

2. Лабораторная работа
НАГРЕВ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

2.1. Предмет исследования

В лабораторной работе исследуются четыре катушки $N_1...N_4$, расположенные на магнитопроводах. Конструктивное исполнение катушек представлено на рис. 2.1 и 2.2, а их параметры приведены в табл. 2.1.

Для измерения температур в катушках установлены термомпары, месторасположение которых указано в табл. 2.1.

2.2. Описание установки

Установка питается от сети переменного напряжения 220 В и сети постоянного напряжения 110 В.

Лабораторная работа размещена на унифицированном лабораторном стенде, на котором всего размещено шесть лабораторных работ.

Принципиальная схема лабораторного испытательного стенда представлена на рис. 2.3. На передней панели стенда расположены исследуемые катушки $N_1 - N_4$. Каждая катушка включена в соответствующую схему выключателем, а в цепи катушки N_1 имеется амперметр $PA1$ (тип М381, класс точности 1,5), по которому контролируют значение протекающего через обмотку катушки тока. Над каждой катушкой имеется сигнальная лампа.

Катушки N_1 и N_2 подключаются выключателем $SF2$ к источнику постоянного напряжения 110 В, а катушки N_3 и N_4 выключателем $SF1$ к источнику переменного напряжения 220 В.

Термомпары, установленные в обмотках катушек, подключаются к измерителю температур ИТ (потенциометр типа А-565-002-01, класс точности 0,05) при нажатии на клавиш 1...12.

Световое табло HG указывает номер лабораторной работы, которая в данный момент подключена к стенду.

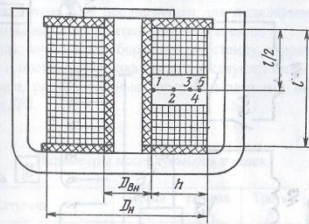


Рис. 2.1. Конструктивное исполнение катушек постоянного тока

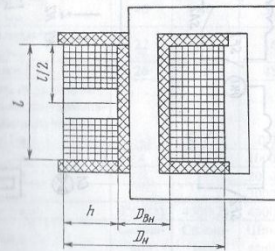


Рис. 2.2. Конструктивное исполнение катушек переменного тока

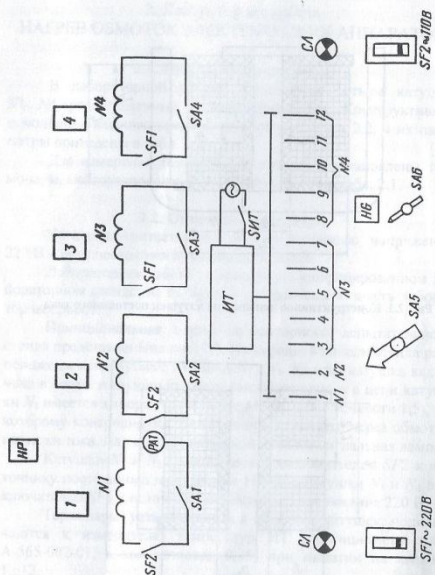


Рис. 2.3. Схема обмоточного испытательного стенда

Подключение лабораторной работы к стенду осуществляется переключателем $СА6$, о чем свидетельствует световое табло HG с номером лабораторной работы.

Выключатель $СА5$ предназначен для подключения системы сигнализации на испытательном поле стенда.

О подключении к лабораторному стенду напряжения переменного и постоянного тока свидетельствуют лампы световой сигнализации, расположенные соответственно над выключателями $SF1$ и $SF2$.

Таблица 2.1

Параметры исследуемых катушек

Катушка	Первая N_1	Вторая N_2	Третья N_3	Четвертая N_4
Число витков	4500	4500	4000	4000
Марка провода	ПЭВ-2	ПЭВ-2	ПЭВ-2	ПЭВ-2
Диаметр провода d , мм	0,21	0,21	0,33	0,33
Сопротивление обмотки R , Ом при 0 °С	180	180	93	93
Наружный диаметр обмотки $D_{нн}$, мм	40	40	50	50
Внутренний диаметр обмотки $D_{внн}$, мм	22	22	16	20
Длина обмотки l , мм	26	26	48	48
Число витков, на уровне которых установлены термомпары (номер клавиши на ИТ)				
1-я	-	-	0(3)	0(8)
2-я	-	-	1000(4)	1000(9)
3-я	-	-	2000(5)	2000(10)
4-я	-	-	3000(6)	3000(11)
5-я	4500(1)	4500(2)	4000(7)	4000(12)
Магнитопровод	Сплошной	Сплошной	Шихтованный	Сплошной

2.3. Задание на работу и методические указания по ее выполнению

2.3.1. Снять и построить зависимость распределения температур от координат слоев $\vartheta = \vartheta(t)$ катушек N_3 и N_4 через время нагрева $t = 1$ ч.

На поле данной лабораторной работы выключить выключатели $SA1, SA2, SA3$.

После включения $SF1, SF1$ и $SA5$ с помощью переключателя $SA6$ установить на световом индикаторе ИГ номер 3, соответствующий данной лабораторной работе.

Подключить к сети измеритель температур ИТ (выполняет лаборант).

На измерителе температур ИТ нажать клавишу 1 и зафиксировать начальную температуру катушек ϑ_0 . Зафиксировать также время начала выполнения работы.

При помощи выключателей $SA3$ и $SA4$ подключить катушки N_3 и N_4 к источнику напряжения. Примерно через 1 ч. нагрева этих катушек произвести измерения температур всеми термомпарами данных катушек.

Построить зависимости температур этих катушек от координат слоев.

Объяснить полученные зависимости.

Внимание: После подключения катушек N_3 и N_4 к источникам питания приступить к выполнению п.2.3.2.

2.3.2. Снять и построить зависимость температуры наружного слоя катушки N_2 от времени $\vartheta = \vartheta(t)$ при протекании по ней тока в течение $t = 1$ ч.

К измерителю температур подключить термомпару 2 катушки N_2 . Для этого надо нажать на клавишу 2 ИТ. Составить скелет таблицы, в который необходимо записывать время опыта и значение температуры наружного слоя катушки N_2 . Включить $SA2$ и провести первые 10 измерений через 1 мин, а затем через 5 мин в течение $t = 1$ ч.

2.3.3. Снять и построить зависимость температуры катушки N_1 от времени $\vartheta = \vartheta(t)$ при повторно-кратковременном режиме работы при протекании по ней прерывистого тока в течение $t = 1$ ч.

Повторно-кратковременный режим включения представляет собой чередование времени включения t_p и времени отключения (паузы) t_n катушки, причем длительность включения и отключения во времени данной работы не изменяются.

В данной работе за счет включенного в цепь катушки N_1 реле времени при включении $SA1$ начинается время рабочего периода t_p , т.е. через катушку протекает ток I_1 , затем наступает время паузы t_n и т.д.

Для получения кривой нагрева в данном случае необходимо:

- подключить к измерителю температур (ИТ) термомпару обмотки катушки N_1 ;
- включить $SA1$ и, наблюдая за амперметром $PA1$, записать время начала опыта;
- для каждого цикла $t_n = t_p + t_n$ необходимо записать два показания: максимальную и минимальную температуры за цикл, что соответствует концу t_p и концу t_n .

2.3.4. Для катушки N_2 определить установившееся значение температуры ϑ_y и значение постоянной времени нагрева T .

На кривой нагрева катушки N_2 взять две произвольные точки с координатами (ϑ_1, t_1) и (ϑ_2, t_2) .

Из уравнений

$$\Theta_1 = \Theta_y \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}} \right) \quad \text{и} \quad \Theta_2 = \Theta_y \left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}} \right)$$

определить Θ_y и T , где T - постоянная времени нагрева

$$\Theta_y = \vartheta_y - \vartheta_0,$$

$$\Theta_1 = \vartheta_1 - \vartheta_0,$$

$$\Theta_2 = \vartheta_2 - \vartheta_0,$$

где ϑ_y - установившееся значение температуры, ϑ_0 - начальное значение температуры катушки N_1 ;

2.3.5. Определить время рабочего периода t_p , время паузы t_n , продолжительность включения ПВ% и коэффициент перегрузки по мощности при повторно-кратковременном режиме работы катушки N_1 .

Время рабочего периода и время паузы определить с помощью часов по моментам включения и выключения тока в катушке N_1 . Провести 10 измерений и найти средние значения.

По значениям температур в конце рабочих периодов построить огибающую, а установившееся значение температуры повторно-кратковременного режима можно определить так же как и в п. 2.3.4.

Значения продолжительности включения ПВ% и коэффициента перегрузки k по мощности определяются по формулам

$$\text{ПВ}\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot 100\%; \quad k = \frac{t_p + t_n}{t_p}$$

2.4. Контрольные вопросы

1. Какими видами теплопередачи распространяется теплота в твердых телах?
2. Что представляет собой коэффициент теплоотдачи k , и от каких параметров он зависит?
3. Как можно определить установившуюся температуру нагрева обмотки (назвать несколько способов)?
4. Влияет ли на температуру нагрева обмотки род протекающего тока (постоянный или переменный)?
5. Укажите все источники теплоты в катушке электромагнита постоянного тока со сплошным сердечником.
6. В каком случае радиус наиболее нагретого слоя совпадает с радиусом внутренней поверхности обмотки?
7. Укажите размерность коэффициента теплоотдачи в системе СИ.

8. Какой вид имеет кривая распределения температуры в цилиндрической стенке без источников теплоты?

9. Какой вид имеет кривая распределения температуры в плоской стенке с внутренними источниками теплоты?

10. Какой вид имеет кривая распределения температуры в плоской стенке без источников теплоты?

11. Укажите все источники теплоты в катушке переменного тока с ферромагнитным сердечником.

12. Напишите выражение для теплового сопротивления конвективной теплоотдачи.

13. Укажите размерность теплового сопротивления в системе СИ.

14. Какими видами теплоотдачи теплота распространяется в воздухе?

15. Напишите выражение закона Ома для теплопередачи.

