

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор ЭНИИ

к.т.н., доцент

_____ Ю.С. Боровиков

« ___ » _____ 2012 г.

Ю.К. Кривогузова

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И
ПОВЕРКА АМПЕРМЕТРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления
140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Издательство
Томского политехнического университета
2012

УДК 621.317.3

Исследование метрологических характеристик и поверка амперметра с электромагнитной системой.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления 140400 – Электроэнергетика и электротехника / Ю.К. Кривогузова, Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 10 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2012 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ И.П. Озерова

Председатель учебно-методической
комиссии _____ В.С. Андык

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2012
© Кривогузова Ю.К., 2012
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2012.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении конструкции и принципа действия амперметра с электромагнитной системой, освоении методики проведения поверки электромагнитного амперметра.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение принципа действия вольтметра с магнитоэлектрической системой;
- проведение поверки вольтметра.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АМПЕРМЕТРА

Электромагнитный прибор имеет электроизмерительный механизм с неподвижной катушкой, по обмотке которой протекает измерительный ток и один или несколько ферромагнитных сердечников, установленных на оси.

Электромагнитные приборы изготавливают либо с плоской катушкой (рис. 1, а), либо с круглой катушкой (рис. 1, б). Плоскую неподвижную катушку (рис. 1, а) наматывают обычно из толстой проволоки 1 на неферромагнитный каркас 2 так, что внутри нее образуется воздушный зазор. Рядом с зазором располагают ферромагнитную пластинку 7, ось пластинки расположена асимметрично, на оси крепят стрелку 8 прибора, перемещающуюся вдоль шкалы 3 прибора. На оси укреплены противодействующая пружина 6 и алюминиевый сектор 5, который может поворачиваться в поле постоянного магнита 4.

Электромагнитный прибор с круглой катушкой устроен следующим образом. Из толстой проволоки намотана круглая катушка 10 (рис. 1, б) с воздушным центральным зазором. Внутри зазора неподвижно расположена ферромагнитная пластина 11, а на оси закреплена вторая, но уже подвижная ферромагнитная пластина 12. На оси пластины 12 закреплены противодействующая пружинка 13 и стрелка 14 прибора. Для создания противодействующего момента закрепляют на оси алюминиевый сектор и устанавливают постоянный магнит - на рисунке не показаны.

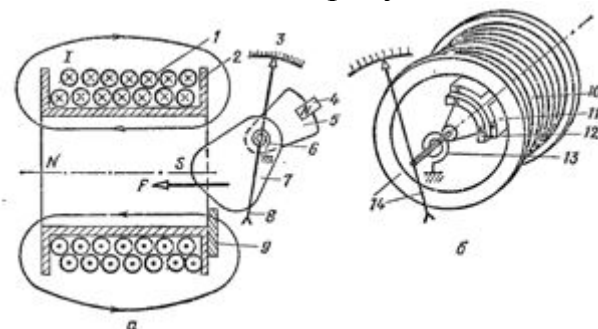


Рисунок 1 – Электромагнитный измерительный механизм:

а - с плоской катушкой, б - с круглой катушкой

Противодействующий момент создается механическими силами пружин (рис. 2), растяжек или подвесов.

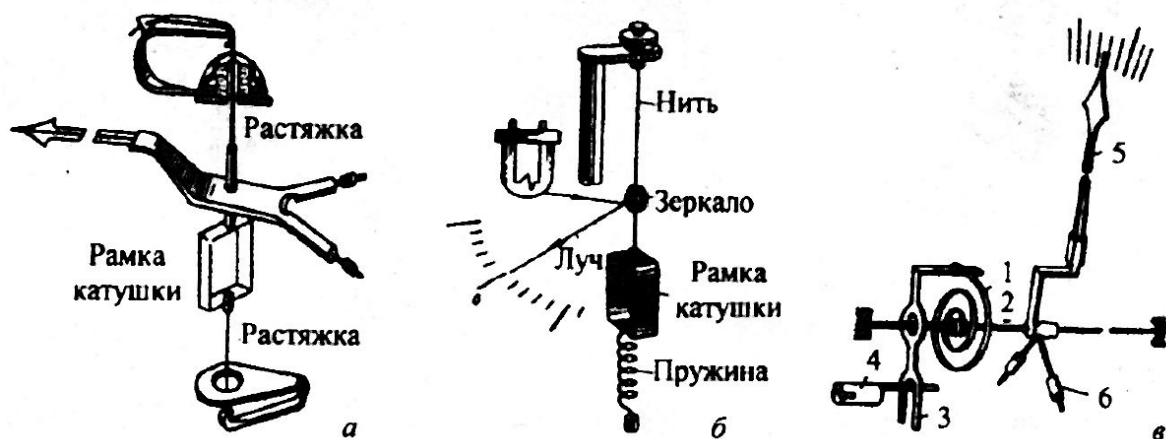


Рисунок 2 – Устройства задания противодействующего момента при помощи растяжек (а), подвеса (б) и спиральных пружин (в):

1 – спиральная пружина; 2 – ось; 3 – рычаг для установки стрелки в нулевое положение; 4 – эксцентрик для поворота рычага 3 и стрелки 5; 6 – балансирующие противовесы

При этом противодействующий момент пропорционален повороту подвижной части механизма (углу закручивания упругого элемента).

Растяжки – упругие ленты из бериллиевой или оловянной бронзы, крепятся одним концом к подвижной части, а оставшимися концами к плоским пружинам.

Подвесы – металлические или кварцевые пружины – применяются только в приборах повышенной чувствительности.

Для задания момента противодействия в приборах с установкой подвижной части на осях применяются спиральные пружины.

Вращающий момент в данной системе определяется по формуле:

$$M_{\text{сп}} = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}, \quad (1)$$

где $\frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}$ – производная энергии по углу перемещения сердечника;

I – измеряемый ток;

$\frac{dL}{d\alpha}$ – производная индуктивности катушки по углу перемещения сердечника.

При включении прибора в цепь переменного тока среднее за период значение вращающего момента определяется выражением:

$$M_{\text{сп}} = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} \cdot i^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} \cdot I_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot \frac{dL}{d\alpha} dt = \frac{1}{2} I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}. \quad (2)$$

где $m(t)$ – мгновенное значение вращающего момента;

I_m – максимальное значение тока, протекающего по катушке.

Уравнение шкалы прибора выглядит следующим образом:

$$\alpha_y = \frac{1}{2} \cdot \frac{I^2}{W} \cdot \frac{dL}{d\alpha}, \quad (3)$$

где W – удельный противодействующий момент, создаваемый спиральной пружиной.

Из уравнения видно, что шкала неравномерна и носит квадратичный характер. Для уменьшения неравномерности шкалы прибора необходимо, чтобы чувствительность была также неравномерна в зависимости от угла поворота. Это достигается выбором формы ферромагнитной пластины.

Чувствительность электромагнитного прибора зависит от значения измеряемого тока. При измерениях малых токов она мала настолько, что начало шкалы (10-15 % шкалы) даже не градуируют.

Электроизмерительный механизм амперметра чувствителен к внешним электромагнитным излучениям, поэтому он, как правило, экранируется ферромагнитным экраном.

К достоинствам электромагнитных механизмов относятся: пригодность для работы в цепях как постоянного, так и переменного тока; простота конструкции; способность выдерживать большие перегрузки за счет отсутствия токопроводов к подвижным частям; возможность измерения больших токов.

Недостатками электромагнитных приборов являются: неравномерная шкала; невысокая чувствительность; подверженность влиянию изменения частоты, а также влиянию внешних магнитных полей и температуры; сравнительно большое энергопотребление; невозможность достижения высокой точности.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для снятия метрологических характеристик электромагнитного вольтметра необходимо собрать схему, приведенную на рис. 2.

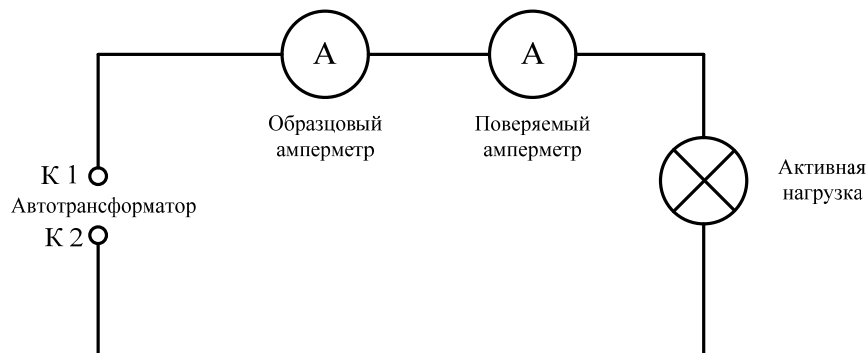


Рисунок 3 – Схема экспериментальной цепи

Порядок сборки схемы экспериментальной цепи:

Внимание! Все коммутации осуществлять при выключенном электропитании лабораторной установки с помощью сетевых автоматов АВ1 и АВ2 блока питания.

1. Повернуть регулятор Автотрансформатора против часовой стрелке до упора (установить указатель на отметку «0»).
2. Установить переключатель режима работы Мультиметра в положение измерения **переменного тока**, предел измерения 200 мА.
3. Соединить проводником контакт К1 выхода автотрансформатора с измерительным контактом mA мультиметра.
4. Соединить проводником общий измерительный контакт Мультиметра СОМ с измерительным контактом К1.1 поверяемого амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические».
5. Соединить проводником измерительный контакт К2.1 выхода поверяемого амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К1.1 активной нагрузки панели «Блок нагрузок».

6. Соединить проводником контакт К2.1 активной нагрузки (2 рис. 1.8) панели «Блок нагрузок» с общим контактом К2 Автотрансформатора.

7. Включить электропитание лабораторной установки (установить переключатели сетевых автоматов АВ1 и АВ2 вверх), мультиметр.

Показания эталонного амперметра (мультиметра) заносятся в протокол поверки прибора.

Форма протокола приведена в Приложении 1.

Отсчет производится в сторону увеличения показаний прибора (прямой ход), затем в сторону уменьшения показаний (обратный ход).

Таблица 1

№ вар.	Поверяемые отметки шкалы, мА						
1	20	30	40	50	60	70	80
2	26	36	46	56	66	76	86
3	22	32	42	52	62	72	82
4	24	34	44	54	64	74	84
5	28	38	48	58	68	78	88
6	35	45	55	65	75	85	95
7	21	31	41	51	61	71	81
8	23	33	43	53	63	73	83
9	39	49	59	69	79	89	99
10	27	37	47	57	67	77	87

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Абсолютная погрешность для прямого и обратного хода соответственно вычисляется по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta_{nx} &= I_{nx} - I_{nn}, \\ \Delta_{ox} &= I_{ox} - I_{nn},\end{aligned}\tag{4}$$

где I_{nx} – отсчет по рабочему эталону при увеличении показаний прибора (прямой ход);

I_{ox} – отсчет по рабочему эталону при уменьшении показаний прибора (обратный ход);

I_{nn} – значение напряжения, соответствующее отметке шкалы.

Вариация прибора вычисляется по формуле:

$$V = I_{nx} - I_{ox}. \quad (5)$$

Предел допускаемой основной абсолютной погрешности определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{дон}} = \frac{\gamma \cdot (I_{\text{вн}} - I_{\text{нн}})}{100}, \quad (6)$$

где γ – предел допускаемой основной приведенной погрешности,

$I_{\text{нн}}$ – нижний предел измерения поверяемого вольтметра;

$I_{\text{вн}}$ – верхний предел измерения поверяемого вольтметра.

Предел допускаемой вариации прибора численно равен пределу допускаемой основной абсолютной погрешности:

$$V_{\text{дон}} = \Delta_{\text{дон}}. \quad (7)$$

В одной системе координат построить графики зависимостей абсолютной погрешности прямого и обратного ходов от значения измеряемой величины. По характеру зависимостей определить тип погрешности.

В одной системе координат построить графики зависимостей значений тока, полученных с помощью рабочего эталона при прямом и обратном ходах, от значений тока, соответствующих отметкам шкалы поверяемого амперметра, графически показать вариацию прибора в произвольной точке.

Сравнить максимальные и допускаемые значения абсолютной погрешности и вариации прибора. Сделать вывод о метрологической годности прибора.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Описание конструкции и принципа работы амперметра с электромагнитной системой.
2. Расчет метрологических характеристик.
3. Графическое представление определяемых зависимостей.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Протокол поверки (на отдельном листе).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чему равен класс точности поверяемого прибора? Какую погрешность он характеризует?
2. Почему шкала прибора неравномерна в области значений, близких верхнему и нижнему пределу измерений?
3. Как и почему включаются поверяемый и образцовый амперметры в поверочной схеме?

ПРОТОКОЛ

Поверки амперметра типа _____ с _____
 системой. Класс точности прибора ____, предел измерения прибора
 _____. Отсчет проводился по рабочему эталону типа _____
 с пределом измерения _____.

Отметки шкалы, мА	Отсчет по рабочему эталону, мА		Абсолютная погрешность, мА		Вариация прибора
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	

Допускаемая абсолютная
 погрешность прибора _____ мА.

Максимальная абсолютная
 погрешность прибора _____ мА.

Допускаемая вариация
 прибора _____ мА.

Максимальная вариация
 прибора _____ мА.

Вывод: _____.