

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем имени В.П. Грязева
Кафедра «Электротехника и электрооборудование»

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине

Электрические и электронные аппараты

Направлении подготовки: 13.03.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки: «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

Квалификация выпускника: академический бакалавр техники и технологии по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Форма обучения: очная, заочная

Тула 2019г.

Методические материалы составлены доц. Елецкой Г.П. утверждены на заседании кафедры электротехники и электрооборудования факультета систем автоматического управления, протокол №_____ от «____» _____ 201 г.
Зав. кафедрой _____

Методические материалы составлены доц. Елецкой Г.П. пересмотрены и утверждены на заседании кафедры электротехники и электрооборудования факультета автоматического управления, протокол №_____ от «____» _____ 20 г.
Зав. кафедрой _____

Методические материалы составлены доц. Елецкой Г.П. пересмотрены и утверждены на заседании кафедры электротехники и электрооборудования факультета автоматического управления, протокол №_____ от «____» _____ 200 г.

Содержание

Введение.	4
Цель и задачи курсовой работы.	4
1. Основные требования к курсовой работе.	4
2.1. Тематика курсовой работы.	4
2.2. Объем курсовой работы.	5
2.3. Защита курсовой работы.	5
2. Общие требования к оформлению пояснительной записки. . . .	6
3. Методические указания по выполнению основной части курсовой работы.	9
Библиографический список.	12
Приложения	13

Введение

Курсовая работа по дисциплине электрические и электронные аппараты выполняется студентами специальности 140400 в шестом семестре на тему «Поверочный расчёт характеристик электромагнита постоянного тока».

Назначение настоящих методических указаний – помочь студенту правильно организовать самостоятельную работу по выполнению и оформлению курсовой работы.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является приобретение навыков расчета обмоточных данных, статических и динамических характеристик электромагнитных аппаратов.

2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

2.1 Тематика курсовой работы

Тематика курсовой работы отражает один из важнейших этапов проектирования аппаратов. Исходные данные индивидуальны для каждого студента (прил. 1) и заносятся в текст задания на курсовую работу (прил. 2)

При определении тематики курсовой работы руководитель с учетом индивидуальных способностей студентов может расширить класс рассматриваемых объектов.

2.2. Объем курсовой работы

Курсовая работа включает в себя пояснительную записку объемом 15-20с. рукописного текста формата А4.

В соответствии с ГОСТ 7.32-81 пояснительная записка к курсовой работе в указанной последовательности должна содержать:

- титульный лист (прил.3);
- задание на курсовую работу (прил.2);
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов, единиц, терминов;
- введение;
- основную часть;
- заключение;

- список использованных источников;

2,3, Защита курсовой работы

Защита курсовой работы представляет собой форму проверки степени овладения студентами методики расчета ЭМ. Процесс защиты состоит в устном сообщении студента по существу проделанной им работы и ответов на вопросы членов комиссии, утвержденной распоряжением по кафедре электротехники и электрооборудования. В сообщении студент должен осветить постановку задачи, методы ее решения и полученные результаты. Устный рассказ должен сопровождаться обращением к графическому материалу, наглядно поясняющему сказанное.

Курсовая работа оценивается по четырехбалльной системе. При неудовлетворительной оценке возможна повторная защита курсовой работы в соответствии с приказами и распоряжениями по университету

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ (ПЗ)

Содержание пояснительной записки включает наименование всех разделов, пунктов и т.д. с указанием номеров страниц, на которых размещают начало материала.

Перечень условных обозначений, символов, единиц, терминов
Титульный лист курсовой работы оформляется чертежным шрифтом и является обложкой пояснительной записки. На титульном листе номер не ставят, на последующих страницах номер проставляют арабскими цифрами в правом верхнем углу (нечетные страницы) и в левом верхнем углу (четные страницы).

Задание на курсовую работу составляется руководителем работы и включает в себя тему работы, исходные данные, необходимые для ее выполнения, время защиты курсовой работы.

представляется в виде отдельного списка, если в работе применяются малораспространенные сокращения или приняты новые символы, обозначения и т.д.

Введение работы должно содержать оценку состояния решаемых вопросов, поставленную цель и задачу данной работы.

Основная часть работы должна выполняться в соответствии с методическими указаниями.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам работы.

Список использованных источников должен содержать перечень источников, использованных при выполнении работы. Источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки.

Пояснительная записка (ПЗ) должна быть написана от руки. Текст ПЗ должен быть написан аккуратно и разборчивым подчерком черными, синими или фиолетовыми чернилами или пастой. Плотность текста должна быть одинаковой.

Текст основной части ПЗ делят на разделы, подразделы, пункты.

Каждый раздел ПЗ рекомендуется начинать с новой страницы.

Заголовки разделов пишут симметрично тексту более крупными буквами. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Заголовки подразделов пишут с абзаца (отступ 15-17 мм).

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 10-15 мм. Подчеркивать заголовки не допускается.

Разделы, подразделы, пункты нумеруются арабскими цифрами с точкой в порядке возрастания номеров. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенные точкой. Номер пункта состоит из номера раздела, подраздела, пункта, разделенных точкой.

Например, «1.4.» (четвертый подраздел первого раздела) или «1.2.3.» (третий пункт второго подраздела первого раздела).

Введение и заключение не нумеруют.

Сокращения в тексте не допускаются, кроме общепринятых. Исключение составляют единицы измерений.

Числа до десяти при отсутствии размерности в тексте пишут словами, свыше десяти – цифрами. Дроби всегда пишут цифрами. Число с единицей измерения пишут только цифрами.

Многочисленные цифры делят на группы по три цифры в каждой, справа налево. Каждую группу отделяют одна от другой пробелом в одну цифру.

Правильно
91 327 563

Неправильно
91327563

Если числа в тексте являются предельными, между ними ставят тире, многоточие или перед ними предлоги «от» и «до».

Например: мощность 5-10 кВт; мощность 5...10 кВт; мощность от 5 до 10 кВт; мощность 5-10 кВт; мощность от 5-10 кВт.

Математические знаки применяют лишь в формулах. В тексте они пишутся словами. Например, следует писать «Диаметр D равен 0,5м», а не « $D = 0,5 \text{ м}$ ».

Формулы выделяют из текста свободными строками. Все формулы должны приводиться с расшифровкой условных обозначений и единицами измерения. Расшифровку буквенных обозначений и числовых коэффициентов дают непосредственно за формулой в той последовательности, в какой они приведены в формуле.

Первую строку расшифровки начинают со слова «где» без двоеточия после него.

После формулы ставят тот знак препинания, который необходим исходя из построения фразы: точка, запятая. Знаки препинания помещают непосредственно за формулами до их номера.

Формулы ПЗ нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер формулы указывают в правой стороне листа на уровне формулы в круглых скобках.

Например : (3.2) – вторая формула третьего раздела.

Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Все таблицы (если их несколько) нумеруют последовательно арабскими цифрами. Над правым верхним углом таблицы помещают надпись «Таблица» с указанием номера (без знака №) раздела и порядкового номера таблицы в разделе, разделенных точкой. Если в ПЗ одна таблица, то ей номер не присваивают.

Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки – со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. Высота строки должна быть не менее 8 мм.

Графу «№ п\п» в таблицу не включают.

Иллюстрации обозначают словом «Рис.» и нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер иллюстрации должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: «Рис. 1.3» (третий рисунок первого раздела).

Если в ПЗ приведена одна иллюстрация, то ее не нумеруют.

Иллюстрации (чертежи, таблицы, схемы, графики), которые расположены на отдельных страницах ПЗ, включают в общую нумерацию страниц.

Ссылки в тексте на использованные источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку использованных источников, выделенный двумя квадратными скобками, например: [4].

Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в скобках, например: «... в формуле (2.3)».

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово «Таблица» в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера и сокращено, если имеет номер, например: «... в табл.1.2.».

В повторных ссылках на таблицы, иллюстрации и формулы указывают сокращенное слово «смотри», например «см. табл.2.4.».

Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации, например: «рис.1.3.».

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

Основная часть содержит:

1. Анализ конструкции ЭМ и основных физических процессов.
2. Определение магнитных проводимостей.
3. Расчет обмотки.
4. Определение электромагнитной силы.
5. Определение времени трогания ЭМ.

Примеры расчетов ЭМ постоянного тока, расчет обмотки и выбор сечения проводов необходимо изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературы.

Библиографический список

1. Основная литература

- 1.1. Елецкая Г.П. Электромеханические системы. :учеб. пособие/ Г.П. Елецкая, Н.С. Илюхина, А.П.Панков.-Тула: изд-во ТулГУ,2009-215с.
- 1.2. Степанов В.М. Электронные аппараты электропитающих систем и электропривода : учеб. -метод. пособие/ В.М. Степанов, В.С. Косырихин. Тула: Изд-во ТулГУ,2011-224с.

2. Дополнительная литература

- 2.1. Горшков Б.И. Электронная техника. М.: Информ 2005г. – 320с.
- 2.2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. М М.: Радио-Софт. 2005г. – 408с
- 2.3. Редди С.Р. Основы силовой электроники М.: Информ 2006г. - 288 с.
- 2.4. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. М.: Радио-Софт. 2007г. – 256с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Студент получает шифр, например: III A12 B4 C3 D3 E1.

Это означает:

1. Конструктивная схема III
2. По табл. А - геометрические размеры, вариант №12
3. По табл. В - вариант №4, магнитная индукция в рабочем зазоре
4. По табл. Вариант №3, начальный зазор, конечный зазор
5. По табл. D вариант №5, напряжение
6. По табл.Е вариант №1, материал магнитопровода

Шифры заданий согласно вариантам:

Вариант 1: V A21 B3 C3 D3 E1
Вариант 2: I A11 B3 C3 D3 E1
Вариант 3: VI A16 B2 C1 D1 E1
Вариант 4: I A1 B1 C6 D1 E1
Вариант 5: V A20 B1 C1 D1 E1
Вариант 6: III A18 B4 C3 D2 E2
Вариант 7: V A29 B1 C2 D2 E2
Вариант 8: III A16 B2 C3 D3 E2
Вариант 9: VI A24 B1 C1 D1 E1
Вариант 10: VI A21 B5 C1 D2 E2

Обязательно указать данный шифр на странице ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Тульский государственный университет

ИНСТИТУТ ВЫСОКОТОЧНЫХ СИСТЕМ им. В.П. ГРЯЗЕВА

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Студент _____ группа _____
(Фамилия, инициалы)

1. Тема: поверочный расчет электромагнита постоянного тока.
2. Исходные данные для расчета
3. Содержание пояснительной записки
 - 3.1. Введение
 - 3.2. Основная часть
 - 3.3. Заключение

Шифр задания согласно варианту: _____

Руководитель работы _____
(подпись, дата) (фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению _____ " ____ " _____ 200__ г.
(подпись)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем имени В.П. Грязева
Кафедра «Электротехника и электрооборудование»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по дисциплине
"электрические и электронные аппараты"

Тема "Поверочный расчет электромагнита постоянного тока"

Автор работы

(подпись, фамилия, инициалы)

Группа

Руководитель работы

(подпись)

(фамилия и инициалы)

Работа защищена

(дата)

Оценка

Члены комиссии.....

Тула_____

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблицы вариантов заданий

Таблица А
(геометрические размеры)

Для схем I, II, VIII (рис. 1)

№ варианта	a , мм	b , мм	c , мм	$\varnothing d^*$, мм	$\varnothing d_l$, мм	e_2 , мм	l , мм	h , мм
1	2	15	2	5	3	0,05	18	10
2	2	16	2	6	4	0,06	20	10
3	3	15	2,5	6	3	0,05	22	12
4	3	20	2,5	8	4	0,06	25	12
5	3	25	2,5	9	4	0,07	30	12
6	3	24	2,5	10	5	0,05	30	16
7	4	22	3	8	4	0,05	30	12
8	4	22	3	9	5	0,06	32	14
9	4	25	3	10	5	0,07	36	15
10	4	25	3	12	5	0,08	35	18
11	5	30	4	12	6	0,06	40	20

Для схем VIII и XV $\varnothing d_{ii}=(\varnothing d+4)$ мм (рис. 1)

Для схем III, IV, XI (рис. 1)

№ варианта	a , мм	b , мм	c , мм	l , мм	h , мм
12	6	6	3	10	7
13	8	8	3	12	8
14	10	10	4	12	10
15	12	12	5	15	12
16	10	10	5	15	12
17	14	14	6	20	14
18	16	16	7	20	16
19	12	12	6	18	14

Для схем V, VI (рис. 1)

№ варианта	a , мм	b , мм	c , мм	e_2 , мм	l , мм	h , мм
20	2	10	10	0,5	25	10
21	2	12	12	1	30	12
22	3	12	10	0,5	30	10
23	3	15	12	1	35	12
24	4	16	12	0,5	35	12
25	4	20	15	1	40	15

Для схемы VII (рис. 1)

№ варианта	a , мм	c , мм	d , мм	d_l , мм	e_2 , мм	l , мм	h , мм
26	2	2	8	5	0,05	16	8
27	3	2	10	5	0,06	20	10
28	3	3	12	6	0,05	22	10
29	4	3	15	8	0,06	24	12
30	4	4	16	8	0,05	25	14

Для схем IX, X (рис. 1)

№ варианта	a , мм	b (для IX), мм	e_I , мм	h , мм	l , мм
31	6	6	0,5	8	20
32	8	8	0,5	10	25
33	10	10	0,8	10	25
34	12	12	1	12	30
35	14	14	1	12	30

Для схемы XII (рис. 1)

№ варианта	a , мм	b , мм	$\varnothing d$, мм	c_I , мм	l , мм	$l_{ст}$, мм	h , мм
36	3	10	5	0,5	20	5	6
37	3	12	6	0,6	22	6	8
38	4	15	7	0,8	25	8	8
39	4	18	8	1	30	10	10
40	5	20	10	1	30	10	10

Для схемы XIII, XIV (рис. 1)

№ варианта	a , мм	$\varnothing d$, мм	e_I , мм	e_2 , мм	h , мм	l , мм	$l_{ст}$, мм
41	2	5	0,5	0,05	6	15	5
42	3	6	0,8	0,05	10	18	6
43	3	8	0,8	0,06	12	20	6
44	3	9	1	0,05	12	22	7
45	4	10	1,2	0,05	14	25	8
46	4	12	1	0,06	15	28	8
47	4	14	1,2	0,05	16	30	10
48	5	15	1,5	0,05	18	36	10
49	5	16	1,6	0,05	20	38	12
50	5	18	1,8	0,05	22	40	12

Таблица В

Магнитная индукция для δ_n

№ п/п	1	2	3	4	5	6
B_{δ_n} , Т	0,1	0,06	0,075	0,12	0,08	0,11

Таблица С

Начальный δ_n и конечный δ_k зазоры

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7
δ_n , мм	2	2,5	3	3,5	4	1,5	2,2
δ_k , мм	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,1	0,175

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 4

Таблица D

Напряжение питания

№ п/п	1	2	3	4	5
U, B	24	48	60	110	200

Таблица E

Материал магнитопровода

№ п/п	1	2
Материал	Сталь Э	Сталь 10

Таблица K

Величины начальной силы и начального зазора

№ п/п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$F_{\text{н}}, \text{кгс}$	18	1,2	2,5	14	1,5	35	8	9	80	120	50
$\delta_{\text{н}}, \text{см}$	0,15	0,4	0,7	0,3	0,6	0,3	1,4	1,0	0,4	0,5	0,2
№ п/п.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$F_{\text{н}}, \text{кгс}$	25	20	15	30	40	50	130	3	60	90	140
$\delta_{\text{н}}, \text{см}$	0,3	0,5	0,25	0,6	0,5	0,3	0,25	1,0	0,8	0,6	0,5

Таблица L

Режимы включений

№ п/п.	1	2	3	4	5	6	7	8
ПВ	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

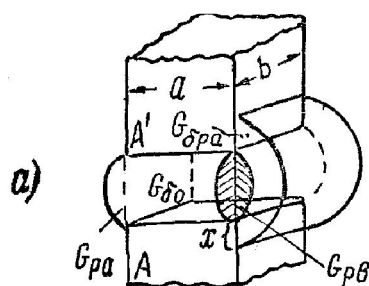
Таблица 1

Формулы для вычисления магнитных проводимостей воздушных зазоров

№ п/п	Эскиз	Удельная проводимость
1		$g_s = \mu_0 \frac{\pi}{\ln \left[\frac{h}{d} + \sqrt{\left(\frac{h}{d} \right)^2 - 1} \right]}$
2		если $a > 4h$ $g_s = \mu_0 \frac{\pi}{\ln \left[\frac{2h}{d} + \sqrt{\left(\frac{2h}{d} \right)^2 - 1} \right]}$
3		при $a = (1,25 \div 2,5)h$ $g'_s = \kappa' \cdot g_s, \text{ где } \kappa' = 0,85 \div 0,92$
4		$g''_s = \kappa'' \cdot g_s, \text{ где } \kappa'' = 1,25 \div 1,4$
5		если $\delta \ll r$ $g_s = \mu_0 \frac{\varphi}{2 \ln \left(1 + \frac{\delta}{r} \right)}$ $\varphi = \text{угол в радианах}$
6		Если $D \gg d$ $g_s = \mu_0 \frac{2\pi}{\ln D/d}$ В случае $D-d=2e$ (несколько мм), $g'_s = \mu_0 \frac{\pi(d+e)}{e}$
		$g_s = \mu_0 \left(\frac{b}{h} + \frac{1,28a}{h+a} + 0,52 \right)$

№ п/п	Эскиз	Удельная проводимость
6		$G_{\delta} = M_0 \left[\frac{a^2}{b} + 0,58a + \frac{0,142}{\ln(1,05 + \frac{\delta}{a})} \right]$ $G_{\delta x} = M_0 \frac{x \cdot a}{0,17\delta + 0,4x}$
7		$G_{\delta} = M_0 \left(\frac{\pi d^2}{4\delta} + 0,58d \right)$ $G_{\delta x} = M_0 \frac{x d}{0,22\delta + 0,4x}$
8		
9		$G_{\delta} = M_0 \frac{\pi d^2}{4\delta \sin^2 \beta} - \frac{0,157d}{\sin^2 \beta} + 0,75d$
10		$G_{\delta} = 2M_0 \left(\frac{\pi d^2}{8\delta} + 0,58d \right)$
11		$G_{\delta} = M_0 \left(\frac{\pi d_{ш}^2}{4\delta} x_1 + \frac{\pi d_{ш}}{0,69\delta + 0,63} + 0,96 d_{ш} \right)$ $x_1 = 2\rho_1 (\rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - 1})$ $\rho_1 = \frac{2R_0}{d_{ш}(1 - e_1/\delta)}$
		$G_{\delta} = M_2 \left[\frac{a \cdot b}{\delta} x_2 + 0,58(a+b) \right]$ $x_2 = \frac{\rho_2}{2} \ln \frac{\rho_2 + 1}{\rho_2 - 1}$ $\rho_2 = \frac{2R_0}{a(1 + e_1/\delta)}$

Определение проводимости воздушных зазоров методом простых объёмных фигур



G_δ - полная проводимость
воздушного зазора

$$G_\delta = G_{\delta_0} + 2G_{ra} + 2G_{rv} + 2G_{\delta ra} + 2G_{\delta rv} + 4G_y + 4G_{ur}$$

$G_{\delta_0} = M_0 \frac{S}{\delta}$ - полная про-
водимость

$G_{ra} = M_0 \cdot 0,28a$ - проводимость ребра „а“
(половина цилиндра)

$G_{rv} = M_0 \cdot 0,26b$ - проводимость ребра „в“

$G_{\delta ra} = M_0 \frac{0,64a}{\frac{\delta}{x} + 1}$ - боковая
проводимость
ребра „а“
(полукольцо)

$G_y = M_0 \cdot 0,077b$ - проводимость
угла стыка ребер
(сферический квадрант);

$G_{ur} = M_0 \cdot 0,25x$ - боковая про-
водимость линии стыка
ребра (квадрант
сферической оболочки)

в случае полюс-плоскость
(в) ф-лы: $G_r, G_{\delta r}, G_y$ и G_{ur}
умножаются на 2.

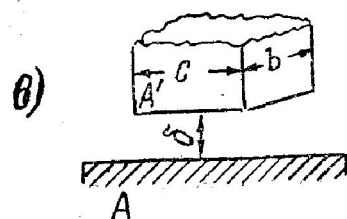
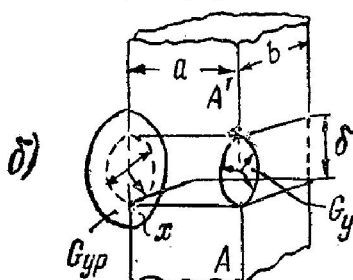
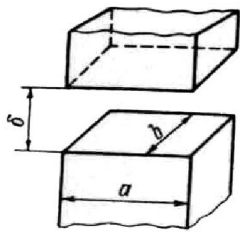
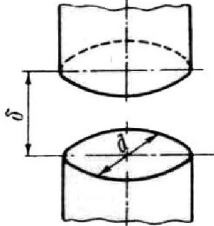
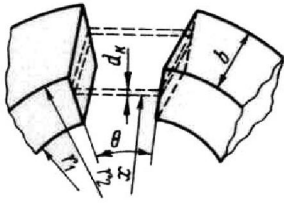
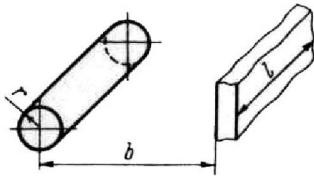
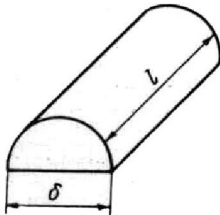


Таблица 2

Геометрическая форма	Проводимость
	Параллельные плоскости: $\Lambda = \mu_0 \frac{ab}{\delta}$
	Параллельные плоскости: $\Lambda = \mu_0 \frac{\pi d^2}{4\delta}$
	Непараллельные плоскости, расположенные под углом: $\Lambda = \mu_0 \frac{b}{\theta} \ln \frac{r_2}{r_1},$ где θ – в радианах
	Круговой цилиндр, параллельный плоскости: $\Lambda = \mu_0 \frac{2\pi l}{\ln l + \sqrt{b^2 - r^2}};$ $\Lambda = \mu_0 \frac{\pi l}{\ln \frac{2b}{r}} \text{ при } b > 4r$
	Половина кругового цилиндра: $\Lambda = \mu_0 0,26l$

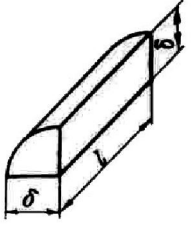
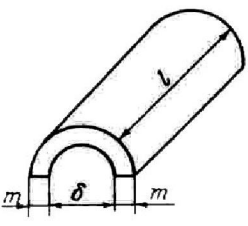
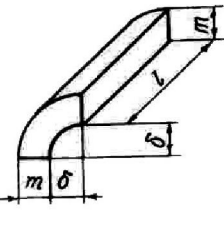
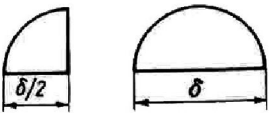
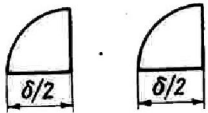
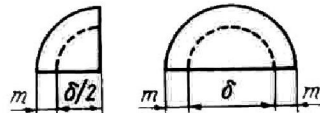
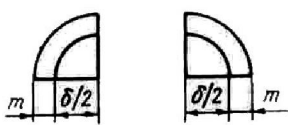
Геометрическая форма	Проводимость
	Четверть кругового цилиндра: $\Lambda = \mu_0 0,52l$
	Половина кругового полого полуцилиндра: $\Lambda = \mu_0 \frac{2l}{\pi (\delta/m + 1)} \text{ при } \delta < 3m;$ $\Lambda = \mu_0 \frac{l}{\pi} \ln \left(1 + \frac{2m}{\delta} \right)$
	Четверть кругового полого цилиндра: $\Lambda = \mu_0 \frac{2l}{\pi (\delta/m + 0,5)} \text{ при } \delta < 3m;$ $\Lambda = \mu_0 \frac{2l}{\pi} \ln \left(1 + \frac{m}{\delta} \right)$
	Шаровой квадрант: $\Lambda = \mu_0 0,077\delta$
	Половина шарового квадранта: $\Lambda = \mu_0 0,308\delta$
	Квадрант шаровой оболочки: $\Lambda = \mu_0 \frac{m}{4}$
	Половина квадранта шаровой оболочки: $\Lambda = \mu_0 \frac{m}{2}$

Таблица III

№ п/п	Эскиз магнит. цепи Эпюры распредел. потока и магнит. напряжен.	Формулы для коэффиц. рассеяния	Примечание
1		$\sigma_x = 1 + \frac{g_s x}{G_{\delta \Sigma}}$	$G_{\delta \Sigma} = \frac{G_{\delta 1} \cdot G_{\delta 2}}{G_{\delta 1} + G_{\delta 2}}$
2		$\sigma_x = 1 + \frac{g_s x}{G_{\delta \Sigma}} \left(1 - \frac{x}{2l}\right)$	$G_{\delta \Sigma} = \frac{G_{\delta 1} \cdot G_{\delta 2}}{G_{\delta 1} + G_{\delta 2}}$
3		$\sigma_x = 1 + \frac{g_s x}{G_{\delta \Sigma}} \left(1 - \frac{x}{2l}\right)$	при условии $G_{\delta \Sigma}$ и G_{e2} $l = l_1 + l_2$ $l_1 = \frac{l(2G_{\delta \Sigma} + g_s l)}{2(G_{\delta \Sigma} + G_{e2} + g_s l)}$ если $G_{e2} \gg G_{\delta \Sigma}$ $l_2 = 0$
4		$\sigma_{x'} = 1 + \frac{g_s x}{G_{\delta}} \left(1 - \frac{x}{2l_1}\right)$ На участке l_1 $\sigma_{x''} = 1 + \frac{g_s x}{G_0} \left(1 - \frac{x}{2l_2}\right)$ На участке l_2	$l = l_1 + l_2$ $l_1 = \frac{l(2G_0 + g_s l)}{2(G_{\delta} + G_0 + g_s l)}$
5		$\sigma_x = 1 + \frac{g_s x}{l \cdot G_{\delta}} \left(l_{\delta} - \frac{x}{2}\right)$ $\sigma_y = 1 + \frac{g_s y}{l \cdot G_{\delta}} \left(l_e - \frac{y}{2}\right)$ при $U_{M\delta} \gg U_{Me}$	$U_{MK} = U_{M\delta} + U_{Me}$ $I W_K = I W_{\delta} + I W_e$ $\Phi_{\delta} = I W_{\delta} \cdot G_{\delta}$ $\Phi_e = I W_e \cdot G_e$

Таблица 4

Обмоточные данные проводов с эмалевой изоляцией ПЭЛ

Диаметр голого про- вода	Диаметр изоли- рованного про- вода	Коэффициент заполнения	Удельное число витков
$D \cdot 10^{-3}$, м	$d_l \cdot 10^{-3}$, м	$k_{зм}$	$\omega_0 \cdot 10^6$ вит/м ²
0,02	0,033	0,127	690
0,03	0,04	0,352	500
0,04	0,05	0,410	327
0,05	0,065	0,390	200
0,06	0,075	0,420	145
0,07	0,085	0,468	122
0,08	0,095	0,497	99
0,09	0,105	0,522	92,2
0,1	0,120	0,543	6,1
0,11	0,13	0,561	59,0
0,12	0,14	0,576	51,0
0,13	0,15	0,589	44,4
0,14	0,16	0,601	38,1
0,15	0,17	0,611	34,5
0,16	0,18	0,617	30,7
0,17	0,19	0,621	27,4
0,18	0,20	0,624	24,5
0,19	0,21	0,626	22,1
0,20	0,225	0,628	20,0
0,21	0,235	0,630	19,2
0,23	0,255	0,634	15,25
0,25	0,275	0,636	12,96
0,27	0,305	0,639	10,76
0,29	0,325	0,642	9,46
0,31	0,350	0,644	8,53
0,33	0,370	0,646	7,56
0,35	0,39	0,648	6,74
0,38	0,42	0,650	5,73
0,41	0,45	0,653	4,95
0,44	0,485	0,655	4,25
0,47	0,515	0,657	3,77
0,49	0,535	0,658	3,49
0,51	0,56	0,660	3,23
0,55	0,60	0,663	2,29
0,59	0,64	0,666	2,44
0,64	0,69	0,670	2,08
0,69	0,74	0,673	1,80
0,74	0,80	0,676	1,57
0,80	0,86	0,680	1,35
0,93	0,99	0,687	1,02
1,00	1,07	0,692	0,881

Таблица 5

Конструктивный показатель P_k 0,5 кгс/см	Тип электромагнита
93 и выше	Клапанный с цилиндрическим магнитопроводом
$93 \div 16,5$	Втяжной с плоскими торцами якоря и стопа
$26 \div 2,6$	Клапанный электромагнит (рис. 2)
$16,5 \div 5$	Втяжной с коническими торцами якоря и стопа $2\beta=90^\circ$
$5 \div 1,2$	Втяжной с коническими торцами якоря и стопа $2\beta=60^\circ$
0,2 и ниже	Втяжной без основания (незамкнутая магнитная цепь)
$3,7 \div 0,2$	Втяжной с суживающимся плунжером
$270 \div 2,7$	ЭМ подковообразный

Таблица 6

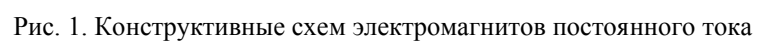
Рекомендуемые соотношения для некоторых конструктивных параметров

Клапанный электромагнит (рис. 2)		
Параметры	Малогабаритные ЭМ	Крупногабаритные ЭМ
h_k / d	$0,5 \div 0,8$	$0,25 \div 0,5$
l_k / d	$6 \div 8$	$4 \div 6$
$d_{ш} / d$	$1,1 \div 1,2$	$1,4 \div 1,5$
$h_{ш} / d$	$0,1 \div 0,2$	$0,2 \div 0,3$
Втяжной электромагнит		
Параметры	Короткоходовые ЭМ	Длинноходовые ЭМ
h_k / d	$0,4 \div 0,5$	$0,3 \div 0,4$
l_k / d	$3 \div 5$	$6 \div 8$
Δ_1 / d	$0,2 \div 0,25$	$0,1 \div 0,2$
$l_{ст} / l$	$0,3 \div 0,5$	$0,1 \div 0,2$

Δ_1 - толщина гильзы

$l_{ст}$ - длина стопа

$h_{ш}$ - высота полюсного наконечника (шляпки)



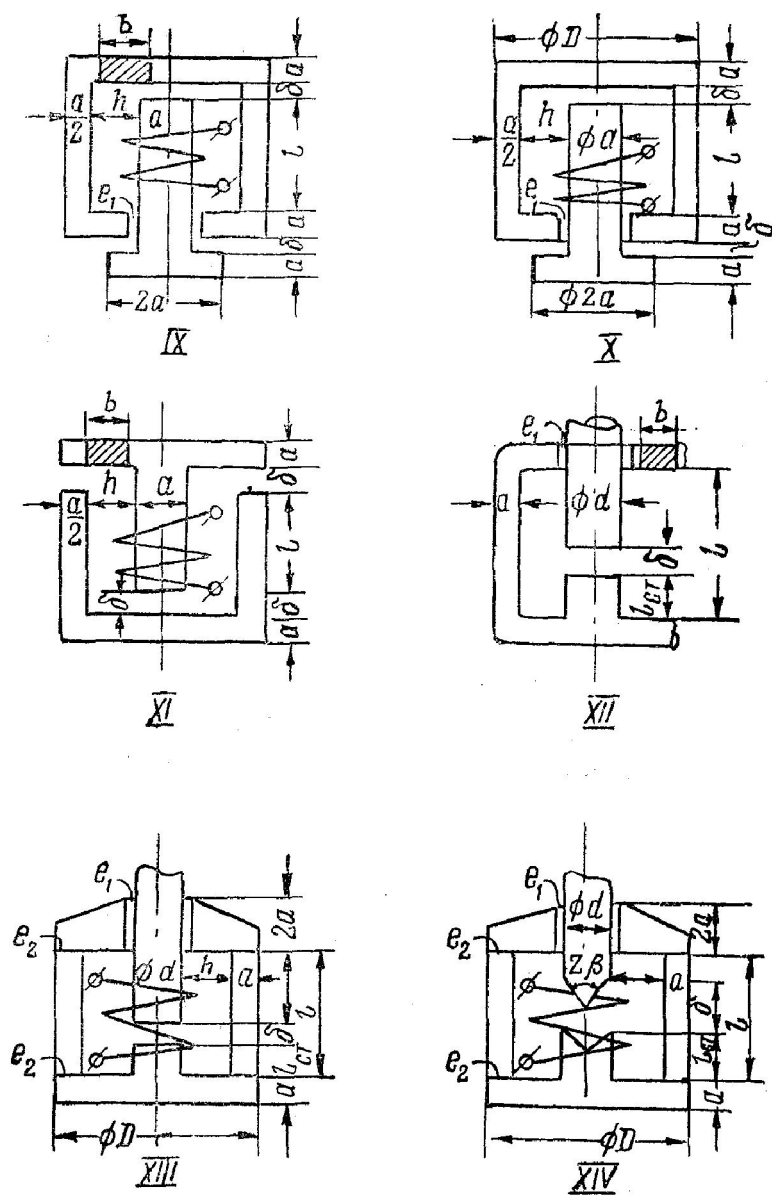


Рис. 1. (продолжение)

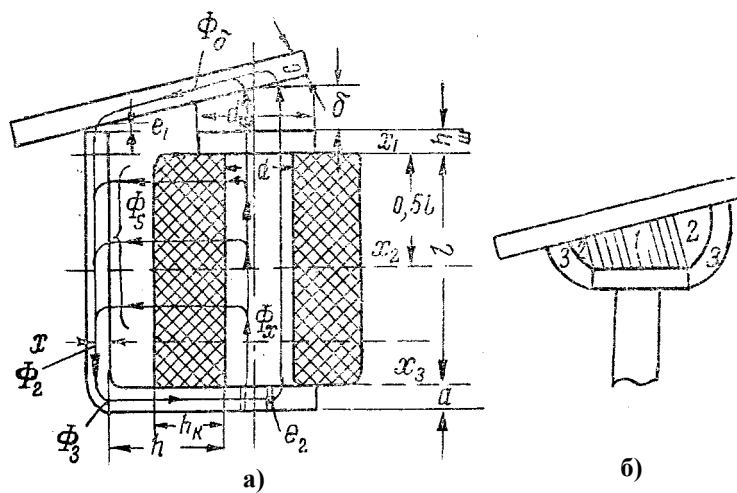


Рис. 2. Клапанный электромагнит: а - картина распределения потоков; б - потоки в воздушном зазоре; $\Phi_{\delta 0}$ - основной поток (1); $\Phi_{\delta в}$ - поток выпучивания (2); $\Phi_{\delta ч}$ - поток в боковой поверхности шляпки (3)

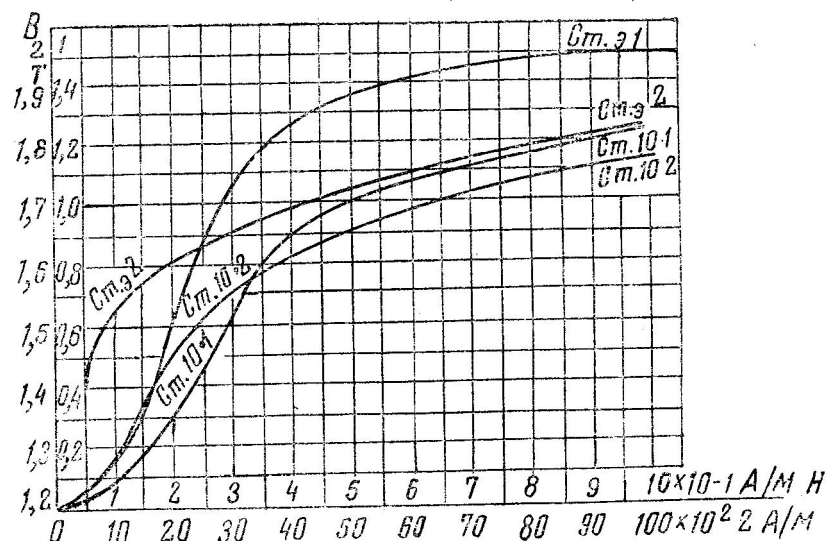


Рис. 3. Кривые намагничивания сталей 3 и 10

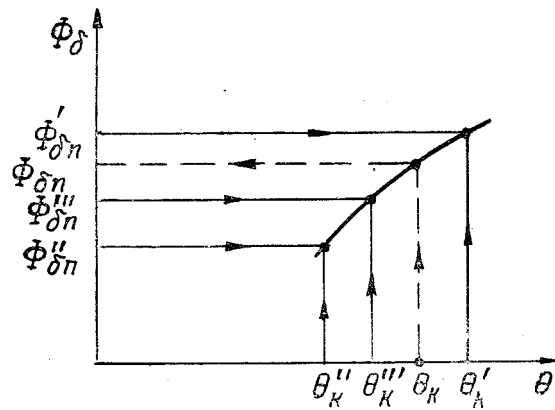


Рис. 4. Графическое определение потока в воздушном зазоре по результатам трех расчетов магнитной цепи

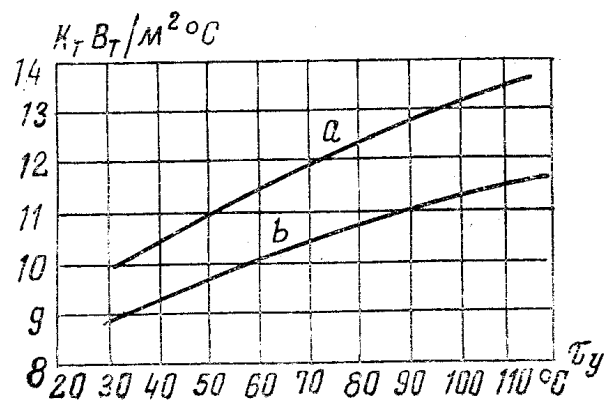


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплоотдачи k_T от температуры перегрева:
а - бескаркасная катушка, б - каркасная катушка

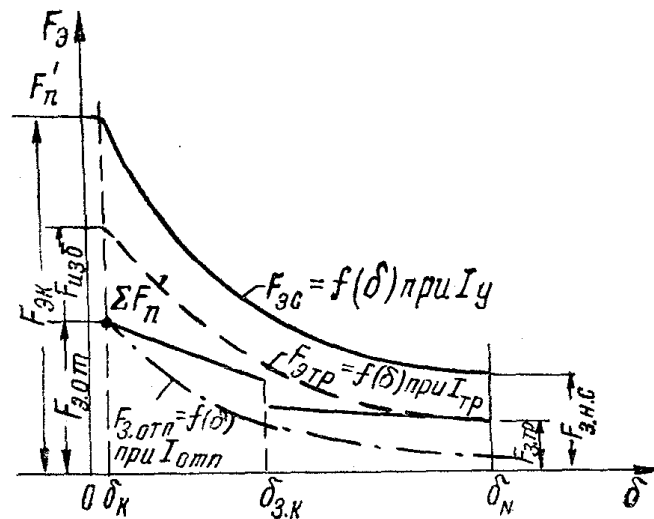


Рис. 6. Примерный вид тяговой и суммарной противодействующей характеристик электромагнита постоянного тока (с замыкающим контактом)