

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Методические указания и контрольные
задания

для студентов специальности 27010265

Составитель Е. Н. Меньшов

Ульяновск 2007

УДК 621.3(076)
ББК31.2я7
Э45

Рецензент доцент кафедры «Аэронавигация» УВАУГА (г. Ульяновск)
Е. В. Антоненц

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета
университета

Электротехника и электроснабжение в строительстве : методические
Э45 **указания и контрольные задания / сост. Е. Н. Меньшов. - Ульяновск :
УлГТУ, 2007.-29 с.**

**Указания предназначены для студентов строительного факультета. Методические указания
и объяснения наиболее трудных положений облегчают студентам выполнение контрольных
работ, улучшают усвоение теоретического материала, упрощают организацию самостоятельной
работы.**

**Работа подготовлена на основе переработки методического материала кафедры
«Электроснабжение», цикла ТОЭ УлГТУ.**

**УДК 621.3(076)
ББК31.2я7**

© Е. Н. Меньшов, составление, 2007
© Оформление. УлГТУ, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	. . .
1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	
1.1. Задача 1 .	
1.1.1. Методические указания .	
1.2. Задача 2 .	
1.2.1. Методические указания .	
1.3. Задача 3 .	
1.3.1. Методические указания .	
2. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	
2.1. Задание.	
2.1.1. Методические указания .	
3. РАСЧЕТ СИЛОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ	
3.1. Задание.	
3.1.1. Методические указания .	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	
Приложение: Рис. 3.1	
Рис. 3.2	

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Одним из основных видов самостоятельной работы по курсу «Общая электротехника и электроника» является выполнение контрольных заданий, которые позволяют студентам закрепить приобретенные знания.

Требования к оформлению представленных на рецензию контрольных заданий:

1. на первой странице должно быть изложено задание, указан вариант задачи и все заданные величины;
2. основные положения решения должны быть достаточно подробно пояснены;
3. рисунки, графики, схемы, в том числе и заданные условием задачи, должны быть выполнены аккуратно, в удобной для чтения масштабе с соблюдением ГОСТ;
4. в пояснительной записке следует оставлять поля шириной не менее 4 см для замечаний рецензента;
5. вычисления должны быть сделаны с точностью до третьей-четвертой значащей цифры - округления обязательны;
6. выполненные контрольные задания должны быть датированы и подписаны студентом,
7. исправление ошибок в отрецензированном тексте не допускается;
8. исправления и переработка должны быть после первоначального текста под заголовком «Исправление ошибок».

Контрольные задания засчитываются, если решения не содержат ошибок принципиального характера и выполнены все перечисленные требования.

Работа над контрольным заданием будет успешной, если руководствоваться следующими правилами.

1. Начиная решение задания, указать, какие физические законы или расчетные методы предполагается использовать при решении, привести математическую запись этих законов и методов.
2. Тщательно подумать, какие буквенные или цифровые обозначения предполагается использовать в решении. Пояснить значение каждого обозначения.
3. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов и наименование узлов, сопротивлений, а также обозначения, заданные условием. При решении одной и той же задачи различными методами одну и ту же величину надлежит обозначить одним и тем же буквенным символом.
4. Расчет каждой исходной величины следует выполнить сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения в том же порядке и привести окончательный результат с указанием единиц измерения.

5. Промежуточные и конечные результаты расчетов должны быть ясно выделены из общего текста.

6. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и арифметических расчетов.

7. Каждому этапу решения задачи давать пояснения.

8. При построении кривых выбирать, такой масштаб, чтобы на 1 см оси координат приходилось $1:10^n$ или $2:10^n$ единиц измерения физической величины, где n -целое число. Градуировку осей выполнять, начиная с нуля, равномерно через один или через два сантиметра. Весь график в целом и отдельные кривые на нем должны иметь названия.

1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1.1. Задача 1

Для заданного группового варианта (табл. 1.1.) по известным параметрам и схеме электрической цепи переменного тока частотой $f=50$ Гц (табл. 1.2 ирис. 1.1 - 1.9)требуется:

- 1) рассчитать индуктивные и емкостные сопротивления;
- 2) рассчитать токи и напряжения всех элементов цепи.
- 3) вычислить активную, реактивную, полную мощности на каждом элементе цепи и составить уравнения баланса мощностей в цепи.
- 4) построить векторную диаграмму токов и напряжений всей цепи (при построении векторной диаграммы напряжений соблюсти топографический принцип).

Примечание: ток на входе цепи определить из векторной диаграммы токов.

Таблица 1.1.

Группа	Исходное воздействие		
		I^2, A	
1			1
2	220	5	3
3	380	4	2
4	40	1	0,5

Таблица 1.2

№ п/п	Параметры						U_{ex}, B	I_2, A	I_3, A	№ схемы
	R_1, OM	R_2, OM	$C_1, \text{мкФ}$	$C_2, \text{мкФ}$	$L_1, \text{мГн}$	$L_2, \text{мГн}$				
1	2	7	200	250	25	15	Из табл. 1.1.	—	—	1.1
2	2	3	100	120	32	22		—	—	1.2
3	7	3	60	50	18	8		—	—	1.3
4	15	2	20	30	21	11		—	—	1.4
5	8	7	250	300	29	19		—	—	1.5
6	14	8	50	70	35	25		—	—	1.6
7	4	2	110	100	15	5		—	—	1.7
8	7	5	70	80	40	20		—	—	1.8
9	7	10	150	200	32	12		—	—	1.9
10	4	2	150	170	24	8	—	Из табл. 1.1	—	1.1
11	12	3	160	150	20	12	—		—	1.2
12	16	9	120	130	18	30	—		—	1.3
13	8	8	100	150	40	22	—		—	1.4
14	18	20	200	220	26	40	—		—	1.5
15	4	2	260	250	28	42	—	—	—	1.6
16	24	18	220	230	28	38	—	—	—	1.7
17	24	15	120	180	27	10	—	—	—	1.8
18	18	15	180	200	20	17	—	—	—	1.9
19	20	2	140	130	18	15	—	—	Из табл. 1.1	1.1
20	7	4	110	120	42	24	—	—		1.2
21	7	2	300	350	38	20	—	—		1.3
22	7	15	300	320	15	25	—	—		1.4
23	4	20	200	150	22	32	—	—		1.5
24	2	15	180	120	19	29	—	—		1.6
25	8	10	170	170	20	40	—	—		1.7

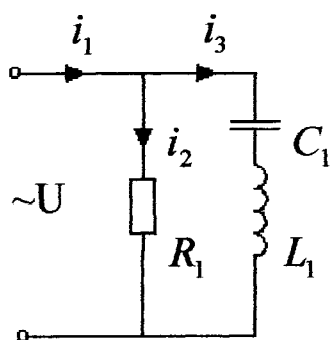


Рис. 1.1

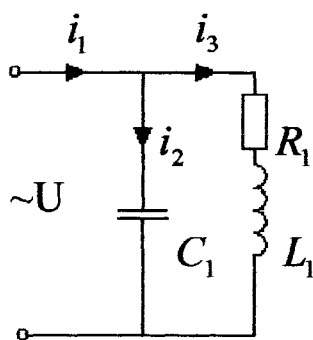


Рис.1.2

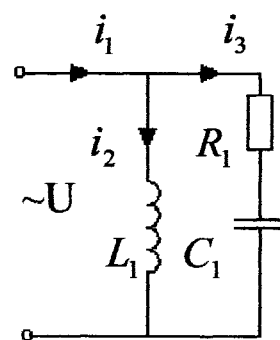


Рис.1.3

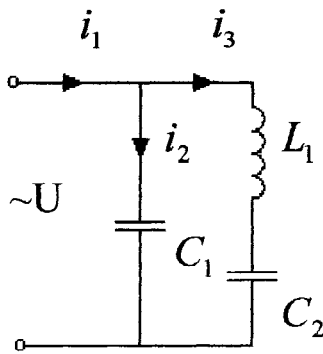


Рис. 1.4

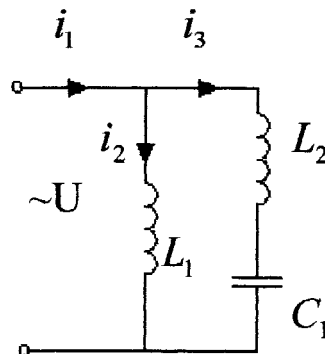


Рис. 1.5

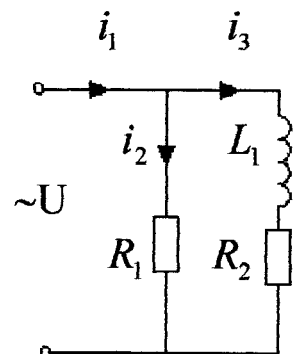


Рис. 1.6

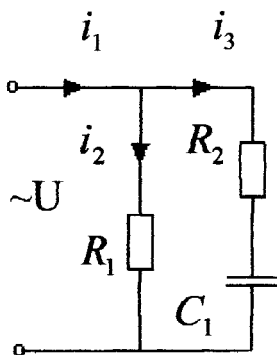


Рис. 1.7

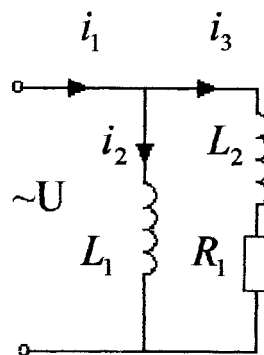


Рис. 1.8

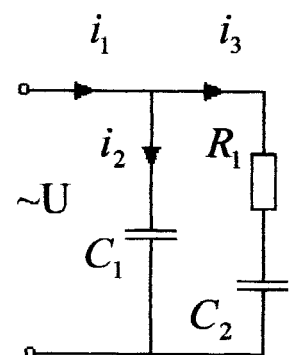


Рис. 1.9

1.1.1. Методические указания

Анализ цепи проводится в комплексной форме.

1. Изображается комплексная схема замещения (рис. 1.10,а).

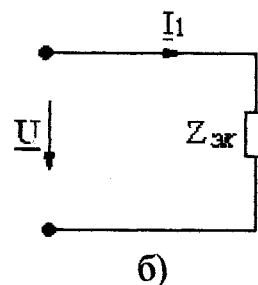
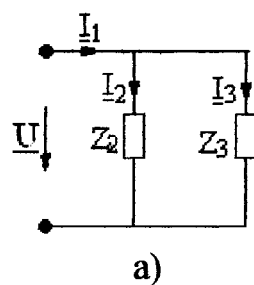


Рис. 1.10

2. Определяются комплексные сопротивления Z_2 , Z_3 (рис. 1.10,а). При этом индуктивные и емкостные сопротивления рассчитываются по формулам:

$$x_{L_1} = \omega L_1 ; \quad x_{L_2} = \omega L_2$$

$$x_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} ; \quad x_{C_2} = \frac{1}{\omega C_2} ;$$

Записывается в комплексной форме заданное напряжение, $\underline{U}_{Bx} = U_{Bx} e^{j\psi_{U_{Bx}}}$ или аналогично соответствующий ток ($\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_3$).

3. Анализ схемы на рис. 1.10,а проводится, например, методом преобразования. Преобразованная схема представлена на рис. 1.11,б.

4. При построении векторных диаграмм необходимо сначала записать соответствующие уравнения Кирхгофа: для диаграммы токов – уравнение баланса токов для выбранного узла

$$\sum_k \underline{I}_k = 0 ;$$

для топографической диаграммы напряжений – уравнение баланса напряжений для выбранного контура

$$\sum_k \underline{U} \alpha_k \beta_k = 0 .$$

Диаграммы строятся в соответствующих масштабах.

5. Уравнение баланса активной мощности

$$\sum_{k=1}^m P_{ист_k} = \sum_{k=1}^{n_R} R_k I_k^2 ,$$

уравнение баланса реактивной мощности

$$\sum_{k=1}^m Q_{ист_k} = \sum_{k=1}^{n_L} x_{L_k} I_{L_k}^2 - \sum_{k=1}^{n_C} x_{C_k} I_{C_k}^2 .$$

Здесь: m - число источников в цепи; n_R - число сопротивлений, n_L - число индуктивностей, n_C - число емкостей; I_k, I_{L_k}, I_{C_k} - ток в k -ом сопротивлении, индуктивности, емкости соответственно, x_{L_k} - индуктивное сопротивление k -ой индуктивности, x_{C_k} - емкостное сопротивление k -ой емкости.

Полная мощность источника

$$\underline{S}_{ист} = \underline{U}_{вх} \underline{I}_{вх}^* = P_{ист} + jQ_{ист} .$$

1.2. Задача 2

Рассчитать линейные и фазные токи, активную, реактивную и полную мощности одной фазы и трехфазной цепи в целом. Схемы соединений фаз представлены рис. 1.11-1.35, а исходные данные в табл. 1.3, 1.4.

По результатам расчета построить векторную диаграмму токов и напряжений, определить по ней линейные токи, при соединении нагрузки треугольником или ток в нулевом проводе - при соединении нагрузки звездой с нулевым проводом.

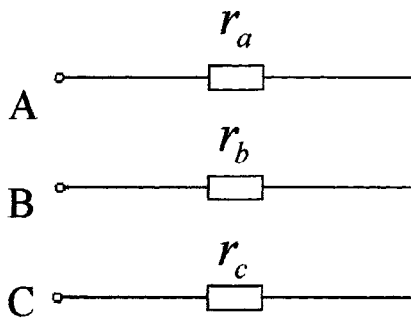


Рис.1.11

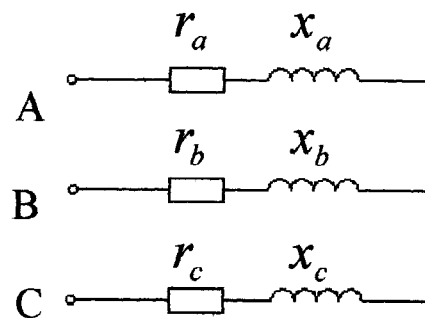


Рис.1.12

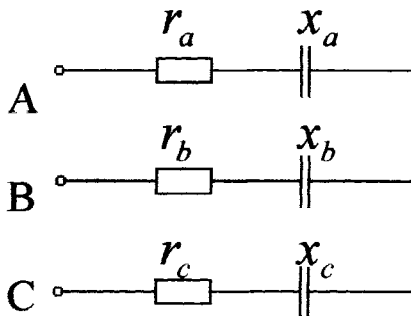


Рис.1.13

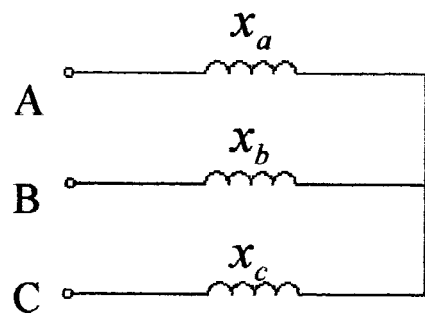


Рис.1.14

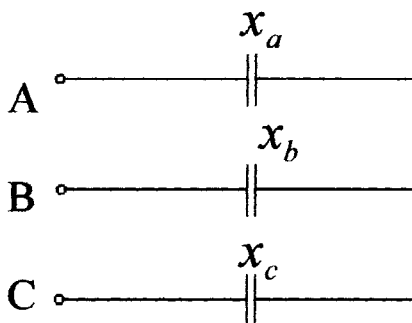


Рис.1.15

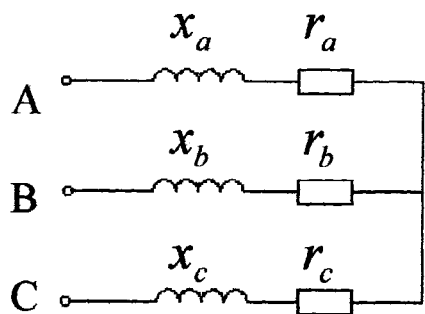


Рис.1.16

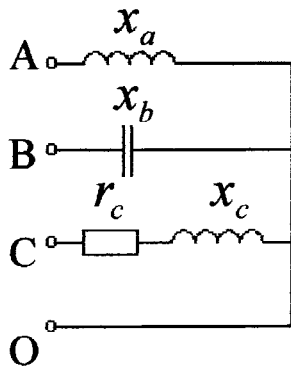


Рис.1.17

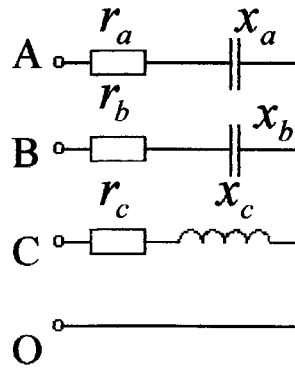


Рис.1.18

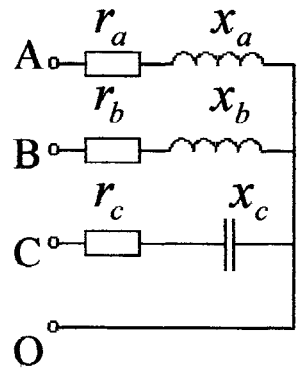


Рис.1.19

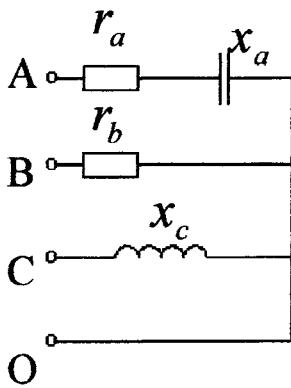


Рис.1.20

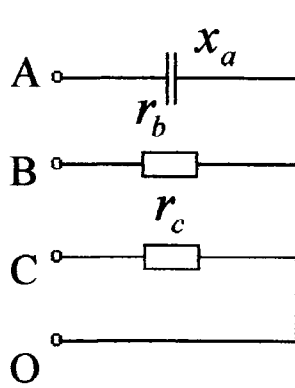


Рис.1.21

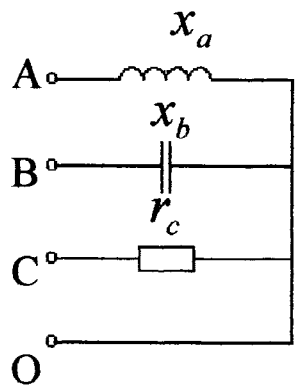


Рис.1.22

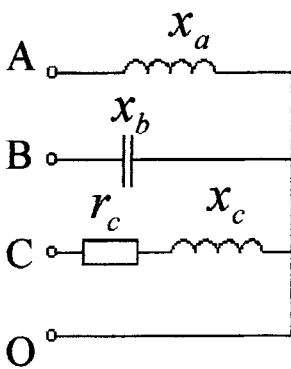


Рис.1.23

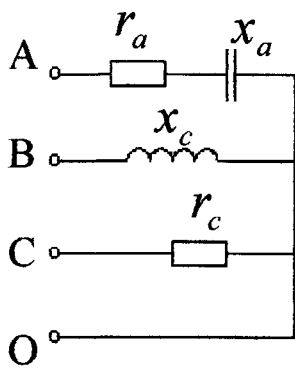


Рис.1.24

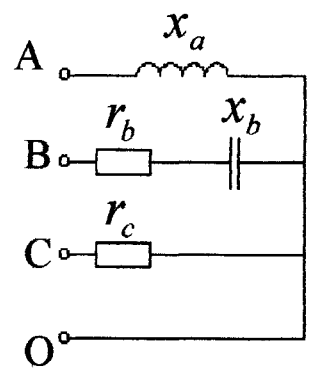


Рис.1.25

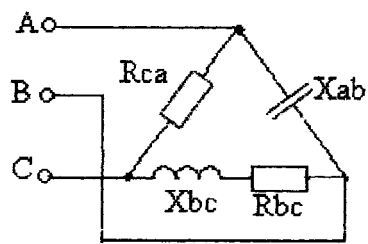


Рис.1.26

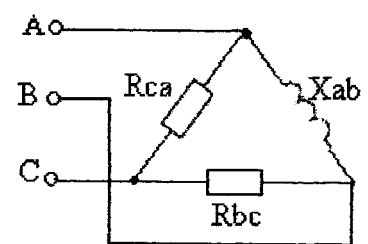


Рис.1.27

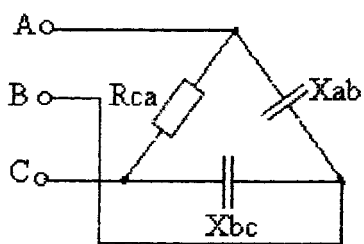


Рис.1.28

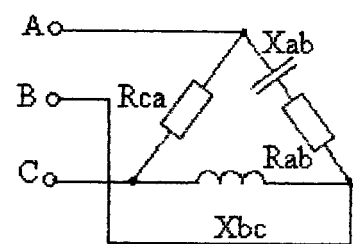


Рис.1.29

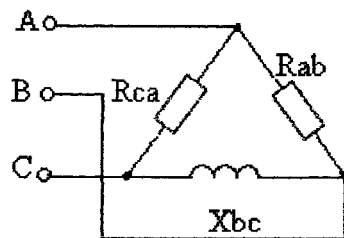


Рис.1.30

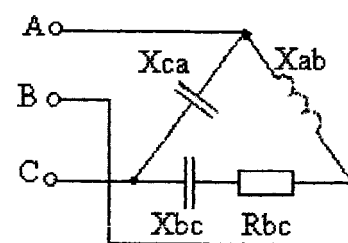


Рис.1.31

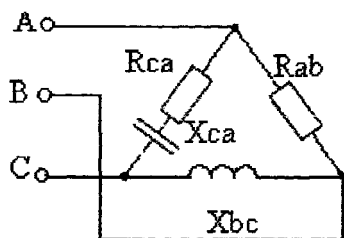


Рис.1.32

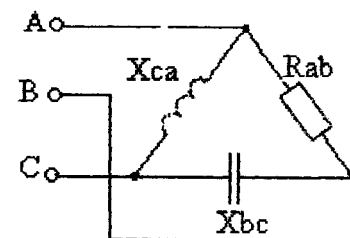


Рис.1.33

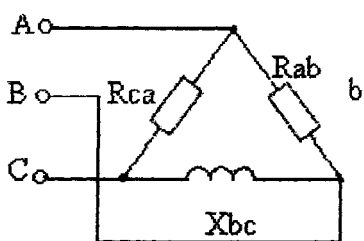


Рис.1.34

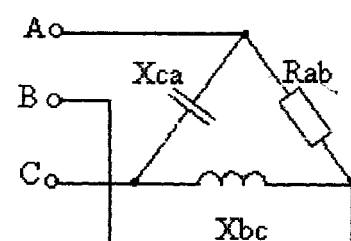


Рис.1.35

Таблица 1.3.

№ п/п	Параметры						U _л , В	№ схемы
	г ^а , Ом	х ^а , Ом	г ^б , Ом	х ^б , Ом	г ^с , Ом	х _с , Ом		
1	7	2	-	2	7	2	380	Рис. 1.11
2	1,5	2	1,5	2	1,5	2	220	Рис. 1.12
3	4	5	4	5	4	5	127	Рис. 1.13
4	-	3,5	-	3,5	-	3,5	380	Рис. 1.14
5	-	4	7	4	7	4	220	Рис. 1.15
6	5	6	5	6	5	6	127	Рис. 1.16
7	1,5	7	2	6	3	11	380	Рис. 1.17
8	1	8	15	7	15	12	220	Рис. 1.18
9	6	3	5	2	8	7	127	Рис. 1.19
10	4	5	5	4	7	9	380	Рис. 1.20
11	2,5	6	3,5	5	5,5	10	220	Рис. 1.21
12	7	1	8	1	1	2	127	Рис. 1.22
13	6	2	7	1,5	9	4	380	Рис. 1.23
14	3	4	3,5	3	3,5	8	220	Рис. 1.24
15	4	12	6	6	8	3	127	Рис. 1.25

Таблица 1.4

№ п/п	г ^а _б , Ом	х ^а _б , Ом	г ^б _с , Ом	х ^б _с , Ом	г ^с _а , Ом	х ^с _а , Ом	U _л , В	№ схемы
16	3	7	3,5	6	3,5	8	380	Рис. 1.26
17	6	7	7	6	9	11	220	Рис. 1.27
18	7	8	8	7	1	12	127	Рис. 1.28
19	2,5	3,5	3,5	2,5	5,5	7,5	380	Рис. 1.29
20	4	5	5	4	7	9	220	Рис. 1.30
21	5	6	6	5	8	10	127	Рис. 1.31
22	1	1	15	1	15	2	380	Рис. 1.32
23	1,5	2	2	1,5	3	4	220	Рис. 1.33
24	3	4	4	3	6	8	127	Рис. 1.34
25	5	6	6	5	6	10	380	Рис. 1.35

1.2.1. Методические указания

Построение векторной диаграммы напряжений и токов начинаем с построения равностороннего треугольника линейных напряжений, задаваясь масштабом напряжения m_U .

Для нагрузки, соединенной звездой, в том же масштабе наносим векторы фазных напряжений.

На эту же диаграмму с учетом фазового сдвига наносим фазные токи. При этом для схем. 1.11 – 1.16 должно выполняться условие:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0. \quad (1.1)$$

Для схем рис. 1.17 – 1.25:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = \vec{I}_D, \quad (1.2)$$

а для схем 1.26 – 1.35:

$$\begin{aligned} \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} &= \vec{I}_A \\ \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} &= \vec{I}_B \\ \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC} &= \vec{I}_C \end{aligned} \quad (1.3)$$

1.3. Задача 3

Трехфазный трансформатор: с номинальной мощностью S_H ; высшим линейным напряжением U_{1H} ; низшим линейным напряжением U_{2H} ; с мощностью потерь холостого хода P_X ; с напряжением короткого замыкания U_K ; с мощностью потерь короткого замыкания P_K ; и схемой соединения обмоток «звезда – звезда».

Определить:

- 1) фазные напряжения первичной и вторичной обмоток при холостом ходе;
- 2) коэффициент трансформации;
- 3) номинальные токи, в обмотках трансформатора;
- 4) активное и реактивное сопротивление фазы первичной и вторичной обмоток;
- 5) КПД трансформатора при $\cos \varphi = 0,8$ и $\cos \varphi = 1$ и коэффициенте загрузки $\beta = 0,5$.
- 6) Начертить эквивалентную схему трансформатора. Исходные данные в табл. 1.4.

1.3.1. Методические указания

При определении параметров обмоток считать:

$$r_1 = r_2' = r_k / 2 \quad (1.4)$$

$$x_1 = x_2' = x_k / 2 \quad (1.5)$$

Ток холостого I_D считать равным:

$$I_D = 0,07 I_{1H} \quad (1.6)$$

Таблица 1.4.

№ п/п	S_H, KBA	U^{1H}, KB	U^{2H}, KB	P_x, Bm	P_k, Bm	$U_k \%$
1.	5	6	400	60	600	5
2.	5	6	400	60	800	5,5
3.	10	6	400	60	1300	5,5
4.	10	10	400	100	2000	4,5
5.	10	6	400	ПО	1970	5,5
6.	25	6	400	140	2700	5
7.	25	10	400	140	3700	4,5
8.	25	10	400	160	3600	5
9.	40	6	400	160	5400	5,5
10.	40	10	400	180	7500	4,5
11.	7	4	400	180	600	5
12.	7	4	400	220	800	5,5
13.	8	6	400	220	1300	5
14.	8	6	400	200	3000	4,5
15.	15	10	400	200	1970	5,5
16.	15	10	400	250	2700	5
17.	15	10	400	250	3700	4,5
18.	30	15	400	300	3600	5
19.	30	15	400	300	5400	5,5
20.	30	15	400	100	7500	4,5
21.	35	12	400	100	600	5
22.	35	12	400	ПО	800	5,5
23.	35	12	400	ПО	1300	5
24.	7	4	400	140	2000	4,5
25.	7	4	400	140	1970	5,5

2. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

2.1. Задание

1) Для заданного группового варианта (табл. 2.1) и индивидуального варианта (табл. 2.2) начертить в масштабе нагрузочную диаграмму двигателя, рассчитать мощность, выбрать тип двигателя для режима с длительной переменного-периодической нагрузкой (табл. 2.3).

2) Для заданного группового варианта (табл. 2.4) и индивидуального варианта (табл. 2.5) начертить в масштабе нагрузочную диаграмму двигателя, рассчитать мощность, выбрать тип двигателя для повторно-кратковременного режима работы (табл. 2.6).

3) Выбранные двигатели проверить по перегрузочной способности и условиям пуска.

4) Построить естественную механическую характеристику двигателя п. 1 по его паспортным данным.

Таблица 2.1

№ группы	1	2	3	4
п, об/мин	1400	2800	920	2400

Таблица 2.2

Вари- ант	Mi, Нм					ti, с				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	280	460	180	300	200	10	20	25	18	5
2	160	920	380	200	100	5	15	18	12	8
3	150	205	60	280	ПО	6	8	15	18	10
4	80	100	40	60	20	5	6	14	11	7
5	210	500	460	180	60	4	5	15	6	10
6	410	580	160	200	100	18	12	18	26	10
7	160	135	100	90	140	12	18	24	18	8
8	140	150	60	105	130	15	26	12	10	11
9	200	370	70	80	80	15	14	12	6	14
10	240	100	360	120	100	10	15	16	24	15
11	180	240	160	100	270	15	18	16	14	10
12	40	180	150	100	60	10	16	20	16	12
13	310	506	410	380	200	5	12	10	14	6
14	100	210	60	160	100	14	8	16	5	4
15	280	410	300	250	120	10	15	12	10	12

Продолжение таблицы 2.2.

Вариант	Mi, Нм					ti, с				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
16	180	260	180	100	50	5	10	6	8	7
17	240	100	320	140	200	10	15	8	7	6
18	200	350	150	210	160	20	24	15	16	10
19	300	380	160	180	270	8	12	17	14	10
20	200	350	150	260	180	12	16	20	8	12
21	30	410	200	180	250	14	15	18	6	20
22	260	140	350	140	210	18	24	12	16	8
23	60	100	400	50	40	12	25	5	16	26
24	380	210	500	410	80	10	15	6	8	10
25	170	240	370	420	100	8	16	10	15	6

Таблица 2.3.

Тип двигателей	P_n , кВт	n_n , об/м	U_n , В	η_n , %	$\cos \varphi_n$	$\lambda_n = \frac{M_n}{M_n}$	$\lambda_k = \frac{M_k}{M_n}$	$\lambda_I = \frac{I_n}{I_H}$
АИР90L4	2,2	1500	380	83	0,84	1,9	2,5	7
АИР100L4У3	4	1500	380	84,5	0,86	1,8	2,5	7
А132S4	7,5	1455	380	86	0,86	2	2,8	7
А132М4	11	1455	380	87,5	0,87	1,9	2,4	7
4АМ160М8/6/4	10	965	380	87	0,86	1,2	1,8	7
4АМ160М8	10	725	380	87	0,8	1,2	1,7	7
4АМ160М6/4	13	1450	380	89,5	0,88	1,3	2	7
4АМС160М6Е	13	965	380	89,5	0,86	1,2	1,8	7
4АМ160М8/6	13	725	380	88	0,82	1,1	1,7	7
АИС160L2	18	2900	380	88	0,89	1,2	2,2	7
2ДМШМН	18	1450	380	89,5	0,88	1,3	2	7
А180М6	18	965	380	89	0,87	1,2	1,8	7
А200М8	18	725	380	87,5	0,82	1,1	1,7	7
4АМН160М4	20	1460	380	88	0,82	1,9	2,8	7
4АМН160S2	22	2900	380	89	0,88	1,1	2,2	7
4АМН160М4	22	1450	380	90	0,87	1,2	2	7
4АМН180М4	22	965	380	89,5	0,87	1,2	1,8	7
5А225М8К	22	725	380	89	0,82	1,1	1,7	7
4АМН160М2	28	1460	380	89	0,82	1,9	2,8	7
4АМС160М2	30	2900	380	90	0,9	1,1	2,2	7
4АМН180MS4	30	1450	380	90,5	0,88	1,2	2	7

Продолжение таблицы 2.3

Тип двигателя	P_H	n_H	U_H	η_H	$\cos\varphi_H$	λ	λ_k	λ_1
A200L6	30	970	380	90	0,82	1,1	1,8	7
A225M8	30	730	380	90	0,88	1,1	1,7	7
A200L2	45	2940	380	90, 5	0,9	1,1	2,2	7
A200L4	45	1470	380	90	0,88	1,9	2,6	7
AB250S4	45	1460	380	91	0,89	1Д	2	7
AB250S6	45	1000	380	91	0,89	1Д	1,8	7
AB250S8	45	750	380	92, 5	0,87	1,1	1,7	7
A225M2	55	2955	380	91	0,9	1,1	2,2	7
A225M4	55	1470	380	90, 5	0,88	1,9	2,6	7
A225M6	55	1000	380	92	0,89	1,1	1,8	7
AB280S8	55	750	380	92	0,9	1Д	1,7	7

Таблица 2.4

№ группы	1	2	3	4
п, об/мин	100	860	670	1000

Таблица 2.5

Вариант	M _i , Нм					t _i , с				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	180	280	100	60	0	12	8	6	7	80
2	90	60	140	40	0	10	10	8	5	70
3	140	60	160	40	0	16	10	14	8	120
4	300	400	200	50	0	5	5	15	8	85
5	50	20	10	30	0	8	16	20	4	100
6	300	100	350	100	0	10	20	8	6	200
7	250	140	180	50	0	12	16	20	20	180
8	100	160	80	20	0	15	24	10	7	200
9	270	360	180	120	0	10	20	10	10	160
10	200	460	180	100	0	20	10	15	10	140
11	260	400	170	80	0	10	5	10	12	160
12	120	210	175	50	0	10	15	8	6	180
13	50	260	300	40	0	10	15	10	12	200
14	40	160	30	70	0	5	8	15	10	120
15	200	130	350	120	0	10	15	5	16	130
16	370	210	160	70	0	20	10	18	6	140
17	240	320	120	40	0	8	6	14	11	115
18	230	380	115	30	0	10	17	23	8	140
19	270	410	120	80	0	8	16	20	7	210
20	245	420	100	40	0	20	5	6	14	170
21	60	140	80	72	0	8	6	14	15	160
22	80	115	80	40	0	20	15	6	10	ПО
23	50	160	260	100	0	10	8	14	8	160
24	100	160	80	100	0	6	4	10	7	85
25	85	230	160	70	0	14	8	6	14	100
26	80	200	120	60	0	10	12	10	18	120

Таблица 2.6.

Тип двигателя	P _н , кВт	n _н , Об/м	U _н , В	η _н	cosφ _н	M _к λ _к = — M _н	M _п λ _п = — M _н	I _н λ _и = — I _н	ПВ, %
АИРС90LB8	1,6	750	380	0,8	0,69	2,8	2,8	5,5	25
АИРУ112МА8	2,2	750	380	0,8	0,7	2,8	2,8	5,5	25
АИС132S6	3	950	380	0,76	0,74	2,8	2,8	5,5	25
АИС132MB6	5,5	950	380	0,7	0,75	3,0	3,9	5,5	25
АМУ160М6	7,5	1000	380	0,72	0,79	2,9	2,8	5,5	25
АМУ160L6	11	1000	380	0,81	0,8	3,1	2,8	5,5	25
ЗВР180М8	15	900	380	0,8	0,79	3,1	2,8	5,5	25
АМУ225М8	22	750	380	0,8	0,76	3,3	3	5,5	25
АМУ250М8	30	750	380	0,8	0,75	3,4	3,1	5,5	25
АМУ132S6У2	3	1000	380	0,81	0,79	2,6	2,5	5,5	40
АМУМВ6У2	5,5	1000	380	0,85	0,8	3,1	2,9	5,5	40
АМУ160М6	7,5	1000	380	0,8	0,83	2,8	2,9	5,5	40
АМУ180L6	15	1000	380	0,8	0,81	3	2,8	5,5	40
АМУ200МВ6	22	1000	380	0,81	0,86	3,1	2,8	5,5	40
АМУ220L8	15	750	380	0,76	0,73	3,4	3,1	5,5	40
ЗВ200L8	22	750	380	0,75	0,8	3,3	2,9	5,5	40
ЗВ225М8	30	750	380	0,74	0,75	3,5	3,1	5,5	40

2.1.1. Методические указания

1. Эквивалентный момент определяется по формуле:

$$M_3 = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}}$$

для двигателя с длительной переменнo-периодической нагрузкой;

$$M_3 = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{t_p + \alpha \cdot t_0}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots}{t_p + \alpha \cdot t_0}}$$

для двигателя с повторно-кратковременной нагрузкой.

Здесь:

M₁, M₂, ..., M_i – текущие значения момента на валу двигателя;

t₁, t₂, ..., t_i – промежутки времени, соответствующие моментам;

t_p – время работы двигателя;

t₀ – пауза между периодами работы;

α – коэффициент, учитывающий ухудшение теплоотдачи двигателя во время паузы, $\alpha = 0,25 - 0,5$.

2. Эквивалентную мощность двигателя рассчитываем по формуле

$$P_{\text{э}} = \frac{M_{\text{эп}}}{9550} [\text{кВт}] -$$

для двигателя с длительной переменного-периодической нагрузкой.

Для двигателя с повторно-кратковременной нагрузкой надо прежде рассчитать продолжительность включения ПВ%, привести момент к стандартной продолжительности включения, а затем определить $P_{\text{э}}$, т.е.

$$\text{ПВ}\%_{\text{расч}} = \frac{t_p}{t_p + t_0} \cdot 100\%$$

Стандартные значения $\text{ПВ}\%_{\text{станд.}} = 25, 40, 60\%$.

$$M_{\text{станд}} = M_3 \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}\%_{\text{расч.}}}{\text{ПВ}\%_{\text{станд}}}}; P_{\text{э}} = \frac{M_{\text{станд}} \cdot n}{9550} [\text{кВт}];$$

3. Двигатель работает по табл.2.3 и 2.6 соответственно из условия:
 $P_{\text{н}} \geq P_{\text{э}}$.

4. Проверка двигателя по условиям перегрузки и условиям пуска.
По паспортным данным табл.2.3 и 2.6. определяем:

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 9550}{n_{\text{н}}} [\text{Нм}]$$

$$M_{\text{пуск}} = \lambda_{\text{н}} \cdot M_{\text{н}} [\text{Нм}]$$

$$M_{\text{max}} = \lambda_{\text{к}} \cdot M_{\text{н}} [\text{Нм}]$$

Двигатель удовлетворяет условиям перегрузки, если:

$$M_{\text{наиб.}} \leq 0,85 M_{\text{max}},$$

где $M_{\text{наиб.}}$ – наибольший момент на валу двигателя из нагрузочной диаграммы.

Двигатель удовлетворяет условиям пуска, если:

$$M_{\text{нач.}} \leq 0,85 M_{\text{max}},$$

где $M_{\text{нач.}}$ – начальный момент двигателя из нагрузочной диаграммы.

Если условия перегрузки или условия пуска не выполняются, надо завысить мощность двигателя на одну ступень и повторить расчет.

5. Механическая характеристика $n=f(M)$ рис.2.1 строится по точкам:

- 1) $n_{xx} = n_0$ об/мин; $M_{xx} = 0$
- 2) n_H об/мин; M_H [Нм]
- 3) $n_{кр}$; $M_{кр}$;
- 4) $n_{пуск}$; $M_{пуск}$; $n_{пуск} = 0$.

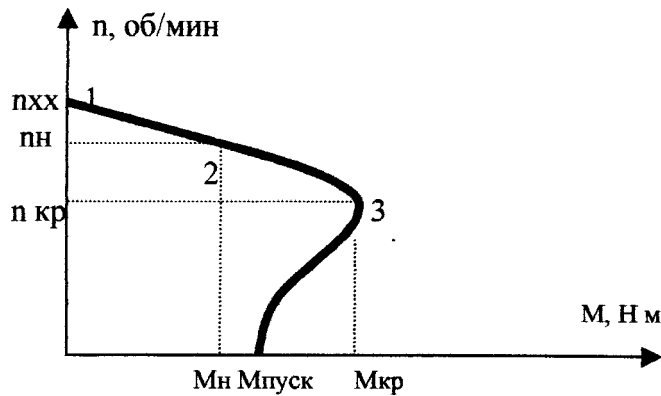


Рис. 2.1

$$n_{xx} = n_0 = \frac{60 \cdot f}{P},$$

где P – число пар полюсов; $f = 50$ Гц.

Например, для двигателя А200L6 – $P = 6/2 = 3$.

$$n_{кр} = n_0 \cdot (1 - S_{кр}),$$

M_H , n_H – из паспортных данных;

$M_{пуск}$, $M_{кр}$ – расчетное (см. выше);

где

$$S_{кр} = S_H \cdot [\lambda_{кр} + \sqrt{\lambda_{кр} - 1}]$$

– критическое скольжение.

3. РАСЧЕТ СИЛОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ

ЭЛ. Задание

1) Для заданного группового варианта (табл.3.1) и индивидуального варианта (табл.3.2) начертить план строительной площадки, произвести расстановки силовых распределительных щитов, двигателей и рассчитать силовую распределительную сеть.

2) Рассчитать защиту к двигателям и щитам с помощью плавких предохранителей.

3) Проверить силовую распределительную сеть по потере напряжения.

Таблица 3.1

N группы	$\cos \varphi_n$	$\eta_n, \%$	$K_i = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_n}$
1	0,88	90	7
2	0,9	91	5
3	0,94	94	6
4	0,96	95	4,5

Таблица 3.2

Вари- ант	Мощности двигателей серии 4А, кВт							Размеры строительного объекта, м х м
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1,5	45	37	1,1	3,0	3,0	11	40х20
2	11	3,0	2,2	45	2,2	3,0	30	40х40
3	45	3,0	4,0	2,2	11	1,5	7,5	40х50
4	1,1	3,0	22	30	4,0	5,5	37	30х70
5	4,0	30	5,5	3,7	7,5	45	11	70х80
6	5,5	7,5	37	45	11	55	1,1	70х40
7	7,5	45	11	55	1Д	15	1,5	70х50
8	11	55	1,1	15	1,5	17	2,2	70х60
9	И	1,1	55	17	1,5	1,5	17	23х33
10	4,0	45	5,5	55	7,5	17	11	27х37
11	30	37	4,0	55	5,5	17	7,5	29х39
12	4,0	45	5,5	15	7,5	18,5	11	31х41
13	5,5	55	11	17	1,1	18,5	1,5	33х43

14	15	11	17	7,5	1,1	18,5	1,5	35x45
15	11	17	1,1	22	1,5	37	2,2	37x47
16	30	2,2	45	30	1,1	18,5	1,5	22x44
17	1,5	22	2,2	30	3,0	45	4,0	24x48
18	2,2	3,0	45	37	4,0	55	5,5	26x52
19	3,0	45	4,0	55	5,5	15	7,5	22x40
20	4,0	45	5,5	15	7,5	17	11	18x36
21	17	11	18,5	1,1	5,5	15	7,5	18x32
22	7,5	17	11	18,5	1,1	22	1,5	28x28
23	11	18,5	1,1	22	1,5	30	2,2	32x32
24	1,1	22	1,5	30	2,2	37	3,0	20x35
25	1,5	30	2,2	37	3,0	45	4,0	17x30

4) Результаты расчета представить в виде расчетной схемы.

5) Для каждого варианта принять напряжение питающей сети 380 В, частота питающего напряжения $f=50\text{Гц}$.

Примечание:

- распределительную сеть от трансформаторной подстанции (ТП) до распределительных щитов (РП) выполнить кабелем АВВГ, проложенным открыто в канале или по стенам.
- разводку от силовых щитов РП к двигателям выполнить проводом марки АПВ, проложенным в трубах.
- расстояние от ТП до ближайшего РП принять равным 100 м для всех вариантов.
- длины проводов от двигателя к щитам и между щитами принять по плану строительного объекта.

3.1.1. Методические указания

На рис. 3.1 изображен план строительного объекта в масштабе с указанием расположения двигателей для нулевого варианта. Цифра [3/40] - верхняя цифра - номер двигателя, нижняя - его мощность в кВт.

1. Выбор сечения проводов, соединяющих двигатели с распределительным щитом осуществляется по формуле:

$$I_{\text{нi}} = \frac{P_{\text{нi}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}}$$

где $P_{\text{нi}}$ - номинальная мощность i -го двигателя (Вт);

$U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение, согласно исходных данных;

$\eta_{\text{н}}$, $\cos \varphi_{\text{н}}$ - к п д и коэффициент мощности соответственно - согласно

групповому варианту.

Сечение провода марки АПВ выбираем по таблице 3.3 из условия

$$I_{\text{доп.}i} \geq I_{\text{н}i}.$$

2. Расчет кабеля, соединяющего распределительные щиты.

Рабочий ток в линии, соединяющей распределительные щиты, определяем по формуле:

$$I_{\text{раб.РП1-РП2}} = K_{\text{од}} \cdot \sum_i (K_z \cdot I_{\text{н}i}),$$

где $\sum_i$ - учитывает нагрузку первого распределительного щита;

Код – коэффициент одновременности работы двигателей, учитывающий несовпадение максимумов потребителей), принять Код = 0,7 – 0,9;

Кз – коэффициент, учитывающий загрузку двигателей. Принять Кз = 0,9 для самого мощного двигателя, а для остальных Кз = 1.

Сечение провода выбираем по таблице 3.3.

Таблица 3.3

Сечение жилы, мм	Допустимые длительные токовые нагрузки в А	
	Провода с резиновой или ПВХ изоляцией с алюминиевыми жилами (проложенные открыто)	Кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией с алюминиевыми жилами, трехжильные (проложенные открыто)
2	21	18
2,5	24	17
3	27	22
4	32	28
5	36	30
6	39	32
8	46	40
10	60	47
16	75	60
25	105	75
35	130	90
50	165	ПО
70	210	140
95	255	170
120	295	200
150	340	235
185	390	270
240	465	—

3. Расчет сечения кабеля, соединяющего РП-2 и ТП (трансформаторную подстанцию). Эта линия несет нагрузку двух силовых щитов РП-1 и РП-2. Рабочий ток в линии определим по формуле:

$$I_{\text{раб. РП2-ТП}} = I_{\text{раб. РП1-РП2}} + K_{\text{од}} \cdot \sum (K_z \cdot I_{\text{ни}}),$$

где Код $\sum (K_z I_{\text{ни}})$ – слагаемое определяет нагрузку второго распределительного щита РП-2.

4. Выбор плавкой вставки предохранителей, защищающих двигатель от перегрузки, а провода, питающие двигатель, от токов короткого замыкания (рис.3.2).

Для подбора плавкой вставки предохранителя определяем максимальный ток в линии – это пусковой ток двигателя

$$I_{\text{max.i}} = I_{\text{ни}} K_i,$$

где K_i – кратность пускового тока по групповому варианту.

Для того, чтобы плавкая вставка не расплавлялась за время пуска двигателя, необходимо выполнение условия:

$$I_{\text{вст.i}} \geq 0,4 I_{\text{max.i}}$$

Предохранитель подбираем по таблице 3.4.

Таблица 3.4

Тип	Номинальный ток плавкой вставки, А
ППНИ-33	2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20
ппни-33	25, 32, 40, 50
ППНИ-33	63, 80, 100
ппни-33	125, 160
ШШИ-35	100, 125, 160, 200, 250
ППНИ-37	200, 250, 315, 355, 400
ППНИ-39	315, 355, 400, 500, 630

Выбранная таким образом плавкая вставка должна обеспечить отключение участка в случае короткого замыкания и перегрузок, но при этом необходимо выполнение условия:

$$I_{\text{вст.i}} / I_{\text{доп.i}} \leq 3.$$

Если это неравенство не соблюдено, надо увеличить сечение до необходимых результатов, при этом ток плавкой вставки сохраняется прежним.

5. Плавкая вставка линии, соединяющей распределительные щиты, выбирается по максимальному току в линии, который вычисляется:

$$I_{\text{max.рп1-рп2}} = \text{Код} \cdot \sum (K_z \cdot I_{\text{ни}}) + I_{\text{пуск.наиб}},$$

где $I_{\text{пуск.наиб.}}$ – пусковой ток самого мощного двигателя, питающегося от РП-1

Для схемы рис. 3.1 это соотношение можно записать:

$$I_{\text{max.рп1-рп2}} = \text{Код} \cdot (I_{\text{н1}} + I_{\text{н2}} + I_{\text{н4}}) + I_{\text{пуск.3}}$$

Выбор плавкой вставки производим по таблице 3.4 с выполнением условий:

$$I_{\text{вст.рп1-рп2}} \geq \frac{I_{\text{max.рп1-рп2}}}{2,5};$$

$$\frac{I_{\text{вст.рп1-рп2}}}{I_{\text{доп}}} \leq 3.$$

6. Плавкая вставка линии, соединяющей РП-2 и ТП, выбирается по току:

$$I_{\text{max.рп2-тп}} = I_{\text{max.рп1-рп2}} + \text{Код} \cdot \sum_i (K_z \cdot I_{\text{нi}}),$$

где $\text{Код} \cdot \sum_i (K_z \cdot I_{\text{нi}})$ – токовая нагрузка РП-2.

Предохранитель выбираем по таблице 3.4 с соблюдением условий:

$$I_{\text{вст.рп2-тп}} \geq \frac{I_{\text{max.рп2-тп}}}{2,5};$$

$$\frac{I_{\text{вст.рп2-тп}}}{I_{\text{доп.}}} \leq 3.$$

7. Проверка распределительной сети по допустимой потере напряжения.

Допустимая потеря напряжения в силовой сети одной подстанции по ГОСТ составляет $\pm 5\%$. Она состоит из потерь напряжения в линии, соединяющей ТП и РП-2, линии РП-1 – П-2 и потери напряжения самого мощного двигателя данной сети, т.е.

$$\Delta U\% = \Delta U\%_{\text{рп2-тп}} + \Delta U\%_{\text{рп1-рп2}} + \Delta U\%_{\text{самого мощного двигателя}} \leq 5\%$$

Потерю напряжения определяем по следующей схеме:

- определяем сопротивление жилы кабеля:

$$R = 1 (\gamma_m S)^{-1},$$

- где l – длина соответствующей линии;
 S – площадь сечения кабеля;
 γ_m – удельная проводимость меди, $\gamma_m = 54$ м/Ом мм.
 - потери линейного напряжения в линии:

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_{\text{расч. линии}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}},$$

где $I_{\text{расч. линии}} = I_{\text{раб.}}$

- относительная потеря напряжения на участке составляет:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{\text{л}}}{U_{\text{л}}} \cdot 100\%,$$

где $U_{\text{л}} = 380$ В, согласно заданию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электротехника и электроника: Учеб. пособие для вузов/под ред. В.В. Кононенко.- Ростов н/Д: Феникс, 2004, 2006.- 747 с .
2. Немцов, М.В. Электротехника и электроника - МЭИ, 2003.- 596 с.
- Касаткин^А.С, Немцов М.В. Электротехника. - М.: Энергоиздат, 1983-440 с.
3. Глушков^Г.Н., Крабцберг М.И. Электропривод и электроснабжение строительных машин и предприятий стройиндустрии, - М.^ 1972.- 321 с.
2. Инженерные сети и оборудование: Электротехника и электроснабжение в строительстве .Учебно-методическое пособие. - УлГТУ ? 1994.— 48 с.
3. А лиев, И. И., Колганова С.Г. Электротехнические материалы и изделия: Справочник-М.: РадиоСофт, 2005.- 360 с.
4. Алтев, И.О. Кабельные изделия: Справочник - М.: Высш.школа, 2004.
5. Номенклатурный каталог: Двигатели асинхронные - 2004.- 757 с.
6. Каталог электротехнической продукции.- 2006-336 с.

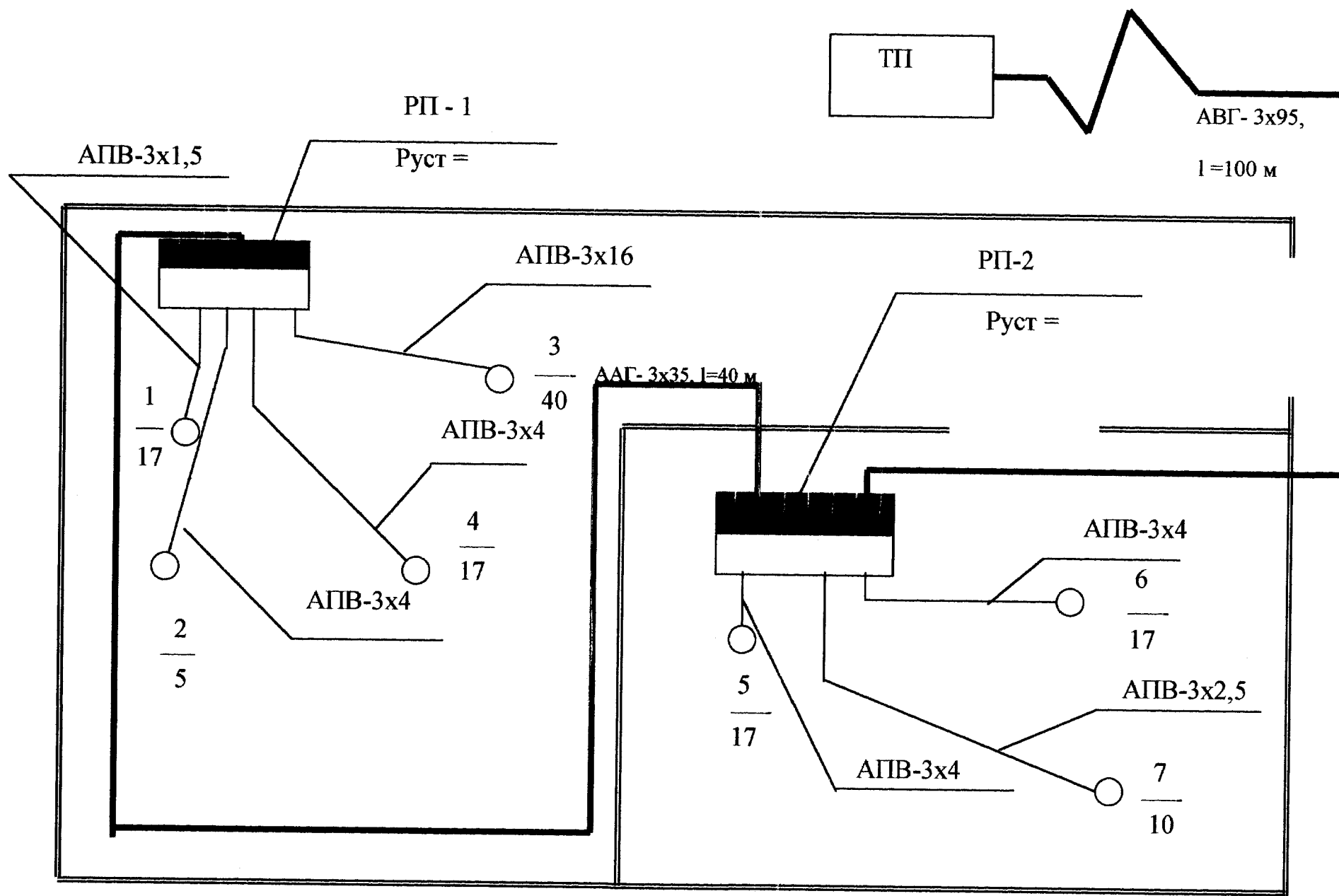


Рис. 3.1

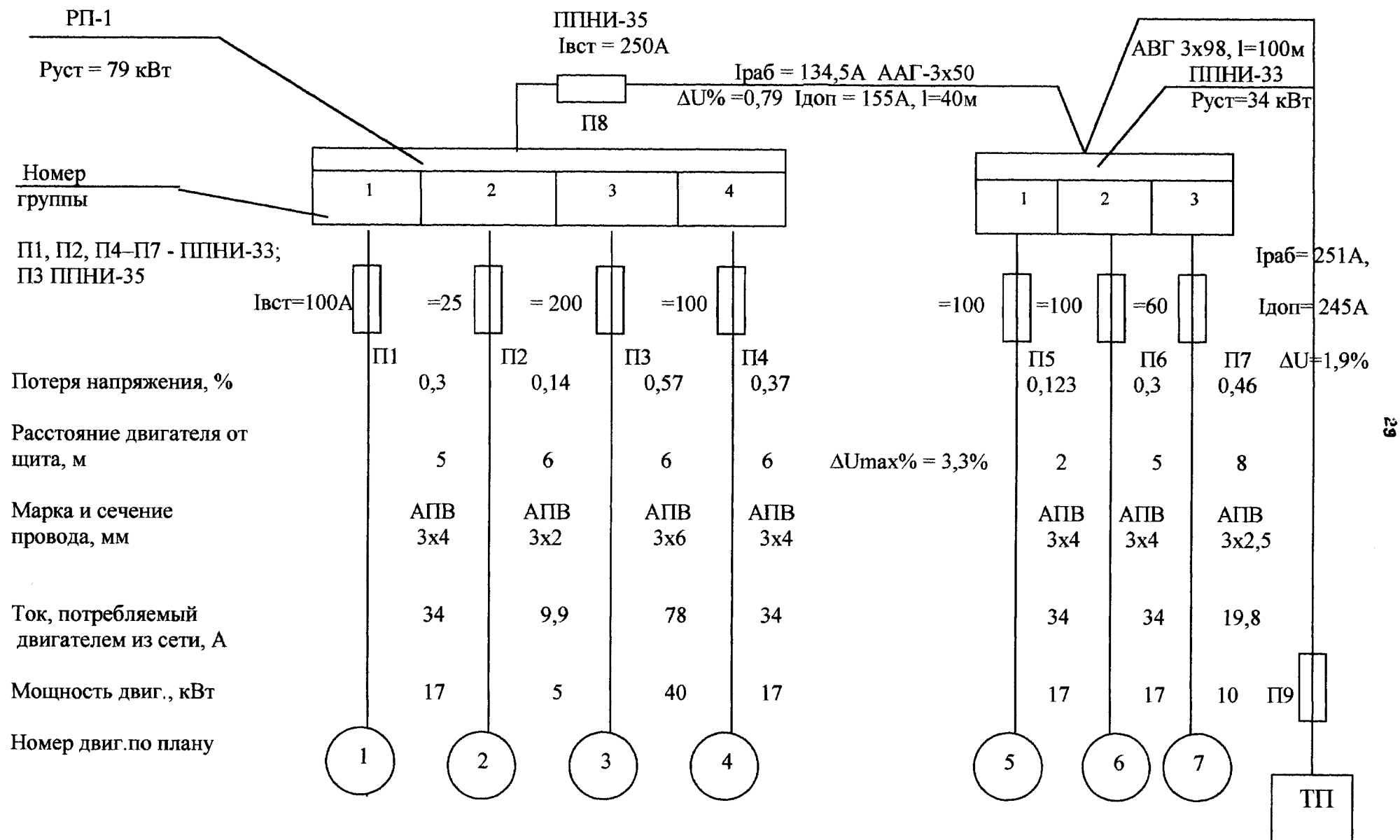


Рис. 3.2

Учебное издание

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Составитель МЕНЬШОВ Евгений Николаевич

Подписано в печать 29.09.2007. Формат 60х84/16.

Бумага тип. № 1. Усл. печ. л. 1,86. Тираж 100 экз.

Заказ 1270

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.
Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.