Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Естественных и математических наук»

ФИЗИКА

Методические указания к
выполнению лабораторной работы
“ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ”
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическоеобеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Цель работы: ознакомление с принципом действия основных электроизмерительных систем, понятием классов их точности и проведение поверки аналогового электроизмерительного прибора.

Основные понятия

К средствам измерений относятся: измерительные меры, измерительные преобразователи, измерительные установки и измерительные комплексы, содержащие ПК для хранения и пользования измерительной информации.
Измерительные преобразователи физических величин делятся на аналоговые (непрерывного действия), аналого-цифровые и цифро-аналоговые.

Аналоговые электрические измерительные механизмы (ИМ) можно считать электромеханическими преобразователями, на входе которых действует электрическая величина (ток, напряжение, мощность), а выходной величиной является угловое перемещение подвижной части прибора.

Чувствительностью «S» электроизмерительного прибора называется отношение линейного или углового перемещения указателя Δn к измеряемой величине ΔA, вызывающей это перемещение -S=Δn / ΔA. Величина, обратная чувствительности прибора, определяет его цену деления: C= ΔA / Δn. Цена деления зависит от верхнего предела измерения прибора (A_{max}) и от числа делений на шкале (N): C= A_{max} / N.

Различают следующие виды погрешности электроизмерительных приборов: абсолютные, относительные и приведенные. Абсолютные Δ и относительные *е* погрешности определяются по формулам:

$$\Delta = x - a; (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{a} \bullet 100\%; (2)$$

где а - истинное;
х - измеренное значение физической величины.

Электрический ИМ состоит из подвижной и неподвижной частей. В подавляющем большинстве случаев ИМ устроены так, что подвижная их часть вращается относительно неподвижной оси. Тогда под действием некоторой силы создается вращающий момент М относительно этой оси, под влиянием которого подвижная часть совершает угловое перемещение о. Для всех ИМ, в которых используется энергия электромагнитного поля W,„ , значение вращающего момента М может быть определено из уравнения Лагранжа второго рода:

$$M = \frac{\partial W_{эм}}{\partial \alpha}; (3)$$

где а - угловое перемещение подвижной части прибора и жестко связанной с ней стрелки.

Приборы магнитоэлектрической системы

Работа данных ИМ основана на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и измеряемого тока, проходящего по обмотке подвижной катушки (рамки, состоящей из а витков). На рис. 1 показано устройство магнитоэлектрического ИМ.

Рис.1: 1 – постоянный магнит, 2 – магнитопровод, 3 – полюсные наконечники, 4 – неподвижный ферромагнитный сердечник, 5 – спиральная пружина, 6 – подвижная рамка, 7 – рабочий воздушный зазор, 8 – указатель.

Рис. 1

Ток в подвижной рамке подводится через две спиральные пружины. При протекании через рамку тока I возникает вращающий момент, мгновенное значение которого M определяется выражением (1). Рамка перемещается в узком воздушном зазоре, в котором создается однородное магнитное поле. При протекании по рамке постоянного тока на ее боковые стороны действуют силы Ампера, равные по величине и направленные в противоположные стороны, которые создают вращающий момент, приводящий к повороту рамки на угол а.

Обмотка рамки магнитоэлектрического ИМ рассчитана на ток не выше нескольких десятков миллиампер. При необходимости измерять больший ток, т.е. использовать прибор как амперметр, параллельно рамке включается малое активное сопротивление (шунт), позволяющее расширить пределы измерения тока.

Магнитоэлектрический ИМ можно использовать и как вольтметр, подключая его параллельно нагрузке. Но, поскольку его внутреннее сопротивление r, мало (несколько Ом), то его можно использовать только как милливольтметр с номинальным значением напряжения $U_н$.

Электромагнитные измерительные преобразователи и приборы

Основной составной частью электромагнитных приборов является электромагнитный измерительный механизм (преобразователь, рис.2), в котором вращающий момент возникает в результате взаимодействия магнитного поля катушки 7, по которой протекает измеряемый ток, и ферромагнитного сердечника *2* эксцентрически закрепленного на оси подвижной части *4*. Ферромагнитный сердечник изготавливается из материалов с

большой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой (электротехническая сталь, пермаллой).

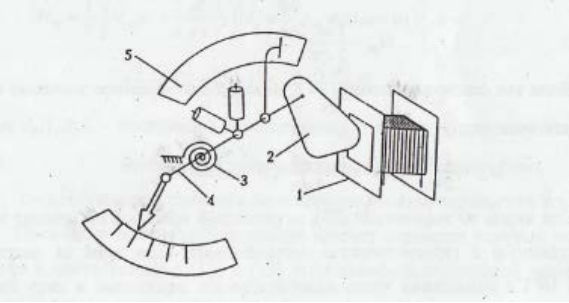

Рис. 2

Противодействующий момент создается, как правило, механическим путем с помощью пружины 3. Успокоение обеспечивается либо воздушным успокоителем 5, либо магнитоиндукционным путем. Условное обозначение электромагнитных приборов представлено в таблице 1. По существовавшей до недавнего времени классификации в названии типа прибора используется буква Э (например, Э545).

При протекании по катушке тока / сердечник намагничивается и втягивается в зазор катушки, при этом электромагнитная энергия катушки:

$$W_{эм} = \frac{Li^2}{2}; (4)$$

где L - собственная индуктивность катушки, зависящая от положения сердечника.

Основная область применения электромагнитных измерительных механизмов - это измерение токов (амперметры) и напряжений (вольтметры) промышленной частоты.

Электростатические измерительные преобразователи и приборы

В электростатических измерительных преобразователях и приборах вращающий момент создается в результате взаимодействия двух систем заряженных пластин, одна из которых является неподвижной.

На (рис.3) под действием разности потенциалов подвижные пластины *1* стремятся втянуться между неподвижными *2*, при этом изменяется активная площадь взаимодействия пластин (такая конструкция применяется в вольтметрах для измерения низких напряжений - до единиц киловольт). Для увеличения чувствительности при этом применяется световой указатель, зеркальце *3* которого непосредственно крепится на подвижной части. Растяжки *4* создают противодействующий момент.

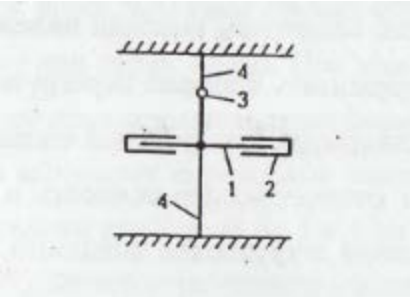

Рис.3

Энергия электростатического поля системы заряженных тел:

$$W_э = \frac{Cu^2}{2}; (5)$$

где С - электрическая емкость между подвижными и неподвижными станами; u - напряжение (разность потенциалов) между ними.

Электростатические приборы применяются главным образом в качестве измерителей напряжения - вольтметров. Измеряемое вольтметром напряжение непосредственно подастся на измерительный механизм.

Электродинамические и ферродинамические измерительные преобразователи и приборы

Принцип действия электродинамических и ферродинамических приборов практически одинаков. Вращающий момент в них возникает в результате взаимодействия магнитных полей неподвижных и подвижных (одной или двух) катушек с токами. Различие заключается лишь в том, что в ферродинамических приборах неподвижные катушки расположены на сердечнике из ферромагнитного материала, который набирается из листов электротехнической стали или пермаллоя, что существенно увеличивает магнитный поток, а следовательно, и вращающий момент.

Методика эксперимента

Под поверкой электроизмерительных приборов понимается метрологическая операция, заключающаяся в равнении рабочих мер и показаний рабочих измерительных приборов с образцовыми мерами и показаниями образцовых измерительных приборов с целью определения погрешностей рабочих мер и приборов.

Поверки амперметра и вольтметра методом показаний их с показаниями стрелочных образцовых приборов производится по схемам, изображенными на рисунке 4.

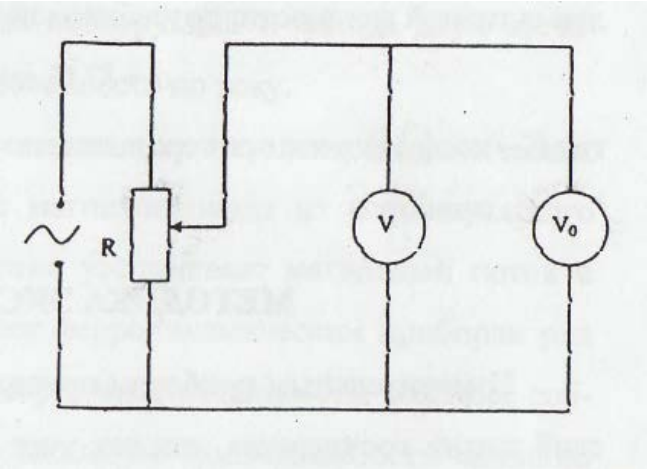

Рис.4

Действительное значение тока и напряжения определяется по показаниям образцовых амперметра и вольтметра.

Обработка результатов эксперимента

Результаты поверки заносим в таблицу 1 для вольтметра (рис.4).

Таблица1

Показания проверяющего прибора U, В	Показания поверяемого прибора		Показания поверяемого прибора U_0, В (среднее значение)	Погрешность Δ, В абсолютная	Погрешность ε, % относительная
	Umin, В	Umax, В			

$U_0 = \frac{(Umin+Umax)}{2}$ – **среднее значение**

$\Delta U = |U_0 - U|$ – **абсолютная погрешность**

$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100\%$ - **относительная погрешность**

Вывод: в ходе работы мы исследовали принцип работы с электроизмерительными приборами, рассчитали величину вольтметра и выяснили, что наша измеренная величина не в ГОСТ1845-59 ни в один класс точности.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. М: Наука, Т.3 2016
2. Физический практикум/ Под ред. В.И. Ивероновой. М.: Физматгиз, 2017
3. Учебные анимированные клипаты по физики ЭТИ СГТУ [Электронный ресурс] http://tfi.sstu.ru/
4. Калашнико в С. Г. Электричество. -М.: Наука, 2015. - 576 с.
5. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм. -М.: Высшая школа, 2017
6. Савелье в И. В. Курс общей физики. Т. 2. - М.: Наука, 2016 - 496с.
7. . СавельевИ. В. Курс общей физики. Т. З. -М.: Наука, 2016. -317с.
8. Гольди н Л. Л. Руководство к лабораторным занятиям по физике. -М.: Наука. 2017. -687 с. .