

**Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Уфимский государственный авиационный технический университет**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ  
УСТРОЙСТВА И ЭЛЕКТРОНИКА**

**Методические указания  
к выполнению расчетно-графических работ  
по дисциплине «Электротехника и электроника»**

**Уфа 2009**

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Уфимский государственный авиационный технический университет

Кафедра теоретических основ электротехники

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания  
к выполнению расчетно-графических работ  
по дисциплине «Электротехника и электроника»

Уфа 2009

Составители: Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов,  
А.П. Казадаев, Т.М. Крымская

УДК 621.3 (07)

ББК 31.2 (я7)

Э45

Электрические цепи, электромагнитные устройства и электроника: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов, А.П. Казадаев, Т.М. Крымская, -Уфа, 2009. – 65с.

Методические указания содержат варианты заданий по расчетно-графическим работам и рекомендации по их выполнению.

Методические указания соответствуют требованиям, предъявляемым государственным образовательным стандартом к содержанию дисциплины «Электротехника и электроника».

Методические указания предназначены для студентов направлений подготовки бакалавров: 140100, 140500, 160100, и студентов, обучающихся по специальностям: 140101, 140501, 150802, 160301, 160304, 160901, 190700.

Табл. 18. Ил.49. Библиогр.: 11 назв.

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. кафедры ТОЭ УГАТУ  
А.Р. Фатхиев;  
канд. техн. наук, доц. кафедры ЭМ УГАТУ  
Н.К. Потапчук.

© Уфимский государственный авиационный  
технический университет, 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задача ЭЦ-1. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока.....	7
Задача ЭЦ-2. Расчет электрической цепи однофазного переменного тока.....	14
Задача ЭЦ-3. Расчет трехфазной цепи .....	17
Задача МЦ-1. Расчет магнитной системы электромагнитного клапана.....	20
Задача МЦ-2. Расчет характеристик силовых трансформаторов.....	25
Задача ЭМ-1. Расчет характеристик авиационных электрических машин постоянного тока .....	30
Задача ЭМ-2. Расчет характеристик электрических машин постоянного тока промышленного назначения.....	33
Задача ЭМ-3. Расчет характеристик асинхронных двигателей.....	37
Задача ЭП-1. Расчет стабилизированного блока питания.....	44
Приложение П-1. Кривые намагничивания электротехнических сталей .....	48
Приложение П-2. Конструктивное исполнение электрических машин.....	57
Приложение П-3. Пример оформления титульного листа.....	63
Литература.....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ являются составной частью учебно-методического комплекса (УМК) по дисциплине «Электротехника и электроника» для следующих направлений и специальностей подготовки бакалавров: 140100 – Теплоэнергетика, 140500 – Энергомашиностроение, 160100 – Авиа- и ракетостроение; и дипломированных специалистов: 140101 – Тепловые электрические станции, 140501 – Двигатели внутреннего сгорания, 150802 – Гидравлические машины, гидроприводы и гидропнеумоавтоматика, 160301 –Авиационные двигатели и энергетические установки, 160304 –Авиационная и ракетно-космическая теплотехника, 160901 – Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, 190700 – Организация перевозок и управление на транспорте (транспортная логистика).

Тематика и содержание расчетно-графических работ (РГР) составлены в соответствии с требованиями Государственных образовательных стандартов и с рекомендациями типовой программы дисциплины «Электротехника и электроника», рекомендованной Минобразованием России для направлений подготовки бакалавров и специалистов в области техники и технологии.

*Целью РГР по дисциплине «Электротехника и электроника» является развитие инженерного мышления, приобретение знаний, необходимых для изучения специальных дисциплин, связанных с проектированием и эксплуатацией электротехнического оборудования.*

Выполнение студентами РГР способствует получению ими знаний, умений и навыков, необходимых для квалифицированного использования того или иного электротехнического устройства в процессе решения проектно-конструкторских задач и правильного выбора необходимых электротехнических, электронных и электроизмерительных устройств; умению правильно эксплуатировать эти устройства и составлять совместно с инженерами-электриками технические задания на разработку электрических частей автоматизированных устройств для управления энергетическими установками и гидроприводами.

В процессе выполнения РГР приобретаются практические навыки по построению моделей и схем замещения электрических цепей, электромагнитных устройств, электрических машин, электрон-

ных устройств, а также расчету основных эксплуатационных характеристик электротехнического оборудования, необходимых как при изучении дальнейших специальных дисциплин, так и в практической деятельности инженеров-механиков при работе с технологическим оборудованием, имеющим электрический привод и современные измерительные системы.

В результате выполнения РГР студент

*получает практическое представление о*

- методах анализа электрических, магнитных и электронных цепей;
- принципах действия, эксплуатационных особенностях и выборе электромагнитных устройств, электрических машин и приборов;
- принципах действия и возможностях применения электроизмерительных приборов и способах измерений электрических величин;
- основные свойства, характеристики и параметры современных электронных приборов и интегральных микросхем;

*учится:*

- использовать основные свойства и характеристики электрических цепей;
- различать принципы действия, конструктивные и эксплуатационные особенности электрических машин и приводов;
- изображать электрические схемы по требованиям к оформлению технической документации и изображения электротехнических систем в соответствии с ЕСКД и ГОСТ;

*приобретает навык:*

- практического анализа работы электрических и электронных цепей и выполнения простейших оценочных электромагнитных расчетов;
- чтения и расчета электротехнических схем и расчета основных характеристик электротехнических устройств;
- выбора средств и методов расчета, измерений, оценки достоверности получаемых результатов.

Каждое задание расчетно-графической работы содержит условие задачи, поясняющий текст, а также рекомендации по преобразо-

ванию схемы и ссылки на литературу, где разобраны аналогичные задачи.

В зависимости от специальности задание может корректироваться преподавателем в соответствии с учебной программой дисциплины.

Пояснительная записка к расчетно-графической работе оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79 «Общие требования к текстовым документам», ГОСТ 2.106-68 «Текстовые документы».

Пояснительная записка выполняется на листах на одной стороне листа формата А4 с основной надписью. Титульный лист является первым листом. Пример оформления титульного листа приведен в приложении.

Каждая расчетно-графическая работа должна содержать следующие основные части:

- расчетная схема с подклеенной машинной распечаткой индивидуального задания и условия задачи,
- расчет,
- необходимые графики и диаграммы.

При оформлении работы следует руководствоваться следующими правилами:

1. Рисунки, графики, схемы, выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.702-75.

2. Расчет каждой искомой величины следует выполнять сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единицы измерения. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и арифметических расчетов.

3. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов, напряжений, наименование узлов и т.д. При решении одной и той же задачи различными методами одна и та же величина должна обозначаться одним и тем же буквенным символом.

Нумерация страниц должна быть сквозной, включая иллюстрации и графики.

## ЗАДАЧА ЭЦ-1

### РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### Задание:

Для заданной схемы (рис.ЭЦ-1.1 – ЭЦ-1.28) требуется:

- 1) определить токи в ветвях с помощью уравнений составленных по законам Кирхгофа;
- 2) составить уравнение баланса мощностей;
- 3) определить показания вольтметра;
- 4) определить ток  $I_1$  в ветви с сопротивлением  $R_1$  по методу эквивалентного генератора и построить график зависимости  $I_1 = f(R)$  при изменении  $R < R_1 < 10R$

Номер схемы, её параметры ( $R_i, E_i$ ) выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально в виде распечатки на ЭВМ или из табл. ЭЦ1.1 и ЭЦ1.2.

*Таблица ЭЦ1.1*

Число десятков в номере задания	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_5$
0	-	-	+	+	-	+
1	+	-	-	+	-	+
2	-	-	+	+	-	-
3	+	-	-	+	+	-
4	-	+	-	+	+	-
5	+	+	-	+	-	-
6	+	+	-	-	+	-
7	-	+	+	-	+	-
8	-	+	+	-	-	+
9	+	-	+	-	-	+



Таблица ЭЦ.2

Число единиц в номере задания	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$
0	-42	14	-43	56	36	49	93	16	31	58	10	46
1	30	45	11	-55	75	10	11	75	48	35	63	87
2	23	44	54	10	19	-41	39	43	34	91	26	79
3	80	-53	19	35	-29	27	96	16	85	40	62	91
4	16	12	39	18	25	48	77	12	69	70	84	49
5	40	-44	19	-50	17	51	87	81	27	37	12	78
6	45	33	-48	51	22	-42	12	95	11	18	17	46
7	25	-13	44	-49	24	41	42	23	20	73	65	94
8	47	11	19	-29	-51	31	66	68	58	34	18	96
9	-31	26	30	38	20	-39	89	15	40	24	48	30

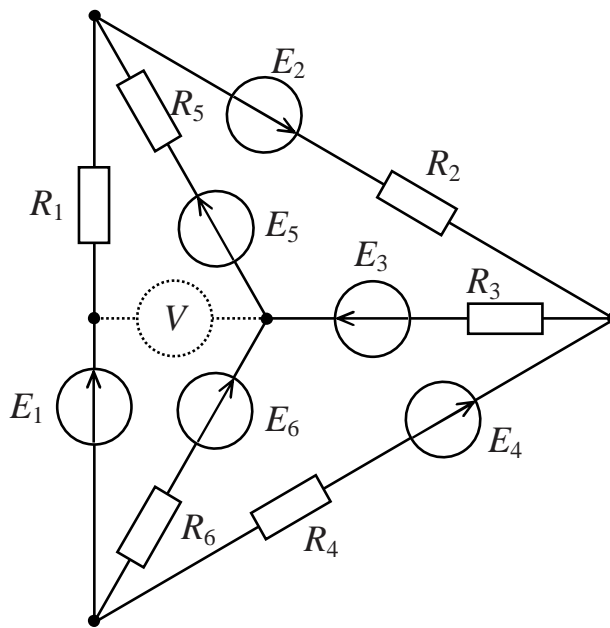


Рис.ЭЦ-1.1

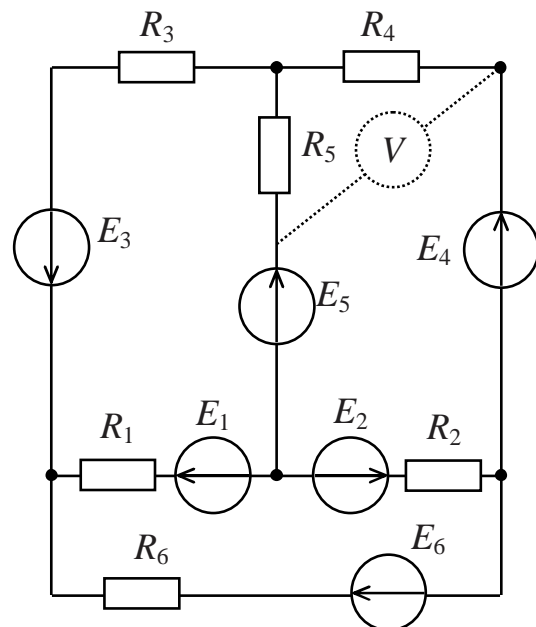


Рис. ЭЦ-1.2

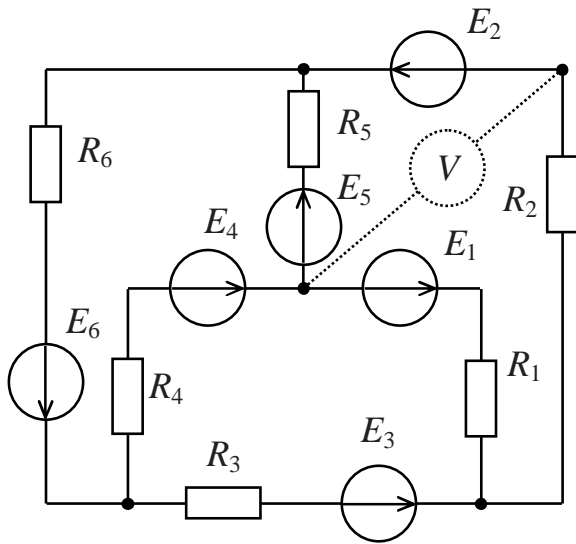


Рис. ЭЦ-1.3

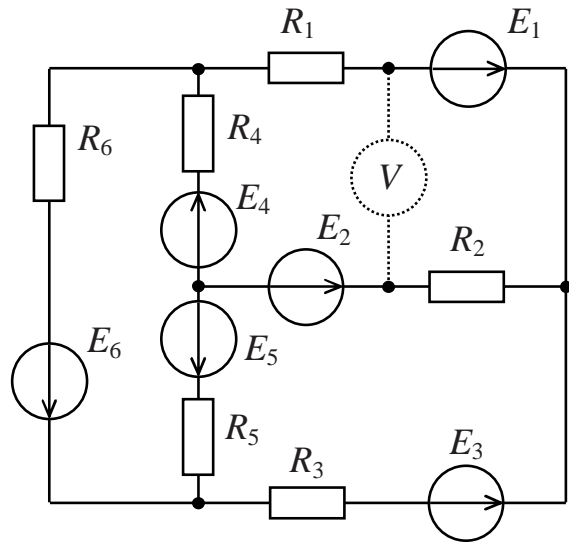


Рис. ЭЦ-1.4

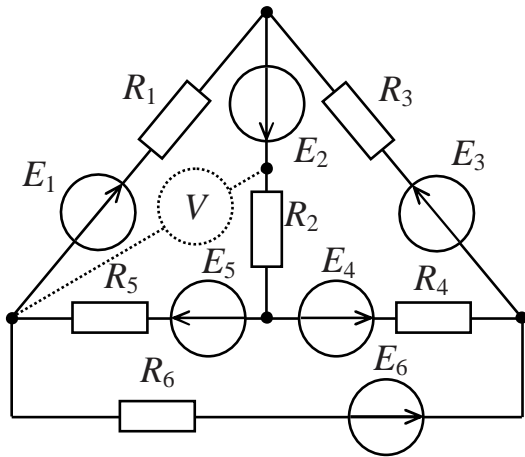


Рис. ЭЦ-1.5

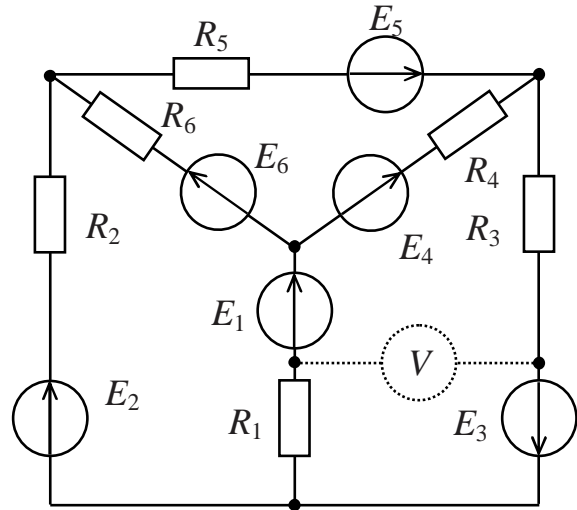


Рис. ЭЦ-1.6

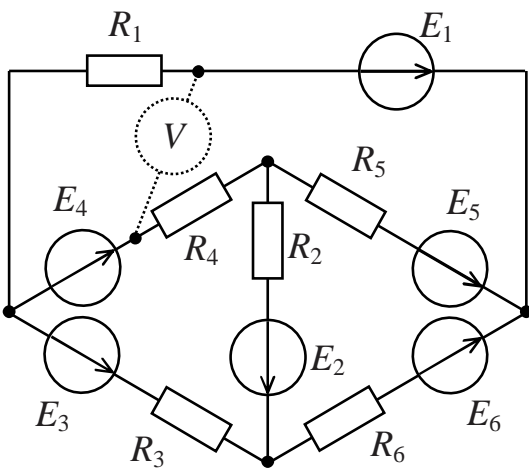


Рис. ЭЦ-1.7

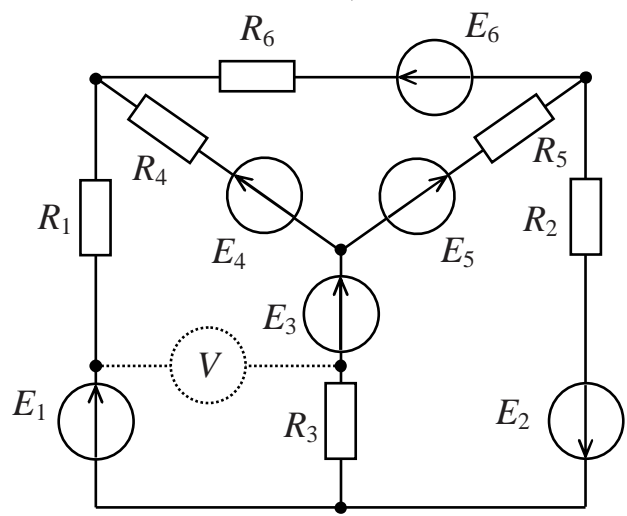


Рис. ЭЦ-1.8

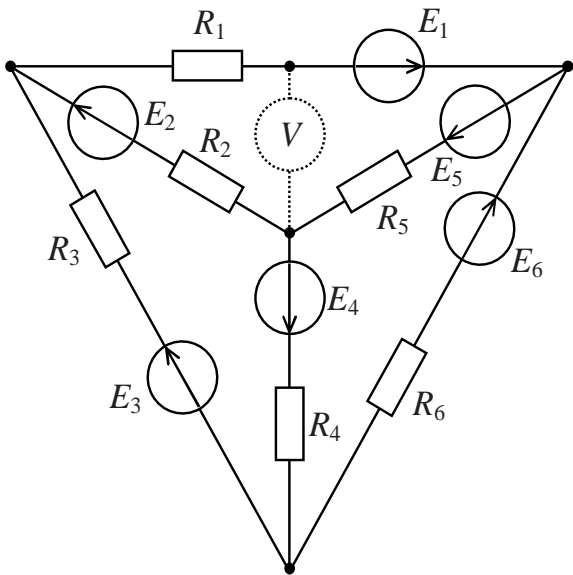


Рис. ЭЦ-1.9

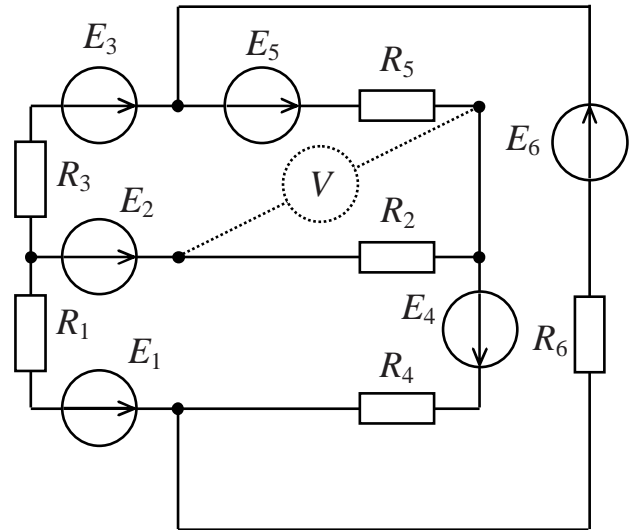


Рис. ЭЦ-1.10

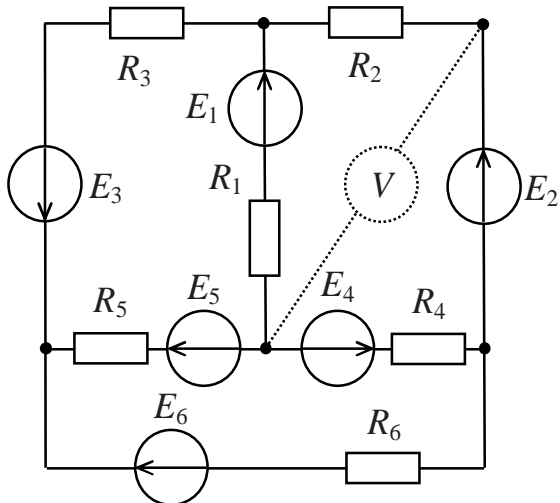


Рис. ЭЦ-1.11

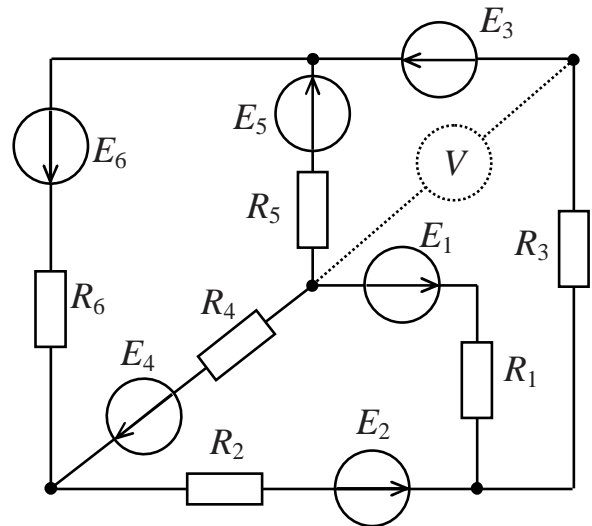


Рис. ЭЦ-1.12

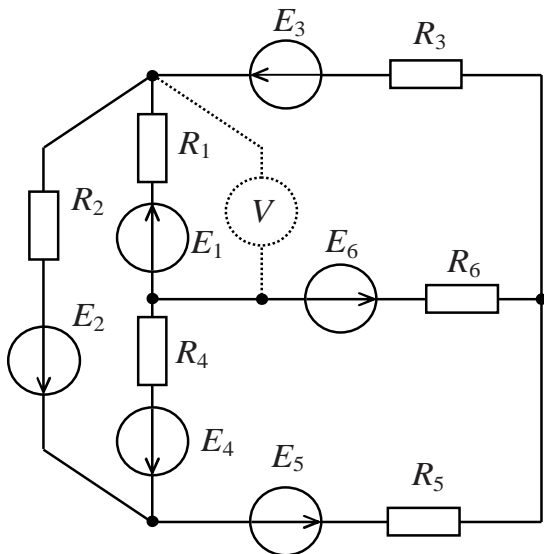


Рис. ЭЦ-1.13

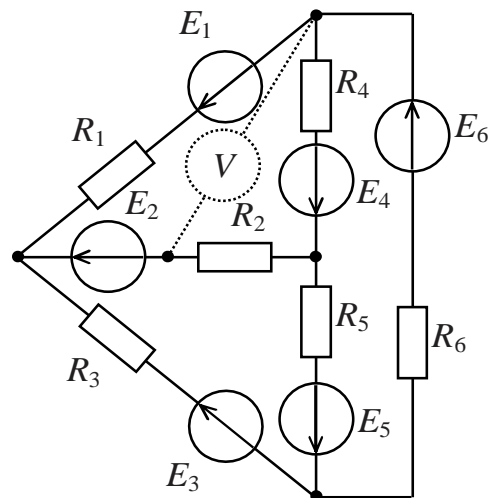


Рис. ЭЦ-1.14

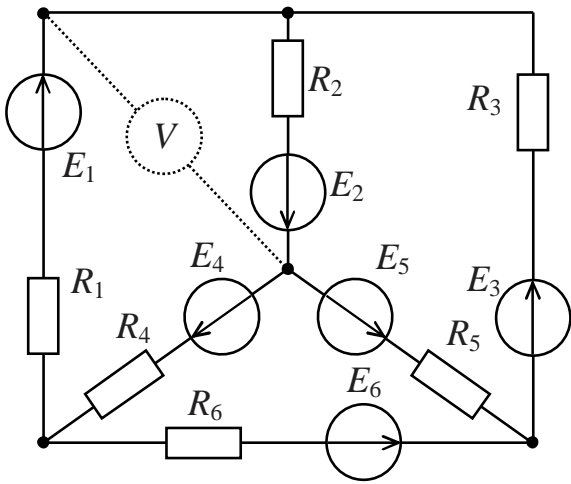


Рис. ЭЦ-1.15

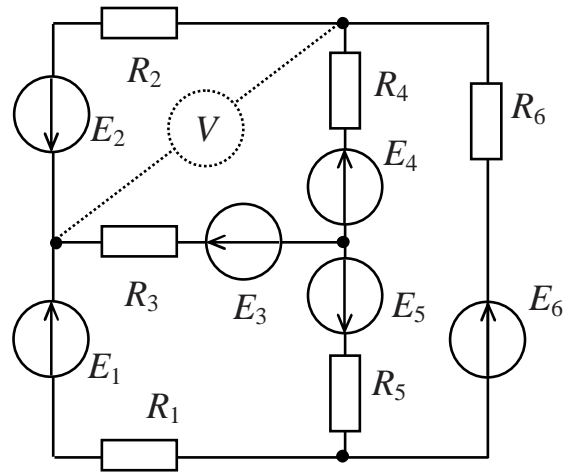


Рис. ЭЦ-1.16

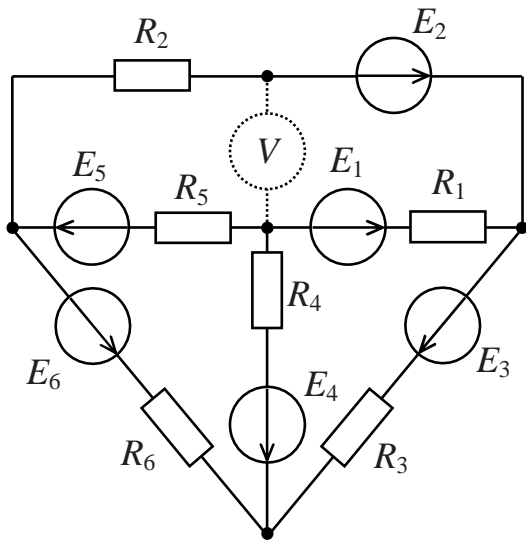


Рис. ЭЦ-1.17

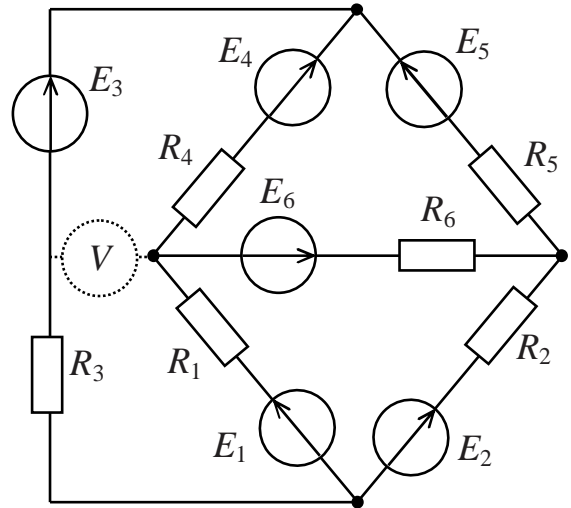


Рис. ЭЦ-1.18

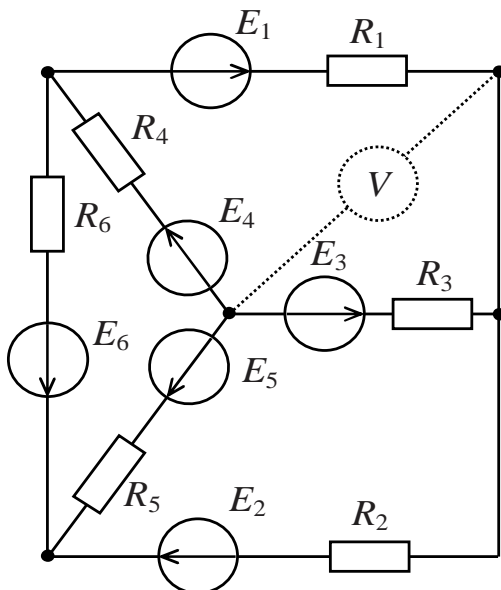


Рис. ЭЦ-1.19

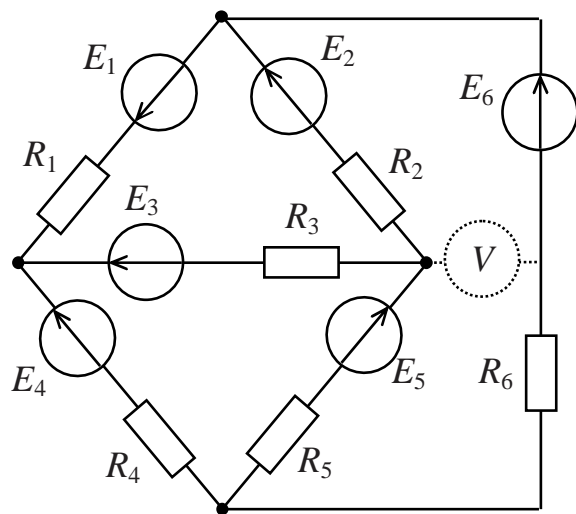


Рис. ЭЦ-1.20

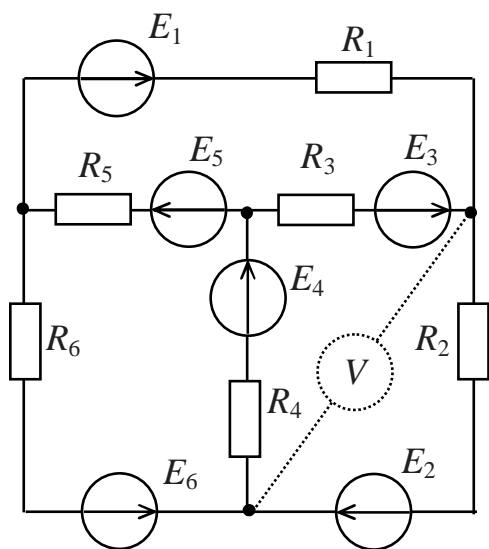


Рис. ЭЦ-1.21

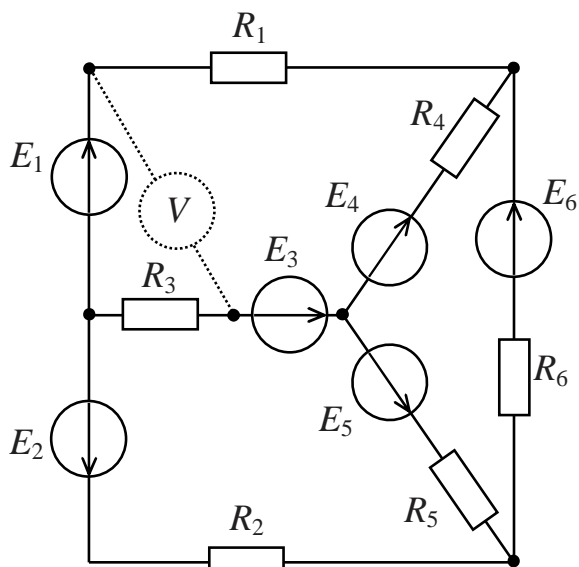


Рис. ЭЦ-1.22

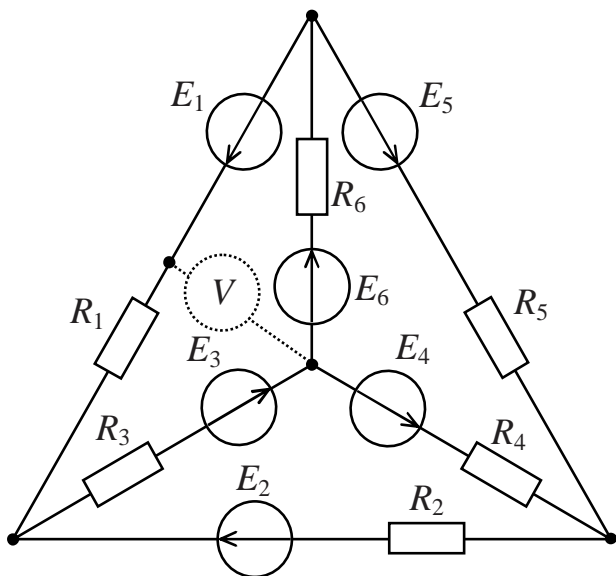


Рис. ЭЦ-1.23

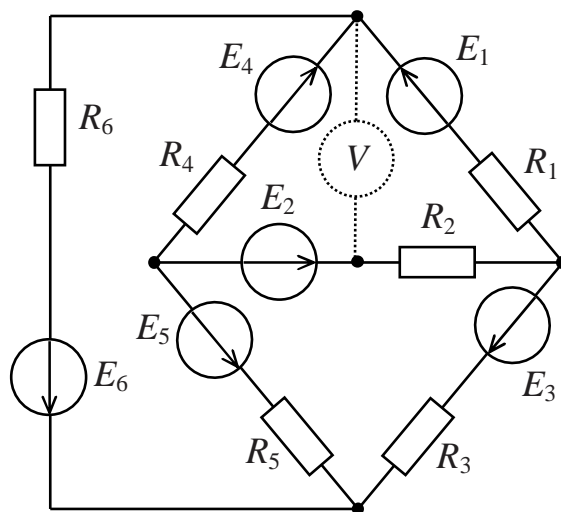


Рис. ЭЦ-1.24

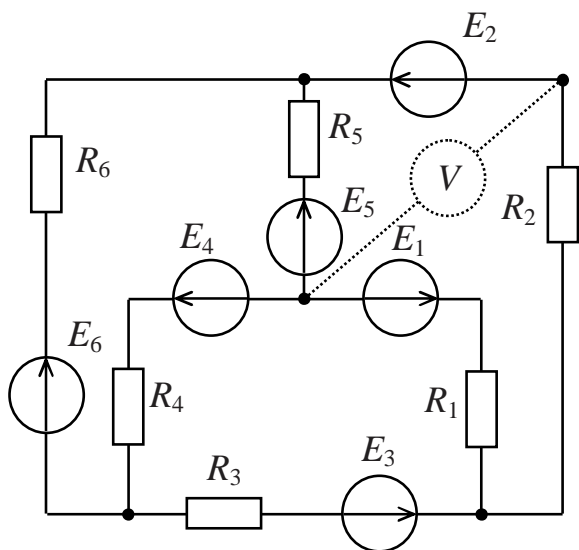


Рис. ЭЦ-1.25

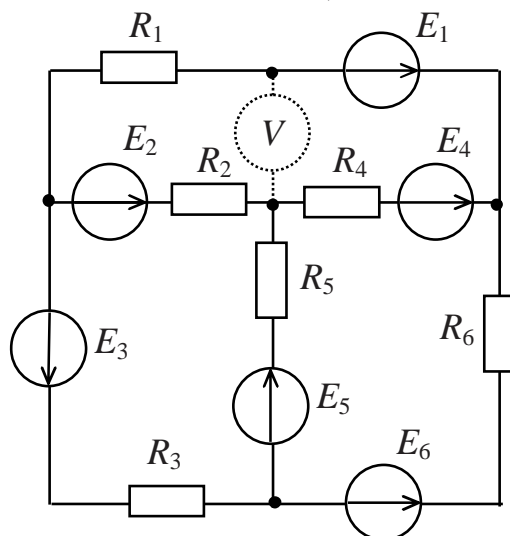


Рис. ЭЦ-1.26

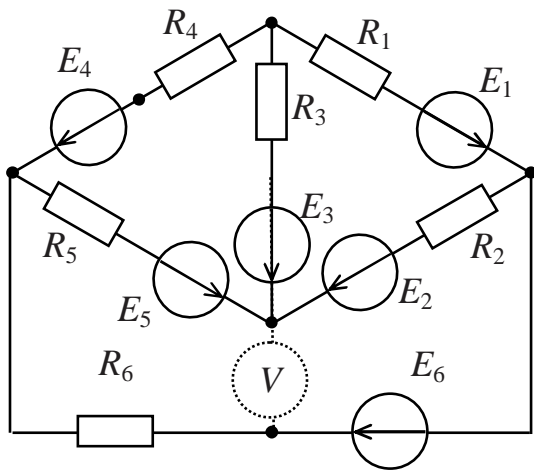


Рис. ЭЦ-1.27

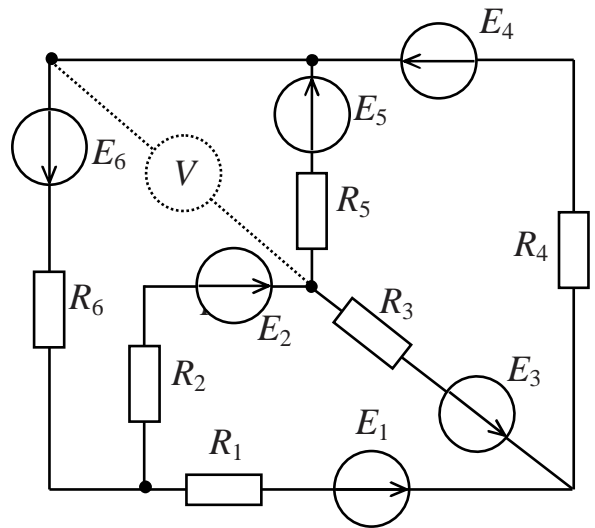


Рис. ЭЦ-1.28

### Методические рекомендации:

По исходной схеме электрической цепи (рис.ЭЦ-1.29) и машинной распечатке индивидуального задания сформируйте свою расчетную схему (рис.ЭЦ-1.30). Участок цепи, где величина источника ЭДС приравнена к нулю – закорачивается.

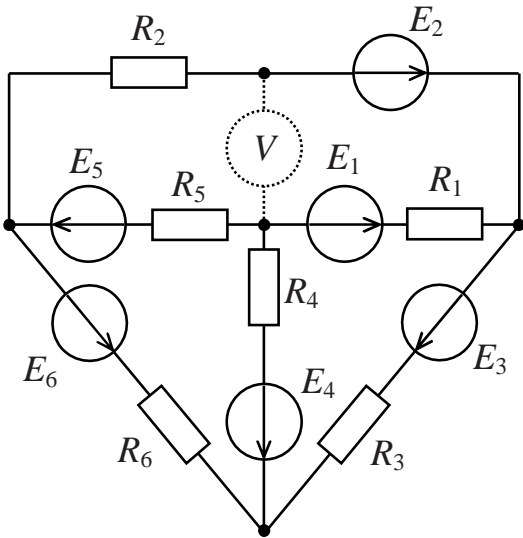


Рис.ЭЦ-1.29

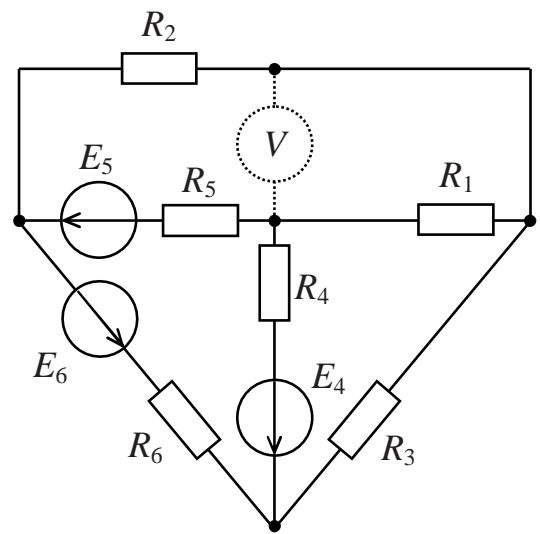


Рис.ЭЦ-1.30

C80-106854-17  
R1= 39 R2= 34  
R3= 78 R4= 71  
R5= 88 R6= 22  
E1= 0 E2= 0  
E3= 0 E4=-69  
E5= 18 E6=-39

В машинной распечатке индивидуального задания сопротивления резисторов  $R$  указаны в Омах [Ом], величины источников ЭДС  $E$  – в Вольтах [В].

Перед выполнением задания рекомендуется ознакомиться с задачами 2.1-2.9. учебного пособия «Электрические и магнитные цепи: практикум по дисциплине «Электротехника и электроника»/Р.В.Ахмадеев, И.В.Вавилова, П.А.Грахов, Т.М.Крымская.- Уфа: УГАТУ, 2007.

## ЗАДАЧА ЭЦ-2

### РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

#### Задание:

В сеть включены по приведенной схеме две ветви (рис.ЭЦ-2.1), требуется:

- 1) определить показания приборов.
- 2) вычислить полную комплексную мощность цепи;
- 3) рассчитать параметры элемента  $X$  (индуктивности или емкости), при включении которого, в цепи наступит резонанс токов;
- 4) построить векторные диаграммы токов и напряжений для режимов до и после подключения компенсирующего элемента  $X$ .

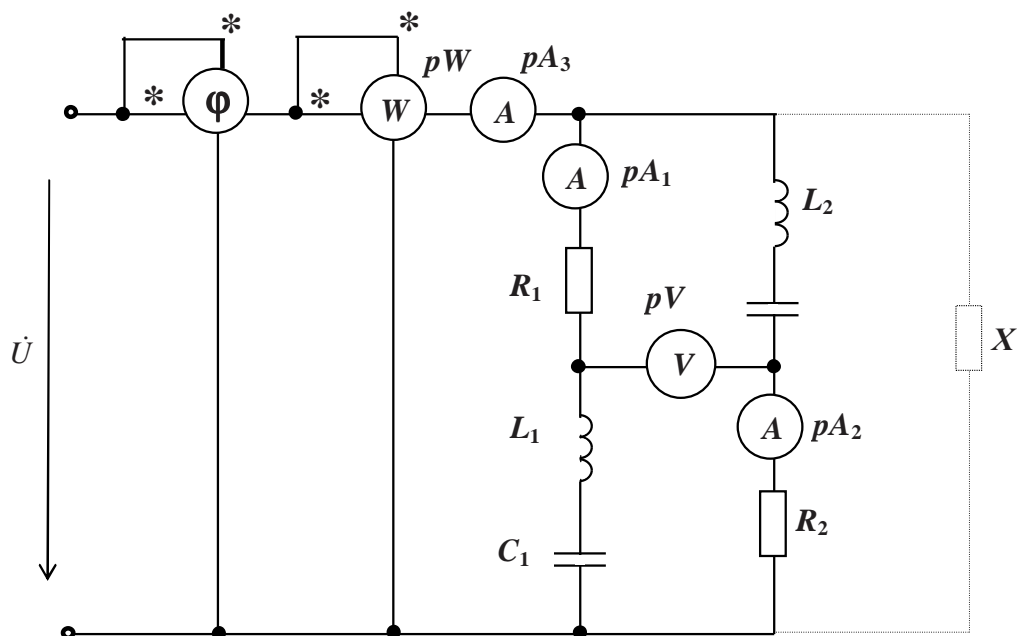


Рис.ЭЦ-2.1

Характеристики сети и параметров сопротивлений ветвей выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально в виде распечатки на ЭВМ или из табл. ЭЦ-2.1 и ЭЦ-2.2.

Таблица ЭЦ-2.1

Число десятков в номере задания	$U$	$f$	$R_1$	$L_1$	$C_1$	$R_2$	$L_2$	$C_2$
0	220	70	+	+	-	-	-	+
1	127	60	-	+	+	+	+	-
2	127	80	+	+	+	-	-	+
3	220	90	-	+	-	+	+	+
4	100	100	+	-	+	+	-	-
5	150	120	+	-	+	-	-	+
6	200	400	+	+	-	-	+	+
7	140	120	-	-	+	+	-	+
8	160	70	-	+	+	+	+	+
9	170	50	+	+	+	-	+	-

Таблица ЭЦ-2.2

Число единиц в номере задания	$R_1$	$L_1$	$C_1$	$R_2$	$L_2$	$C_2$
0	56	114	49	58	460	16
1	55	450	10	35	870	75
2	10	440	41	91	790	43
3	35	153	27	40	91	16
4	18	102	48	70	490	12
5	50	404	51	37	178	81
6	51	330	42	18	146	95
7	49	130	41	73	94	23
8	29	110	31	34	196	68
9	38	260	39	24	300	15



## Методические рекомендации:

В распечатке и в таблицах напряжения заданы в Вольтах [В], частота в Герцах [Гц], сопротивления в Омах [Ом], индуктивности в миллиГенри [мГн], емкости в микроФарадах [мкФ].

По исходной схеме электрической цепи и машинной распечатке индивидуального задания сформируйте свою расчетную схему.

Если в распечатке указано нулевое значение – это означает, что данный элемент в расчетной схеме отсутствует – этот участок необходимо замкнуть. Так, например, для индивидуального задания СМ-209 2-9 расчетная схема приобретает вид, представленный на рис.ЭЦ-2.2.

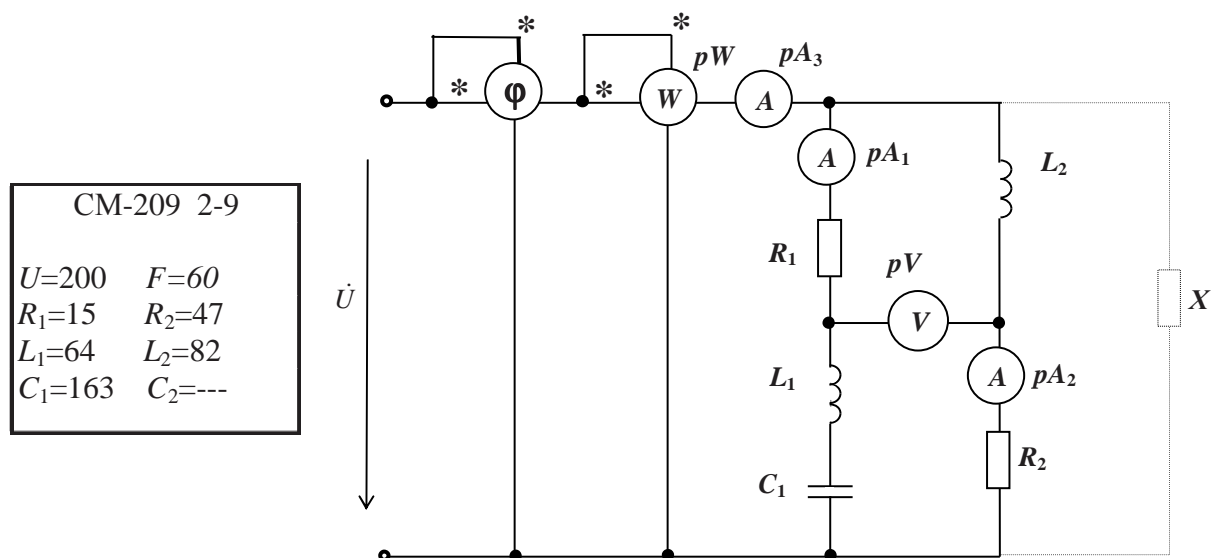


Рис.ЭЦ-2.2

Перед выполнением задания рекомендуется ознакомиться с задачами 3.1 – 5.5 учебного пособия «Электрические и магнитные цепи: практикум по дисциплине «Электротехника и электроника»/Р.В.Ахмадеев, И.В.Вавилова, П.А.Грахов, Т.М.Крымская.- Уфа: УГАТУ, 2007.

## ЗАДАЧА ЭЦ-3

### РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ

#### Задание:

В трехфазную сеть включены однофазные приемники, которые образуют симметричную и несимметричную нагрузки (рис. ЭЦ-3.1.). При заданном напряжении сети и параметрах приемников требуется:

- 1) составить схему включения приемников;
- 2) определить линейные и фазные токи в каждом трехфазном приемнике;
- 3) построить векторные диаграммы токов и напряжений каждого приемника;
- 4) определить активную и реактивную мощности каждого приемника;
- 5) составить схему включения ваттметров для измерения активной мощности каждого трехфазного приемника.

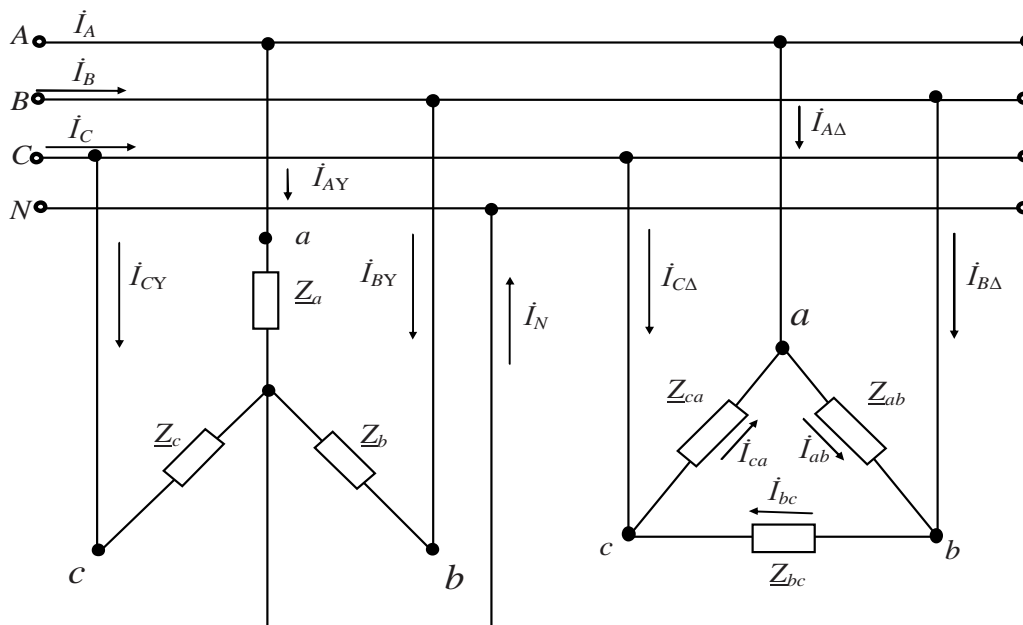


Рис.ЭЦ-3.1

*Примечание:* при симметричной нагрузке, включенной по схеме «звезда», нейтральный провод отсутствует.

Данные приёмников выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально в виде распечатки на ЭВМ или из табл.ЭЦ-3.1 и ЭЦ-3.2.

Таблица ЭЦ-3.1

№		Сх.	$U_{\text{сети}}$	$R_1$	$L_1$	$C_1$	$R_2$	$L_2$	$C_2$	$R_3$	$L_3$	$C_3$
0	Симметр.	Y	220	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	$\Delta$		+	+	-	+	-	+	+	+	-
1	Симметр.	Y	380	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	$\Delta$		+	+	-	+	-	+	+	+	-
2	Симметр.	Y	660	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	$\Delta$		+	+	-	+	-	+	+	+	-
3	Симметр.	Y	127	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	$\Delta$		+	+	-	+	-	+	+	+	-
4	Симметр.	$\Delta$	220	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-
5	Симметр.	$\Delta$	380	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-
6	Симметр.	$\Delta$	660	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-
7	Симметр.	$\Delta$	127	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-
8	Симметр.	$\Delta$	220	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-
9	Симметр.	$\Delta$	380	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Не симметр.	Y		+	+	-	+	-	+	+	+	-

Таблица ЭЦ-3.2

№	$R_1$	$L_1$	$C_1$	$R_2$	$L_2$	$C_2$	$R_3$	$L_3$	$C_3$
0	58	460	16	11	175	48	56	114	49
1	35	870	75	27	280	142	55	450	10
2	91	790	43	77	120	69	10	440	41
3	40	91	16	37	120	83	35	153	27
4	70	490	12	42	93	44	18	102	48
5	37	178	81	33	192	61	50	404	51
6	18	146	95	73	165	94	51	330	42
7	73	94	23	97	489	88	49	130	41
8	34	196	68	39	577	27	29	110	31
9	24	300	15	22	210	120	38	260	39

## Методические рекомендации:

По исходной схеме электрической цепи и машинной распечатке индивидуального задания сформируйте свою расчетную схему. Если в распечатке указано нулевое значение, это означает, что данный элемент в расчетной схеме отсутствует, участок закорачивается.

В общем случае однофазные приемники, которые образуют симметричный и несимметричный трехфазные приемники, содержат один или два элемента, включенные последовательно.

Так, например, для индивидуального задания 902491-10 расчетная схема приобретает вид, представленный на рис.ЭЦ 3-1.2.

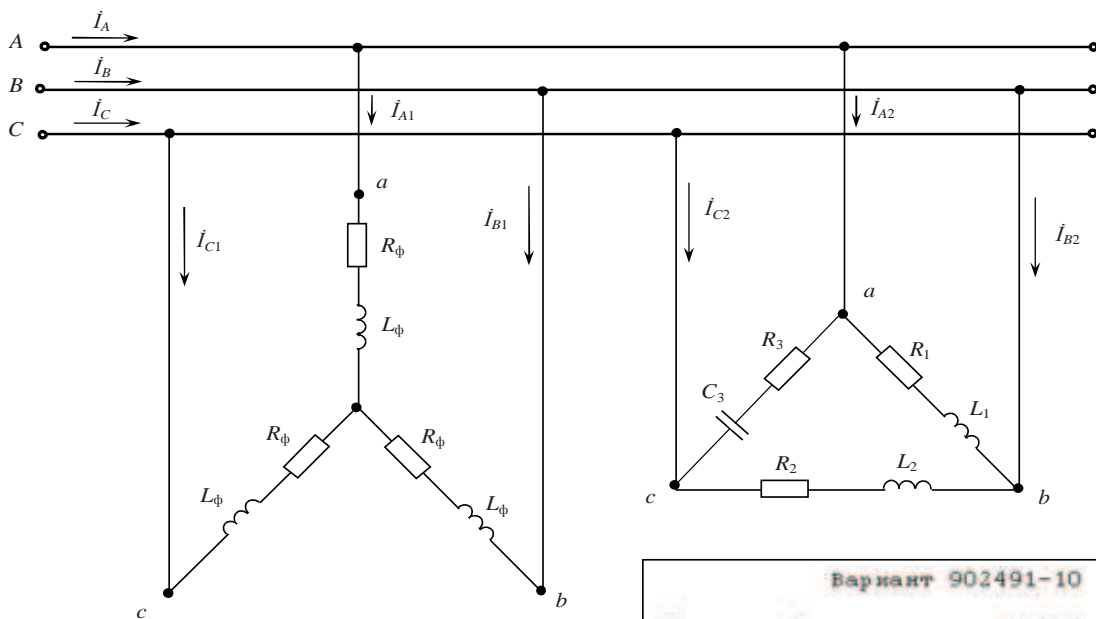


Рис. ЭЦ 3-1.2.

Вариант 902491-10			
Цепи трехфазного тока U=380			
Нагрузка : симметричная.			
Схема соединения приемников: звезда.			
R=	83	L= 29	
Нагрузка : несимметричная.			
Схема соединения приемников: треугольник.			
R	50	41	36
L	98	81	0
C	0	0	27

Сопротивления заданы в Омах [Ом], индуктивности в миллиГенри [мГн], емкости в микроФарадах [мкФ]. Частоту питающей сети принять  $f = 50$  Гц.

Перед выполнением задания рекомендуется ознакомиться с задачами 6.1-7.3. учебного пособия «Электрические и магнитные цепи: практикум по дисциплине «Электротехника и электроника»/Р.В.Ахмадеев, И.В.Вавилова, П.А.Грахов, Т.М.Крымская.- Уфа: УГАТУ, 2007.

## ЗАДАЧА МЦ-1

### РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КЛАПАНА

#### **Задание:**

Для магнитной системы электромагнитного клапана пускового топлива авиационного двигателя при заданных усредненных геометрических размерах, максимальной величине воздушного зазора  $\delta_{\max}$  и соответствующем ему магнитном потоке  $\Phi$  требуется:

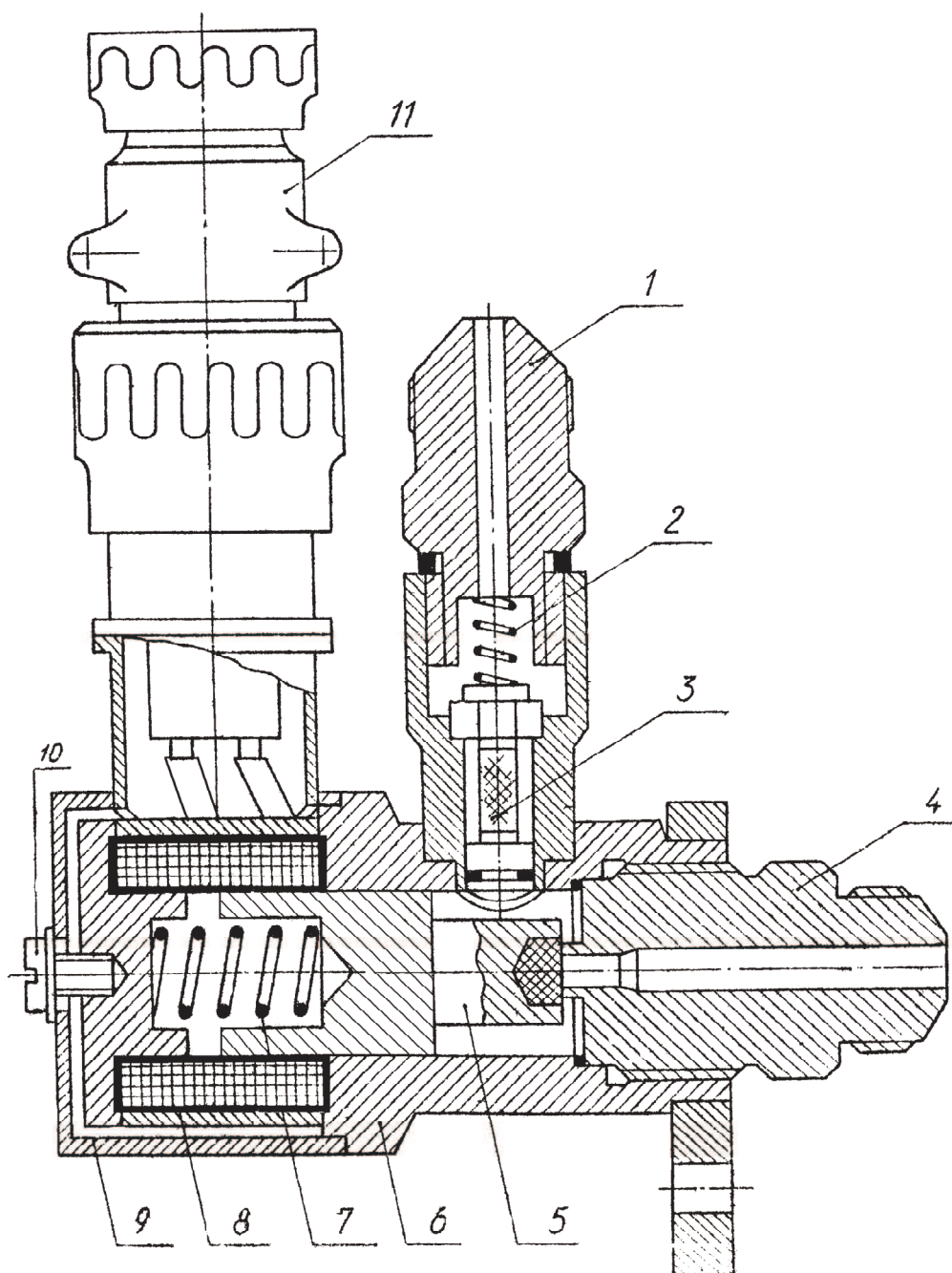
- 1) рассчитать ток в катушке, необходимый для создания заданного потока;
- 2) определить индуктивность катушки при максимальном воздушном зазоре;
- 3) построить тяговую характеристику электромагнита  $F=f(\delta)$  не менее чем по четырем точкам при изменении воздушного зазора от  $\delta_{\max}$  до 0 для воздушных зазоров:  $\delta_{\max}$ ;  $0,75\delta_{\max}$ ;  $0,5\delta_{\max}$ ,  $0,25\delta_{\max}$  при этом, ток считать неизменным и равным значению, полученному в п.1.

#### **Принцип работы и устройство электромагнитного клапана пускового топлива**

Электрическая часть клапана (рис.МЦ-1.1) представляет собой сочетание броневое электромагнита с втяжным сердечником 5 и стандартного штепсельного разъема 11.

Электромагнит состоит из корпуса 6 клапана, возвратной пружины 7, катушки 8 соленоида, корпуса 9 соленоида. Обмотка катушки выполнена из медного провода с эмалевой изоляцией. В сердечнике имеется гнездо для возвратной пружины и специальная выточка, заполненная резиной, которая под действием пружины 7 прижимается к гнезду выходного штуцера 4. Пружина фильтра 2, винт 10.

На работающем двигателе и во время стоянки клапан пускового топлива находится в обесточенном состоянии. Под действием пружины 7 сердечник 5 закрывает выходной штуцер. Топливо к пусковому блоку не подается.



*Рис. МЦ-1.1* Электромагнитный клапан пускового топлива

Электромагнитный клапан является одним из самых распространенных элементов систем управления силовыми установками. Системы управления некоторых современных двигателей насчитывают до 20 - 25 клапанов такого типа.

На рис. МЦ-1.2 представлена магнитная система с обозначением геометрических размеров расчетных участков –  $l_1, l_2, l_3, l_4$ , и  $\delta_{\max}$ .

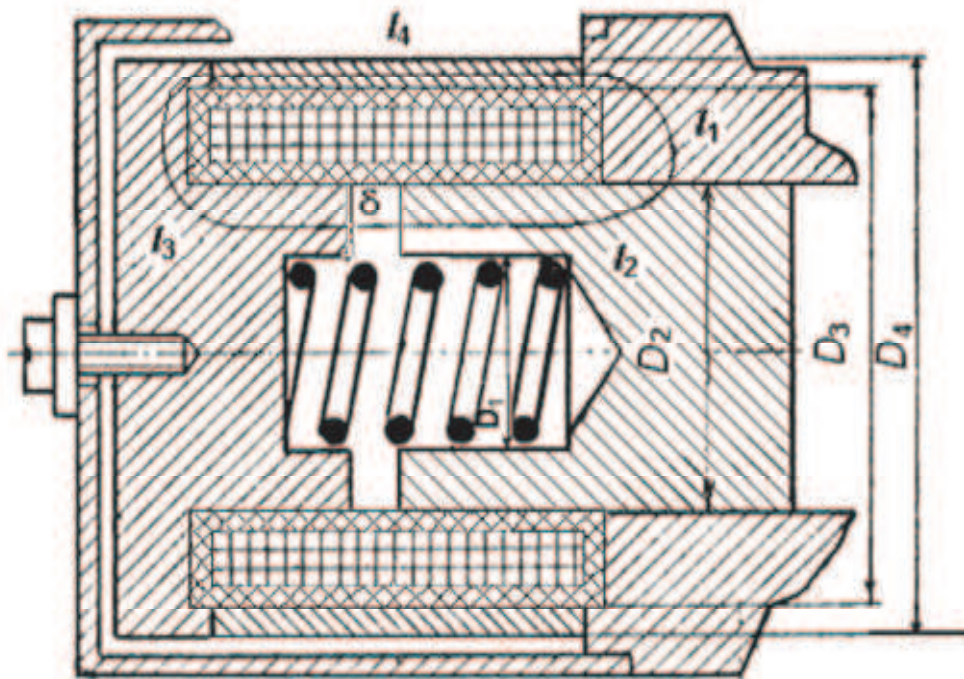


Рис. МЦ-1.2. Расчетная схема магнитной цепи электромагнитного клапана.

Числовые значения вариантов задания выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально или в соответствии с табл. МЦ-1.1.

### Методические рекомендации:

- 1) потоками рассеяния и полями выпучивания пренебречь;
- 2) сведения об электромагнитных материалах и кривые намагничивания электротехнических сталей приведены в приложении П-1.

Вариант	Участок 1			Участок 2			Участок 3			Участок 4			Участок 5		Погок	Число ВИТКОВ
	$l_1$ , мм	$S_1$ , мм <sup>2</sup>	Марка стали	$l_2$ , мм	$S_2$ , мм <sup>2</sup>	Марка стали	$l_3$ , мм	$S_3$ , мм <sup>2</sup>	Марка стали	$l_4$ , мм	$D_4/D_3$	Марка стали	$l_4$ , мм	$D_2/D_1$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	6	85	2212	13	100	2213	24	127	3404	39	51/41	3408	1	21/19	0,0317	320
2	18	73	3413	19	210	2411	27	370	3404	38	2/46	2212	2	24/16	0,0553	490
3	22	93	2213	24	231	3406	25	288	3408	30	56/51	2411	2	35/31	0,053	250
4	6	92	3406	12	113	3413	23	366	3404	34	54/32	2212	3	30/19	0,0511	240
5	6	76	2213	29	100	2212	31	353	3413	40	51/47	2411	2	40/29	0,0298	100
6	15	120	3404	18	154	2411	34	182	3413	36	58/40	3408	4	39/31	0,0395	320
7	21	140	3413	25	232	3406	39	443	3404	40	59/57	2213	3	24/18	0,0666	260
8	13	128	2411	24	304	3413	33	310	2212	38	51/42	3404	4	33/31	0,0332	300
9	5	147	2213	8	165	2212	9	420	3413	44	57/53	2411	2	39/31	0,0536	160
10	9	97	2411	10	167	3404	32	426	3408	37	38/27	3413	2	26/23	0,0164	400
11	7	155	3406	17	175	3408	21	287	3404	26	56/51	2411	3	46/37	0,0434	360
12	13	148	2212	14	175	3413	33	285	2213	41	57/55	3404	3	38/34	0,0416	480
13	10	194	2411	19	363	2212	25	377	2213	37	2/26	3413	3	0/16	0,0171	280
14	9	182	3413	10	238	3404	17	441	2411	38	58/51	3406	2	39/35	0,0111	100
15	20	99	2213	23	151	3406	27	202	2411	34	49/38	2411	1	25/18	0,0242	390
16	19	222	3406	23	229	2212	24	359	3408	28	45/41	2213	2	26/22	0,0153	370
17	11	210	2213	26	220	3406	36	307	3413	43	58/33	2411	4	19/15	0,0623	160
18	8	81	3404	27	229	2411	32	417	2212	39	51/46	3408	2	38/30	0,0432	190
19	12	95	3408	17	249	2212	36	417	2213	38	49/32	3404	2	25/19	0,0104	210
20	6	128	3413	8	150	2213	24	237	3406	36	59/43	2411	3	26/20	0,0605	350
21	12	257	3408	20	283	2213	36	432	3404	41	46/45	2212	4	34/24	0,0473	390
22	5	276	3404	7	361	2411	8	449	2213	40	56/50	3406	2	33/17	0,0321	280
23	5	154	3406	11	264	3408	29	439	3413	37	38/36	2411	1	30/24	0,0147	230



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
24	11	149	2212	13	284	3406	23	415	2213	25	57/50	3404	4	40/30	0,0104	490
25	3	227	2411	17	276	2213	27	304	2212	38	58/43	3413	2	31/22	0,017	270
26	9	137	3413	14	291	3404	22	304	2212	39	49/41	3408	3	32/20	0,0342	150
27	6	311	2213	11	366	3408	20	414	3404	38	45/40	2212	1	31/16	0,0609	250
28	15	92	2212	22	146	3413	26	331	3404	31	57/41	2411	4	32/28	0,0226	230
29	15	88	2213	22	170	2411	24	319	2212	27	54/30	3413	2	26/20	0,0659	360
30	10	280	3404	24	339	2411	30	444	3413	39	56/52	2212	1	28/20	0,0332	390
31	24	210	3413	35	326	3408	38	358	2212	42	55/40	2411	1	37/32	0,0604	410
32	8	71	2411	14	346	2212	27	436	3406	33	59/53	3413	4	28/20	0,0328	260
33	23	114	3408	26	332	2411	32	366	2213	39	52/39	2212	1	37/32	0,0358	470
34	5	193	2212	11	224	3404	17	354	3408	30	57/52	2213	3	40/18	0,0247	460
35	39	302	3408	41	373	3404	42	422	3413	43	45/40	2411	2	29/19	0,0212	410
36	8	283	2212	14	380	3413	25	393	2213	36	52/41	3408	1	38/17	0,0131	460
37	10	90	2411	14	143	2213	18	381	3413	24	57/51	3404	1	44/38	0,0673	300
38	12	168	3406	20	401	3404	30	404	2411	34	36/30	3413	4	22/16	0,0464	200
39	8	205	3408	18	246	2411	20	421	2213	41	52/46	3413	2	40/23	0,0648	440
40	5	126	3406	24	356	2213	37	408	2212	43	54/39	3413	4	25/19	0,0178	100
41	17	378	2213	25	428	2411	27	434	3408	30	50/36	3413	1	27/19	0,0559	480
42	11	111	3404	13	216	2411	27	448	3406	29	59/53	3413	1	38/24	0,06	210
43	9	221	3413	32	403	3408	33	436	2213	36	53/47	2411	1	39/30	0,0694	140
44	5	55	2411	20	299	2212	38	338	3413	39	49/31	3408	2	26/20	0,0208	206
45	17	75	3408	26	199	2411	37	377	2213	44	59/49	3406	2	32/23	0,0517	480
46	21	60	2212	22	63	3406	29	87	3404	43	50/44	2213	2	36/28	0,0457	300
47	8	83	3406	10	165	3408	13	321	3413	32	59/53	2411	4	26/16	0,0393	140
48	6	102	2212	37	182	2213	39	243	3406	44	59/34	2411	3	28/20	0,0405	450
49	8	90	2411	12	353	2213	22	411	3408	35	56/48	2212	4	40/30	0,0338	190
50	6	110	3413	18	272	3406	20	431	3404	23	40/34	2212	1	22/16	0,0587	470

## ЗАДАЧА МЦ-2

### РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

#### Задание:

По техническим данным трехфазного двухобмоточного трансформатора требуется:

1) рассчитать и изобразить Т - образную схему замещения одной фазы;

При коэффициентах нагрузки  $\beta = 0,05; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,2$ :

2) построить внешнюю характеристику  $U_2 = f(I_2)$ ;

3) определить и построить зависимости:

а) КПД -  $\eta = f(\beta)$  ;

б) отклонение напряжения  $\Delta U_2 - \Delta U_2 = f(\beta)$ ;

4) построить векторную диаграмму.

В табл. МЦ-2.1 приведены характер и коэффициент мощности нагрузки, при которой необходимо определить зависимости  $U_2 = f(I_2)$ ,  $\eta = f(\beta)$ ;  $\Delta U_2 = f(\beta)$ , а также построить векторную диаграмму.

Таблица МЦ-2.1

Характер нагрузки	<i>R</i>	<i>RL</i>	<i>RL</i>	<i>RL</i>	<i>RC</i>	<i>RC</i>	<i>RC</i>
$\cos\varphi$	1	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
№ варианта	1; 8; 15; 22; 29; 36;43; 50; 57; 64; 71; 78; 85	2; 9; 16; 23; 30; 37;44; 51; 58; 65; 72; 79; 86	3; 10;17; 24; 31; 38; 45; 52; 59; 66; 73; 80; 87	4; 11;18; 25; 32; 39; 46; 53; 60; 67; 74; 81; 88	5; 12;19; 26; 33; 40; 47; 54; 61; 68; 75; 82; 89	6; 13;20; 27; 34; 41; 48; 55; 62; 69; 76; 83; 90	7; 14;21; 28; 35; 42; 49; 56; 63; 70; 77; 84

Технические характеристики трансформаторов приведены в табл. МЦ-2.2.

Способ соединения обмоток:

1)  $Y/Y_n - 0$  для четных вариантов;

2)  $\Delta/Y_n - 11$  для нечетных вариантов.

Таблица МЦ. 2.1

№ варианта	Тип трансформатора	Мощность, кВА	Верхний предел номинального напряжения обмотки, кВ		Потери, кВт		Ток хол. хода, %	Напряжение.КЗ на номинальной ступени, %
			ВН	НН	ХХ	КЗ		
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ТМ - 25/6	25	6,3	0,23	0,170	0,6	5,15	4,5
2	ТМ - 40/6	40	6,3	0,4	0,240	0,880	4,5	4,5
3	ТМ - 63/6	63	6,3	0,4	0,360	1,28	4,5	4,5
4	ТМ -100/6	100	6,3	0,4	0,490	1,97	4,15	4,5
5	ТМ -160/6	160	6,3	0,23	0,73	2,65	3,85	4,5
6	ТМ -250/6	250	6,3	0,4	1,05	3,7	3,7	4,5
7	ТМ - 400/6	400	6,0	0,23	1,2	5,5	2,1	4,5
8	ТМВМ-25/6	25	6,3	0,23	0,105	0,6	0,6	4,5
9	ТМВМ-40/10	40	10,0	0,23	0,15	0,88	0,6	4,5
10	ТМВМ-63/6	63	6,3	0,23	0,22	1,28	0,55	4,5
11	ТМВМ-100/6	100	6,3	0,4	0,31	1,97	0,55	4,5
12	ТМВМ-160/6	160	6,3	0,4	0,46	2,65	0,5	4,5
13	ТМВМ-250/6	250	6,3	0,23	0,66	3,7	0,5	4,5
14	ТМ - 25/6	25	6,3	0,4	0,170	0,6	5,15	4,5
15	ТМ- 25/10	25	10,0	0,23	0,170	0,6	5,15	4,5
16	ТМ - 40/10	40	10,0	0,4	0,240	0,880	4,5	4,5
17	ТМ - 63/10	63	10,0	0,4	0,360	1,28	2,8	4,5
18	ТМ-100/10	100	10,0	0,4	0,490	1,97	4,15	4,5
19	ТМ-160/10	160	10,0	0,23	0,73	2,65	3,85	4,5
20	ТМ-250/10	250	10,0	0,23	1,05	3,7	3,7	4,5
21	ТМ-400/10	400	10,0	0,23	1,2	5,5	2,1	4,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9

22	TMBM-25/10	25	10,0	0,23	0,105	0,6	0,6	4,5
23	TM - 40/10	40	10,0	0,23	0,240	0,880	4,5	4,5
24	TMBM-100/10	100	10,0	0,4	0,31	1,97	0,55	4,5
25	TMBM-160/10	160	10,0	0,23	0,46	2,65	0,5	4,5
26	TMBM-250/10	250	10,0	0,23	0,66	3,7	0,5	4,5
27	TMГ-100/10-X1	100	10,0	0,23	0,29	1,97	2,0	4,5
28	TMBГ-250/10-X1	250	10,0	0,23	0,525	3,7	0,45	4,7
29	TCM-320/10	320	10,0	0,525	1,35	4,65	5,5	4,5
30	TC3-169/10	160	6,0	0,23	0,7	2,7	5,5	4,0
31	TM - 63/10	63	10,0	0,23	0,360	1,28	2,8	4,5
32	TC3- 400/10	400	6,0	0,23	1,3	5,4	5,5	3,0
33	TC3C-630/10	630	6,3	0,4	2,0	8,5	8,0	2,0
34	TM -63/20	63	20,0	0,4	0,390	1,28	4,5	5,0
35	TM-100/20	100	20,0	0,4	0,625	1,97	4,15	6,5
36	TM-100/20	100	20,0	0,23	0,625	1,97	4,15	6,5
37	TM -63/20	63	20,0	0,23	0,390	1,28	4,5	5,0
38	TM-100/35	100	35,0	0,4	0,625	1,97	4,15	6,5
39	TM-100/35	100	35,0	0,23	0,625	1,97	4,15	6,5
40	TM -250/3	250	3,0	0,4	1,05	3,7	3,7	4,5
41	TM -160/3	160	3,0	0,23	0,73	2,65	3,85	4,5
42	TMBM-63/6	63	10,0	0,4	0,22	1,28	0,55	4,5
43	TM - 40/6	40	6,3	0,23	0,240	0,880	4,5	4,5
44	TM - 63/6	63	6,3	0,23	0,360	1,28	4,5	4,5
45	TM -250/6	250	6,3	0,23	1,05	3,7	3,7	4,5
46	TM - 400/6	400	6,0	0,4	1,2	5,5	2,1	4,5
47	TMBM-25/6	25	6,3	0,4	0,105	0,6	0,6	4,5
48	TMBM-63/6	63	6,3	0,4	0,22	1,28	0,55	4,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9

49	TMBM-100/6	100	6,3	0,23	0,31	1,97	0,55	4,5
50	TMBM-160/6	160	6,3	0,23	0,46	2,65	0,5	4,5
51	TMBM-40/10	40	10,0	0,23	0,15	0,88	0,6	4,5
52	TM -160/6	160	6,3	0,4	0,73	2,65	3,85	4,5
53	TM -250/6	250	6,3	0,69	1,05	3,7	3,7	4,5
54	TM - 400/6	400	6,0	0,69	1,2	5,5	2,1	4,5
55	TMBM-40/6	40	6,3	0,4	0,15	0,88	0,6	4,5
56	TMBM-160/6	160	6,3	0,69	0,46	2,65	0,5	4,5
57	TM -160/6	160	6,3	0,69	0,73	2,65	3,85	4,5
58	TMBM-160/6	160	10,0	0,69	0,46	2,65	0,5	4,5
59	TH3- 25/10	25	10,0	0,4	0,12	0,49	3,0	4,5
60	TMГ-160/10-X1	160	10,0	0,23	0,44	2,65	1,8	4,5
61	TMBГ-250/10-X1	250	10,0	0,69	0,525	3,7	0,45	4,5
62	TMГ-400/10-X1	400	10,0	0,23	0,8	5,5	1,1	4,5
63	TM-160/10	160	10,0	0,4	0,73	2,65	3,85	4,5
64	TM-250/10	250	10,0	0,69	1,05	3,7	3,7	4,5
65	TM-400/10	400	10,0	0,69	1,2	5,5	2,1	4,5
66	TMBM-40/6	40	6,3	0,23	0,15	0,88	0,6	4,5
67	TMГ-100/10-X1	100	10,0	0,4	0,29	1,97	2,0	4,5
68	TMГ-160/10-X1	160	10,0	0,4	0,44	2,65	1,8	4,5
69	TMГ-400/10-X1	400	10,0	0,4	0,8	5,5	1,1	4,5
70	TMBM-250/10	250	10,0	0,4	0,66	3,7	0,5	4,5
71	TC-630/10	630	10,0	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
72	TM-250/10	250	10,0	0,4	1,05	3,7	3,7	4,5
73	TMBГ-250/10-X1	250	10,0	0,4	0,525	3,7	0,45	4,5
74	TM-100/10	100	10,0	0,23	0,490	1,97	4,15	4,5
75	TMBM-25/10	25	10,0	0,4	0,105	0,6	0,6	4,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9

76	ТМВМ-63/10	63	10,0	0,23	0,22	1,28	0,55	4,5
77	ТМГ-160/10-Х1	160	10,0	0,69	0,44	2,65	1,8	4,5
78	ТМГ-400/10-Х1	400	10,0	0,69	0,8	5,5	1,1	4,5
79	ТСЗ-400/15	400	13,8	0,4	1,4	6,0	8,0	3,5
80	ТМ-400/10	400	10,0	0,4	1,2	5,5	2,1	4,5
81	ТМВМ-100/10	100	10,0	0,23	0,31	1,97	0,55	4,5
82	ТМВМ-160/10	160	10,0	0,4	0,46	2,65	0,5	4,5
83	ТМВМ-250/6	250	6,3	0,4	0,66	3,7	0,5	4,5
84	ТМ-160/10	160	10,0	0,69	0,73	2,65	3,85	4,5
85	ТМВМ-250/10	250	10,0	0,69	0,66	3,7	0,5	4,5
86	ТМ- 25/10	25	10,0	0,4	0,170	0,6	5,15	4,5
87	ТСЗ- 250/15	250	13,8	0,4	1,1	4,4	8,0	4,0
88	ТСЗ-250/10	250	6,0	0,4	1,0	3,8	5,5	3,5
89	ТМ -100/6	100	6,3	0,23	0,490	1,97	4,15	4,5
90	ТМВМ-250/6	250	6,3	0,69	0,66	3,7	0,5	4,5

### Методические рекомендации:

Для расшифровки обозначения трансформаторов следует учесть, что установлены следующие условные обозначения:

ТМ – трехфазный масляный;

ТНЗ – трехфазный с регулированием под нагрузкой с естественным масляным охлаждением;

ТМВМ – трехфазный с принудительной циркуляцией воды и естественной циркуляцией масла;

ТМГ – трехфазный масляный с герметичным исполнением;

ТМВГ – трехфазный масляный с принудительной циркуляцией воды и естественной циркуляцией масла с герметичным исполнением;

ТСЗ – трехфазный, естественное воздушное охлаждение при защищенном исполнении;

ТСЗС – трехфазный, сухой, защищенный.

## ЗАДАЧА ЭМ-1

### РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК АВИАЦИОННЫХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### Задание:

По заданным параметрам стартер - генератора рассчитать и построить:

1) естественную (при  $U_{\text{ном}} = 24 \text{ В}$ ) и искусственную (при повышенном или пониженном напряжении) механические характеристики. Для четных вариантов напряжение принять  $U_1 = 36 \text{ В}$ , для нечетных -  $U_1 = 18 \text{ В}$ .

Расчет производить как для двигателя смешанного возбуждения (рис.ЭМ-1.1).

2) естественную нагрузочную характеристику генератора и напряжение при заданной нагрузке ( $\frac{I}{I_{\text{ном}}}$ ).

Расчет производить как для генератора параллельного возбуждения (рис. ЭМ-1.2).

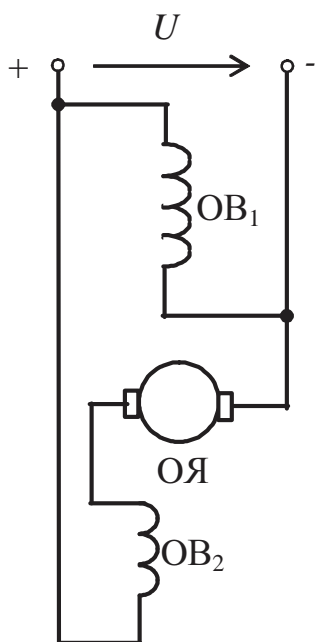


Рис. ЭМ-1.1

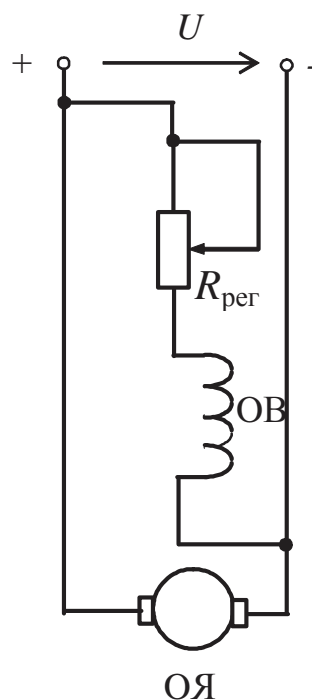


Рис. ЭМ-1.2

Варианты задания и характеристики стартер - генераторов выбираются из табл. ЭМ.1.1 и ЭМ.1.2 или задаются преподавателем индивидуально каждому студенту в виде распечатки.

Таблица ЭМ-1.1.

Характеристика генераторов	ГСП-СТ-9000	ГСП-СТ-12	ГСП-СТ-12	ГСП-СТ-18	ГСП-СТ-1800	ГСП-СТ-10510
$P_{\text{НОМ}}$ , кВт	9	12	15	18	18	18
$I_{\text{НОМ}}$ , А	600	600	600	600	600	600
$R_{\text{я}}$ , Ом	0,0054	0,0031	0,0041	0,0032	0,0032	0,0028
$R_{\text{об}}$ , Ом	1,879	1,256	1,284	1,134	1,134	1,206
$R_{\text{об}}$ , Ом	0,0032	0,0019	0,0028	0,0022	0,0022	0,0017
$n_{\text{НОМ}}$ , об/м	6200	6000	5600	5600	6000	6100
КПД, %	76	77,5	75	76	79	76
№ варианта	1, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43, 49	2, 8, 14, 20, 26, 32, 38, 44, 50	3, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45	4, 10, 16, 22, 28, 34, 40, 46	5, 11, 17, 23, 29, 35, 41, 47	6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48

Таблица ЭМ-1.2

$\Phi_{\text{парл}}/\Phi_{\text{послед}}$	30/70	40/60	55/45	50/50	60/40	70/30
$I/I_{\text{НОМ}}$	1	0,9	0,8	1,1	1,2	0,5
№ варианта	1, 8, 16, 23, 30, 37, 44	2, 7, 9, 17, 24, 31, 38, 45, 50	1, 3, 10, 14, 18, 25, 29, 32, 39, 43, 46	4, 11, 15, 19, 22, 26, 33, 40, 47	5, 12, 20, 27, 34, 36, 41, 48	6, 13, 21, 28, 35, 42, 49

### Методические рекомендации:

При расчете величины магнитного потока последовательной обмотки в зависимости от  $I_{\text{я}}$  необходимо воспользоваться кривой  $\Phi/\Phi_{\text{н}} = f(I/I_{\text{я}})$  – рис. ЭМ-1.3.



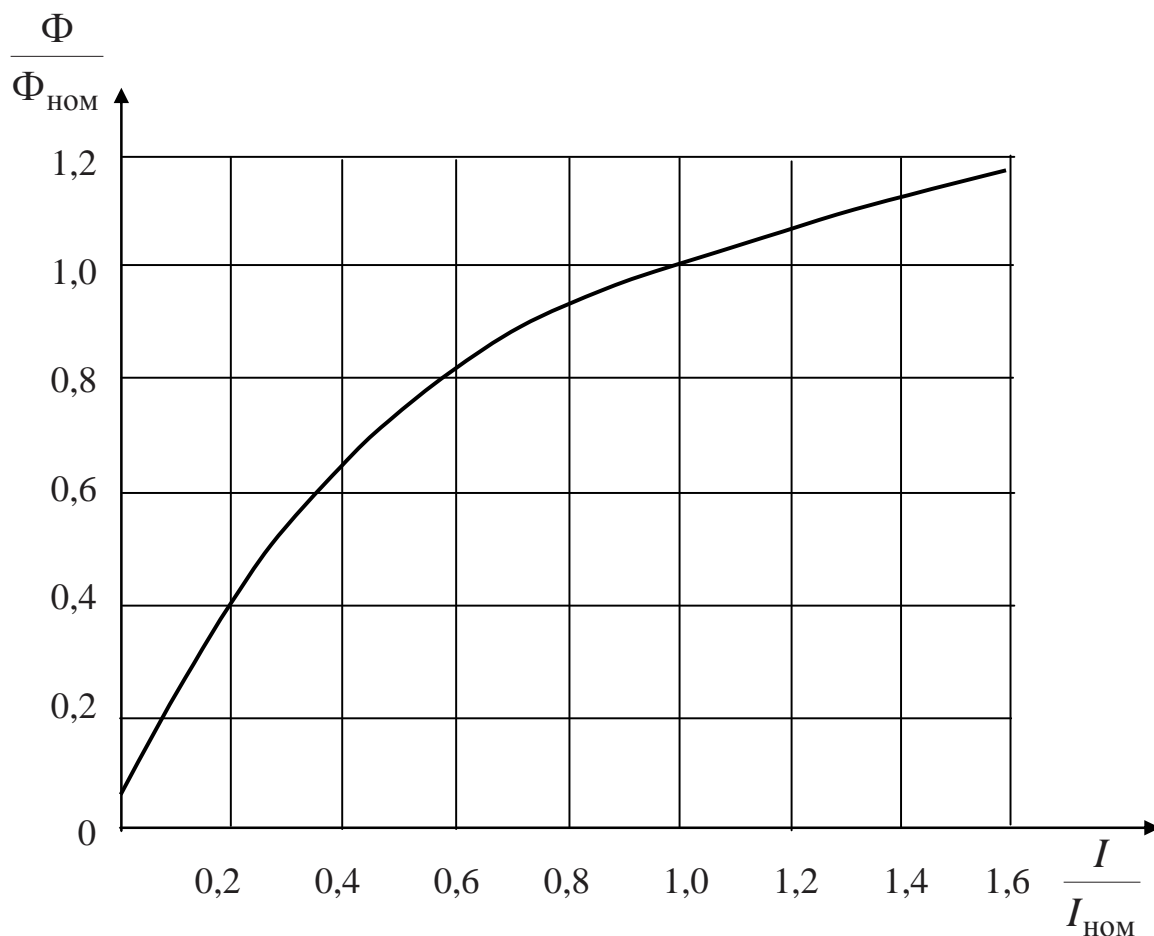


Рис. ЭМ-1.3.

В двигателе постоянного тока смешанного возбуждения магнитный поток машины представляет собой сумму потоков  $\Phi = \Phi_{\text{парал}} + \Phi_{\text{посл}}$ , созданных каждой из обмоток, в отношении, заданном табл. ЭМ-1.2.

Например, если  $\frac{\Phi}{\Phi_{\text{НОМ}}} = \frac{30}{70}$ , то в относительных единицах при

номинальном напряжении :  $\Phi^* = \Phi_{\text{парал}}^* + \Phi_{\text{посл}}^* = 0,3 + 0,7 \frac{\Phi}{\Phi_{\text{НОМ}}}$ . Учи-

тывая, что величина тока якоря зависит от момента нагрузки, то при построении механической характеристики необходимо условно

принимать значения  $\frac{I}{I_{\text{НОМ}}}$  и при помощи рис.ЭМ-1.3 определять  $\Phi^*$ .

## ЗАДАЧА ЭМ-2

### РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Для заданного номера варианта типа двигателя (табл. ЭМ-2.1) выполнить следующие расчеты и построить графики:

1) определить величину сопротивления реостата  $R_{\Pi}$  чтобы пусковой момент был равен:

- а)  $1,5 M_H$ ;      б)  $2 M_H$

2) рассчитать и построить графики естественной и реостатных механических характеристик при следующих значениях сопротивлений пускового реостата  $R_{\Pi}$ , включенного последовательно в цепь якоря:  $0,5R_{я}$ ;  $R_{я}$ ;  $1,5R_{я}$ ;  $2R_{я}$ . Расчет каждой механической характеристики произвести для двух значений момента от 0 до  $2M_H$ .

4) определить частоту вращения и потери двигателя при заданном моменте сопротивления рабочего механизма  $M_{сопр}$ .

Таблица ЭМ-2.1

Технические данные  
двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением

№ варианта	Тип двигателя	$P_H$ Вт	$U_H$ В	$n_H$ об/мин	$\eta_H$ %	$R_{я}$ Ом	$R_B$ Ом	$M_{сопр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>2ПН90МУХЛ4</b>	0,17	110	750	47,5	5,84	162	$0,7 M_H$
2	<b>2ПН90МУХЛ4</b>	0,37	220	1500	61,5	10,61	610	$0,8 M_H$
3	<b>2ПН90ЛУХЛ4</b>	0,55	110	1500	67,5	1,3	112	$0,9 M_H$
4	<b>2ПН90ЛУХЛ4</b>	1,3	220	3150	78,0	1,3	340	$1,1 M_H$
5	<b>2ПБ90МУХЛ4</b>	0,28	110	1600	63,5	2,69	222	$1,2 M_H$
6	<b>2ПБ90МУХЛ4</b>	0,55	220	3000	71,0	3,99	810	$1,3 M_H$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	<b>2ПБ90ЛУХЛ4</b>	0,37	110	1500	66,0	2,1	192	1,4 $M_H$
8	<b>2ПБ90ЛУХЛ4</b>	0,75	220	3150	77,0	2,28	720	0,2 $M_H$
9	<b>2ПН100МУХЛ4</b>	0,5	110	1000	65	1,79	120	0,3 $M_H$
10	<b>2ПН100МУХЛ4</b>	2,0	220	3000	79,0	0,805	265	0,4 $M_H$
11	<b>2ПН100ЛУХЛ4</b>	1,1	110	1500	72,5	0,52	81	0,5 $M_H$
12	<b>2ПН100ЛУХЛ4</b>	2,2	220	3150	81,0	0,52	295	0,6 $M_H$
13	<b>2ПБ100МУХЛ4</b>	0,6	110	1500	72,0	1,083	153	0,7 $M_H$
14	<b>2ПБ100МУХЛ4</b>	1,2	220	3150	80,0	1,325	595	0,8 $M_H$
15	<b>2ПН112МУХЛ4</b>	1,5	110	1500	70,0	0,42	44	0,9 $M_H$
16	<b>2ПН112МУХЛ4</b>	3,6	220	3000	79,0	0,42	129	1,1 $M_H$
17	<b>2ПН112ЛУХЛ4</b>	2,2	110	4000	74,5	0,242	44	1,2 $M_H$
18	<b>2ПН112ЛУХЛ4</b>	5,3	220	3000	80,0	0,242	96,3	1,3 $M_H$
19	<b>2ПБ112МУХЛ4</b>	0,75	110	1500	70,0	0,565	84,3	1,4 $M_H$
20	<b>2ПБ112МУХЛ4</b>	1,4	220	3000	78,5	0,788	403	0,1 $M_H$
21	<b>2ПБ112ЛУХЛ4</b>	1,0	110	1600	74,0	0,378	80	0,2 $M_H$
22	<b>2ПБ112ЛУХЛ4</b>	2,0	220	3150	81,0	0,413	303	0,3 $M_H$
23	<b>2ПН132МУХЛ4</b>	4,0	440	1500	79,0	2,28	134	0,4 $M_H$
24	<b>2ПН132МУХЛ4</b>	7,0	110	2200	81,0	0,067	25,6	0,5 $M_H$
25	<b>2ПН132ЛУХЛ4</b>	3,0	220	1000	75,5	0,88	138	0,6 $M_H$
26	<b>2ПН132ЛУХЛ4</b>	5,5	440	1600	81,0	1,28	101	0,7 $M_H$
27	<b>2ПБ132МУХЛ4</b>	1,6	110	1060	71,0	0,346	54,5	0,8 $M_H$
28	<b>2ПБ132МУХЛ4</b>	3,7	220	2360	81,0	0,346	202	0,9 $M_H$
29	<b>2ПБ132ЛУХЛ4</b>	1,9	440	1120	78,0	4,05	216	1,1 $M_H$
30	<b>2ПБ132ЛУХЛ4</b>	4,5	110	2360	84,0	0,055	43	1,2 $M_H$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	<b>2ПО132МУХЛ4</b>	1,8	220	1000	64,5	1,38	175	1,3 $M_H$
32	<b>2ПО132МУХЛ4</b>	4,5	440	2240	81,0	1,08	175	1,4 $M_H$
33	<b>2ПО132ЛУХЛ4</b>	2,2	110	1000	74,0	0,22	37,4	1,5 $M_H$
34	<b>2ПО132ЛУХЛ4</b>	6,7	220	3000	86,0	0,12	138	1,6 $M_H$
35	<b>2ПФ132МУХЛ4</b>	3,0	440	1060	73,0	4,06	134	0,1 $M_H$
36	<b>2ПФ132МУХЛ4</b>	6,0	220	2360	83,5	0,226	111	0,2 $M_H$
37	<b>2ПФ132ЛУХЛ4</b>	2,8	110	750	66,5	0,269	25	0,3 $M_H$
38	<b>2ПФ132ЛУХЛ4</b>	7,5	220	2120	83,5	0,167	167	0,4 $M_H$
39	<b>2ПН160МУХЛ4</b>	3,0	440	750	76,0	3,15	128	0,5 $M_H$
40	<b>2ПН160МУХЛ4</b>	7,5	110	1600	83,0	0,037	21,9	0,6 $M_H$
41	<b>2ПН160ЛУХЛ4</b>	4,0	220	750	78,5	2,02	117	0,7 $M_H$
42	<b>2ПН160ЛУХЛ4</b>	11,0	440	1600	85,5	0,385	65,3	0,8 $M_H$
43	<b>2ПБ160МУХЛ4</b>	2,1	110	800	77,0	0,235	46,4	0,9 $M_H$
44	<b>2ПБ160МУХЛ4</b>	4,2	220	1500	84,5	0,326	177	1,1 $M_H$
45	<b>2ПБ160ЛУХЛ4</b>	3,2	440	1060	83,0	1,54	181	1,2 $M_H$
46	<b>2ПБ160ЛУХЛ4</b>	7,5	220	2240	88,0	0,096	181	1,3 $M_H$
47	<b>2ПО160МУХЛ4</b>	2,5	110	750	75,0	0,235	40,7	1,4 $M_H$
48	<b>2ПО160МУХЛ4</b>	6,0	220	1600	84,5	0,235	148	1,5 $M_H$
49	<b>2ПО160ЛУХЛ4</b>	3,2	440	750	78,5	2,27	117	0,1 $M_H$
50	<b>2ПО160ЛУХЛ4</b>	7,1	110	1500	85,0	0,044	32,7	0,2 $M_H$

*Примечание:*

В таблице приняты следующие обозначения:

-  $M_{сопр}$  - момент сопротивления рабочего механизма, заданный в долях от номинального момента.

## Методические рекомендации:

Для расшифровки обозначения двигателей постоянного тока следует учесть, что структура условного обозначения машин постоянного тока серии имеет вид:

$$\begin{array}{cccccc} \underline{2\Pi} & \underline{X} & \underline{X} & \underline{X} & \underline{X} & \underline{X} \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array}$$

где 1 – название серии: вторая серия машин постоянного тока;

2 – исполнение по способу защиты и вентиляции: Н — защищенное с самовентиляцией, Ф — защищенное с независимой вентиляцией от постоянного вентилятора, Б — закрытое с естественным охлаждением, О — закрытое с внешним обдувом от постоянного вентилятора;

3 – высота оси вращения, мм;

4 – условное обозначение длины сердечника якоря: М — средняя, L — большая;

5 – буква Г при наличии встроенного тахогенератора (в обозначении двигателей постоянного тока без тахогенератора опускается);

6 – климатическое исполнение и категория размещения.

Например, обозначение двигателя 2ПФ314МУХЛ4 имеет следующую расшифровку:

2П – номер серии;

Ф – защищенное исполнение с независимой вентиляцией от постоянного вентилятора;

314 – высота оси вращения, мм;

М – длина сердечника якоря средняя;

УХЛ – климатическое исполнение для умеренного и холодного климата;

4 – категория размещения – для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями (например, в закрытых отапливаемых производственных помещениях).

Стандарты на конструктивное исполнение электрических машин приведены в приложении П-2.

## ЗАДАЧА ЭМ-3

### РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

По заданным параметрам асинхронного двигателя (табл. ЭМ-3.1.):

- 1) определить схему включения обмотки статора;
- 2) рассчитать и построить механическую характеристику  $n_2 = f(M)$  и характеристику “момент - скольжение”  $M = f(s)$ ;
- 3) рассчитать значение пускового тока.
- 4) определить, возможен ли запуск электродвигателя при аварийном пониженном напряжении сети на  $\Delta U$ , %,
- 5) рассчитать сечение токоподводящих проводов, приняв плотность тока  $3 \text{ А/мм}^2$ .

Таблица ЭМ-3.1

Технические характеристики асинхронных электродвигателей

	Тип двигателя	P <sub>н</sub> кВт	U <sub>ном</sub> В	n <sub>н</sub> об/мин	η %	Cosφ <sub>н</sub>	α	β	λ	ΔU %
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
<b>U<sub>сети</sub> = 380 В</b>										
1	<b>4A50B2</b>	0,12	380	2710	63,0	0,70	4,0	2,0	2,2	10
2	<b>RA200L8</b>	15	380	730	88	0,8	5,7	2,0	2,5	7
3	<b>AIP315S</b>	110	220/380	987	93	0,92	6	1,4	2,3	15
4	<b>4A56A2</b>	0,18	380	2800	66,0	0,76	4,0	2,0	2,2	20
5	<b>4A56B4</b>	0,18	380	1365	64,0	0,64	3,5	2,1	2,2	5
6	<b>RA200L4</b>	30	380/660	1475	91	0,86	7,7	2,7	3,2	3
7	<b>AIP160</b>	18,5	380/660	1455	90,5	0,89	7	1,9	2,9	15

$U_{\text{сети}} = 380 \text{ В}$										
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
8	4A63A6	0,18	380	885	56,0	0,62	3,0	2,2	2,2	6
9	RA208	15	380/660	730	88	0,8	5,7	2,0	2,5	7
10	АИР3S6	110	220/380	987	93	0,92	6	1,4	2,3	10
11	4A63B2	0,55	380	2740	73,0	0,86	4,5	2,0	2,2	8
12	4A71A4	0,55	380	1390	70,5	0,70	4,5	2,0	2,2	10
13	RA71A2	0,37	380	2800	71	0,81	5,0	2,3	2,4	9
14	АИРА2	0,09	220/380	2655	60	0,75	4,5	2,2	2,2	12
15	4A71B6	0,55	380	900	67,5	0,71	4,0	2,0	2,2	6
16	4A80B8	0,55	380	700	64,0	0,65	3,5	1,6	1,7	11
17	4A71A2	0,75	380	2840	77,0	0,87	5,5	2,0	2,2	13
18	RA10B4	3	380	1420	81	0,81	6,2	2,2	2,6	6
19	АИР250	90	220/380	2940	93	0,92	7,5	1,8	3	7
20	4A80A6	0,75	380	915	69,0	0,74	4,0	2,0	2,2	10
21	4A90A8	0,75	380	700	68,0	0,62	3,5	1,6	1,9	8
22	RA18M	22	380/660	2940	90,5	0,89	7,5	2,1	3,5	10
23	АИР132S	7,5	220/380	1440	87,5	0,86	7,5	2,0	2,5	9
24	4A71B2	1,1	380	2810	77,5	0,87	5,5	2,0	2,2	12
25	4A80A4	1,1	220/380	1420	75,0	0,81	5,0	2,0	2,2	6
26	RA160L2	18,5	380	2940	90	0,88	7,5	2,0	3,2	11
27	АИР160S	11,0	220/380	970	88	0,83	6,5	2,0	2,7	13
28	4A90B8	1,1	220/380	700	70,0	0,68	3,5	1,6	1,9	6
29	4A80A2	1,5	220/380	2850	81,0	0,85	6,5	2,1	2,6	7
30	RA90L2	2,2	380	2820	82	0,87	6,5	2,9	3,4	10
31	АИР132S	4	220/380	716	83	0,7	6,0	1,8	2,2	8
32	4A80B4	1,5	220/380	1415	77,0	0,83	5,0	2,0	2,2	10

$U_{\text{сети}} = 380 \text{ В}$										
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
33	<b>4A80B2</b>	2,2	380	2850	83,0	0,87	6,5	2,1	2,6	9
34	<b>RA160ML6</b>	11,0	380	970	88,5	0,82	6,5	2,2	2,9	6
35	<b>AIP132M6</b>	7,5	220/380	960	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	7
36	<b>4A904</b>	2,2	220/380	1425	80,0	0,83	6,0	2,1	2,4	10
37	<b>4A1006</b>	2,2	220/380	950	81,0	0,73	5,0	2,0	2,2	8
38	<b>RA112M2</b>	4,0	380	2895	84	0,87	6,8	2,2	3,3	10
39	<b>AIP132M8</b>	5,5	220/380	712	83	0,74	6,0	1,8	2,2	9
40	<b>4A112MA8</b>	2,2	380	700	76,5	0,71	5,0	1,9	2,2	12
44	<b>4A902</b>	3,0	380	2840	84,5	0,88	6,5	2,1	2,5	6
45	<b>4A1004</b>	3,0	380	1435	82,0	0,83	6,0	1,6	2,4	11
46	<b>4A112MA6</b>	3,0	380	955	81,0	0,76	6,0	2,0	2,5	13
47	<b>RA80A2</b>	9,0	380	2820	74	0,83	5,3	2,5	2,7	7
48	<b>AIP80B4</b>	1,5	220/380	1395	78	0,83	5,5	1,6	2,2	15
49	<b>4A112MB8</b>	3,0	380	700	79,0	0,74	5,0	1,9	2,2	6
50	<b>4A112MB6</b>	4,0	380	950	82,0	0,81	6,0	2,0	2,5	7
51	<b>4A132M2</b>	11,0	380/660	2900	88,0	0,90	7,5	1,7	2,8	10
52	<b>RA80B2</b>	1,1	380	2880	77	0,86	5,2	2,6	2,8	8
53	<b>AIP112MB</b>	5,5	220/380	712	83	0,74	6,0	1,8	2,2	10
54	<b>4A132M6</b>	4,0	380	950	82	0,81	6,0	2,0	2,2	9
55	<b>4A1606</b>	11,0	380/660	975	86,0	0,86	6,0	1,2	2,2	12
56	<b>4A160M8</b>	11,0	380	730	87,0	0,75	6,0	1,4	2,2	6
57	<b>RA132SA2</b>	5,5	380	2880	89	0,89	6,5	2,4	3,0	11
58	<b>AIP112MB8</b>	3,0	220/380	708	79	0,74	6,0	1,8	2,2	13
59	<b>4A1602</b>	15,0	380/660	2940	88,0	0,91	7,0	1,4	2,2	10
60	<b>4A1604</b>	15,0	380/660	1465	88,5	0,88	7,0	1,4	2,3	9



$U_{\text{сет}} = 660 \text{ В}$										
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
61	4A1802	22,0	380/660	2945	88,5	0,91	7,5	1,4	2,5	6
62	4A1804	22,0	380/660	1470	90,0	0,90	6,5	1,4	2,3	7
63	4A200M6	22,0	660	975	90,0	0,90	6,5	1,3	2,4	10
64	4AH180M6	22,0	380/660	975	88,5	0,87	6,0	1,2	2,0	8
65	RA200LA2	30,0	380/660	2950	92	0,89	7,5	2,4	3,0	10
66	АИР250S6	45,0	660	980	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	9
67	4A2008	22,0	380/660	730	88,5	0,84	5,5	1,2	2,0	12
68	4A200M2	37,0	380/660	2945	90,0	0,89	7,5	1,4	2,5	6
69	4A200M4	37,0	380/660	1475	91,0	0,90	7,0	1,4	2,5	11
70	4A225M6	37,0	380/660	980	91,0	0,89	6,5	1,2	2,3	13
71	4A2508	37,0	660	735	90,0	0,83	6,0	1,2	2,0	7
72	4A28010	37,0	380/660	590	91,0	0,78	6,0	1,0	1,8	15
73	4A2002	45,0	660	2945	91,0	0,90	7,5	1,4	2,5	6
74	4A2004	45,0	380/660	1475	92,0	0,90	7,0	1,4	2,5	7
75	RA80B2	1,1	380	2880	77	0,86	5,2	2,6	2,8	10
76	АИР112M	5,5	660	712	83	0,74	6,0	1,8	2,2	8
77	4AH225M6	45,0	660	980	91,0	0,87	6,5	1,2	2,0	10
78	4AH2508	45,0	660	770	91,0	0,81	5,5	1,2	1,9	9
79	4A2502	75,0	380/660	2960	91,0	0,89	7,5	1,2	2,5	12
80	4A2504	75,0	660	1480	93,0	0,90	7,0	1,2	2,3	6
81	4A2806	75,0	380/660	985	92,0	0,89	5,5	1,4	2,2	11
82	RA180L4	22,0	660	1480	91	0,88	7,0	2,1	2,9	13
83	АИР250S4	75,0	380/660	1477	94	0,88	7,5	1,7	2,5	7
84	4A280M8	75,0	380/660	735	92,5	0,85	5,5	1,2	2,0	15
85	4A315M10	75,0	660	590	92,0	0,80	6,0	1,0	1,8	14

$U_{\text{сети}} = 660 \text{ В}$										
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
86	4A35512	75,0	380/660	490	91,5	0,76	6,0	1,0	1,8	3
87	4A250M2	90,0	380/660	2960	92,0	0,90	7,5	1,2	2,5	4
88	4A250M4	90,0	380/660	1480	93,0	0,91	7,0	1,2	2,3	6
89	4A280M6	90,0	380/660	985	92,5	0,89	5,5	1,4	2,2	7
90	4A3158	90,0	380/660	740	93,0	0,85	6,5	1,2	2,3	10
91	4A35510	90,0	380/660	590	92,5	0,83	6,0	1,0	1,8	8
92	4A355M12	90,0	380/660	495	92,0	0,76	6,0	1,0	1,8	10
93	4A315M2	200 0	380/660	2970	92,5	0,90	7,0	1,2	2,2	9
94	RA200LB2	37,0	380/660	2850	92	0,89	7,5	2,6	2,8	12
95	AIP112MB	110	380/660	738	93	0,86	6,0	1,1	2,2	6
96	4АН280M2	200 0	660	2960	94,5	0,90	6,5	1,2	2,2	11
97	4A315M4	200 0	660	1480	94,0	0,92	6,0	1,3	2,2	13
98	4АН3154	200 0	660	1475	94,0	0,91	6,0	1,2	2,0	7
99	4A355M6	200, 0	660	985	94,0	0,90	6,5	1,4	2,2	15
100	4АН355M8	200, 0	660	740	94,0	0,86	5,5	1,2	1,9	6

**Примечание:**

В таблице приняты следующие обозначения:

-  $\alpha = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}$  - кратность пускового тока;

-  $\beta = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}}$  - кратность пускового момента;

-  $\lambda = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}}$  - кратность максимального момента (перегрузочная

способность двигателя).

## Методические рекомендации:

1) При определении схемы включения в сеть обмоток статора следует учесть, что номинальное напряжение двигателя:

- 380 В соответствует соединению обмоток двигателя – «звезда»;
- 660 В соответствует соединению обмоток двигателя – «звезда»;
- 220/380, 380/660 соответствует соединению обмоток двигателя – «треугольник»/«звезда».

2) Построение механической характеристики следует производить по основным расчетным точкам – холостого хода, номинального режима, критического режима и пуска, а также двум произвольно выбранным точкам в области устойчивой работы двигателя.

3) Для определения частоты вращения магнитного поля статора ( $n_1$ ) необходимо знать число пар полюсов двигателя. Для этого можно воспользоваться маркировкой двигателя.

Обозначение двигателя включает в себя следующую структуру:

<u>Y</u>	<u>A</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>XXX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1 – порядковый номер серии;

2 – род двигателя – асинхронный;

3 – исполнение по степени защиты (Н – IP23, отсутствие данного знака - IP44);

4 - исполнение двигателя по материалу станины и щита (А – станина и щиты алюминиевые; X – станина алюминиевая, щиты чугунные или наоборот; отсутствие данного знака означает, что станина и щиты чугунные или стальные);

5 - высота оси вращения;

6 - условная длина станины по МЭК (S,M,L);

7 – длина сердечника статора (А или В, отсутствие данного знака означает одну длину в установочном размере);

8 – климатические исполнения по ГОСТ 15150-69 (У – для умеренного климата);

9 – число полюсов: 2,4,6,8,10,12;

10 – категория размещения по ГОСТ 15150-69(3) (1 – на открытом воздухе; 2 – в помещения, в которых отсутствует прямое воздействие атмосферных осадков и солнечной радиации; 3 – закрытые помещения с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий).

Стандарты на конструктивное исполнение электрических машин приведены в приложении П-2.

Примеры обозначения асинхронных двигателей:

- 5A250M-4  
5A – асинхронный двигатель 5 серии;  
250 – высота оси вращения, мм;  
M – длина средняя корпуса по установочным размерам;  
4 – число полюсов (1500 об/мин).
- RA100M4  
RA – российский асинхронный двигатель;  
100 – высота оси вращения, мм;  
M – длина средняя корпуса по установочным размерам;  
4 – число полюсов (1500 об/мин).
- 4A200L4УЗ  
4A – асинхронный двигатель 4 серии закрытый обдуваемый;  
200 – высота оси вращения, мм;  
L – большая длина корпуса по установочным размерам,  
4 – число полюсов (1500 об/мин);  
У – для районов с умеренным климатом,  
З – категория размещения -для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий.
- AIP250S6  
AIP – асинхронный двигатель серии AIP: разработка этой серии базировалась, кроме отечественных стандартов, на рекомендациях МЭК (Международной электротехнической комиссии);  
250 – высота оси вращения, мм;  
S – малая длина корпуса по установочным размерам;  
6 – число полюсов (1000 об/мин).

## ЗАДАЧА ЭП-1

### РАСЧЕТ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО БЛОКА ПИТАНИЯ

#### Задание:

Для заданной схемы стабилизированного источника питания (рис.ЭП-1.1 – ЭП-1.3):

- 1) подобрать стабилитрон;
- 2) рассчитать параметрический стабилизатор на полупроводниковом стабилитроне для питания нагрузки с сопротивлением  $R_H$ , обеспечивающий постоянным и равным  $U_H$  значение напряжения на нагрузке, при колебании напряжения на входе схемы от  $U_1'$  до  $U_1''$ ;
- 3) произвести проверку правильности подбора стабилитрона, рассчитав допустимый диапазон входных напряжений стабилизатора;
- 4) подобрать полупроводниковые диоды для заданной выпрямительной схемы и рассчитать коэффициент трансформации;

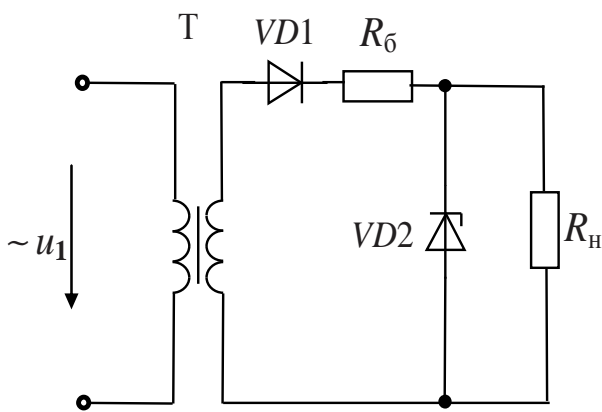


Рис.ЭП-1.1

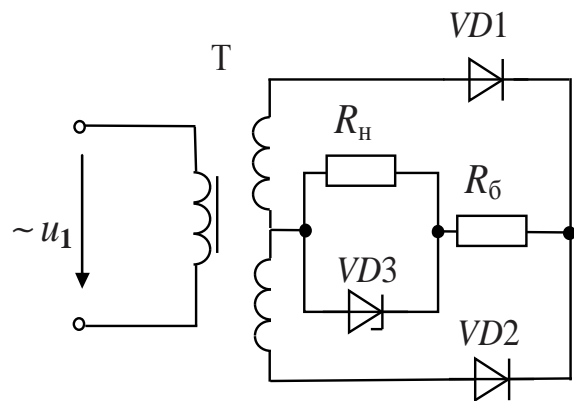


Рис. ЭП-1.3

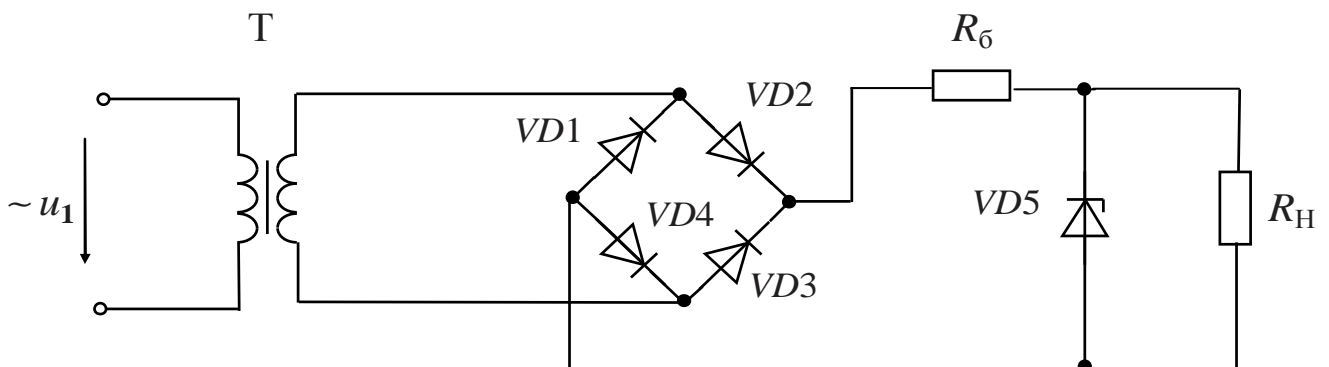


Рис. ЭП-1.2

5) исследовать в пакете Micro-Cap работу рассчитанного источника вторичного питания;

б) вычертить в масштабе временные диаграммы изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора  $u_2$ , напряжения на одном из диодов  $u_{VD}$ , напряжения на входе стабилизатора  $u_{вх.стаб.}$ , напряжения на нагрузке  $u_H$ , тока через один из диодов  $i_{VD}$ , тока нагрузки  $i_H$ .

Варианты задания выдаются студентам индивидуально или в соответствии с табл.ЭП-1.1

Таблица ЭП-1.1

Номер варианта	Параметры нагрузки		Номер схемы	Напряжение на первичной обмотке трансформатора	
	$R_H$ , Ом	$U_{ст}$ , В		$U'_1$ , В	$U''_1$ , В
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	136	3,3	1	181	217
2	184	3,9	2	142	170
3	232	4,7	3	188	226
4	315	5,6	1	103	123
5	453	6,8	2	166	199
6	676	8,2	3	155	186
7	1000	10	1	137	165
8	1412	12	2	140	168
9	3130	18	3	115	138
10	6400	20	1	186	223
11	4632	22	2	164	197
12	13778	31	3	109	131
13	28923	47	1	109	131
14	26154	51	2	268	321
15	41846	68	3	217	260
16	74286	91	1	237	285
17	41	6	2	285	342

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
18	80	8	3	274	329
19	178	12	1	291	349
20	833	20	2	203	243
21	2000	32	3	267	320
22	5789	55	1	220	264
23	2500	9	2	242	291
24	4550	9,1	3	300	360
25	1000	32	1	222	267
26	2895	55	2	262	314
27	1250	9	3	215	258
28	2275	9,1	1	278	334
29	1240	6,2	2	293	351
30	1522	7	3	298	357
31	1786	7,5	1	206	248
32	2250	9	2	221	265
33	2676	9,1	3	272	326
34	2528	9,1	1	221	265
35	3138	9,1	2	262	314
36	1447	11	3	273	327
37	3667	11	1	258	310
38	5000	13	2	213	256
39	6190	13	3	293	352
40	8523	15	1	276	331
41	10256	16	2	231	277
42	12162	18	3	231	278
43	14925	20	1	287	344
44	17742	22	2	248	298
45	21053	24	3	290	348
46	12766	120	1	230	276
47	8250	33	2	219	263

1	2	3	4	5	6
48	4355	27	3	275	330
49	8611	31	1	262	315
50	29508	180	2	239	287

### Методические рекомендации:

1) Трансформатор считать идеальным.

2) Диоды считать идеальными, то есть:

- прямое включение  $R_{пр} = 0$ ,  $U_{VDпр} = 0$ ;

- обратное включение  $R_{обр} = \infty$ ,  $I_{VDобр} = 0$ .

3) При выполнении расчета стабилизированного блока питания рекомендуется соблюдать следующую последовательность.

Расчет следует начинать с подбора стабилизатора по величине  $U_{ст}$  из справочных данных, начиная с маломощного стабилизатора. После расчета стабилизатора производится проверка допустимого диапазона напряжений стабилизации. Если диапазон окажется меньше заданного, выбирается стабилизатор большей мощности и производится расчет стабилизатора заново.

Для подбора диодов (диода) выпрямительной схемы используется наибольшее значение тока стабилизатора.

Для определения коэффициента трансформации трансформатора вторичное напряжение рассчитывается исходя из напряжения нагрузки с учетом падения напряжения на стабилизаторе и коэффициента, учитывающего схему выпрямления.

Краткие теоретические сведения, примеры расчета отдельных блоков стабилизированных источников питания приведены в [11].



### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЯХ

Сердечники электрических машин или магнитопроводы изготовляют из специальной электротехнической стали, обладающей более высокой магнитной проницаемостью и низкими удельными потерями энергии, чем обычные конструкционные стали. Среди магнитомягких материалов наиболее широко в электротехнической промышленности применяются электротехнические тонколистовые стали толщиной 0,35 или 0,5 мм.

Сталь электротехническая тонколистовая подразделяется:

- 1) по структурному состоянию и виду прокатки;
- 2) по содержанию кремния;
- 3) по основной нормируемой характеристике, определяющей потери в стали.

По структурному состоянию и виду прокатки различают три класса электротехнической тонколистовой стали:

- 1 класс – горячекатаная изотропная сталь;
- 2 класс – холоднокатаная изотропная;
- 3 класс – холоднокатаная анизотропная сталь с ребровой текстурой.

Изотропной называют сталь, имеющую одинаковые магнитные свойства в разных направлениях, анизотропной – сталь с неодинаковыми свойствами в разных направлениях.

Наиболее широко в настоящее время для трансформаторов применяют холоднокатаные анизотропные электротехнические стали. Для электрических машин применяют холоднокатаные и горячекатаные изотропные стали.

По содержанию кремния обозначают:

- 0 – сталь с содержанием кремния до 0,4% (нелегированная);
- 1 – сталь с содержанием кремния от 0,4 до 0,8%;
- 2 – сталь с содержанием кремния от 0,8 до 1,8%;
- 3 – сталь с содержанием кремния от 1,8 до 2,8%;
- 4 – сталь с содержанием кремния от 2,8 до 3,8%;
- 5 – сталь с содержанием кремния свыше 3,8 до 4,8%.

Добавление кремния в электротехническую сталь улучшает магнитные характеристики стали, повышает ее удельное электрическое сопротивление и снижает потери на вихревые токи, но и делает ее более хрупкой.

В зависимости от основной нормируемой характеристики сталь делят на группы:

0 – удельные потери при магнитной индукции 1,7Тл и частоте 50 Гц (обозначаются 1,7/50);

1 – удельные потери при магнитной индукции 1,5Тл и частоте 50 Гц ( $p_{1,5/50}$ );

2 – удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц ( $p_{1,0/400}$ );

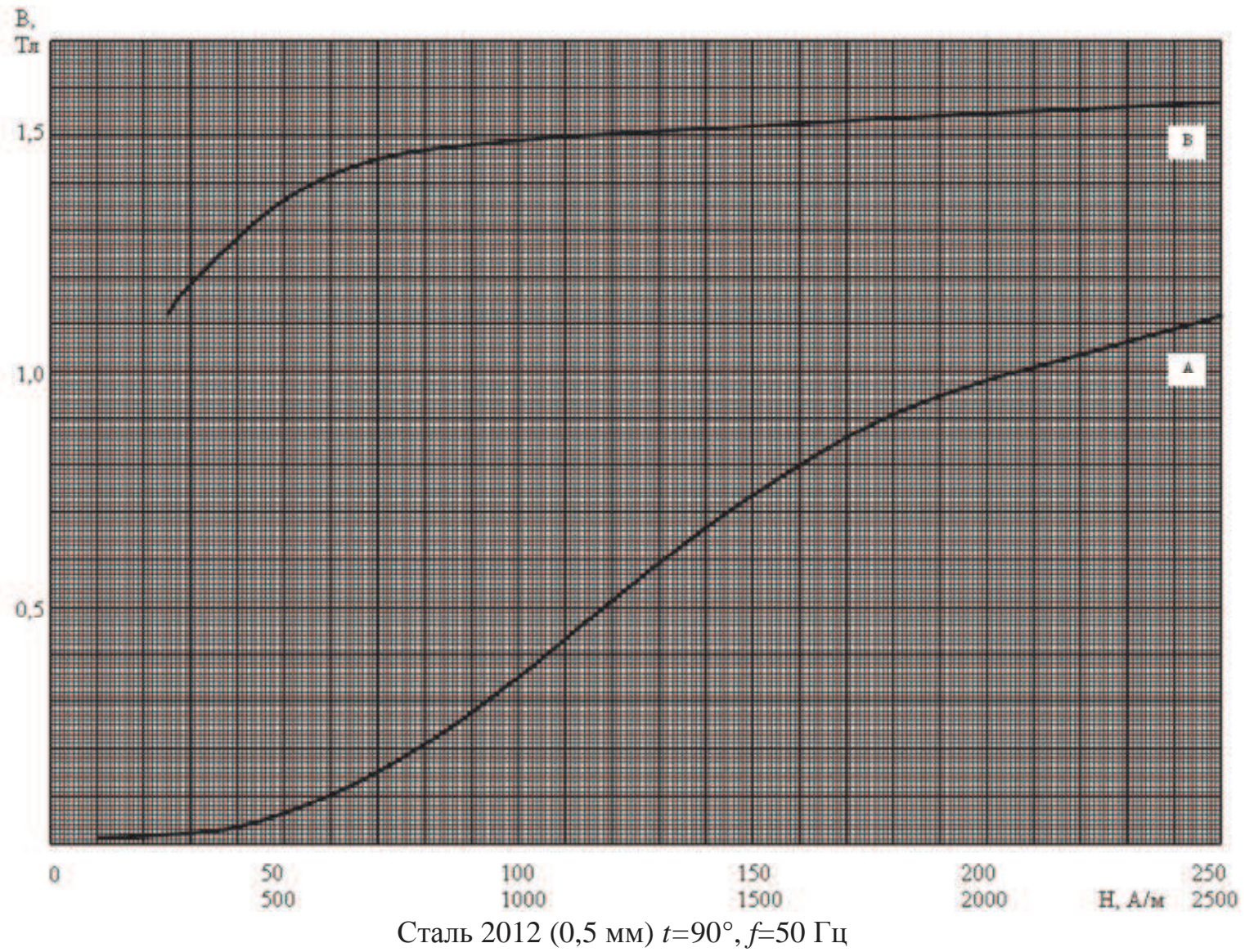
б – магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля  $H = 0,4$  А/м ( $B_{04}$ );

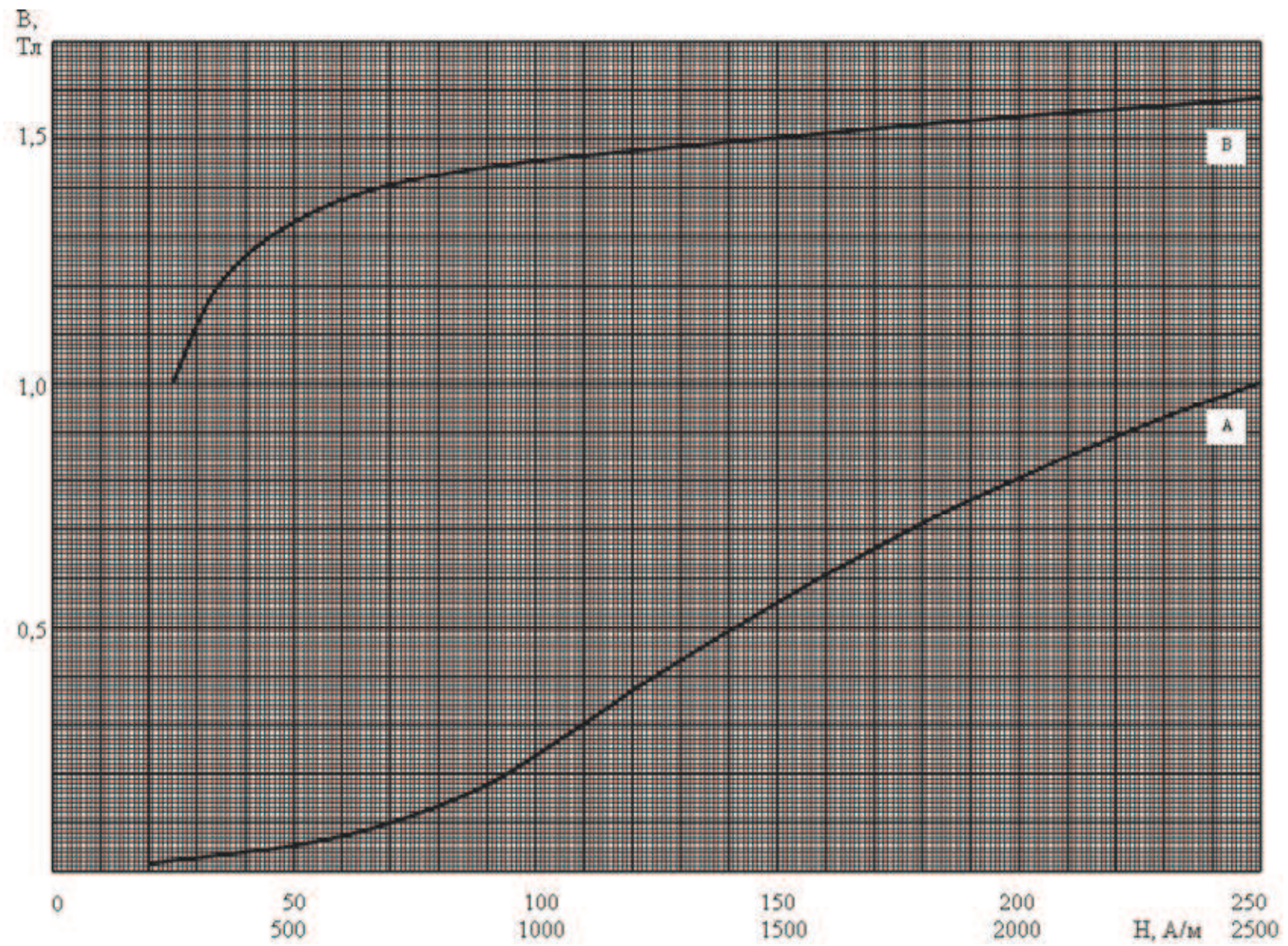
7 – индукция в средних магнитных полях при напряженности  $H = 10$  А/м ( $B_{10}$ ).

Электротехнические стали обозначают посредством системы вышеприведенных цифр. В обозначении марки цифры означают:

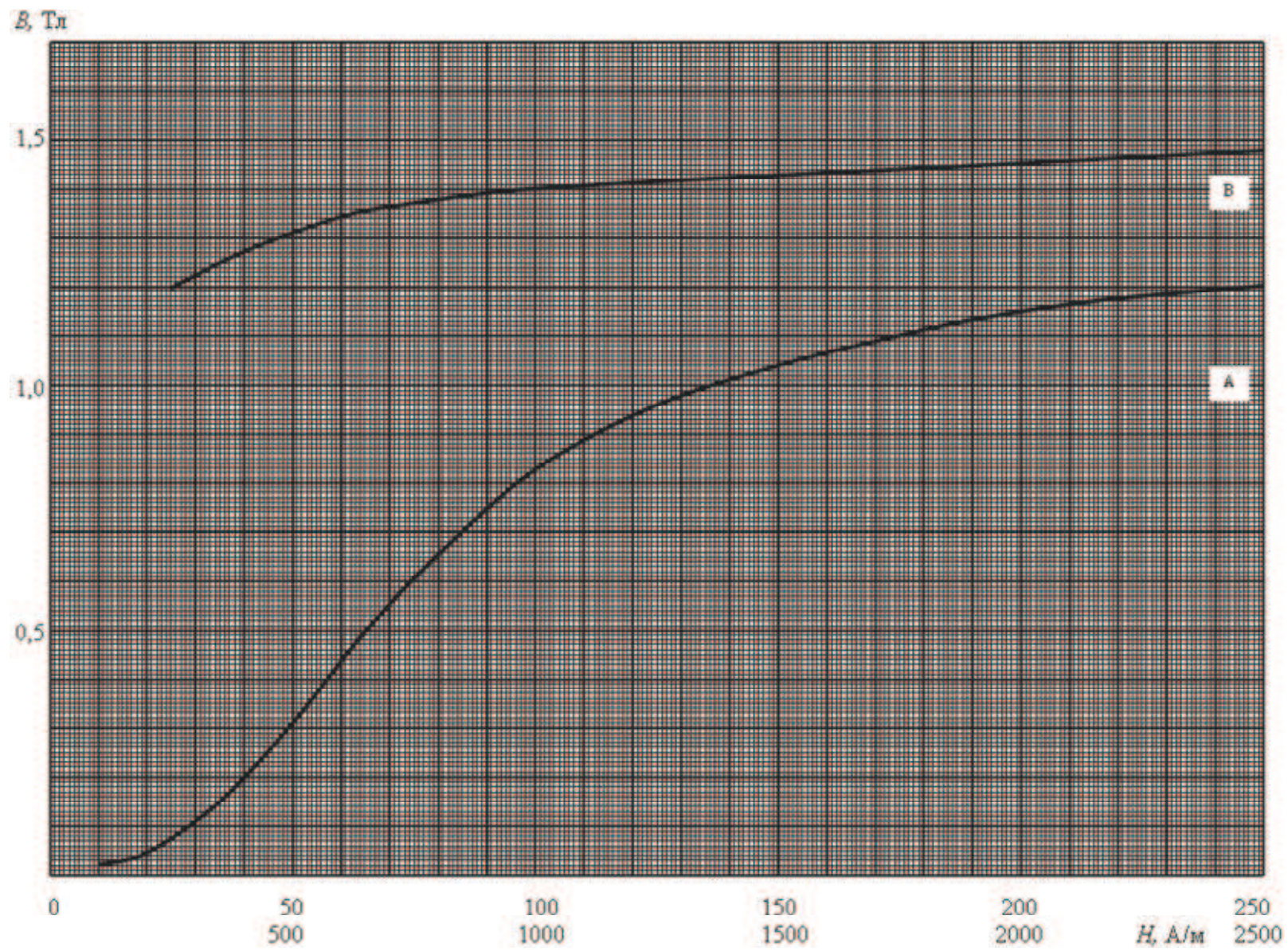
- первая (1, 2, 3) – класс по структурному состоянию и виду прокатки;
- вторая (0–5) – содержание кремния;
- третья – группу по основной нормируемой характеристике. Первые три цифры в обозначении марки определяют тип стали;
- четвертая – порядковый номер типа стали.

*Например*, обозначение 1511 означает: сталь электротехническая тонколистовая, горячекатаная изотропная, с содержанием кремния от 3,8 до 4,8%, с удельными потерями  $p_{1,5/50}$ ; обозначение 3411 – сталь тонколистовая, холоднокатаная анизотропная, с содержанием кремния от 2,8 до 3,8%, с удельными потерями  $p_{1,5/50}$ ; обозначение 2213 – сталь тонколистовая, холоднокатаная изотропная, с содержанием кремния от 0,8 до 1,8%, с удельными потерями  $p_{1,5/50}$ .

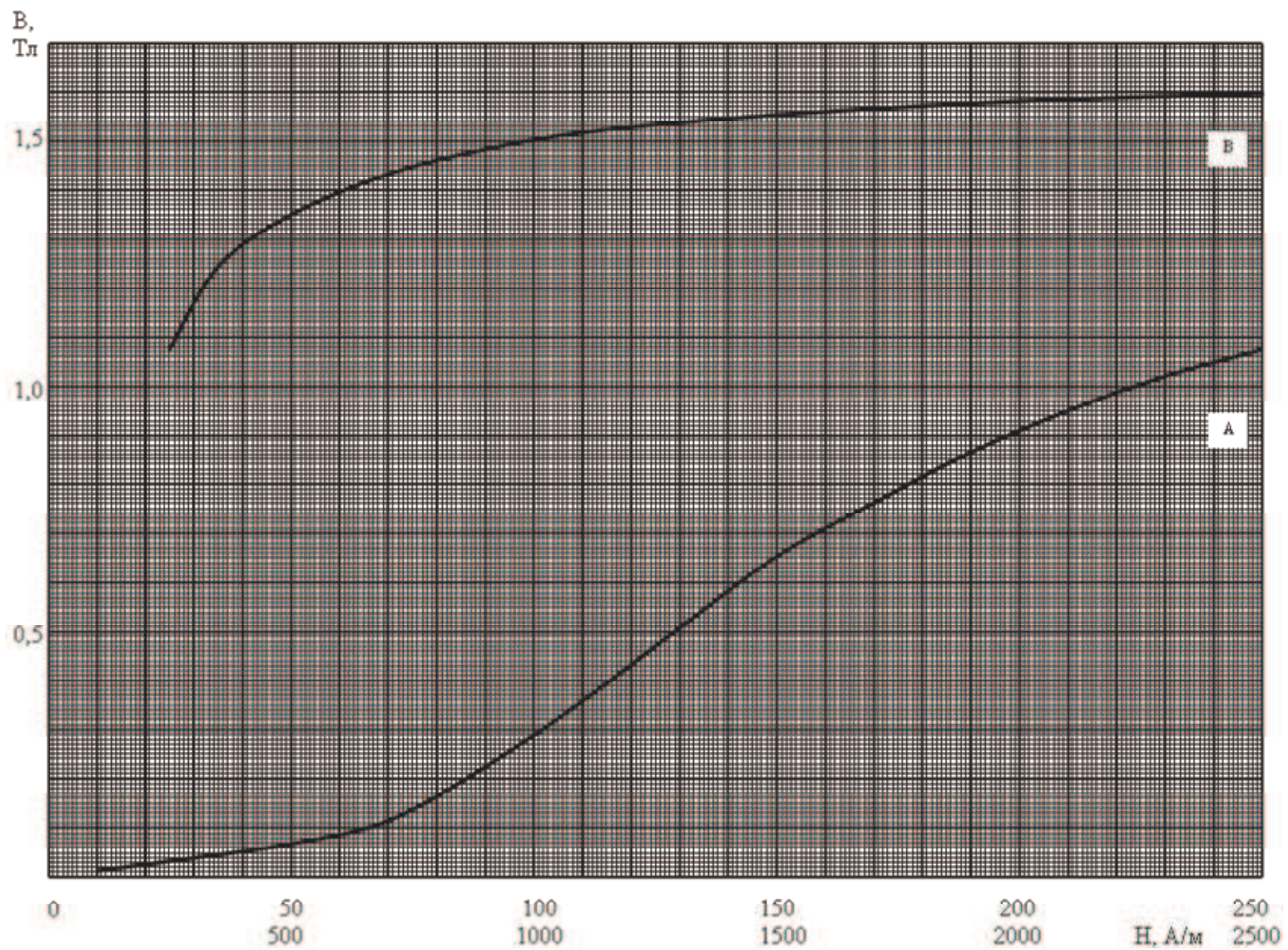




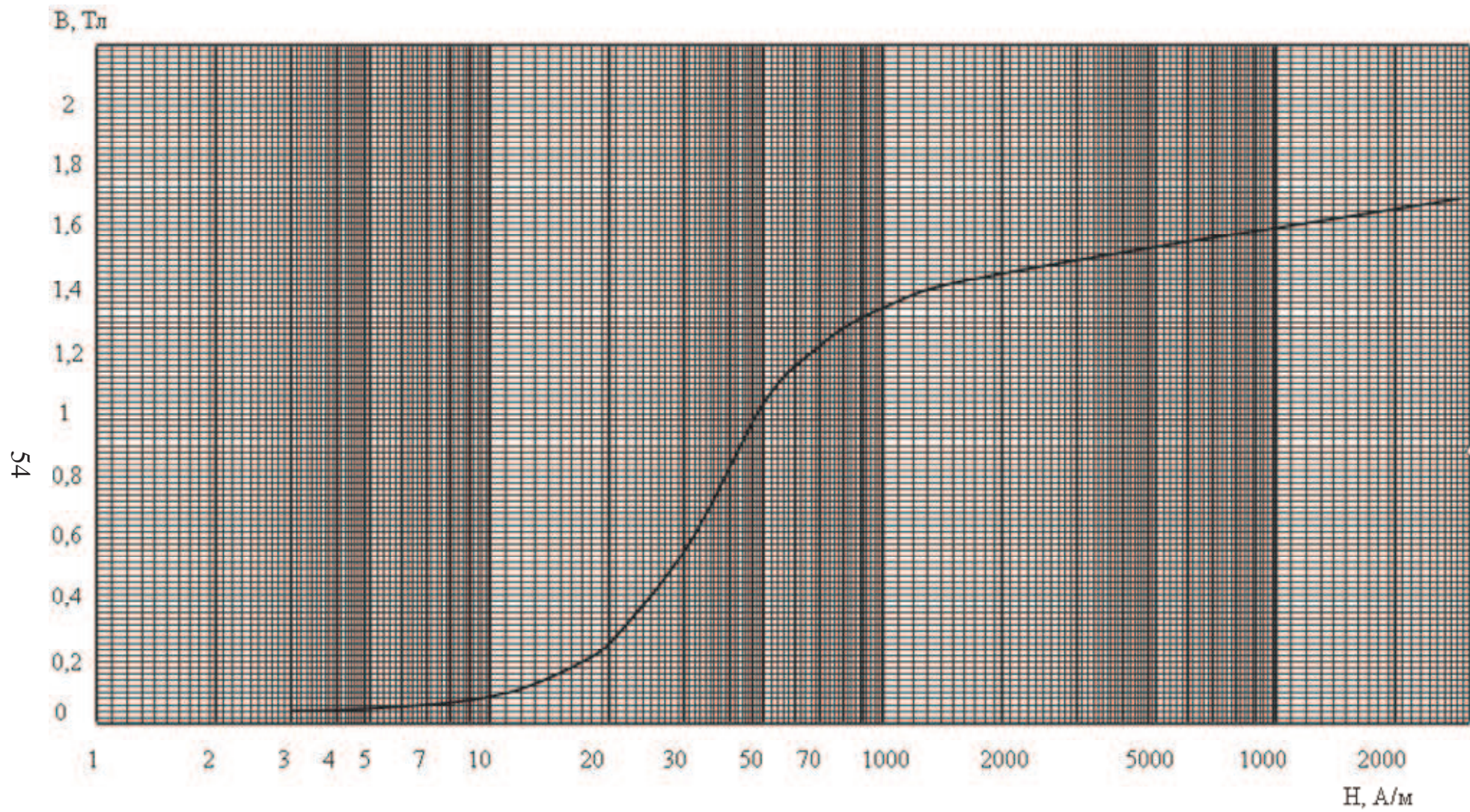
Сталь 2213 (0,5 мм)  $t=90^\circ$ ,  $f=50$  Гц



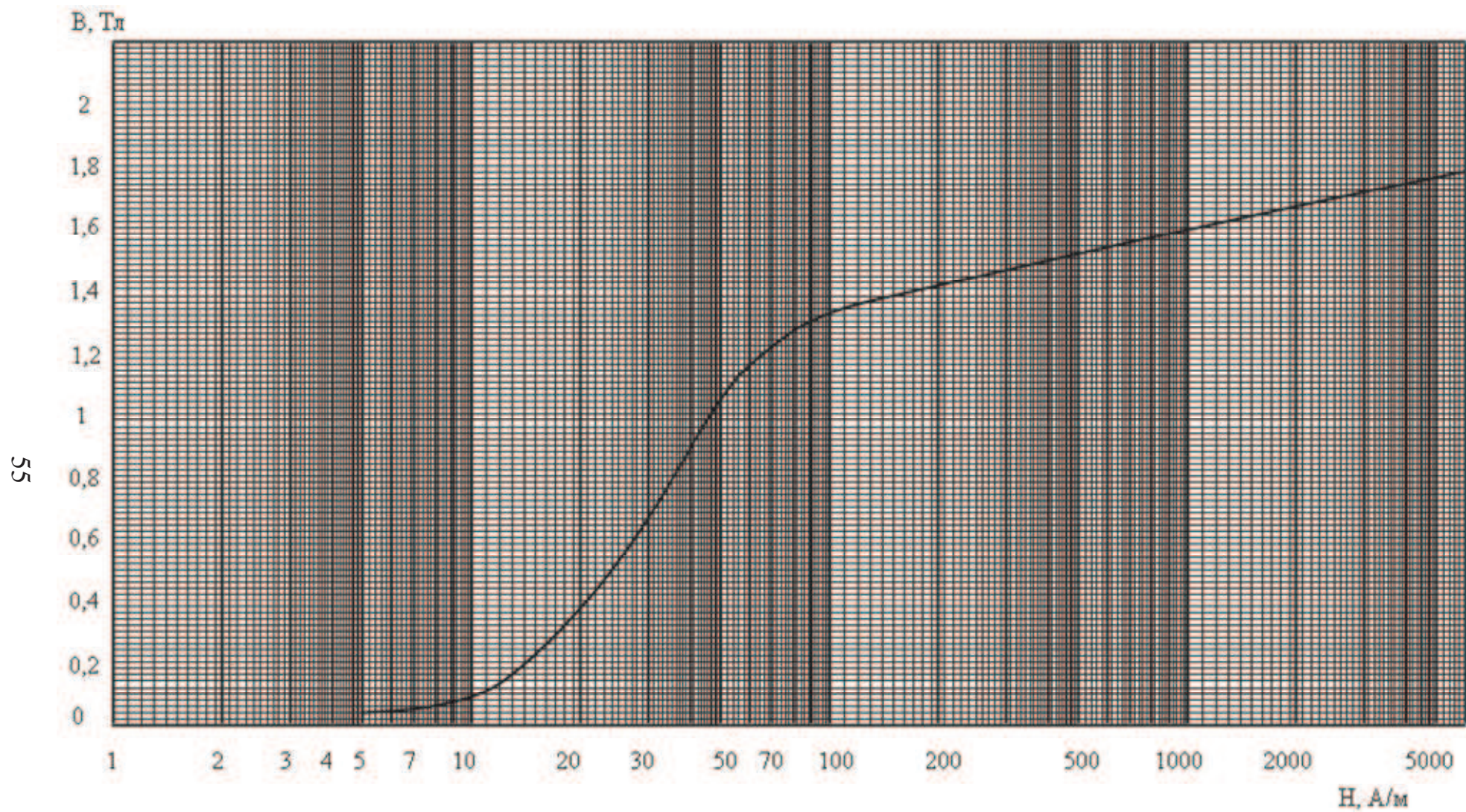
Сталь 2411 (0,5 мм)  $t=90^\circ$ ,  $f=50$  Гц



Сталь 2013 (0,5 мм)  $t=90^\circ$ ,  $f=50$  Гц

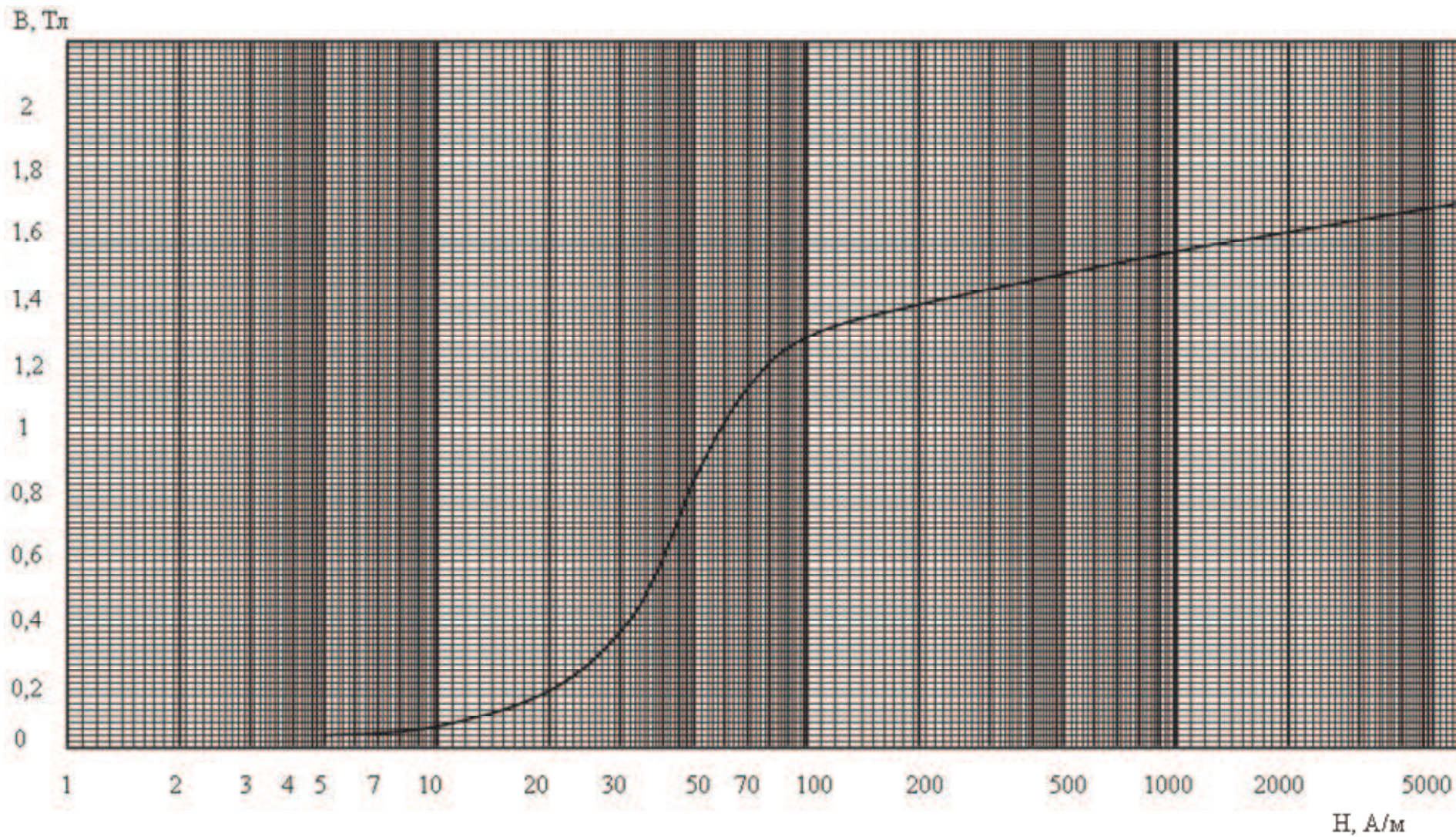


Сталь 3413 (0,30 мм), НЛМК,  $t=30^\circ$ ,  $f=50$  Гц



Сталь 3404 (0,35 мм), НЛМК,  $t=30^\circ$ ,  $f=50$  Гц





Сталь 3406 (0,35 мм), НЛМК,  $t=30^\circ$ ,  $f=50$  Гц

## ПРИЛОЖЕНИЕ П-2

### КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

#### Стандартизация по внешним воздействующим факторам

ГОСТ 15150-69 устанавливает условные обозначения климатического исполнения электрических машин и категорию их размещения при эксплуатации. Сведения о них приведены в табл. П-2.1 и П-2.2.

Таблица П-2.1

#### Климатическое исполнение электрических машин

Исполнение	Обозначение
Электрические машины, предназначенные для эксплуатации на суше, на реках, озерах для микроклиматических районов: <ul style="list-style-type: none"><li>- с умеренным климатом</li><li>- с холодным климатом</li><li>- с влажным тропическим климатом<ul style="list-style-type: none"><li>- с сухим тропическим климатом, как с сухим, так и с влажным тропическим климатом для всех макроклиматических районов на суше</li></ul></li><li>-общеклиматическое исполнение</li></ul>	У ХЛ ТВ ТС Т 0
Электрические машины, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с морским климатом: <ul style="list-style-type: none"><li>- с умеренно-холодным морским климатом<ul style="list-style-type: none"><li>- с морским тропическим климатом, в том числе и на судах каботажного плавания</li></ul></li><li>- на судах неограниченного района плавания</li></ul>	М ТМ ОМ
Электрические машины, предназначенные для всех макроклиматических районов на суше и на море	В

## Условные обозначения категории размещения электрических машин

Исполнение	Обозначение
Для эксплуатации на открытом воздухе	1
Для эксплуатации на открытом воздухе или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков)	2
Для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий	3
Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями (например, в закрытых отапливаемых производственных помещениях)	4
Для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых помещениях, в том числе в шахтах)	5

**Стандартизация по конструктивным особенностям**

ГОСТ 1454-96 регламентирует конструктивное исполнение машины по степени защиты от воздействия внешней среды и от проникновения в них воды, например, IP23, по способу охлаждения (например: IC01, IC0141), способу монтажа, например IM2. IP означает International Protection, IC – International Cooling, IM – International Mounting.

Электрические машины различают *по степени защиты от внешних воздействий и защите персонала*. Согласно стандарту обозначение степеней защиты состоит из букв IP и следующих за ней цифр. IP означает International Protection, первые цифры означают защиту от соприкосновения и проникновения твердых тел в машину, вторые — степень защиты машины от проникновения воды. В табл.

П-2.3 приведены основные виды исполнения машин по степени защищенности от воздействия среды.

Таблица П-2.3

Исполнение машин по степени защищенности от воздействия внешней среды

	Условное обозначение	Конструктивное исполнение машин
	IP00	Открытая электрическая машина
	IP10, 1P20	Защищенная от прикосновения и попадания посторонних предметов машина
	IP01, IP11, IP21, IP12, IP22, IP13, IP23, IP43	Каплезащищенная машина: защищенная от капель воды; защищенная от капель воды и от прикосновения и попадания посторонних предметов
	IP44, IP54	Брызгозащищенная машина: защищенная от брызг и прикосновения, попадания посторонних предметов
	IP55	Машина, защищенная от водяных струй, прикосновения, попадания посторонних предметов и вредных отложений пыли
	IP56	Машина, защищенная от захлестывания морской волной на палубе корабля, прикосновения, попадания посторонних предметов и вредных отложений пыли
	IP57	Машина, защищенная от проникновения воды внутрь при кратковременном погружении в воду
	IP58	Машина, защищенная от проникновения воды внутрь при неограниченно длительном погружении в воду
		Взрывозащищенная машина, предназначенная для работы во взрывоопасной среде и устроенная так, что при взрыве газов внутри машины возникающее пламя не может проникнуть в окружающую среду
0		Влагостойкая машина — для работы при большой влажности
1		Морозостойкая машина — для работы при возможно-

		сти образования инея
2		Химостойкая машина – для работы при воздействии химических реагентов
3		Тропическая электрическая машина – для работы при возможности образования плесневых грибков

Наибольшее применение находят машины со степенью защиты IP22, IP23 – защищенные машины, IP44 – закрытые машины.

**Исполнения по способу монтажа** обозначают буквами IM – начальные буквы английских слов International Mounting и следующих за ними четырех цифр.

Первая цифра обозначает группу конструктивного исполнения,

1 – машину на лапах с одним или двумя подшипниковыми щитами;

2 – то же, с фланцем на подшипниковом щите;

3 – машину без лап с одним или двумя подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите;

4 – без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине;

5 – без подшипниковых щитов;

6 – на лапах с подшипниковыми щитами и со стоячковыми подшипниками;

7 – на лапах со стоячковыми подшипниками (без подшипниковых щитов);

8 – с вертикальным валом, кроме групп от IM1 до IM4;

9 – специального исполнения по способу монтажа.

Вторая и третья цифры обозначают способ монтажа, например, при группе конструктивного исполнения 1 цифры 00 – машину с горизонтально направленным концом вала и креплением к фундаменту лапами; 01 – с вертикально направленным концом вала вниз и креплением к стене лапами; при группе 3 цифры 01 соответствуют вертикально направленному концу вала вниз и креплению к фундаменту фланцем и т. д.

Четвертая цифра обозначает исполнение конца вала электрической машины:

- 0 – без конца вала;
- 1 – с одним цилиндрическим концом вала;
- 2 – с двумя цилиндрическими концами вала;
- 3 – с одним коническим концом вала;
- 4 – с двумя коническими концами вала;
- 5 – с одним фланцевым концом вала;
- 6 – с двумя фланцевыми концами вала;

7 – с фланцевым концом вала на стороне *D* и цилиндрическим концом вала на стороне *N*, причем под стороной *D* понимается при одном конце вала для двигателей – приводная, а при равных диаметрах для машин на лапах с коробкой выводов, расположенных не сверху, – сторона, с которой коробка выводов видна справа;

Наиболее распространенные исполнения по способу монтажа приведены в табл. П-2.4.

Таблица П-2.4

Группы конструктивных исполнений электрических машин

Условное обозначение	Конструктивное исполнение машин
IM1	Машины на лапах с подшипниковыми щитами
IM2	Машины на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите (или щитах)
IM3	Машины без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите
IM4	Машины без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине
IM5	Машины без подшипников
IM6	Машины с подшипниковыми щитами и стояковыми подшипниками
IM7	Машины со стояковыми подшипниками (без подшипниковых щитов)
IM8	Машины с вертикальным валом, не охватываемые группами от IM1 до IM4
IM9	Машины специального исполнения по способу монтажа

**Способы охлаждения** электрических машин обозначаются буквами IC – International Cooling, и цифрами, например, 01 — машина с самовентиляцией. Наибольшее применение находят следующие способы охлаждения: IC 0141 – машина, обдуваемая наружным вентилятором, расположенным на ее валу.

Для электрических машин чаще всего применяют следующие способы охлаждения:

IC01 – защищенная машина с самовентиляцией; вентилятор расположен на валу машины;

IC0141 – закрытая машина, обдуваемая наружным вентилятором, расположенным на валу машины;

IC0641 – закрытая машина, обдуваемая наружным пристроенным вентилятором с приводным электродвигателем, установленным на машине и питаемым независимо от охлаждаемой машины;

IC0041 – закрытая машина с естественным охлаждением;

IC0151 – закрытая машина с охлаждением с помощью встроенного охладителя (с использованием окружающей среды);

IC0161 – закрытая машина с охлаждением с помощью пристроенного охладителя (с использованием окружающей среды);

IC13 – защищенная машина с независимой вентиляцией; охлаждение с помощью подводящей трубы, осуществляемое пристроенным независимым устройством;

IC17 – защищенная машина с независимой вентиляцией; охлаждение с помощью подводящей трубы, осуществляемое отдельным и независимым устройством;

IC05 – то же, охлаждение с помощью встроенного вентилятора с приводным электродвигателем, установленным на машине и питаемым независимо от охлаждаемой машины;

IC06 – то же, охлаждение с помощью пристроенного двигателя-вентилятора, питаемого независимо от охлаждаемой машины;

IC37 – закрытая машина с независимой вентиляцией; охлаждение с помощью подводящей и отводящей труб, осуществляемое отдельным и независимым устройством.

***ПРИЛОЖЕНИЕ П-3***

***ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА  
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ***

Федеральное Агентство по Образованию  
ГОУ ВПО  
Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет

Кафедра ТОЭ

Расчетно-графическая работа  
по дисциплине «Электротехника и электроника»

«Расчет электрической цепи постоянного тока»

Выполнил:  
студент гр. ДВ-261  
Иванов М.А.

Проверил:  
Преподаватель  
Петров И.Л.

г.Уфа 2009



## ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин А. С. Электротехника: учеб. пособие для студ неэнерг. спец.вузов/ А. С. Касаткин, М. В. Немцов.-8-е изд., испр.- М.:Академия,2003.-544 с.
2. Иванов И. И., Соловьев Г.И., Равдоник В.С. Электротехника: Учебник. 4-е изд., стер.- СПб.: Лань, 2006.- 496с.
3. Беневоленский С.Б., Марченко А.Л. Основы электротехники. Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2006. – 568с.
4. Жаворонков М.А. Электротехника и электроника: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.А.Жаворонков, А.В.Кузин. – М.: «Академия», 2005. – 400с.
5. Кононенко В.В., Мишкович В.И. и др./Под. ред. Кононенко В.В. Практикум по электротехнике и электронике: Учеб. пособие для вузов – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 384с.
6. Иванов И.И. Электротехника. Основные положения, примеры и задачи: Учеб. пособие/ И.И. Иванов, А.Ф. Лукин, Г.И. Соловьев.-2-е изд., испр.-СПб.:Лань,2002.-192 с.
7. Рекус Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники: Учеб. Пособие для неэлектротех. спец. вузов/ Г.Г. Рекус, А.И. Белоусов; Ред. Л.В. Честная,-2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2001. –416 с.
8. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: Учеб. пособие для вузов/ И. И. Алиев.-4-е изд., доп.- Ростов н/Д: Феникс, 2003.-480 с.
9. Электрические и магнитные цепи: практикум по дисциплине «Электротехника и электроника» /Р.В.Ахмадеев, И.В.Вавилова, П.А.Грахов, Т.М.Крымская.- Уфа: УГАТУ, 2007.- 78с.
10. Электротехника и электроника. Часть 1. Электрические и магнитные цепи: Учебный комплект по дисциплине «Электротехника и электроника». Учебное электронное издание / Р.В. Ахмадеев, И.В. Вавилова, П.А. Грахов. – Уфа: УГАТУ, 2007. – 268 с.
11. Расчет стабилизированных источников питания: Методические указания к выполнению РГР по разделу «Электроника» дисциплины «Электротехника и электроника»/ Сост.: Р.В.Ахмадеев, Т.М.Крымская, О.В.Мельничук. УГАТУ.- Уфа, 2009.- 26с.

**Составители : АХМАДЕЕВ Рашит Вадатович  
ВАВИЛОВА Ирина Владимировна  
ГРАХОВ Павел Анатольевич  
КРЫМСКАЯ Татьяна Махмутовна  
КАЗАДАЕВ Александр Павлович**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕКТРОНИКА**

**Методические указания  
к расчетно-графическим работам  
по дисциплине «Электротехника и электроника»**

**Подписано в печать 2009 . Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman  
Сур.**

**Усл.печ. л.                    Уч.-изд. л.                    .**

**Тираж 100 экз. Заказ №.....**

**ГОУ ВПО**

**Уфимский государственный авиационный технический университет  
Редакционно-издательский комплекс УГАТУ  
450000, Уфа – центр, ул. К. Маркса,12**