

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в электроэнергетических и промышленных установках эксплуатируется огромное количество электромеханических и электронных реле, контакторов, пускателей, предохранителей и других устройств. Выпуск перечисленных устройств, несмотря на интенсивное внедрение микропроцессорной техники в области аппаратостроения, продолжает увеличиваться.

Для выпускников направлений «Электроэнергетика», «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» важно знать назначение, конструкцию и основные характеристики электрических и электронных аппаратов, уметь правильно их выбрать.

Учебными планами этих направлений предусмотрен курс «Электрические и электронные аппараты». В соответствии с рабочими планами студенты должны выполнить ряд лабораторных работ, закрепляющих теоретический материал лекционного курса.

Лабораторный практикум «Электрические и электронные аппараты» предназначен как для теоретической подготовки студентов к лабораторным работам, так и для непосредственного их выполнения, содержит основные теоретические положения и методические указания для проведения экспериментов. Это особенно важно, когда выполнение лабораторных работ опережает материал лекций.

В описания включены основные теоретические сведения по изучаемому аппарату, его конструктивные особенности, контрольные вопросы для самоконтроля. Для подготовки к защите лабораторных работ необходимо изучить материал по рекомендованному в конце практикума списку литературы.

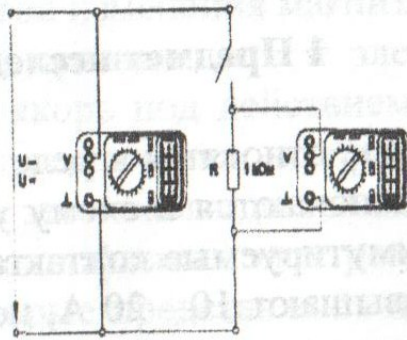
Приведенные в практикуме описания лабораторных установок, а также методические указания по выполнению работ позволяют студентам работать самостоятельно.

Задание лабораторной работы включает теоретическую часть, которая выполняется дома, и экспериментальную часть, выполняемую на лабораторных занятиях. С особенностями конструкции отдельных аппаратов можно познакомиться как на лабораторных установках, так и их макетах в помещении лаборатории. Порядок подготовки, проведения лабораторных работ и оформления отчетов изложен в СТП ТПУ 2.3.05-00- Занятия лабораторные. Общие требования к организации и проведению.

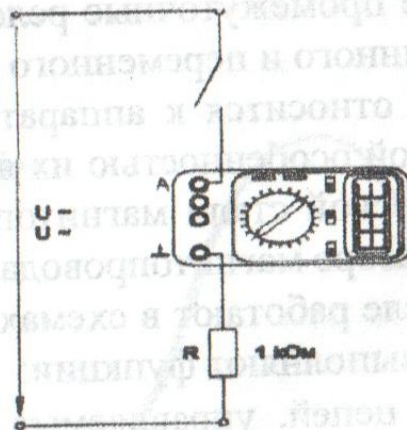
## Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

Для измерений трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

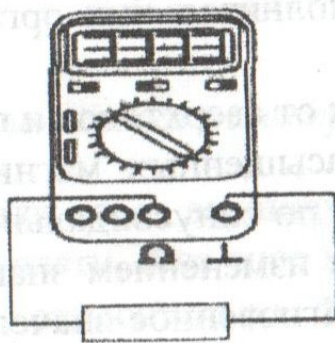
- установка рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.



*Присоединение мультиметра как вольтметра*



*Присоединение мультиметра как амперметра*



*Присоединение мультиметра как омметра*

## Лабораторная работа № 1

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

**Цель работы.** Ознакомиться с конструкциями электромагнитных промежуточных реле. Проверить основные характеристики реле. Исследовать влияние сечения и материала магнитного экрана на вибрацию якоря. Исследовать влияние величины конечного зазора на коэффициент возврата, вибрацию якоря и ток в катушке.

### 1 Предмет исследования

Промежуточные реле относятся к реле управления, являются первичными, их обмотки включаются в схему управляемой или защищаемой установки. Токи, коммутируемые контактами таких реле при невысоких напряжениях, не превышают 10—20 А, не вызывают проблем с дугогашением, что позволяет предельно упростить их конструкцию и обойтись без дугогасительных устройств.

Электромагнитные промежуточные реле приводятся в действие электромагнитами постоянного и переменного напряжения.

Исследуемое реле относится к аппаратам переменного напряжения, главной отличительной особенностью их является шихтованный из листов электротехнической стали магнитопровод и наличие магнитного экрана (к.з. витка в зазоре магнитопровода).

Промежуточные реле работают в схемах автоматического управления электроприводами и выполняют функции:

- увеличения числа цепей, управляемых одним контактом пускового реле;
- электрического разделения или объединения электрических цепей;
- коммутации электрических цепей согласно программе;
- усилителей сигналов исполнительных органов при недостаточности их мощности;
- защиты электроустановок от сверхтоков и понижения напряжения.

Магнитный поток в ненасыщенных магнитных цепях переменного тока во времени изменяется по синусоидальному закону, дважды за период проходит через ноль с изменением знака. При насыщении синусоидальность нарушается. Мгновенное значение электромагнитной силы можно определить по формуле Максвелла [1,2]

$$F_{эм} = \frac{(\Phi_m \sin \omega t)^2}{2\mu_0 S_\delta} = \frac{\Phi_m^2}{2\mu_0 S_\delta} \left( \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) =$$

$$\frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2} \cos 2\omega t = F_{эм} - F_{эм}$$

$\frac{F_m}{2}$  - среднее значение усилия за период (расчетное значение полезной силы), рис.1.

Из формулы видно, что усилие изменяется во времени. По сравнению с потоком усилие изменяется по косинусоидальному закону с двойной частотой по сравнению с частотой изменения магнитного потока.

В моменты времени  $\omega t = 0$  и кратные  $\omega t = \pi$  электромагнитное усилие становится равным нулю, якорь под действием контактных и возвратных пружин отрывается от сердечника, но при возрастании усилия до  $F_{пр}$  снова притягивается, при этом наблюдается вибрация якоря.

Для устранения вибрации в однофазных электромагнитах применяют электромагнитные экраны, которые представляют из себя короткозамкнутые кольца, выполненные из проводникового материала, вставленные в расщеп магнитопровода и охватывающие только часть магнитопровода.

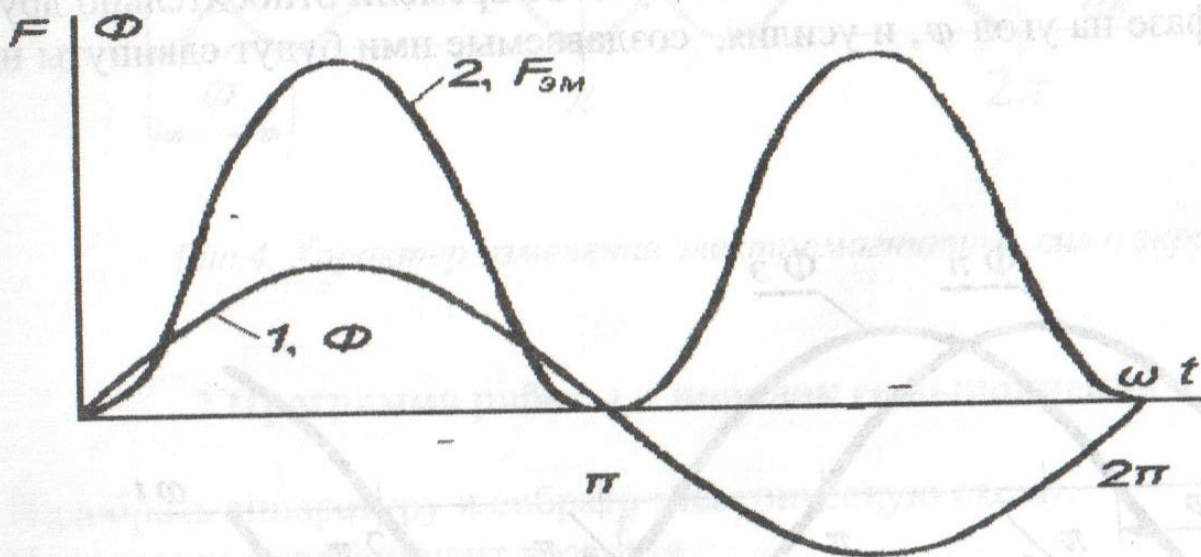


Рис.1. Характер изменения потока и электромагнитной силы без экрана

Магнитный поток, проходя через экранированную и неэкранированную части, делится на две части, и за счет магнитного потока магнитного экрана сдвигаются, относительно друг друга на угол  $\varphi < 90^\circ$  (рис.2).

Эти потоки складываются геометрически  $\bar{\Phi} = \bar{\Phi}_\varepsilon + \bar{\Phi}_\text{н}$ . Поток в магнитном экране создается током экрана, наведенном в нем при перемагничивании, поток экрана замыкается вокруг экрана, дважды пересекая

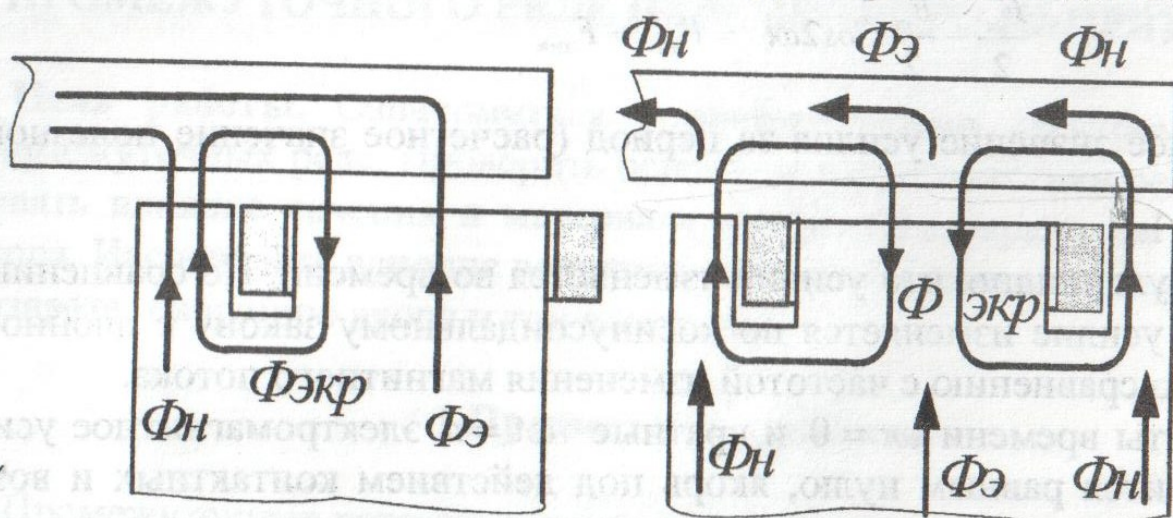


Рис.2. Характер распределения потоков в области экрана

рабочий зазор. Для увеличения эффективности магнитного экрана зазор должен быть как можно меньше, для этого поверхности соприкосновения якоря и сердечника шлифуются.

При притянутом якоре электромагнитные усилия будут создаваться обоими потоками  $\Phi_\varepsilon$  и  $\Phi_\text{н}$ , они сдвинуты во времени относительно друг друга по фазе на угол  $\varphi$ , и усилия, создаваемые ими будут сдвинуты на угол  $2\varphi$ .

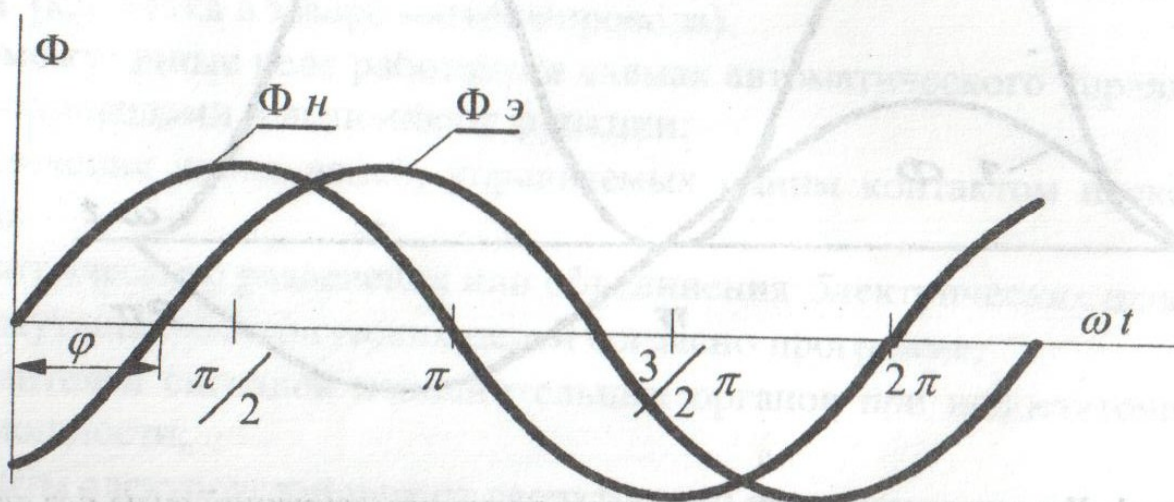


Рис.3. Характер изменения потоков в магнитопроводе с экраном

Результирующее усилие будет пульсировать от  $F_{\min}$  до  $F_{\max}$  (рис.4), при этом  $F_{\min} > 0$ . Пульсации усилия не будет, если  $F_{\min} = F_{\max}$ , что

может быть при

$$\frac{\Phi_{\varepsilon}^2}{S_{\varepsilon}} = \frac{\Phi_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}} \quad \text{и} \quad \varphi = 90^{\circ}.$$

Угла сдвига между потоками  $90^{\circ}$  добиться практически не возможно, в реальных аппаратах он находится в пределах  $50-65^{\circ}$ , поэтому в реальных аппаратах результирующая сила при наличии экранов носит пульсирующий характер, изменяясь от  $F_{\text{min}}$  до  $F_{\text{max}}$ . При условии  $F_{\text{min}} > F_{\text{пр}}$  вибрации якоря не наблюдается.

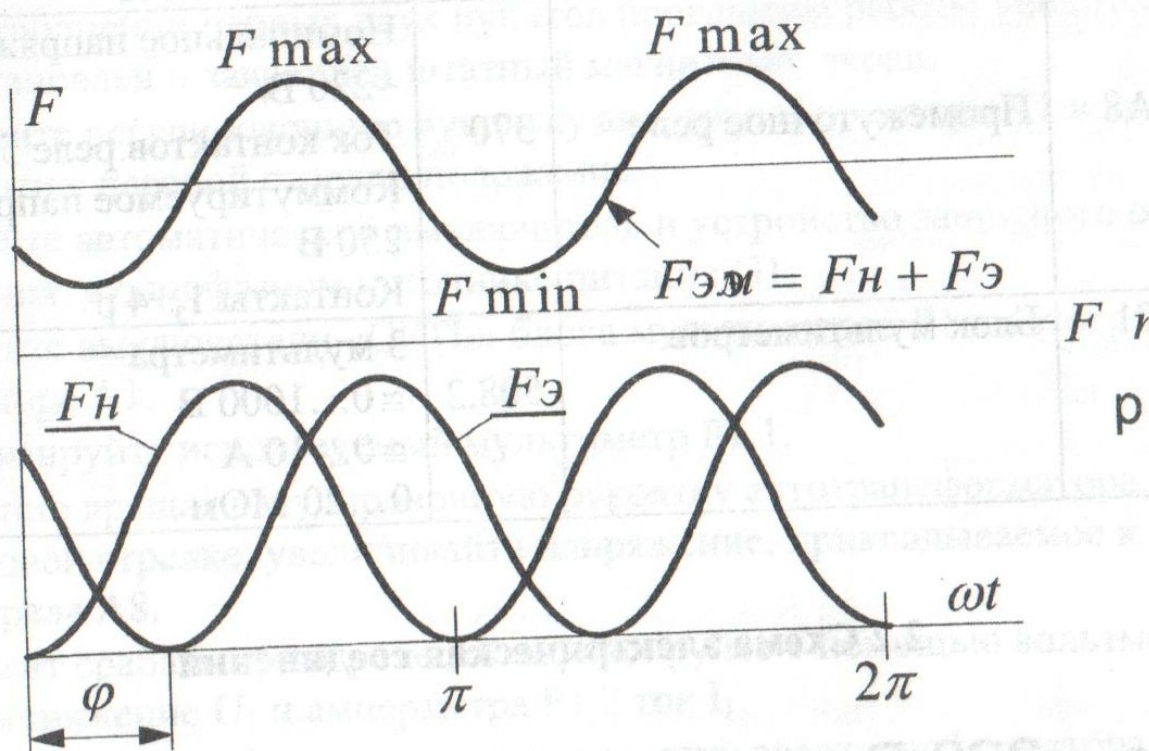


Рис.4. Характер изменения электромагнитных сил с экраном

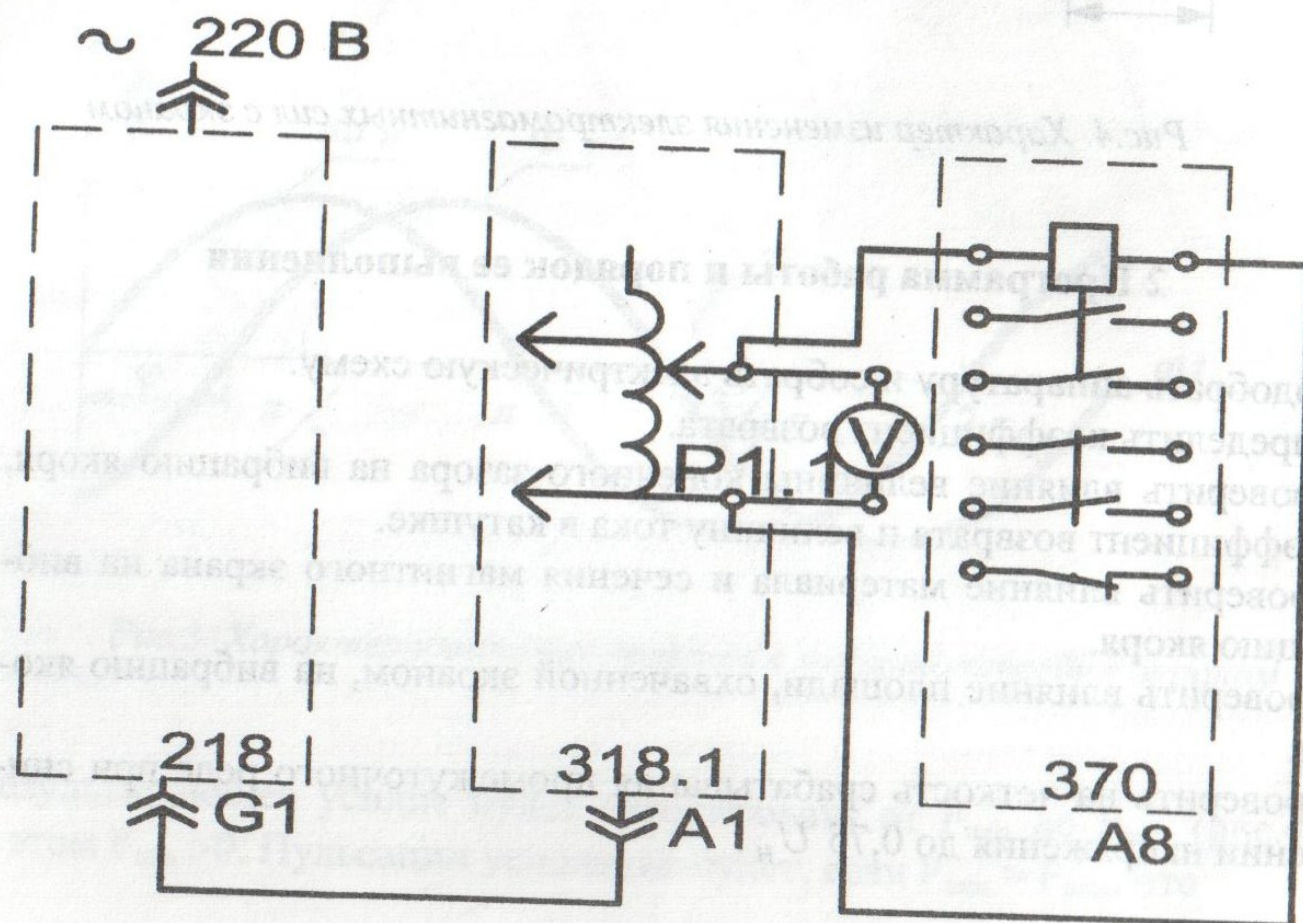
## 2 Программа работы и порядок ее выполнения

1. Подобрать аппаратуру и собрать электрическую схему.
2. Определить коэффициент возврата.
3. Проверить влияние величины конечного зазора на вибрацию якоря, коэффициент возврата и величину тока в катушке.
4. Проверить влияние материала и сечения магнитного экрана на вибрацию якоря.
5. Проверить влияние площади, охваченной экраном, на вибрацию якоря.
6. Проверить на четкость срабатывания промежуточного реле при снижении напряжения до  $0,75 U_{\text{н}}$ .

## 2.1 Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0...240 В/2 А
A8	Промежуточное реле	370	Номинальное напряжение ~220 В/ Ток контактов реле 5А Коммутируемое напряжение 250 В Контакты 1 <sub>3</sub> +4 р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≈ 0...1000 В ≈ 0...10 А 0...20 МОм

## 2.2 Схема электрическая соединений



### 3 Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- При выполнении первых двух пунктов программы работы убедитесь, что установлен и закреплен штатный магнитный экран.
- Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.
- Активизируйте используемый мультиметр P1.1.
- Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.
- В момент срабатывания реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра P1.1 напряжение  $U_1$  и амперметра P1.2 ток  $I_1$ .
- Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.
- В момент возврата реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра P1.1 напряжение  $U_2$  и амперметра P1.2 ток  $I_2$ .
- Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- Вычислите коэффициент возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения по формуле  $K = U_2 / U_1$ .
- Для проверки влияния величины конечного зазора на характеристики электромагнита в зазор поочередно устанавливайте прокладки из конденсаторной бумаги от 1 до 5÷7 слоев, измерения аналогичны предыдущим. Результаты оформить в виде –таблицы. Фиксировать изменение вибрации по шуму.

Без прибора оценка шума субъективна, тем не менее можно судить об увеличении или уменьшении шума. Для достоверности необходимо в каждом случае производить 5-6 включений, так как вибрация может



изменяться из-за перекоса якоря.

$\delta$	1	2	...	n
U				
I				

- Проверяется шум от вибрации якоря при изменении сечения и материала магнитного экрана. Для исследования предложены магнитные экраны из меди, алюминия, латуни, свинца и стали одинакового сечения. Влияние сечения экрана на вибрацию якоря проверить на медных экранах, изменяя число пластин.
- Для любого экрана проверить вибрацию, охватывая экраном большую или меньшую площадь магнитопровода.
- При проведении экспериментов все изменения в конструкции производить при отключенном питании.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора A1.
- После проверки преподавателем результатов эксперимента разобрать схему и привести все в исходное состояние.

#### 4 Вопросы для самоконтроля

1. Как влияет материал магнитного экрана на вибрацию якоря.
2. Как влияет сечение экрана на вибрацию якоря.
3. Почему изменяется ток в катушке при изменении рабочего зазора.
4. Какие еще вы знаете методы уменьшения вибрации.
5. Для чего в аппаратах переменного тока магнитопровод выполняется шихтованным.
6. Какие конструктивные отличия в выполнении промежуточных реле постоянного и переменного тока.
7. Можно ли электромагнитное промежуточное реле, предназначенное для работы в сети постоянного тока, включить в цепь переменного тока при том же напряжении и обеспечить его четкую работу.
8. Какие основные функции выполняют электромагнитные промежуточные реле.
9. Почему в промежуточных реле нет необходимости использовать дугогасительные камеры.