



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2008115737/22**, **24.04.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.04.2008

(45) Опубликовано: **10.10.2008**

Адрес для переписки:
**119454, Москва, пр-кт Вернадского, 78,
МИРЭА**

(72) Автор(ы):

**Алехин Владимир Александрович (RU),
Задерновский Анатолий Андреевич (RU),
Зудин Борис Васильевич (RU),
Парамонов Владимир Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Московский государственный институт
радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет) (RU)**

(54) ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ И МАГНЕТИЗМУ

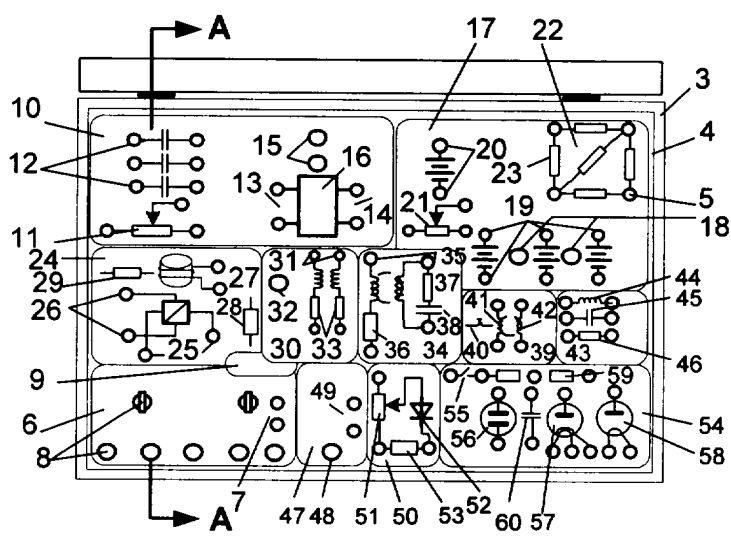
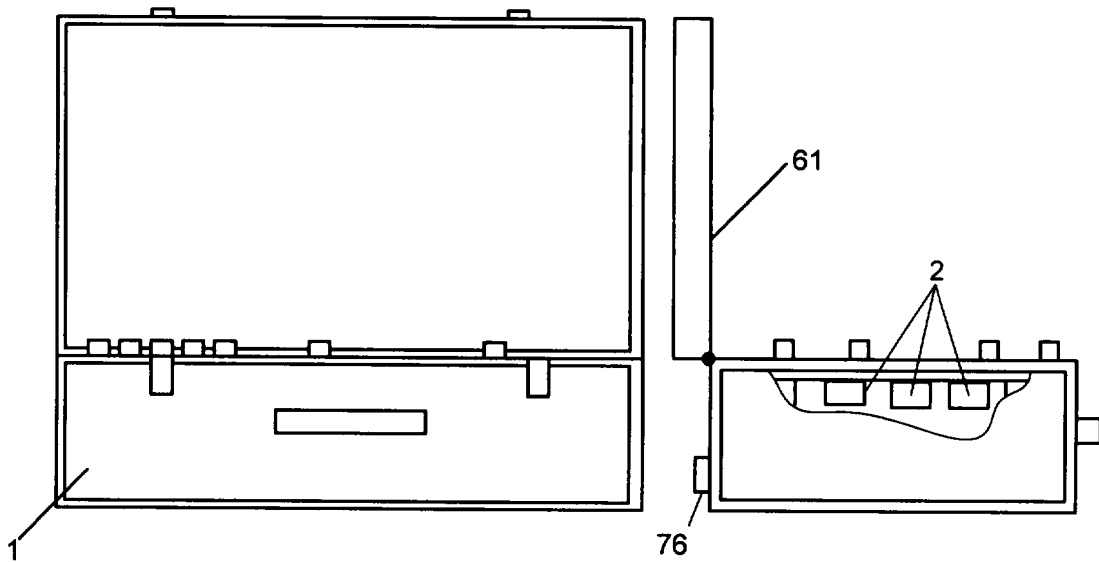
Формула полезной модели

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму, содержащий наборное поле с пассивными и активными элементами, электронные блоки и измерительные приборы, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации, лабораторный стенд выполнен в переносном чемодане, наборное поле выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических и магнитных элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля и выполненных из миниатюрных и слаботочных электронных компонентов, и включает в себя панель измерения емкости конденсаторов с переменным резистором, набором емкостей, входом, выходом и элементами управления интегратора напряжения, панель измерения электродвижущей силы и мощности с двумя регуляторами источников постоянного напряжения, выходами трех источников постоянного напряжения, выходами источника эталонного напряжения, переменными резисторами и разветвленной электрической цепью из постоянных резисторов, панель датчика Холла с входами и выходами элемента Холла, входами электромагнитного соленоида, измерительным и эталонным резисторами, панель взаимной индукции с входами двух катушек индуктивности, регулятором связи и измерительными резисторами, панель гистерезиса в ферромагнетиках с входами первой и второй катушек, измерительным резистором и интегрирующей цепью из резистора и конденсатора, панель магнитной индукции в железе с переключателем входов первой катушки тороидального трансформатора и выходами второй катушки тороидального трансформатора, панель резонансов с индуктивностью, емкостями и резисторами, панель функционального генератора с сигнальными гнездовыми контактами, переключателями режимов и регулировками, панель частотомера с цифровой шкалой, панель второго генератора синусоидального

сигнала с регулятором амплитуды и выходами, панель полупроводникового диода с переменным резистором, входами диода и постоянными резисторами, панель вакуумных диодов и газонаполненных ламп с выключателем анодного питания, входами и выходами, газонаполненной лампой, вакуумного диода косвенного накала, вакуумного диода прямого накала, двумя резисторами и емкостью, электронные блоки содержат комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор и частотомер, причем частотомер соединен своим входом с выходом функционального генератора, интегратор напряжения, второй генератор гармонического сигнала, блок вакуумных диодов, включающий в себя источник анодного напряжения, содержащий повышающий трансформатор, диодный мост и сглаживающий фильтр, два вакуумных диода и пассивные элементы защиты от перегрузки, при этом регуляторы источников постоянных напряжений панели измерения электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку источников постоянных напряжений, функциональный генератор, частотомер, интегратор напряжения и второй генератор синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку источников постоянных напряжений, выход второго генератора синусоидального сигнала через выключатель анодного питания подключен к входу источника анодного напряжения, выходные контакты комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения, источника анодного напряжения подключены соединительными проводниками к пассивным и активным элементам наборного поля, причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, тороидального трансформатора, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

RU 77079 U1

RU 77079 U1



RU 77079 U1

RU 77079 U1

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму относится к учебным приборам и предназначен для применения в учреждениях высшего и среднего профессионального образования для проедения лабораторного практикума по физике.

Известен учебно-лабораторный комплекс «Электричество и магнетизм» - ФПЭ [1], который состоит из стоек настольного исполнения, имеющих пульта управления для подключения и контроля питания измерительных приборов. На стойках размещаются измерительные приборы и кассеты блочно-модульного исполнения. На лицевой панели каждой кассеты нанесена функциональная мнемоническая схема. Вес комплекса составляет более 50 кг. Комплекс имеет значительное энергопотребление.

Известен лабораторный стенд по электротехнике [2], который выполнен в переносном закрывающемся чемодане со съемной крышкой. Наборное поле установлено в чемодане, выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля. Наборное поле и лицевое покрытие разделены на функциональные панели со схемами выполняемых лабораторных работ и содержит также панель функционального генератора с переключателями режимов и регулировками, панель частотомера с цифровой шкалой. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя блок функционального генератора, блок частотомера, комбинированный блок источников постоянных напряжений. Недостатком стенда является отсутствие возможности проведения физических исследования по магнетизму.

Известен комплект лабораторного оборудования [3] (аналог) для проведения лабораторных работ по разделу «Электричество и магнетизм» ЭИМ, имеющий блочно-модульную конструкцию с настольным конструктивом размером 1010×430×300 и сменными блоками с различными компонентами для выполнения лабораторных работ. Недостатком комплекта являются необходимость замены модулей для проведения отдельных лабораторных работ, а также значительные размеры, масса и энергопотребление.

Целью предлагаемой полезной модели является уменьшение габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации. Поставленная цель достигается тем, что лабораторный стенд выполнен в переносном чемодане, наборное поле выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических

и магнитных элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля и выполненных из миниатюрных и слаботочных электронных компонентов, и включает в себя панель измерения емкости конденсаторов с переменным резистором, набором емкостей, входом, выходом и элеентами управления интегратора напряжения, панель измерения электродвижущей силы и мощности с двумя регуляторами источников постоянного напряжения, выходами трех источников постоянного напряжения, выходами источника эталонного напряжения, переменными резисторами и разветвленной электрической цепью из постоянных резисторов, панель датчика Холла с входами и выходами элемента Холла, входами электромагнитного соленоида, измерительным и эталонным резисторами, панель взаимной индукции с входами двух катушек индуктивности, регулятором связи и измерительными резисторами, панель гистерезиса в ферромагнетиках с входами первой и второй катушек, измерительным резистором и интегрирующей цепью из резистора и конденсатора, панель магнитной индукции в железе с переключателем

входов первой катушки тороидального трансформатора и выходами второй катушки тороидального трансформатора, панель резонансов с индуктивностью, емкостями и резисторами, панель функционального генератора с сигнальными гнездовыми контактами, переключателями режимов и регулировками, панель частотомера с 5 цифровой шкалой, панель второго генератора синусоидального сигнала с регулятором амплитуды и выходами, панель полупроводникового диода с переменным резистором, входами диода и постоянными резисторами, панель вакуумных диодов и газонаполненных ламп с выключателем анодного питания, 10 входами и выходами газонаполненной лампой, вакуумного диода косвенного накала, вакуумного диода прямого накала, двумя резисторами и емкостью.

Электронные блоки содержат комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор и частотомер, причем частотомер соединен своим входом с выходом функционального генератора, интегратор напряжения, 15 второй генератор гармонического сигнала, блок вакуумных диодов, включающий в себя источник анодного напряжений, содержащий повышающий трансформатор, диодный мост и сглаживающий фильтр, два вакуумных диода, газонаполненную лампу и пассивные элементы защиты от перегрузки.

Регуляторы источников постоянных напряжений панели измерения 20 электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку источников постоянных напряжений. Функциональный генератор, частотомер, интегратор напряжения и второй генератор синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку источников постоянных напряжений. 25 Выход второго генератора синусоидального сигнала через выключатель анодного питания подключен к входу источника анодного напряжения. Выходные контакты комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального 30 напряжения, источника анодного напряжения подключены соединительными проводниками к пассивным и активным элементам наборного поля. Причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, тороидального трансформатора, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных 35 напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

Для этого разработанный и примененный в лабораторном стенде 40 комбинированный блок источников постоянных напряжений имеет специальные средства ограничения выходных напряжений и защиты от перегрузки при выходных токах не более 250 мА для первого источника постоянного напряжения и не более 100 мА для второго и третьего источника постоянных напряжений. Примененный в стенде датчик Холла имеет ток управления, не превышающий 8 мА, а электромагнитный 45 соленоид имеет наибольший ток намагничивания 60 мА. Тороидальный трансформатор панели магнитной индукции в железе имеет число витков первичной обмотки 492 и малое сопротивление обмотки, что обеспечивает

магнитное насыщение при подключении к первому источнику постоянного 50 напряжения. Второй генератор синусоидального напряжения обеспечивает выходную мощность до 20 Вт и подключен к низковольтной обмотке повышающего трансформатора блока вакуумных диодов. Регулировка выходного напряжения второго генератора синусоидального сигнала позволяет на выходе источника

анодного напряжения изменять анодное напряжение от нуля до 250 В при максимальном анодном токе 20 мА, что вполне обеспечивает исследование примененных в стенде маломощных вакуумных диодов и газонаполненной лампы. Вакуумные диоды имеют ток накала, не превышающий 210 мА, и подключаются
5 накалом к первому источнику постоянного напряжения. Интегратор напряжения выполнен на операционных усилителях и обеспечивает интегрирование входного напряжения с максимальным значением 10 В.

Перечисленные выше параметры электронных блоков позволили применить в
10 лабораторном стенде микромощные, миниатюрные стандартные индуктивности, емкости и резисторы (с мощностью до 0,125 Вт). Резисторы с мощностью более 2 Вт и конденсаторы с рабочим напряжением более 350 В применены только в блоке вакуумных диодов. Все электронные блоки выполнены на печатных платах с использованием современной элементной базы электронных компонентов. В
15 результате по сравнению с аналогами [1, 3] габаритные размеры лабораторного стенда уменьшены до 460×335×155 мм, вес снижен до 6 кг. Потребляемая мощность снижена до 20 ВА.

Лабораторный стенд позволяет выполнять не менее 15 лабораторных работ
20 физического практикума по электричеству и магнетизму. При выполнении работ элементы панелей, входы и выходы электронных блоков коммутируются соединительными проводами со штекерами. Источниками сигналов при выполнении работ являются комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор, формирующий сигналы синусоидальной, прямоугольной
25 и треугольной формы, второй генератор синусоидального напряжения. Измерение частоты функционального генератора выполняется блоком частотомера. Высокое анодное напряжение формируется путем повышения и выпрямления выходного сигнала второго генератора синусоидального напряжения.

30 Применение в лабораторном стенде наборного поля из листового изоляционного материала и металлических гнезд без дополнительных изоляционных втулок повышает надежность стенда. Удобство эксплуатации обусловлено тем, что все лабораторные работы выполняются на общем наборном поле без использования дополнительных внешних блоков. Компактность стенда создает удобства при
35 техническом обслуживании и ремонте, так как неисправный стенд может быть легко заменен резервным. Причем число резервных стендов может быть малым. Надежность стенда повышается также за счет возможности хранения чемоданов в закрытом виде в специальных шкафах.

40 Лабораторный стенд имеет методическое руководство по выполнению 15 лабораторных работ по электричеству и магнетизму.

На Фиг.1 показан чертеж лабораторного стенда по электричеству и магнетизму.

На Фиг.2 показан вид А-А разреза лабораторного стенда.

На Фиг.3 показан чертеж лицевого покрытия наборного поля.

45 На Фиг.4 показана фотография действующего образца лабораторного стенда.

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму (Фиг.1) выполнен в переносном закрывающемся чемодане 1 с габаритами 460×335×155 мм. Электронные блоки 2 и измерительные приборы расположены внутри корпуса чемодана и
50 укреплены снизу наборного поля 3 с лицевым покрытием 4. Наборное поле выполнено из листового изоляционного материала (например, текстолита) и имеет металлические гнездовые контакты 5, укрепленные гайками с лепестками (Фиг.2). Листовое покрытие 4 может быть выполнено методом цифровой фотопечати

компьютерного файла с двусторонним ламинированием. Отверстия под гнезда выполняются сверлением по кондуктору. Наборное поле и лицевое покрытие разделены на функциональные панели. Панель 6 функционального генератора содержит выходы 7, переключатели режимов и регулировки 8, которые позволяют

5 изменять форму сигнала, диапазон частот, регулировать частоту, скважность, амплитуду и постоянное смещение сигнала. Панель 9 частотомера содержит цифровой индикатор частоты сигнала. Панель 10 для измерения емкости конденсаторов содержит

10 переменный резистор 11, набор эталонных и измеряемых емкостей 12, вход 13, выход 14 и элементы управления 15 интегратора 16 напряжения. Элементами управления интегратора напряжения являются кнопка «Сброс» и регулятор «Установка нуля». Панель 17 измерения электродвижущей силы и мощности содержит

15 два регулятора источников постоянного напряжения 18, выходы 19 трех источников постоянного напряжения, выход 20 источника эталонного напряжения, переменные резисторы 21 и разветвленную электрическую цепь 22 из постоянных резисторов 23. Панель 24 датчика Холла содержит входы 25 и выходы 26 элемента Холла, входы 27 электромагнитного соленоида, измерительный резистор 28 и эталонный резистор 29.

20 Панель 30 взаимной индукции содержит входы 31 двух катушек индуктивности, регулятор связи 32 и измерительные резисторы 33. Панель 34 гистерезиса в ферромагнетиках содержит входы первой и второй катушек 35, измерительный резистор 36 и интегрирующую цепь из резистора 37 и конденсатора 38. Панель 39 магнитной индукции в железе содержит переключатель 40 входов первой катушки 41 тороидального трансформатора и выходы второй катушки 42 тороидального трансформатора. Панель 43 резонансов содержит индуктивность 44, емкости 45 и резисторы 46. Панель 47 второго генератора синусоидального сигнала содержит регулятор 48 амплитуды выходного сигнала и выходы 49. Панель 50

30 полупроводникового диода содержит переменный резистор 51, входы 52 диода и постоянные резисторы 53. Панель 54 вакуумных диодов и газонаполненных ламп содержит выключатель 55 анодного питания, входы и выходы газонаполненной лампы 56, вакуумного диода 57 косвенного накала, вакуумного диода 58 прямого накала, два резистора 59 и емкость 60.

35 На Фиг.2 показан вид А-А разреза лабораторного стенда. Крышка 61 чемодана 1 выполнена съемной. Электронные блоки 2 расположены внутри корпуса чемодана 1 и включают в себя блок 62 функционального генератора, блок 63 частотомера, комбинированный блок 64 источников постоянных напряжений, а также электронные

40 блоки дополнительно содержат интегратор напряжения 65, второй генератор 66 синусоидального сигнала, блок вакуумных диодов 67, включающий в себя источник 68 анодного напряжения, содержащий повышающий трансформатор 69, диодный мост 70 и сглаживающий фильтр 71, два вакуумных диода 72 и пассивные элементы 73 защиты от перегрузки. При этом регуляторы 18 источников постоянных

45 напряжений панели измерения электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку 64 источников постоянных напряжений. Интегратор напряжения 65 и второй генератор 66 синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку 64 источников постоянных напряжений. Выход

50 второго генератора 66 синусоидального сигнала через выключатель 55 анодного питания подключен к входу источника 68 анодного напряжения. Выходные контакты комбинированного блока 64 источников постоянных напряжений, функционального генератора 62, интегратора напряжения 65, второго генератора 66 синусоидального

напряжения, источника 68 анодного напряжения подключены соединительными проводниками 74 к пассивным и активным элементам наборного поля. Причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

Электронные блоки установлены на монтажной плате 75, соединенной с наборным полем. Кабель сетевого питания подключается через разъем 76. Коммутация элементов наборного поля осуществляется соединительными проводниками 74.

В лабораторном стенде блок 62 функционального генератора формирует три формы напряжения (синусоидальный сигнал, импульсный пилообразный сигнал, импульсный

прямоугольный сигнал), имеет грубую и плавную регулировку частоты с диапазоне от 20 Гц до 1 МГц, регулировку скважности для прямоугольного и пилообразного сигнала, регулировку амплитуды выходного сигнала от 0 до 4 В. Блок выполнен на специализированных микросхемах MAX038, AD8019.

Блок 63 частотомера выполнен на микропроцессорах ATmega16PI и цифровых индикаторах CWA-04.

Блок 65 интегратора напряжения выполнен на операционных усилителях AD8675.

Блок 66 второго генератора синусоидального напряжения выполнен по схеме Вина на операционном усилителе TL061, транзисторах BSC556, BSC547, KT3102, KT814, KT815 и усилительной микросхеме TDA2006. Применение блока второго генератора синусоидального напряжения с мощным выходом (до 10-20 Вт) позволяет использовать его в качестве задающего генератора для источника 68 анодного напряжения и регулировать анодное напряжение в пределах от нуля до 250 В.

В источнике 68 анодного напряжения применен стандартный маломощный сетевой трансформатор ТП 1201.

Комбинированный блок 64 источников постоянных напряжений формирует регулируемые напряжения +/-12 В, постоянные напряжения +/- 5 В, +/-12 В, имеет ограничение выходного тока, защиту от перегрузки со звуковой сигнализацией.

Блок 64 выполнен на микросхемах 7005, 7905, 7812 с дополнительной защитой в виде самовосстанавливающихся предохранителей и звуковой сигнализацией на HCX12.

В качестве тороидального трансформатора с катушками 35 использован стандартный трансформатор ТТП-3 с известным и постоянным сечением сердечника, что требуется для проведения теоретических расчетов.

В качестве элемента Холла использован датчик ПХИ611.

Катушки 35 намотаны на кольце из магнитотвердого феррита и содержат по 100 витков.

В блоке вакуумных диодов 67 применен диод косвенного накала ЗЦ18П и диод прямого накала 1Ц11П, которых ток накала не превышает 210 мА, а ток анода не превышает 30 мА, что согласуется с мощностью комбинированного блока 64 источников постоянных напряжений, второго генератора 66 синусоидального напряжения и компонентов источника 68 анодного питания.

При выполнении лабораторных работ в качестве внешних приборов используются двухканальный осциллограф и два мультиметра. Соединительные провода имеют пружинные штекеры.

Предлагаемый лабораторный стенд позволяет выполнять 15 лабораторных

работ [4]:

1. Измерение емкости конденсаторов мостиком Соти
2. Определение емкости конденсаторов баллистическим методом
3. Измерение электродвижущей силы элемента методом компенсации
- 5 4. Исследование зависимости полезной мощности источника от нагрузки
5. Изучение цепей постоянного тока
6. Изучение вакуумного диода
7. Изучение работы выхода электрона из вольфрама
- 10 8. Изучение полупроводникового диода
9. Эффект Холла
10. Изучение явления взаимной индукции
11. Исследование явления гистерезиса в ферромагнетиках
12. Изучение магнитной индукции в железе баллистическим методом
- 15 13. Сложение гармонических колебаний
14. Изучение релаксационных колебаний
15. Изучение вынужденных колебаний и явления резонанса в электрическом колебательном контуре

20 Перечисленные работы соответствуют содержанию раздела «Электричество и магнетизм» дисциплины «Физика» по Государственным образовательным стандартам высшего и среднего профессионального образования для многих направлений подготовки специалистов. Порядок выполнения каждой лабораторной работы и, соответственно коммутации элементов наборного поля, определяется методическими

25 указаниями по выполнению лабораторных работ.

Материалы, поясняющие сущность полезной модели

Для пояснения сущности предлагаемой полезной модели на Фиг.3 показан чертеж лицевого покрытия наборного поля. На Фиг.4 показана фотография лабораторного

30 стенда.

Стенд эксплуатируется на кафедре физики Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технического университета).

Библиографические данные

1. Типовой комплект оборудования для лаборатории «Электричество и магнетизм» ФПЭ. Каталог РНПО Росучприбор.

35 <http://www.rosuchpribor.ru/russian/Prof2007/phis/FPE/fpe-n1.html>

2. Алехин В.А., Парамонов В.Д. Лабораторный стенд по электротехнике. Патент РФ на полезную модель №53056. - Приоритет 20.10.2005. - МПК G09B 25/00 (2006.01). - Опубликовано 27.04.2006. - Б.И. №12. - 2 с.

40

3. Типовой комплект лабораторного оборудования «Электричество и магнетизм» (ЭиМ). Каталог УРАЛУЧПРИБОР. http://www.labstend.ru/site/index/uch_tech/

4. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум по физике. - М.: МИРЭА, 2004. - 164 с.

45

(57) Реферат

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму предназначен для высшего и среднего профессионального образования. Целью полезной модели является

50 уменьшения габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации. Лабораторный стенд выполнен в переносном закрывающемся чемодане со съемной крышкой. Наборное поле из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит металлические гнездовые

контакты, чертежи электрических и магнитных элементов и схем цепей и разделено на функциональные панели. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя функциональный генератор, комбинированный блок источников постоянных напряжений, интегратор напряжения, второй генератор синусоидального напряжения, блок вакуумных диодов с источником анодного напряжения. Благодаря взаимосвязи электрических параметров элементов наборного поля, блока функционального генератора, комбинированного блока источников постоянных напряжений, второго генератора синусоидального сигнала, блока вакуумных диодов в качестве электрических и магнитных элементов применены миниатюрные низковольтные и слаботочные электронные компоненты. Лабораторный стенд позволяет выполнять 15 лабораторных работ по электричеству и магнетизму.

15

20

25

30

35

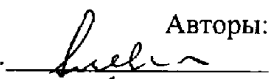

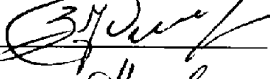

40

45

50

Реферат**Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму**

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму предназначен для высшего и среднего профессионального образования. Целью полезной модели является уменьшения габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации. Лабораторный стенд выполнен в переносном закрывающемся чемодане со съемной крышкой. Наборное поле из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит металлические гнездовые контакты, чертежи электрических и магнитных элементов и схем цепей и разделено на функциональные панели. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя функциональный генератор, комбинированный блок источников постоянных напряжений, интегратор напряжения, второй генератор синусоидального напряжения, блок вакуумных диодов с источником анодного напряжения. Благодаря взаимосвязи электрических параметров элементов наборного поля, блока функционального генератора, комбинированного блока источников постоянных напряжений, второго генератора синусоидального сигнала, блока вакуумных диодов в качестве электрических и магнитных элементов применены миниатюрные низковольтные и слаботочные электронные компоненты. Лабораторный стенд позволяет выполнять 15 лабораторных работ по электричеству и магнетизму.

Авторы:
Алехин В.А. 
Задерновский А.А. 
Зудин Б.В. 
Парамонов В.Д. 

2008115737

G09B 23/18

Авторы: В.А. Алехин, А.А. Задерновский, Б.В. Зудин, В.Д. Парамонов

Заявитель: Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)

Заявка на полезную модель

Описание полезной модели

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму относится к учебным приборам и предназначен для применения в учреждениях высшего и среднего профессионального образования для проведения лабораторного практикума по физике.

Известен учебно-лабораторный комплекс «Электричество и магнетизм»- ФПЭ [1], который состоит из стоек настольного исполнения, имеющих пульта управления для подключения и контроля питания измерительных приборов. На стойках размещаются измерительные приборы и кассеты блочно-модульного исполнения. На лицевой панели каждой кассеты нанесена функциональная мнемоническая схема. Вес комплекса составляет более 50 кг. Комплекс имеет значительное энергопотребление.

Известен лабораторный стенд по электротехнике [2], который выполнен в переносном закрывающемся чемодане со съемной крышкой. Наборное поле установлено в чемодане, выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля. Наборное поле и лицевое покрытие разделены на функциональные панели со схемами выполняемых лабораторных работ и содержит также панель функционального генератора с переключателями режимов и регуляторами, панель частотомера с цифровой шкалой. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя блок функционального генератора, блок частотомера, комбинированный блок источников постоянных напряжений. Недостатком стенда является отсутствие возможности проведения физических исследования по магнетизму.

Известен комплект лабораторного оборудования [3] (аналог) для проведения лабораторных работ по разделу «Электричество и магнетизм» ЭИМ, имеющий блочно-модульную конструкцию с настольным конструктивом размером 1010x430x300 и сменными блоками с различными компонентами для выполнения лабораторных работ. Недостатком комплекта являются необходимость замены модулей для проведения отдельных лабораторных работ, а также значительные размеры, масса и энергопотребление.

Целью предлагаемой полезной модели является уменьшение габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации. Поставленная цель достигается тем, что лабораторный стенд выполнен в переносном чемодане, наборное поле выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических

и магнитных элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля и выполненных из миниатюрных и слаботочных электронных компонентов, и включает в себя панель измерения емкости конденсаторов с переменным резистором, набором емкостей, входом, выходом и элементами управления интегратора напряжения, панель измерения электродвижущей силы и мощности с двумя регуляторами источников постоянного напряжения, выходами трех источников постоянного напряжения, выходами источника эталонного напряжения, переменными резисторами и разветвленной электрической цепью из постоянных резисторов, панель датчика Холла с входами и выходами элемента Холла, входами электромагнитного соленоида, измерительным и эталонным резисторами, панель взаимной индукции с входами двух катушек индуктивности, регулятором связи и измерительными резисторами, панель гистерезиса в ферромагнетиках с входами первой и второй катушек, измерительным резистором и интегрирующей цепью из резистора и конденсатора, панель магнитной индукции в железе с переключателем входов первой катушки тороидального трансформатора и выходами второй катушки тороидального трансформатора, панель резонансов с индуктивностью, емкостями и резисторами, панель функционального генератора с сигнальными гнездовыми контактами, переключателями режимов и регулировками, панель частотомера с цифровой шкалой, панель второго генератора синусоидального сигнала с регулятором амплитуды и выходами, панель полупроводникового диода с переменным резистором, входами диода и постоянными резисторами, панель вакуумных диодов и газонаполненных ламп с выключателем анодного питания, входами и выходами газонаполненной лампы, вакуумного диода косвенного накала, вакуумного диода прямого накала, двумя резисторами и емкостью.

Электронные блоки содержат комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор и частотомер, причем частотомер соединен своим входом с выходом функционального генератора, интегратор напряжения, второй генератор гармонического сигнала, блок вакуумных диодов, включающий в себя источник анодного напряжения, содержащий повышающий трансформатор, диодный мост и сглаживающий фильтр, два вакуумных диода, газонаполненную лампу и пассивные элементы защиты от перегрузки.

Регуляторы источников постоянных напряжений панели измерения электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку источников постоянных напряжений. Функциональный генератор, частотомер, интегратор напряжения и второй генератор синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку источников постоянных напряжений. Выход второго генератора синусоидального сигнала через выключатель анодного питания подключен к входу источника анодного напряжения. Выходные контакты комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения, источника анодного напряжения подключены соединительными проводниками к пассивным и активным элементам наборного поля. Причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, тороидального трансформатора, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

Для этого разработанный и примененный в лабораторном стенде комбинированный блок источников постоянных напряжений имеет специальные средства ограничения выходных напряжений и защиты от перегрузки при выходных токах не более 250 мА для первого источника постоянного напряжения и не более 100 мА для второго и третьего источника постоянных напряжений. Примененный в стенде датчик Холла имеет ток управления, не превышающий 8 мА, а электромагнитный соленоид имеет наибольший ток намагничивания 60 мА. Тороидальный трансформатор панели магнитной индукции в железе имеет число витков первичной обмотки 492 и малое сопротивление обмотки, что обеспе-

чивает магнитное насыщение при подключении к первому источнику постоянного напряжения. Второй генератор синусоидального напряжения обеспечивает выходную мощность до 20 Вт и подключен к низковольтной обмотке повышающего трансформатора блока вакуумных диодов. Регулировка выходного напряжения второго генератора синусоидального сигнала позволяет на выходе источника анодного напряжения изменять анодное напряжение от нуля до 250В при максимальном анодном токе 20 мА, что вполне обеспечивает исследование примененных в стенде маломощных вакуумных диодов и газонаполненной лампы. Вакуумные диоды имеют ток накала, не превышающий 210 мА, и подключаются накалом к первому источнику постоянного напряжения. Интегратор напряжения выполнен на операционных усилителях и обеспечивает интегрирование входного напряжения с максимальным значением 10В.

Перечисленные выше параметры электронных блоков позволили применить в лабораторном стенде микромощные, миниатюрные стандартные индуктивности, емкости и резисторы (с мощностью до 0,125 Вт). Резисторы с мощностью более 2 Вт и конденсаторы с рабочим напряжением более 350 В применены только в блоке вакуумных диодов. Все электронные блоки выполнены на печатных платах с использованием современной элементной базы электронных компонентов. В результате по сравнению с аналогами [1, 3] габаритные размеры лабораторного стенда уменьшены до 460 x 335 x 155 мм, вес снижен до 6 кг. Потребляемая мощность снижена до 20 ВА.

Лабораторный стенд позволяет выполнять не менее 15 лабораторных работ физического практикума по электричеству и магнетизму. При выполнении работ элементы панелей, входы и выходы электронных блоков коммутируются соединительными проводами со штекерами. Источниками сигналов при выполнении работ являются комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор, формирующий сигналы синусоидальной, прямоугольной и треугольной формы, второй генератор синусоидального напряжения. Измерение частоты функционального генератора выполняется блоком частотомера. Высокое анодное напряжение формируется путем повышения и выпрямления выходного сигнала второго генератора синусоидального напряжения.

Применение в лабораторном стенде наборного поля из листового изоляционного материала и металлических гнезд без дополнительных изоляционных втулок повышает надежность стенда. Удобство эксплуатации обусловлено тем, что все лабораторные работы выполняются на общем наборном поле без использования дополнительных внешних блоков. Компактность стенда создает удобства при техническом обслуживании и ремонте, так как неисправный стенд может быть легко заменен резервным. Причем число резервных стендов может быть малым. Надежность стенда повышается также за счет возможности хранения чемоданов в закрытом виде в специальных шкафах.

Лабораторный стенд имеет методическое руководство по выполнению 15 лабораторных работ по электричеству и магнетизму.

На Фиг.1 показан чертеж лабораторного стенда по электричеству и магнетизму.

На Фиг. 2 показан вид А-А разреза лабораторного стенда.

На Фиг.3 показан чертеж лицевого покрытия наборного поля.

На Фиг.4 показана фотография действующего образца лабораторного стенда.

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму (Фиг.1) выполнен в переносном закрывающемся чемодане 1 с габаритами 460 x 335 x 155 мм. Электронные блоки 2 и измерительные приборы расположены внутри корпуса чемодана и укреплены снизу наборного поля 3 с лицевым покрытием 4. Наборное поле выполнено из листового изоляционного материала (например, текстолита) и имеет металлические гнездовые контакты 5, укрепленные гайками с лепестками (Фиг.2). Листовое покрытие 4 может быть выполнено методом цифровой фотопечати компьютерного файла с двусторонним ламинированием. Отверстия под гнезда выполняются сверлением по кондуктору. Наборное поле и лицевое покрытие разделены на функциональные панели. Панель 6 функционального генератора содержит выходы 7, переключатели режимов и регулировки 8, которые позволяют изме-

нять форму сигнала, диапазон частот, регулировать частоту, скважность, амплитуду и постоянное смещение сигнала. Панель 9 частотомера содержит цифровой индикатор частоты сигнала. Панель 10 для измерения емкости конденсаторов содержит переменный резистор 11, набор эталонных и измеряемых емкостей 12, вход 13, выход 14 и элементы управления 15 интегратора 16 напряжения. Элементами управления интегратора напряжения являются кнопка «Сброс» и регулятор «Установка нуля». Панель 17 измерения электродвижущей силы и мощности содержит два регулятора источников постоянного напряжения 18, выходы 19 трех источников постоянного напряжения, выход 20 источника эталонного напряжения, переменные резисторы 21 и разветвленную электрическую цепь 22 из постоянных резисторов 23. Панель 24 датчика Холла содержит входы 25 и выходы 26 элемента Холла, входы 27 электромагнитного соленоида, измерительный резистор 28 и эталонный резистор 29. Панель 30 взаимной индукции содержит входы 31 двух катушек индуктивности, регулятор связи 32 и измерительные резисторы 33. Панель 34 гистерезиса в ферромагнетиках содержит входы первой и второй катушек 35, измерительный резистор 36 и интегрирующую цепь из резистора 37 и конденсатора 38. Панель 39 магнитной индукции в железе содержит переключатель 40 входов первой катушки 41 тороидального трансформатора и выходы второй катушки 42 тороидального трансформатора. Панель 43 резонансов содержит индуктивность 44, емкости 45 и резисторы 46. Панель 47 второго генератора синусоидального сигнала содержит регулятор 48 амплитуды выходного сигнала и выходы 49. Панель 50 полупроводникового диода содержит переменный резистор 51, входы 52 диода и постоянные резисторы 53. Панель 54 вакуумных диодов и газонаполненных ламп содержит выключатель 55 анодного питания, входы и выходы газонаполненной лампы 56, вакуумного диода 57 косвенного накала, вакуумного диода 58 прямого накала, два резистора 59 и емкость 60.

На Фиг.2 показан вид А-А разреза лабораторного стенда. Крышка 61 чемодана 1 выполнена съемной. Электронные блоки 2 расположены внутри корпуса чемодана 1 и включают в себя блок 62 функционального генератора, блок 63 частотомера, комбинированный блок 64 источников постоянных напряжений, а также электронные блоки дополнительно содержат интегратор напряжения 65, второй генератор 66 синусоидального сигнала, блок вакуумных диодов 67, включающий в себя источник 68 анодного напряжения, содержащий повышающий трансформатор 69, диодный мост 70 и сглаживающий фильтр 71, два вакуумных диода 72 и пассивные элементы 73 защиты от перегрузки. При этом регуляторы 18 источников постоянных напряжений панели измерения электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку 64 источников постоянных напряжений. Интегратор напряжения 65 и второй генератор 66 синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку 64 источников постоянных напряжений. Выход второго генератора 66 синусоидального сигнала через выключатель 55 анодного питания подключен к входу источника 68 анодного напряжения. Выходные контакты комбинированного блока 64 источников постоянных напряжений, функционального генератора 62, интегратора напряжения 65, второго генератора 66 синусоидального напряжения, источника 68 анодного напряжения подключены соединительными проводниками 74 к пассивным и активным элементам наборного поля. Причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

Электронные блоки установлены на монтажной плате 75, соединенной с наборным полем. Кабель сетевого питания подключается через разъем 76. Коммутация элементов наборного поля осуществляется соединительными проводниками 74.

В лабораторном стенде блок 62 функционального генератора формирует три формы напряжения (синусоидальный сигнал, импульсный пилообразный сигнал, импульсный

прямоугольный сигнал), имеет грубую и плавную регулировку частоты с диапазоне от 20 Гц до 1 МГц, регулировку скважности для прямоугольного и пилообразного сигнала, регулировку амплитуды выходного сигнала от 0 до 4 В. Блок выполнен на специализированных микросхемах МАХ038, AD8019.

Блок 63 частотомера выполнен на микропроцессорах АТmega16PI и цифровых индикаторах CWA-04.

Блок 65 интегратора напряжения выполнен на операционных усилителях AD8675.

Блок 66 второго генератора синусоидального напряжения выполнен по схеме Вина на операционном усилителе TL061, транзисторах BSC556, BSC547, КТ3102, КТ814, КТ815 и усилительной микросхеме TDA2006. Применение блока второго генератора синусоидального напряжения с мощным выходом (до 10-20 Вт) позволяет использовать его в качестве задающего генератора для источника 68 анодного напряжения и регулировать анодное напряжение в пределах от нуля до 250В.

В источнике 68 анодного напряжения применен стандартный маломощный сетевой трансформатор ТП 1201.

Комбинированный блок 64 источников постоянных напряжений формирует регулируемые напряжения +/-12В, постоянные напряжения +/- 5В, +/-12В, имеет ограничение выходного тока, защиту от перегрузки со звуковой сигнализацией. Блок 64 выполнен на микросхемах 7005, 7905, 7812 с дополнительной защитой в виде самовосстанавливающихся предохранителей и звуковой сигнализацией на НСХ12.

В качестве тороидального трансформатора с катушками 35 использован стандартный трансформатор ТПП-3 с известным и постоянным сечением сердечника, что требуется для проведения теоретических расчетов.

В качестве элемента Холла использован датчик ПХИ611.

Катушки 35 намотаны на кольца из магнитотвердого феррита и содержат по 100 витков.

В блоке вакуумных диодов 67 применен диод косвенного накала 3Ц18П и диод прямого накала 1Ц11П, которых ток накала не превышает 210 мА, а ток анода не превышает 30 мА, что согласуется с мощностью комбинированного блока 64 источников постоянных напряжений, второго генератора 66 синусоидального напряжения и компонентов источника 68 анодного питания.

При выполнении лабораторных работ в качестве внешних приборов используются двухканальный осциллограф и два мультиметра. Соединительные провода имеют пружинные штекеры.

Предлагаемый лабораторный стенд позволяет выполнять 15 лабораторных работ [4]:

1. Измерение емкости конденсаторов мостиком Соти
2. Определение емкости конденсаторов баллистическим методом
3. Измерение электродвижущей силы элемента методом компенсации
4. Исследование зависимости полезной мощности источника от нагрузки
5. Изучение цепей постоянного тока
6. Изучение вакуумного диода
7. Изучение работы выхода электрона из вольфрама
8. Изучение полупроводникового диода
9. Эффект Холла
10. Изучение явления взаимной индукции
11. Исследование явления гистерезиса в ферромагнетиках
12. Изучение магнитной индукции в железе баллистическим методом
13. Сложение гармонических колебаний
14. Изучение релаксационных колебаний
15. Изучение вынужденных колебаний и явления резонанса в электрическом колебательном контуре

Перечисленные работы соответствуют содержанию раздела «Электричество и магнетизм» дисциплины «Физика» по Государственным образовательным стандартам высшего и среднего профессионального образования для многих направлений подготовки специалистов. Порядок выполнения каждой лабораторной работы и, соответственно коммутации элементов наборного поля, определяется методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.

Формула полезной модели

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму, содержащий наборное поле с пассивными и активными элементами, электронные блоки и измерительные приборы, отличающийся тем, что с целью уменьшения габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации лабораторный стенд выполнен в переносном чемодане, наборное поле выполнено из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит снаружи металлические гнездовые контакты и чертежи электрических и магнитных элементов и схем цепей, укрепленных с внутренней стороны наборного поля и выполненных из миниатюрных и слаботочных электронных компонентов, и включает в себя панель измерения емкости конденсаторов с переменным резистором, набором емкостей, входом, выходом и элементами управления интегратора напряжения, панель измерения электродвижущей силы и мощности с двумя регуляторами источников постоянного напряжения, выходами трех источников постоянного напряжения, выходами источника эталонного напряжения, переменными резисторами и разветвленной электрической цепью из постоянных резисторов, панель датчика Холла с входами и выходами элемента Холла, входами электромагнитного соленоида, измерительным и эталонным резисторами, панель взаимной индукции с входами двух катушек индуктивности, регулятором связи и измерительными резисторами, панель гистерезиса в ферромагнетиках с входами первой и второй катушек, измерительным резистором и интегрирующей цепью из резистора и конденсатора, панель магнитной индукции в железе с переключателем входов первой катушки тороидального трансформатора и выходами второй катушки тороидального трансформатора, панель резонансов с индуктивностью, емкостями и резисторами, панель функционального генератора с сигнальными гнездовыми контактами, переключателями режимов и регулировками, панель частотомера с цифровой шкалой, панель второго генератора синусоидального сигнала с регулятором амплитуды и выходами, панель полупроводникового диода с переменным резистором, входами диода и постоянными резисторами, панель вакуумных диодов и газонаполненных ламп с выключателем анодного питания, входами и выходами газонаполненной лампы, вакуумного диода косвенного накала, вакуумного диода прямого накала, двумя резисторами и емкостью, электронные блоки содержат комбинированный блок источников постоянных напряжений, функциональный генератор и частотомер, причем частотомер соединен своим входом с выходом функционального генератора, интегратор напряжения, второй генератор гармонического сигнала, блок вакуумных диодов, включающий в себя источник анодного напряжений, содержащий повышающий трансформатор, диодный мост и сглаживающий фильтр, два вакуумных диода и пассивные элементы защиты от перегрузки, при этом регуляторы источников постоянных напряжений панели измерения электродвижущей силы и мощности подключены к комбинированному блоку источников постоянных напряжений, функциональный генератор, частотомер, интегратор напряжения и второй генератор синусоидального сигнала подключены цепями питания к комбинированному блоку источников постоянных напряжений, выход второго генератора синусоидального сигнала через выключатель анодного питания подключен к входу источника анодного напряжения, выходные контакты комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидаль-

ного напряжения, источника анодного напряжения подключены соединительными проводниками к пассивным и активным элементам наборного поля, причем электрические параметры активных и пассивных элементов наборного поля, датчика Холла, электромагнитного соленоида, тороидального трансформатора, вакуумных диодов, газонаполненной лампы, комбинированного блока источников постоянных напряжений, функционального генератора, интегратора напряжения, второго генератора синусоидального напряжения и источника анодного напряжения взаимосвязаны.

Материалы, поясняющие сущность полезной модели

Для пояснения сущности предлагаемой полезной модели на Фиг. 3 показан чертеж лицевого покрытия наборного поля. На Фиг.4 показана фотография лабораторного стенда.

Стенд эксплуатируется на кафедре физики Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики (технического университета).

Реферат

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму предназначен для высшего и среднего профессионального образования. Целью полезной модели является уменьшения габаритных размеров и массы, снижения энергопотребления, повышения надежности и удобства эксплуатации. Лабораторный стенд выполнен в переносном закрывающемся чемодане со съемной крышкой. Наборное поле из листового изоляционного материала с лицевым покрытием, содержит металлические гнездовые контакты, чертежи электрических и магнитных элементов и схем цепей и разделено на функциональные панели. Электронные блоки расположены внутри корпуса чемодана и включают в себя функциональный генератор, комбинированный блок источников постоянных напряжений, интегратор напряжения, второй генератор синусоидального напряжения, блок вакуумных диодов с источником анодного напряжения. Благодаря взаимосвязи электрических параметров элементов наборного поля, блока функционального генератора, комбинированного блока источников постоянных напряжений, второго генератора синусоидального сигнала, блока вакуумных диодов в качестве электрических и магнитных элементов применены миниатюрные низковольтные и слаботочные электронные компоненты. Лабораторный стенд позволяет выполнять 15 лабораторных работ по электричеству и магнетизму.

Библиографические данные

1. Типовой комплект оборудования для лаборатории «Электричество и магнетизм» ФПЭ. Каталог РНПО Росучприбор.

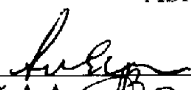
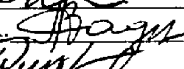
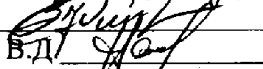
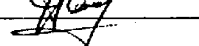
<http://www.rosuchpribor.ru/russian/Prof2007/phis/FPE/fpe-n1.html>

2. Алехин В.А., Парамонов В.Д. Лабораторный стенд по электротехнике. Патент РФ на полезную модель №53056. – Приоритет 20.10.2005.- МПК G09B 25/00 (2006.01).- Опубликовано 27.04.2006.- Б.И.№12.-2 с.

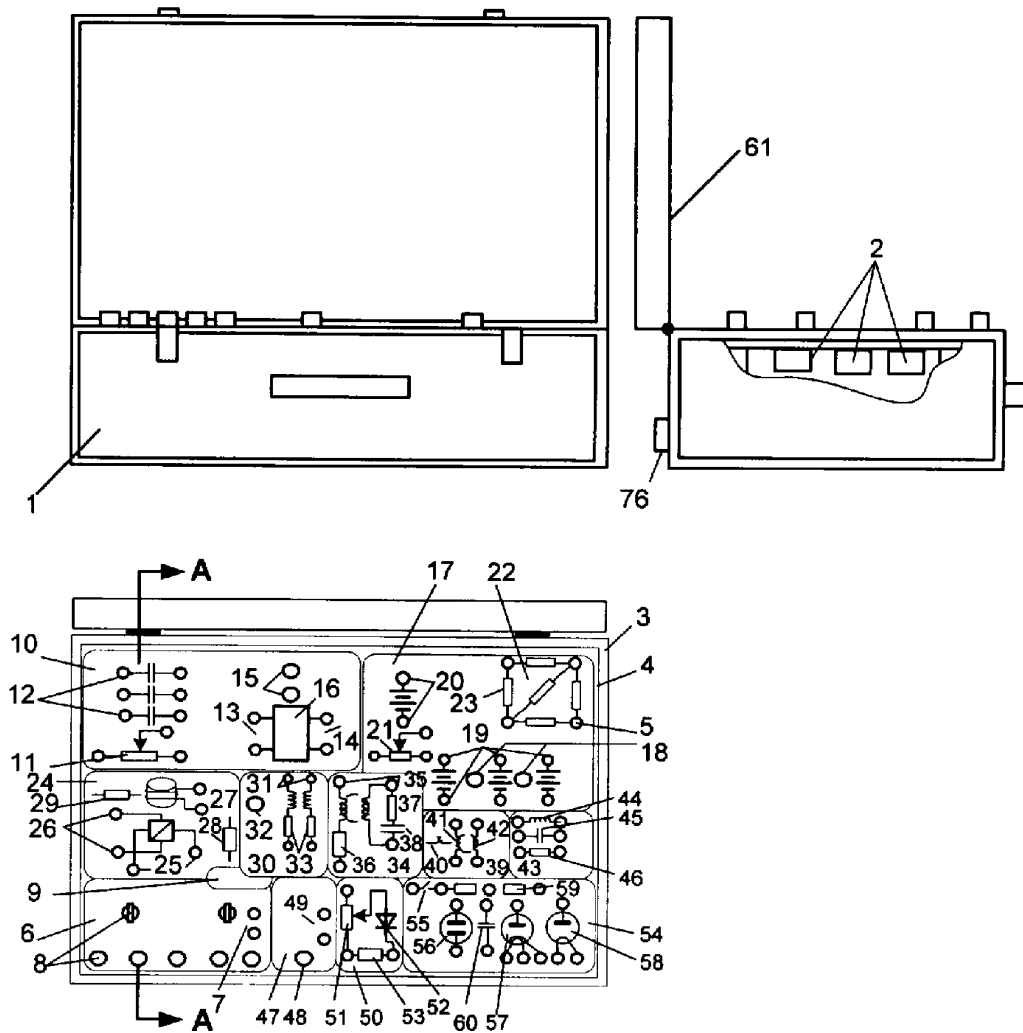
3. Типовой комплект лабораторного оборудования «Электричество и магнетизм» (ЭиМ). Каталог УРАЛУЧПРИБОР. http://www.labstend.ru/site/index/uch_tech/

4. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум по физике.- М.: МИРЭА, 2004. – 164 с.

Авторы:

Алехин В.А. 
Задерновский А.А. 
Зудин Б.В. 
Парамонов В.Д. 

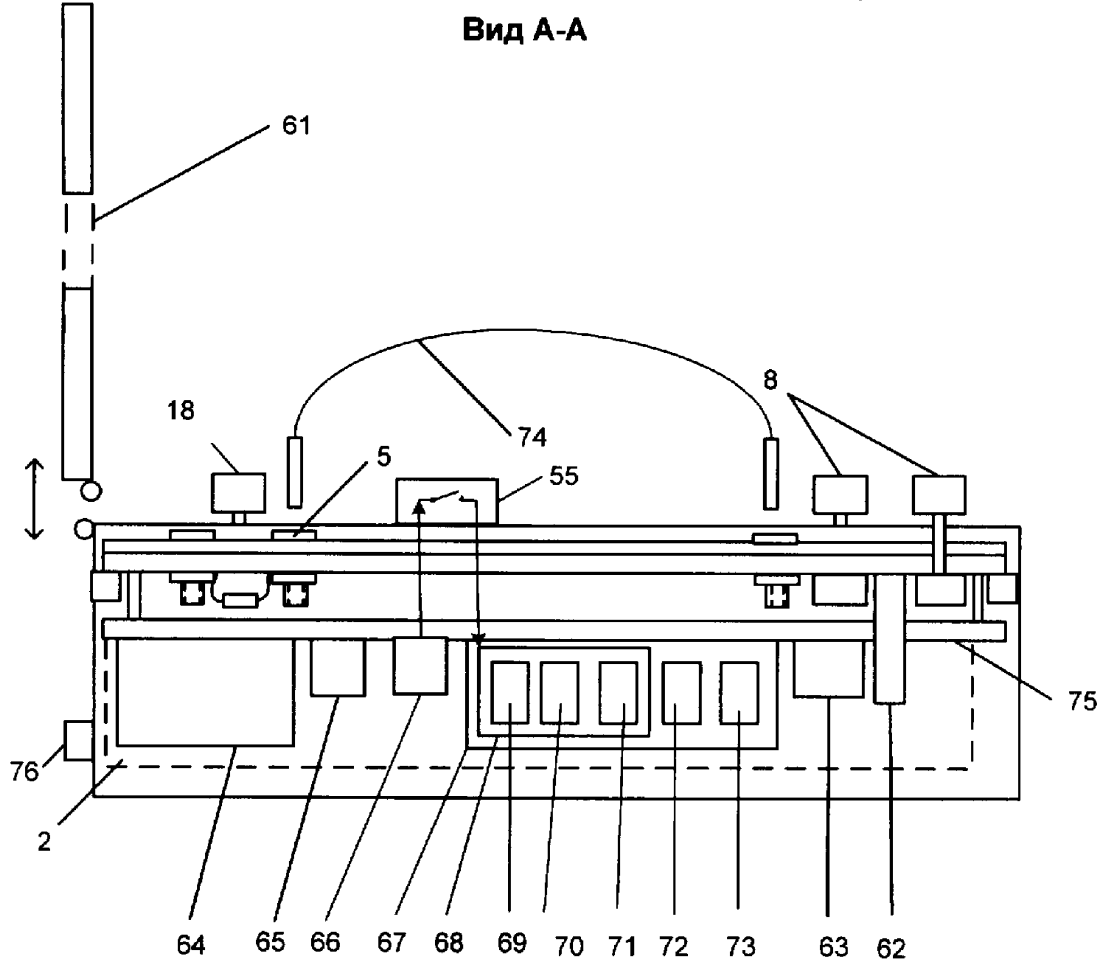
Алехин В.А., Задерновский А.А., Зудин
 Б.В., Парамонов В.Д.
 Лабораторный стенд по электричеству и
 магнетизму



Фиг.1 Чертеж лабораторного стенда по электричеству и магнетизму

Авторы:
 Алехин В.А. *Алехин*
 Задерновский А.А. *Задерновский*
 Зудин Б.В. *Зудин*
 Парамонов В.Д. *Парамонов*

Алехин В.А., Задерновский А.А., Зудин Б.В.,
Парамонов В.Д.
Лабораторный стенд по электричеству и
магнетизму



Фиг.2 Вид А-А разреза лабораторного стенда по электричеству и магнетизму

Авторы:

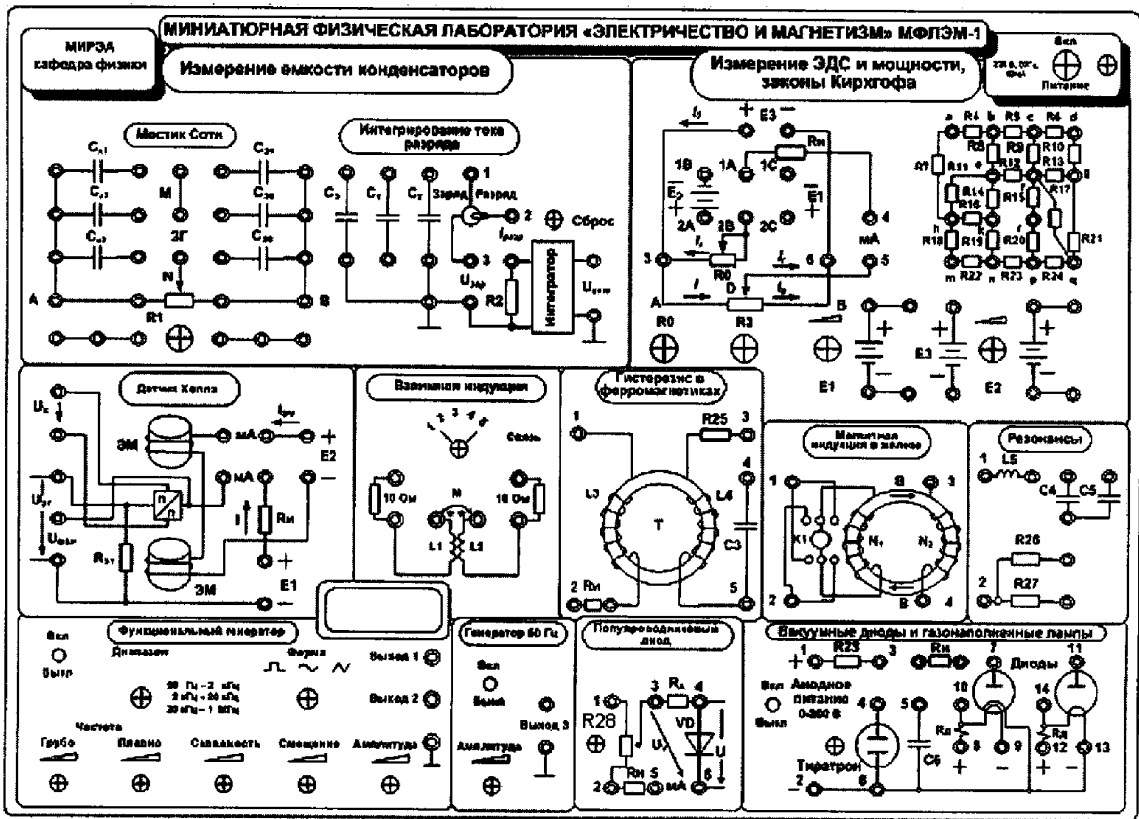
Алехин В.А.

Задерновский А.А.

Зудин Б.В.

Парамонов В.Д.

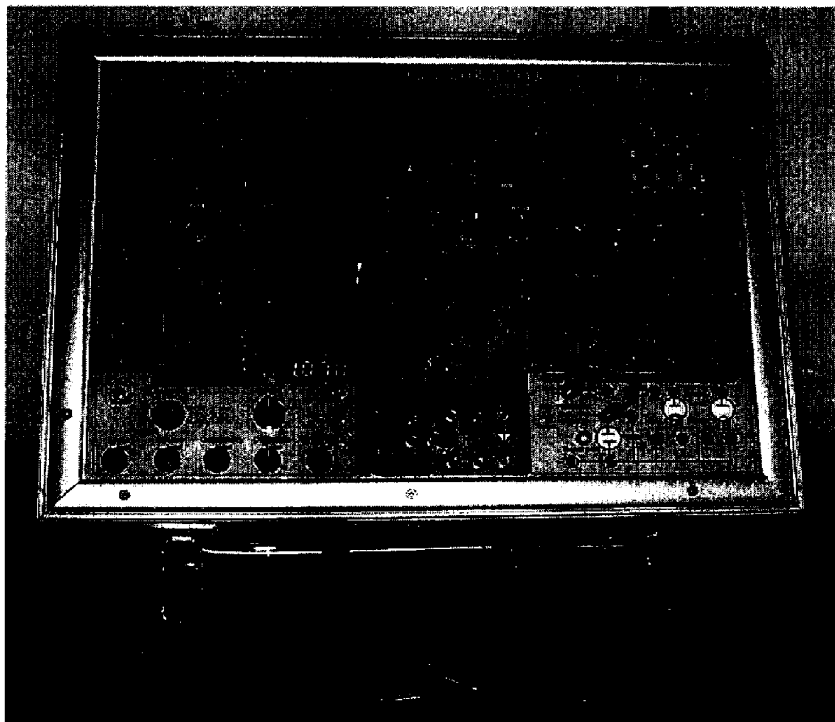
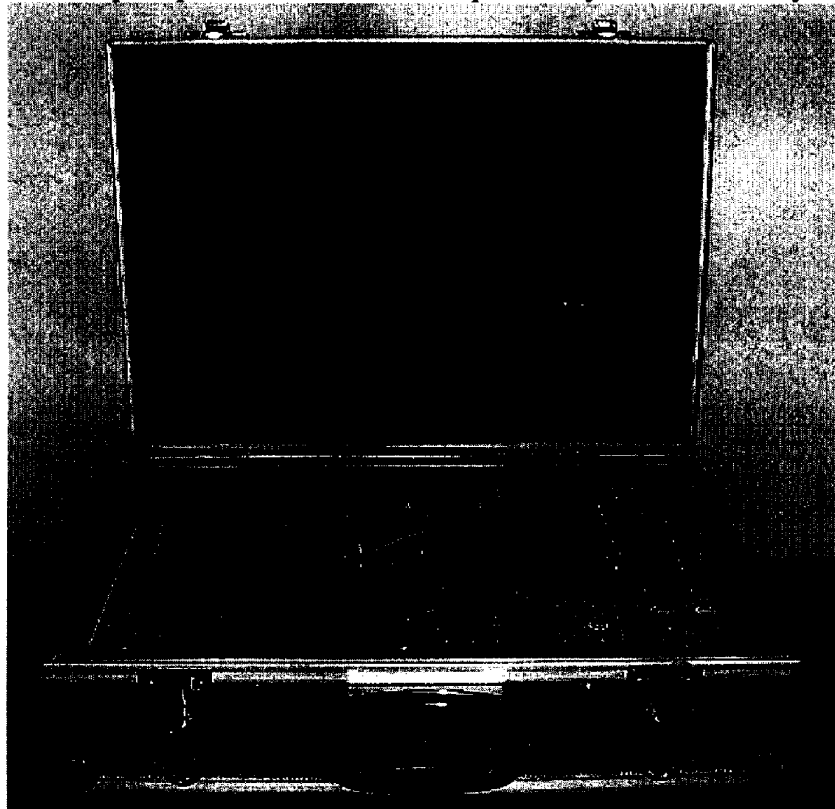
Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму



Фиг.3 Чертеж лицевого покрытия.

Авторы:
 Алехин В.А. *[Signature]*
 Задерновский А.А. *[Signature]*
 Зудин Б.В. *[Signature]*
 Парамонов В.Д. *[Signature]*

Лабораторный стенд по электричеству и магнетизму



Фиг.4. Фотография действующего образца лабораторного стенда
Авторы: Алехин В.А. Алехин, Задерновский А.А. Задерновский,
Зудин Б.В. Зудин, Парамонов В.Д. Парамонов