

3. Лабораторная работа
ЭЛЕКТРОМАГНИТ ПОСТОЯННОГО ТОКА

3.1. Предмет исследования

Предметом исследования является П-образный электромагнит постоянного тока с прямоходовым притягивающим якорем.

3.2. Описание установки

Экспериментальная установка (рис. 3.1) состоит из П-образного магнитопровода 1, на котором расположена обмотка 9, состоящая из двух полуобмоток, включенных последовательно и в магнитном отношении согласно. На одном из вертикальных стержней и на горизонтальном стержне расположены четыре измерительные катушки, служащие для измерения магнитного потока Φ в различных точках магнитопровода (рис. 3.2). Магнитопровод 1 соединен с деталью 2, которая может перемещаться по направляющим неподвижной детали 3, с которой соединен переходник 4, удерживающий измеритель перемещения (индикатор) 5. Рамка 6, жестко связанная с деталью 2, деформирует пружину 7, которая перемещает шток индикатора и меняет положение стрелки 8. Якорь 10, соединенный с немагнитной деталью 11 может перемещаться в вертикальном направлении винтом 13 относительно неподвижной детали 12. Воздушный зазор между магнитопроводом и якорем устанавливается с помощью набора тарированных немагнитных прокладок.

При протекании тока по обмоткам электромагнита создается электромагнитная сила, притягивающая магнитную систему к неподвижному якорю. Сила тяги электромагнита через рамку 6 воздействует на пружину 7, которая действует на индикатор перемещения, поворачивая стрелку 8. Зная жесткость пружины и показания индикатора, можно вычислить силу, развиваемую электромагнитом.

Электрическая схема установки приведена на рис. 3.1.а. Питание электромагнита осуществляется от источника 220 В через трансформатор T_p и двухполупериодный выпрямительный мост B . Конденсатор C является сглаживающим фильтром.

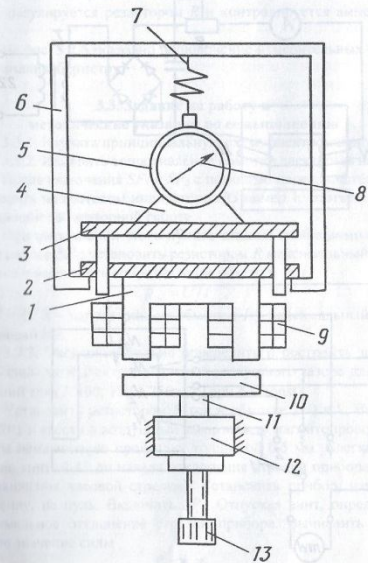
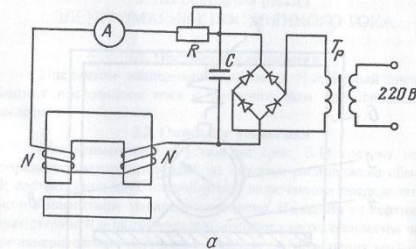
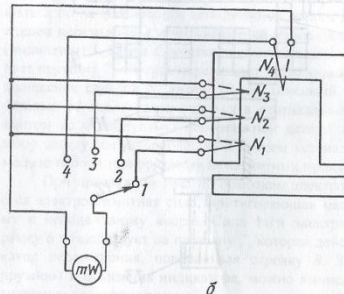


Рис. 3.1. Схема экспериментальной установки



а



б

Рис. 3.2. Электрическая схема (а) и схема подключения измерительных катушек (б)

устраняющим вибрации подвижной части установки. Ток обмотки регулируется резистором R и контролируется амперметром A .

На рис. 3.2.б показано подключение измерительных обмоток к милливаттметру.

3.3. Задание на работу и методические указания по ее выполнению

3.3.1. Изучить принципиальную схему электромагнита.

3.3.2. Измерить сопротивление обмотки электромагнита.

После включения SF_1 и SF_2 с помощью переключателя SA_6 установить на световом индикаторе HG номер 1, соответствующий данной лабораторной работе.

При выполнении этого пункта задания необходимо включить тумблер SP_1 ; установить резистором R максимальный ток в обмотке и рассчитать сопротивление обмотки

$$R_{об} = U/I$$

где $U = 45$ В – напряжение на обмотке; I – максимальный установленный ток.

3.3.3. Экспериментально определить и построить зависимость силы тяги электромагнита от воздушного зазора для трех значений тока I : 100, 150 и 250 мА (при $\delta = const$).

Установить резистором R ток в обмотке 250 мА. Выключить SP_1 и ввести в воздушный зазор между магнитопроводом и якорем немагнитную прокладку толщиной 0,5 мм. Слегка прижать ее винтом 13 до начала отклонения стрелки прибора (против движения часовой стрелки). Установить прибор, измеряющий силу, на нуль. Включить SP_1 . Отпуская винт, определить максимальное отклонение стрелки прибора. Вычислить измеренное значение силы

$$P = k n$$

где $k = 1,63$ Н/дел – цена деления измерительного прибора, n – число делений, соответствующее максимальному отклонению стрелки.

Выключить *SP1*. Измерить значения силы тяги аналогично п. 3.3.3, последовательно устанавливая в воздушном зазоре немагнитные прокладки разной толщины. По данным эксперимента построить зависимость силы тяги электромагнита от зазора.

Установить новое значение тока и в том же порядке снять тяговую характеристику. Построить на одном графике тяговые характеристики, сравнить их между собой и сделать выводы.

3.3.4. Экспериментально определить и построить зависимость силы тяги от тока для трех значений воздушного зазора δ : 0,5; 0,8 и 1 мм (при $I = \text{const}$).

Установить в воздушном зазоре немагнитную прокладку толщиной 0,5 мм. Изменяя резистором R ток в обмотке в пределах от 100 до 320 мА, снять зависимость силы тяги от тока обмотки. Установить прокладку толщиной 1 мм и повторить опыт. Измерения электромагнитной силы проводить аналогично п. 3.3.3.

3.3.5. Экспериментально определить и построить распределение магнитного потока вдоль магнитопровода (при $\delta = \text{const}$, $I = \text{const}$).

Установить ток в обмотке $I = 250$ мА. Подключить миллиамперметр к клеммам рФ. Установить воздушный зазор 0,5 мм. Переключить *SA* в положение 1, фиксируемое по индикатору И2. Включая и отключая *SP1*, измерить отброс стрелки миллиамперметра. Вычислить значение потокоцепления

$$\Psi = C \cdot n,$$

а по нему соответствующий магнитный поток Φ , который определяется, как известно, из соотношения

$$\Phi = \Psi / N_{\text{из}},$$

где $C = 0,1$ мВб - цена деления миллиамперметра; n - отброс стрелки; $N_{\text{из}} = 15$ - число витков каждой измерительной обмотки. Переключить *SA* последовательно в положения 2, 3, 4 и повторить опыты. По четырем значениям магнитного потока построить зависимость потока от длины (от места расположения измерительной катушки, т.е. от ее номера на рис. 3.2,а).

3.3.6. Рассчитать значение электромагнитной силы на основании замеренных магнитных потоков по формуле Д.К. Максвелла

$$P_s = \frac{\Phi^2}{\mu_0 k_{\text{ср}} a b}, \quad (1)$$

и по энергетической формуле

$$P_s = \mu_0 k_{\text{ср}} a b I^2, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная,

$I = IN$ - МДС обмотки электромагнита;

N - число витков обмотки управления (см. табл. 3.1);

a и b - линейные размеры зазора (рис. 3.3);

$k_{\text{ср}}$ - коэффициент заполнения по стали (для сплошных магнитопроводов он равен 1; а для шихтованных - 0,74).

Таблица 3.1. Данные для различных стенов

№ стенов	Размеры, мм					
	a	b	c	d	L	N
I	10	30	20	15	40	1
II	10	30	20	14	40	1
III	10	20	21,5	12	63	0,74
IV	10	20	21,5	12	63	0,74

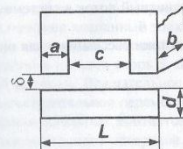


Рис. 3.3. Размеры зазора и полюса электромагнита

При использовании формулы Максвелла (1) в нее подставляется значение магнитного потока в обмотке I . Результаты расчетов сравнить с экспериментальными данными.

3.4. Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на силу тяги электромагнита?
2. В каких единицах измеряется МДС?
3. В каких единицах измеряется потокоцепление?
4. В каких единицах измеряется магнитный поток?
5. В каких единицах измеряются разность магнитных потенциалов и магнитное напряжение?
6. Существует ли связь между потокоцеплением и магнитным потоком? Если да, то какая?
7. Существует ли связь между МДС и магнитным напряжением? Если да, то какая?
8. Имеется ли связь между МДС и магнитным потоком? Если да, то какая?
9. Как зависит электромагнитная сила от зазора δ ?
10. Как зависит электромагнитная сила от тока I в обмотке электромагнита?
11. Чему равна мощность, потребляемая обмоткой электромагнита? В чем она измеряется?
12. Как зависит сила тяги от тока для ненасыщенной и насыщенной магнитных систем?
13. Почему магнитный лоток в системе не остается всюду постоянным?
14. Что такое потоки рассеяния и как они влияют на электромагнитную силу?

4. Лабораторная работа ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТОРОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

4.1. Предмет исследования

В работе исследуются коммутационные процессы и динамические характеристики по результатам осциллографирования соответствующих процессов на контакторах (МК-1) постоянного тока и (РПУ-1) переменного тока.

Исследование нагрузочной характеристики производится на препарированном образце контактора постоянного тока серии МК-1.

Устройство контакторов

Контактор постоянного тока серии МК-1 выполнен на номинальный ток 40 А и напряжение 220 В. Контактор может быть также использован при напряжении 380 В переменного тока при том же токе 40 А. Контактные накладки главных контактов выполнены из металлокерамики на основе серебра, вспомогательные контакты - из сплавов на серебряной основе [1, 3]. Номинальный ток контактов вспомогательных цепей 10 А, коммутируемый ток - 0,5 А при 220 В постоянного тока, 3,5 А при 120 В переменного. Механическая износостойкость контактора равна 10 млн. срабатываний. Допустимая частота срабатываний $Z = 1200$ вкл/час при ПВ = 40 %.

На рис. 4.1,а представлена конструкция контактора. В основу конструкции положен клапанный электромагнит I с двумя намагничивающими катушками 2. Использование двух катушек, работающих в параллель на один якорь 3, позволяет уменьшить габарит магнитной системы. Вращательное перемещение якоря I преобразуется в поступательное перемещение траверса главного контакта 5 и вспомогательных контактов 6 за счет рычага 4, выполненного из изоляционного материала. Траверса 5 несет на себе главный контакт мостикового типа 7 с контактной пружиной 8 и возвратную пружину 9. Траверса 6 содержит в себе подвижные вспомогательные замыкающие контакты (З) 10 и размыкающие (Р) 11 с соответствующими контактными пружинами