

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

**В. В. Шапоров**

## **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименной дисциплине  
для студентов специальности 1-53 01 05  
«Автоматизированные электроприводы»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2009**

УДК 621.311.031(075.8)  
ББК 31.29-5я73  
Ш23

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
факультета автоматизированных и информационных систем ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 9 от 12.05.2008 г..)*

Рецензент: доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*О. Г. Широков*

**Шапоров, В. В.**  
Ш23      Электроснабжение промышленных и транспортных установок : лаборатор. практикум по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / В. В. Шапоров. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 46 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит теоретический и практический материал, необходимый для изучения методов расчета и выбора схем электроснабжения цехов, выбора аппаратов управления и защиты, питающих кабелей и проводов.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.311.031(075.8)  
ББК 31.29-5я73**

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», 2009

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## ГРУППЫ СОЕДИНЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

### 1.1 Цель работы

Освоить методику экспериментального определения групп соединения трехфазных трансформаторов.

### 1.2 Теоретические сведения

Под группой соединения трехфазного трансформатора понимают угол между одноименными векторами линейных напряжений первичной и вторичной обмоток, выраженный в часах, причем вектор напряжения первичной обмотки представляет минутную стрелку часов, вектор вторичной обмотки – часовую. В обозначениях трехфазных трансформаторов указываются схема и группа соединения обмоток, например, Y/Y-10; Y/ $\Delta$ -1;  $\Delta$ / $\Delta$ -2 и т. д. Запрещается включать на параллельную работу трансформаторы, имеющие различные схемы и группы соединения обмоток. Группу соединения трансформатора можно определить как расчетным, так и экспериментальным путем.

### 1.3 Испытательный стенд

Испытательный стенд включает: АВ – регулятор напряжения РНТ-220-6  $I_n = 16$  А,  $U_{вых} = 0 \div 220$  В; Т – испытуемый трансформатор ТС 1,5/0,6;  $S_n = 1500$  ВА;  $U_{фвн} = 220$  В;  $U_{фнн} = 127$  В;  $U_k = 3,4$  %;  $P_0 = 40$  Вт;  $P_K = 50$  Вт;  $i_{xx} = 23$  %; РВ – вольтметр  $U_{вых} = 300$  В.

Схема лабораторного стенда приведена на рис. 1.1.

### 1.4 Выполнение опыта

1.1.1 Соединить обмотки трансформатора по схеме, заданной преподавателем, установив перемычку между выводами А и а.

1.1.2 Подать на первичную обмотку пониженное 100÷150В, удобное по технике безопасности, напряжение.

1.1.3 Измерив фазные и линейные напряжения обмоток трансформатора, убедиться в правильности выполненных соединений обмоток и симметричности подведенного с регулятора напряжения. Результаты занести в таблицу 4.1.

Таблица 1.1

$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_a$	$U_b$	$U_c$	$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{ca}$	$U_{Bb}$	$U_{Bc}$	$U_{Cb}$	$U_{Cc}$
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В

Измерить напряжение между выводами  $U_{Bb}$ ;  $U_{Bc}$ ;  $U_{Cb}$ ;  $U_{Cc}$ , данные измерений занести в таблицу 1.1.

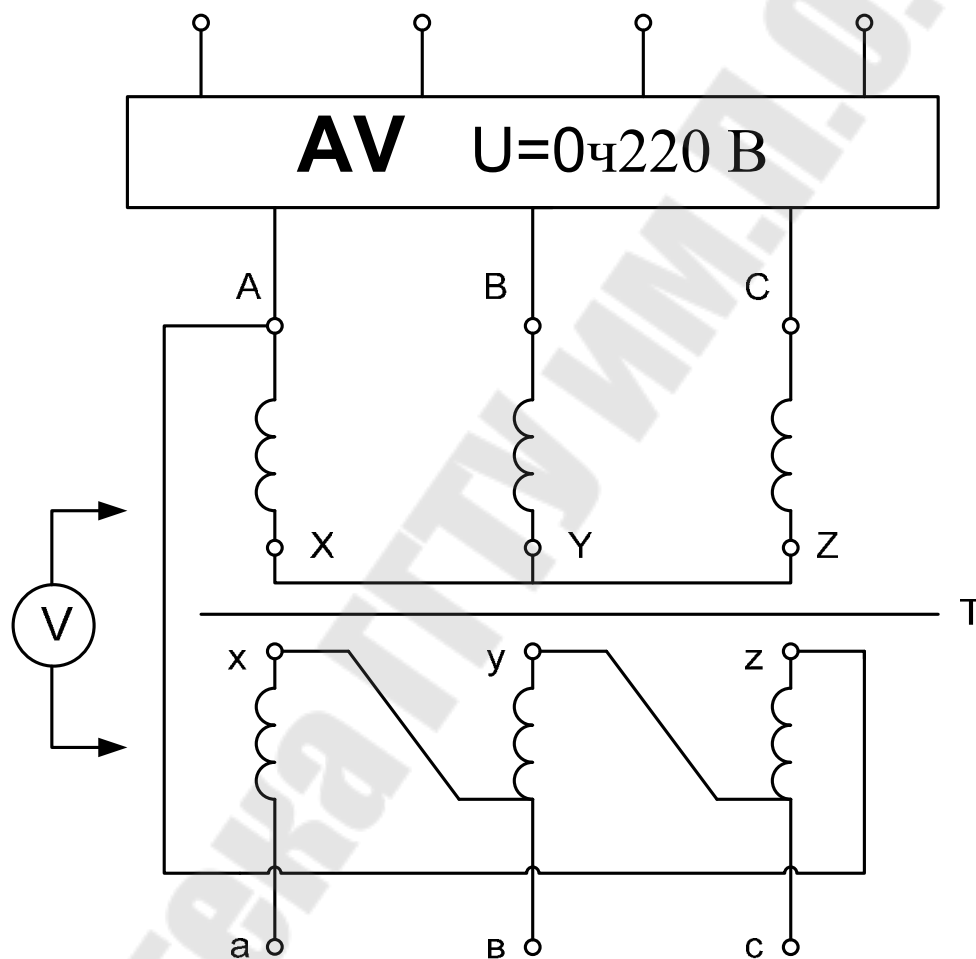


Рис.1.1. Схема лабораторного стенда

1.3.3 В выбранном масштабе строят векторную диаграмму фазных и линейных напряжений первичной обмотки трансформатора.

Совмещают точки **A** и **a** первичной и вторичной обмоток как имеющие равный потенциал. Циркулем с радиусами равными в масштабе  $U_{Bb}$  и  $U_{Cb}$  проводят окружности, их пересечение дает вершину **в** треугольника вторичных напряжений. Аналогично ( $U_{Bc}$  и  $U_{Cc}$ ) находят вершину **с**. Соединяя вершины, строят треугольник вторичных

напряжений. Далее определяют группу соединения трансформатора, вынося произвольную пару одноименных линейных напряжений первичной и вторичной обмоток. Пример построения показан на рис. 1.2.

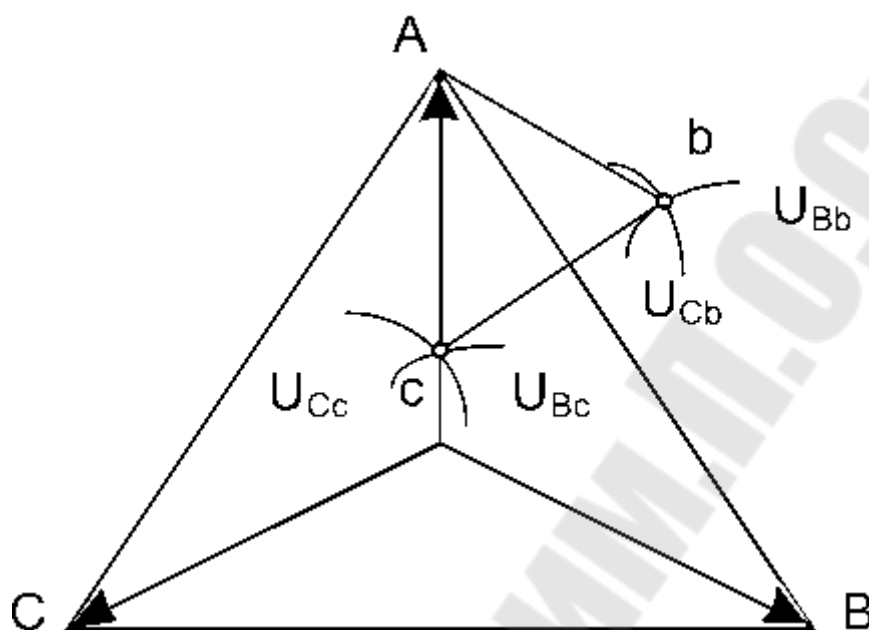


Рис. 1.2. Пример построения векторной диаграммы для определения группы соединения трансформатора

#### 1.4 Содержание отчета

Цель работы.

Схема испытательного стенда.

Таблица измеренных параметров.

Векторные диаграммы.

Определенная группа соединения.

#### 1.5 Зачетные вопросы

1. Как от схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора, зависит коэффициент трансформации линейных напряжений  $K_L$ .
2. Какие группы соединений могут быть образованы в трехфазных трансформаторах.
3. Каким образом определяют группы соединений обмоток трансформатора.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 РАБОТА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

### 2.1 Цель работы

Изучить эксплуатационные свойства двигателя при работе в аварийных режимах.

### 2.2 Теоретические сведения

Асинхронный двигатель потребляет ток с активной составляющей, пропорциональной нагрузке, и с реактивной составляющей, не зависящей от нагрузки. Если нагрузка двигателя значительно меньше номинальной, то активная составляющая потребляемого тока меньше реактивной составляющей. Такая работа одного или нескольких двигателей снижает способность сети пропускать полезную (активную) энергию.

Под действием тормозящего момента нагрузки ротор отстает от вращения магнитного поля. Это отставание, выраженное в относительных единицах называют скольжением:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} p, \quad n_1 = \frac{60f}{p};$$

где  $n_1 = 60 \cdot f / p$ ;  $n$  (об/мин) – синхронная частота вращения поля и частота вращения ротора, соответственно;  $f$  – частота сети;  $p$  – число пар полюсов, определяемое из обозначения двигателя, например, двигатель 4А71А4У3 имеет 4 полюса, а число пар полюсов  $p = 2$ , двигатель 4А100S2У3 имеет 2 полюса, т. е. одну пару полюсов.

Момент асинхронного двигателя пропорционален произведению магнитного потока на активную составляющую тока ротора, создаваемого этим потоком и скольжением. Это определяет следующие эксплуатационные особенности двигателя:

- если момент нагрузки увеличивает скольжение, то активная составляющая тока ротора и момент увеличиваются пропорционально нагрузке. Такая зависимость сохраняется до скольжения не больше критического  $S_{кр}$ , при котором двигатель развивает максимальный момент  $M_K$ ;

- с увеличением скольжения больше критического ток ротора увеличивается за счет реактивной составляющей, так как относительное значение индуктивного сопротивления увеличивается  $X_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot L_2$ , где  $f_2 = S \cdot f_1$ , а активная составляющая тока ротора и момент уменьшаются. Уменьшение момента двигателя при увеличении скольжения и тока называется опрокидыванием. При этом момент нагрузки останавливает двигатель;

- при пуске, когда  $S = 1$ , двигатель потребляет  $4 \div 7$  - кратный ток с относительно малой активной составляющей и развивает малый пусковой момент  $1,2 \div 2,0 M_k$ . Из-за малого пускового момента процесс пуска асинхронного двигателя затягивается, а большой пусковой ток снижает напряжение, что неблагоприятно для соседних потребителей.

- уменьшение напряжения уменьшает магнитный поток и ток ротора, а момент, пропорциональный их произведению, уменьшается пропорционально квадрату напряжения. (Если момент нагрузки меньше критического, то с уменьшением напряжения двигатель сохраняет свой момент за счет увеличения скольжения).

Для современных двигателей применяют прямой пуск, так как в них за счет эффекта вытеснения в стержнях ротора увеличена активная составляющая тока ротора, а за счет эффекта насыщения зубцов уменьшается реактивная составляющая токов. В специальных случаях применяют пуск двигателя с понижением напряжения при помощи автотрансформатора, переключения обмотки с  $Y$  на  $\Delta$  и т. п. Общий недостаток этих способов – уменьшение пускового момента.

### 2.3 Испытательная установка

Схема испытательной установки представлена на рис. 2.1.

Испытательная установка включает:  $AV$  – регулятор напряжения РНТ-220-6  $I_n = 16$  А;  $U_{вых} = 0-220$  В;  $M$  – испытуемый двигатель 4А71А4УЗ  $U = 80/220$ В;  $n_n = 1480$  об/мин;  $P_n = 0,55$  кВт;  $\eta = 0,88$ ;  $\cos\varphi = 0,85$ ;  $TM$  – тормоз Панасенкова;  $R_p$  – реостат 500 Ом, 0,5 А;  $PA$  – амперметр  $I = 5$  А;  $PV$  – вольтметр  $U = 250$  В;  $PW$  – трехфазный ваттметр;  $P_n$  – тахометр цифровой ЦАТ-2М.

Обмотка статора соединяется в треугольник ( $\Delta$ ).

**Меры предосторожности.** Перед каждым запуском выводите регулятор напряжения на минимум.

Во избежание перегрева двигателя ограничивайте время его работы с током больше номинального.

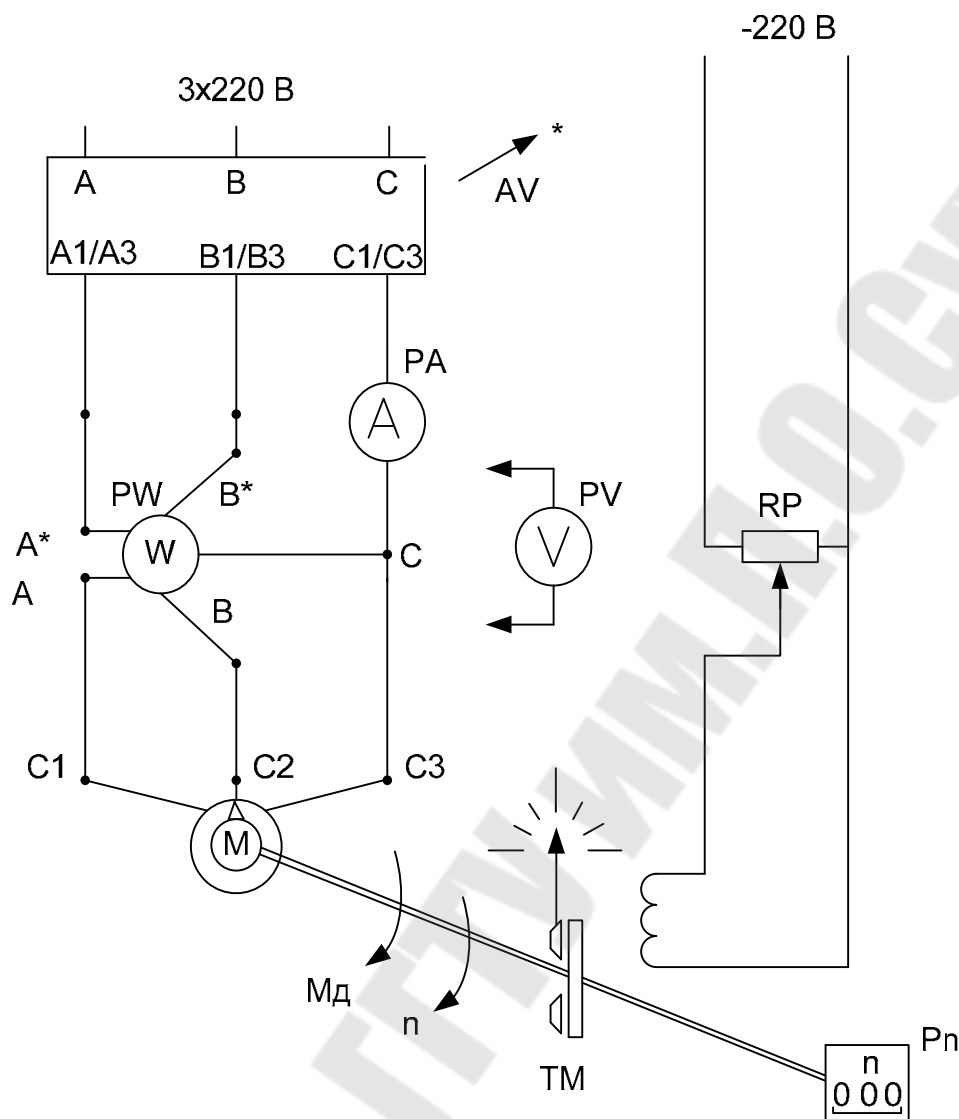


Рис. 2.1. Электрическая схема лабораторной испытательной установки

## 2.4 Измерение рабочей характеристики

Запустите двигатель, вольтметром PV проверьте симметрию линейных напряжений, которая должна быть не хуже 3 %.

Равномерно изменяя момент от нуля до максимального и поддерживая регулятором AV неизменное напряжение  $U_{In}$  по 5 ÷ 7 режимам, определите рабочую характеристику двигателя. Данные измерений занесите в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$P_1$ , Вт	$I_{1л}$ , А	$I_1$ , А	$P_2$ , Вт	$\eta$	$M$ , Н·м	$S$	$\cos\varphi$



Примечание: Напряжение  $U_{I_n}$  задает преподаватель из ряда: 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240 В.

Расчетные формулы к таблице 2.1:

$$I_l = I_{l_n} / \sqrt{3} \text{ (А)} - \text{фазный ток статора};$$

$$\cos\varphi_l = \frac{P_l}{3 \cdot U_l \cdot I_l}, \quad \eta = \frac{P_2}{P_l} - \text{КПД};$$

$$P_2 = \frac{\pi}{30} n M \text{ (Вт)} - \text{отдаваемая мощность}; \quad S = \frac{n_l - n}{n_l} - \text{скольжение}.$$

По результатам таблицы 2.1. постройте график рабочей характеристики двигателя  $I_l$ ,  $M$ ,  $\cos\varphi$ ,  $\eta$ ,  $S = f(P_2)$  при  $U_{I_n} = \text{В}$ ;  $f_l = 50$  Гц.

## **2.5 Измерение рабочей характеристики при пониженном напряжении**

Запустите двигатель при номинальном напряжении, уменьшите напряжение  $U_l$  до 150÷160 В. Выполнить П. 2.4 Данные измерений занести в табл. 2.1.

## **2.6 Измерение рабочей характеристики при отключении одной из фаз**

Запустите двигатель при номинальном напряжении, произвести отключение одной из фаз, питающих двигатель и выполнить П. 2.4 данные измерений занести в табл. 2.1.

## **2.7 Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Схема испытаний
3. Таблица измерений рабочей характеристики с расчетными формулами и график.

## **2.8 Зачетные вопросы**

1. Почему при уменьшении нагрузки КПД и коэффициент мощности двигателя уменьшаются?
2. Почему экономически невыгодна работа двигателя при малой нагрузке и перегрузке?

3. Почему с увеличением нагрузки уменьшается частота вращения двигателя?
4. Как изменяются эксплуатационные свойства двигателя при повышении (понижении) напряжения?
5. Почему при обрыве одной из фаз двигатель не развивает пусковой момент?
6. Почему при обрыве одной из фаз двигатель потребляет из сети больший ток, чем при такой же нагрузке в трехфазном режиме.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

## РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

### В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

#### МЕТОДОМ УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИАГРАММ

### 3.1 Цель работы

Освоить методику расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

### 3.2 Краткие теоретические сведения

Расчетная нагрузка по допустимому нагреву представляет собой такую условную длительную неизменную нагрузку, которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

В соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 расчетная активная мощность группы электроприемников (количество электроприемников в группе более одного) на напряжении до 1 кВ определяется по выражению

$$P_p = K_p \sum_{i=1}^n k_{ni} p_{ni}, \quad (3.1)$$

где  $K_p$  – коэффициент расчетной нагрузки.

Групповой коэффициент использования

$$K_{ni} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{ni} p_{ni}}{\sum p_{ni}}. \quad (3.2)$$

Значение  $K_p$  зависит от эффективного числа электроприемников ( $n_{\text{э}}$ ), группового коэффициента использования ( $K_{ni}$ ), а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки. В методике расчета приняты следующие значения постоянной времени нагрева ( $T_0$ ):  $T_0 = 10$  мин – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения  $K_p$  для этих сетей принимаются по табл. 3.1;  $T_0 = 2,5$  ч – для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значения  $K_p$  для этих сетей принимаются по табл. 3.2.

Таблица 3.1

**Значения коэффициентов расчетной нагрузки  $K_p$  для питающих сетей напряжением до 1 кВ для постоянной времени нагрева**

$$T_0 = 10 \text{ мин}$$

$n_3$	Коэффициент использования $K_n$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
2	8,0	5,3	4,0	2,66	2,0	1,6	1,33	1,14	1,0
3	4,52	3,2	2,55	1,9	1,56	1,41	1,28	1,14	1,0
4	3,42	2,47	2,0	1,53	1,3	1,24	1,14	1,08	1,0
5	2,84	2,1	1,78	1,34	1,16	1,15	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,12	1,06	1,01	1,0
7	2,5	1,96	1,54	1,25	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,26	1,7	1,43	1,16	1,08	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,06	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,6	1,35	1,1	1,05	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,04	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,98	1,52	1,29	1,06	1,03	1,02	1,0	1,0	1,0
14	1,93	1,49	1,27	1,05	1,02	1,01	1,0	1,0	1,0
15	1,9	1,46	1,25	1,03	1,01	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,38	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,34	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,7	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,66	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,65	1,29	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Эффективное число электроприемников  $n_3$  – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников. Величина  $n_3$  определяется по выражению:

$$n_3 = \frac{(\sum p_n)^2}{\sum p_n^2}. \quad (3.3)$$

Таблица 3.2

**Значения коэффициентов расчетной нагрузки  $K_p$  на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ**

$n_3$	Коэффициент использования $K_n$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6 - 8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9 - 10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10 - 25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25 - 50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

В случаях, когда расчетная мощность  $P_p$ , вычисленная по выражению (3.1), окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника ( $p_{н.макс}$ ), следует принимать  $P_p = p_{н.макс}$ .

Расчетная реактивная мощность определяется следующим образом:

- для питающих сетей (питающие распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты) в зависимости от значения  $n_3$ :

при  $n_3 \leq 10$

$$Q_p = 1,1 \sum_{i=1}^n k_{ni} p_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i; \quad (3.4)$$

при  $n_3 > 10$

Таблица 3.3

**Коэффициенты использования и мощности некоторых  
механизмов и аппаратов**

Электроприемники	Коэффициенты	
	исполь- зования, ( $k_n$ )	мощно- сти ( $\cos\varphi$ )
1. Металлорежущие станки мелкосерийного производства, мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные и др.	0,12 - 0,14	0,4 - 0,5
2. То же при крупносерийном производстве	0,16	0,5-0,6
3. То же при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки	0,17	0,65
4. То же с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, волоочильных станков, очистительных барабанов и др.	0,2 - 0,24	0,65
5. Многошпиндельные автоматы	0,2	0,6
6. Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0,15 - 0,35	0,5
7. Вентиляторы, санитарно-гигиеническая вентиляция	0,65 – 0,8	0,8
8. Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	0,85
9. Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0,2	0,4
10. Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75 – 0,8	1,0
11. Индукционные печи низкой частоты	-	0,35
12. Индукционные печи высокой частоты	-	0,65 – 0,8
13. Элеваторы, транспортеры, конвейеры	0,4 – 0,55	0,75
14. Дуговые сталеплавильные печи	0,5 – 0,75	0,8 – 0,9
15. Гальванические установки	0,4 – 0,5	0,6 – 0,8

$$Q_p = \sum_1^n k_{ni} p_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i ; \quad (3.5)$$

- для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу:

$$Q_p = K_p \sum_1^n k_{ni} p_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i ; \quad (3.6)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_i$  – коэффициент реактивной мощности  $i$ -го электроприемника, принимаемый по табл. 3.3 по значению  $\cos \varphi$ .

При определении  $p_n$  для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность приводится к длительному режиму ( $P_B=100\%$ ).

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью

$$p_n = 3p_{n.o} ; q_n = 3q_{n.o} , \quad (3.7)$$

где  $p_{n.o}$ ,  $q_{n.o}$  – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью

$$p_n = \sqrt{3}p_{n.o} ; q_n = \sqrt{3}q_{n.o} . \quad (3.8)$$

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15 % по отношению к общей мощности (трехфазных и однофазных ЭП в группе), они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью.

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены расчетные осветительные нагрузки  $P_{p.o}$  и  $Q_{p.o}$ .

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

Таблица 3.4

## Исходные данные

Номер вари- анта	Номера потребителей, присоединенных к силовому шкафу		Расчетная осветительная нагрузка	
	ШР1	ШР2	$P_{p0}$ , кВт	$Q_{p0}$ , квар
0	1-3, 11, 12, 101	71-75	3,5	0,5
1	111-115	101-106	10,5	-
2	1, 11, 41, 81, 101	12, 13, 91, 62	28,8	4,6
3	21-26, 31-33	1-5, 91	36,9	14,1
4	111-113, 91, 1, 21	61-63, 71, 76	54,2	12,3
5	101-103, 91, 92	81-86	9,5	-
6	7, 14, 71-73	21-24, 47-49	8,0	-
7	29-30, 41	1-4, 11-13	21,5	7,9
8	4, 6, 8, 9, 13	28, 32, 48, 61, 92	31,8	6,5
9	11-18	21-25, 94	4,5	1,1
10	5, 7-10	21, 91, 102-104	3,9	-
11	2-4, 21-26	5, 27, 17, 101	14,6	3,5
12	10, 11-13, 101	14-16, 91-92	21,8	5,6
13	6, 16, 26-30	31, 41, 61, 71	15,1	2,8
14	14-18, 21-23	81-86, 93	3,6	1,2
15	7, 8, 81, 93, 101	6, 21, 41, 51, 71	5,9	2,3
16	9, 71-73, 104	7, 11-14, 51	7,8	1,9
17	12, 94, 103-106	1-3, 28-30	5,6	1,5
18	13, 84, 93, 102, 103	12, 15, 1, 26	3,9	-
19	19, 94, 101-105	3-5, 13-15	8,0	-
20	61-64, 71-76	77-80, 101, 91	11,5	-
21	51, 62, 72, 83, 93, 102	1-4, 19, 20, 30	18,1	4,9
22	30, 65-70	80, 85-90, 110	13,6	2,5
23	91, 92, 101-105	116-120, 11	4,5	-
24	2, 15, 22, 38	1, 12-14, 35-37	7	-
25	4-6, 16-18	7-10, 101-104	6,5	1,5



$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}, \quad (3.9)$$

где  $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$  – полная расчетная мощность узла нагрузки, кВт·А.

**Пример.** Необходимо определить расчетную электрическую нагрузку участка (цеха) и характерных узлов сети - двух силовых распределительных шкафов (ШР1 и ШР2). В табл. 3.4 в соответствии с вариантом задания указаны номера электроприемников (потребителей), которые запитаны от ШР1 и ШР2. В графах 4 и 5 таблицы приведены расчетные активная и реактивная нагрузки освещения. В табл. 3.5 дается краткая характеристика потребителей (наименование, установленная мощность) участка цеха.

Для иллюстрации расчетные нагрузки определены по исходным данным 0-го варианта табл. 3.4; 3.5). Расчет нагрузки выполнен в виде таблицы 3.6. В первой графе указываются наименования сетевых узлов (ШР1, ШР2, осветительная нагрузка) и номера ЭП из таблицы 3.4 в соответствии с вариантом задания, указанным преподавателем.

Таблица 3.5

#### Исходные данные

Номера потребителей	Установленная мощность единичного потребителя, кВт	Наименование потребителей
1-10	7	Токарные станки
11-20	3	Сверлильные станки
21-30	2,5	Точильное оборудование
31-40	10,5	Штамповочные прессы
41-50	14	Строгальные станки
51-60	8,5	Револьверные станки
61-70	2,8	Шлифовальные станки
71-80	4,5	Фрезерные станки
81-90	3,5	Печи сопротивления
91-100	4 кВт·А	Сварочные трансформаторы
101-110	5	Насосы
111-120	1,5	Вентиляторы

В графе 2 приводятся наименования ЭП из таблицы 3.5 в соответствии с их номерами.

В графе 3 - количество ЭП одинаковой мощности

В графе 4 - номинальная установленная мощность одного (единичного) ЭП.

В графе 5 - суммарная номинальная мощность.

В графах 6, 7 и 8 записываются справочные данные из табл. 3.3. В итоговой строке в графе 6 указывается значение группового коэффициента использования  $(K_{\text{и}} = \frac{\sum k_{\text{и}} p_{\text{н}}}{\sum p_{\text{н}}})$ , в графе 7  $\text{tg}\varphi$

$(\text{tg}\varphi = \frac{Q_{\text{см}}}{P_{\text{см}}} = \frac{\sum k_{\text{и}} p_{\text{н}} \text{tg}\varphi}{\sum k_{\text{и}} p_{\text{н}}})$  и в графе 8 соответствующий ему  $\cos\varphi$ .

В графах 9 и 10 - соответственно значения  $k_{\text{и}} p_{\text{н}}$  и  $k_{\text{и}} p_{\text{н}} \text{tg}\varphi$  в итоговых строках приводятся суммы этих значений.

В графах 11, 12, 13, 14, 15, 16 заполняются только итоговые строки. В графе 11 значение, вычисленное по 3.3. В графе 12 указываются значения, принятые по табл. 3.1 или 3.2.

В графах 13, 14, 15, 16 значения, вычисленные соответственно по выражениям 3.1; 3.4 или 3.5 или 3.6; 3.9.

### Задание № 3.1

По исходным данным табл. 3.4 и 3.5 в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, определить расчетную нагрузку производственного участка, силовых шкафов ШР1 и ШР2. Расчеты выполнить в форме табл. 3.6.

### 3.3 Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация графиков нагрузок.
2. Показатели, характеризующие приемники электрической энергии.

Таблица 3.6.

## Данные для расчета электрических нагрузок

Наименование узла сети, номер ЭП	Наименование ЭП	Количество ЭП, n	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент использования $K_n$	Коэффициент ре- активной мощности		$K_n P_n$	$K_n P_n \text{tg}\varphi$	Эффек- тивное чис- ло ЭП $n_9 = \frac{(\sum p_n)^2}{\sum p_n^2}$	Коэффициент расчетной нагрузки, $K_p$	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
			од- ного ЭП, $p_n$	общая $P_n = n \cdot p_n$		$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$					активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВ·А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШР 1-3 11,12 101	Токарный станок	3	7	21	0,14	0,5	1,732	2,94	5,0						
	Сверлильный станок	2	3	6	0,13	0,5	1,752	0,781	1,35						
	Насос	1	5	5	0,7	0,85	0,62	3,5	2,17						
	<b>Итого по ШР1</b>			32	0,23	0,65	1,18	7,22	8,52	5	1,65	11,9	9,37	15,1	22,9
ШР2 71-75	Фрезерный станок	5	4,5	22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68						
<b>Итого по ШР2</b>				22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68	5	2,54	6,86	5,15	8,58	13,0
Осветительная нагрузка															
Итого по участку				54,5	0,18	0,6	1,33	9,92	13,2	10	1,5	18,76	14,52	23,68	35,9

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК УПРОЩЕННЫМИ МЕТОДАМИ

### 4.1 Цель работы

Освоить методику определения расчетных электрических нагрузок упрощенными методами

### 4.2 Краткие теоретические сведения

К упрощенным методам определения расчетных нагрузок относятся: а) метод удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции или выполняемой работы; б) метод коэффициента спроса ( $K_c$ ); в) метод удельной мощности на единицу площади.

**Метод удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции или работы.** Согласно этому методу расчетная нагрузка определяется по формулам:

$$P_p = P_c = \Pi w_0 / T ; \quad (4.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi , \quad (4.2)$$

где  $\Pi$  – количество продукции (или объем работы), выпускаемой (или выполняемой) за время  $T$ ;

$w_0$  – удельный расход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции или выполняемой работы;

$\operatorname{tg} \varphi$  – средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{V_T}{W_T} , \quad (4.3)$$

где  $V_T$ ,  $W_T$  – расходы соответственно реактивной и активной энергии за время  $T$ .

Метод удельного расхода электроэнергии рекомендуется применять при достаточно устойчивых значениях  $w_0$  и наличии соответствующей базы данных об электропотреблении (удельных норм расхода электроэнергии).

**Метод коэффициента спроса ( $K_c$ ).** Расчетную нагрузку группы однородных по режиму работы электроприемников определяют по формулам:

$$P_p = K_c \cdot P_n ; \quad (4.4)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi , \quad (4.5)$$

где  $K_c$  и  $\operatorname{tg} \varphi$  принимаются для характерной группы электроприемников по справочным материалам.

Основной недостаток данного метода состоит в том, что величина коэффициента спроса принимается одинаковой для всех электроприемников. Такое допущение возможно только при высоких значениях коэффициентов использования и эффективного числа электроприемников.

Данный метод рекомендуется применять при отсутствии конкретных данных об электроприемниках, наличии их суммарной установленной мощности по цеху (участку) и общего характерного режима их работы.

**Метод удельной мощности на единицу площади.** Расчетная нагрузка по данному методу определяется по одной из следующих формул:

$$P_p = p_{\text{уд.р}} F ; \quad (4.6)$$

$$P_p = p_{\text{уд.уст}} F K_c ; \quad (4.7)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi , \quad (4.8)$$

где  $p_{\text{уд.р}}$  – удельная расчетная активная мощность на единицу площади, кВт/м<sup>2</sup>;

$p_{\text{уд.уст}}$  – удельная установленная активная мощность на единицу площади, кВт/м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь размещения электроприемников, м<sup>2</sup>.

Этот метод рекомендуется применять при относительно равномерном распределении электроприемников по площади помещения. Наиболее точные результаты получаются при большом количестве электроприемников и малой их мощности.

Характерным примером применения формулы (4.7) является определение расчетной нагрузки от источников света при общей равномерной системе освещения.

Формула (2.6) применяется для определения нагрузки жилых домов микрорайона (квартала). В этом случае под  $p_{уд.р}$  понимается удельная расчетная нагрузка жилых домов, а под  $F$  – общая площадь жилых домов микрорайона (квартала).

Расчетная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников)  $P_{р.ж.д.}$  определяется по формуле:

$$P_{р.ж.д.} = p_{кв.уд} \cdot n + 0,9 \left( K'_c \sum_1^{n_{л}} p_{л_i} + K''_c \sum_1^m p_{ст.у_i} \right), \quad (4.9)$$

где  $p_{кв.уд}$  – удельная расчетная электрическая нагрузка квартир;  $n$  – количество квартир;

0,9 – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников;

$p_{л_i}$  – установленная мощность электродвигателя лифта;

$n_{л}$  – количество лифтовых установок;

$p_{ст.у_i}$ ,  $m$  – соответственно мощность и количество электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств;

$K'_c$ ,  $K''_c$  – коэффициенты спроса.

Расчетная электрическая нагрузка линии до 1 кВ (или на шинах 0,4 кВ ТП) при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий определяется по формуле:

$$P_{рл} = P_{зд.мах} + \sum_1^n K_{у_i} P_{зд_i}, \quad (4.10)$$

где  $P_{зд.мах}$  – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии;

$P_{зд_i}$  – расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии;

$K_{у_i}$  – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий и (или) жилых домов.

Расчетные электрические нагрузки общественных зданий принимаются по проектам электрооборудования этих зданий или по укрупненным удельным расчетным нагрузкам по формулам (4.6), (4.8).

Расчетная электрическая нагрузка в системах электроснабжения на уровнях напряжением выше 1 кВ (РП, ГПП и др.) определяется по формулам:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_{pн} + \sum P_{pв} + \Delta P_T + \Delta P_L) K_\Sigma; \quad (4.11)$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_{pн} + \sum Q_{pв} + \Delta Q_T + \Delta Q_L) K_\Sigma; \quad (4.12)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2}; \quad (4.13)$$

где  $\sum P_{pн}, \sum Q_{pн}$  – суммы расчетных соответственно активных и реактивных мощностей на напряжении до 1 кВ;

$\sum P_{pв}, \sum Q_{pв}$  – суммы расчетных соответственно активных и реактивных мощностей на напряжении выше 1 кВ (высоковольтных потребителей);

$\Delta P_T, \Delta Q_T$  – потери мощности соответственно активные и реактивные в силовых трансформаторах 6÷35 кВ (до окончательного выбора мощности трансформаторов можно принимать  $\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{pн}$ ;

$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{pн}$ , где  $S_{pн} = \sqrt{(\sum P_{pн})^2 + (\sum Q_{pн})^2}$ );

$\Delta P_L, \Delta Q_L$  – потери мощности соответственно активные и реактивные в высоковольтных линиях (линиях питающих ТП 6÷35 кВ) (до окончательного выбора параметров линий электропередачи можно принимать  $\Delta P_L = 0,03 \cdot S_{pн}$ ;  $\Delta Q_L \approx 0$  – для кабельных линий электропередачи;  $\Delta Q_T = (0,02 \dots 0,03) S_{pн}$  – для воздушных линий электропередачи);

$K_\Sigma$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки ( $K_\Sigma = 0,85 \dots 0,95$ ).

**Пример** определения расчетной нагрузки распределительной подстанции (РП-10 кВ).

От РП питаются три цеха, установленные мощности, которых приведены в табл. 4.1 (для примера приняты исходные данные для 0-го варианта задания). В табл. 4.2 в соответствии с номером цеха

указаны его наименование, размеры (длина, ширина), средние коэффициенты спроса силовой и осветительной нагрузок, коэффициент мощности нагрузки, удельная установленная осветительная нагрузка. Определение расчетной нагрузки выполнено в виде табл. 4.3

В примечаниях к табл. 4.3 указаны основные формулы, по которым выполнялся расчет. Приведены расчеты потерь мощности в линиях и трансформаторах внутризаводской электрической сети и определение полной расчетной мощности РП.

Таблица 4.1

**Исходные данные**

№ вари- анта	Установленная мощность цеха (потребителя), кВт						
	Номер цеха по табл. 4.3						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-	2800	-	3600	600	-	-
1	4600	-	1800	-	-	900	-
2	-	-	2500	4000	-	-	100
3	2900	1900	-	-	300	-	-
4	-	-	950	-	-	300	50
5	1850	-	-	2200	-	400	-
6	-	1500	-	-	200	-	30
7	-	-	1400	-	250	500	-
8	3100	2200	-	2900	-	-	-
9	-	-	1000	-	150	300	-
10	2700	-	2100	-	-	-	75
11	-	3000	-	2500	-	700	-
12	-	-	3200	-	185	-	90
13	-	-	-	4500	120	1200	-
14	5200	3600	-	-	-	-	60
15	-	-	5800	3900	-	1100	-
16	-	4200	-	-	280	-	50
17	3500	-	4100	-	-	800	-
18	-	2800	-	5200	-	-	40
19	2100	-	1500	-	120	-	-
20	-	1900	-	2600	-	600	-
21	2800	1800	1100	-	-	-	-
22	-	-	-	4800	400	-	20
23	4100	2600	-	-	-	1300	-
24	-	1500	2000	-	-	600	-



25	1900	-	-	2600	-	-	70
----	------	---	---	------	---	---	----

Таблица 4.2

## Исходные данные

№ цеха	Наименование цеха (потребителя)	Длина, ширина, м	Силовая нагрузка		Осветительная нагрузка	
			$K_c$	$\cos \varphi$	$K_{co}$	$P_{уд.уст2}$ Вт/м <sup>2</sup>
1	Кузнечно-прессовый	120×80	0,25	0,65	0,8	17,6
2	Механосборочный	100×30	0,6	0,75	0,95	25,5
3	Механический	80×50	0,3	0,6	0,85	18,9
4	Главный корпус	75×28	0,5	0,7	0,95	20,1
5	Заводоуправление	35×30	0,8	0,9	0,95	30,0
6	Блок вспомогательных цехов	60×40	0,4	0,5	0,9	19,2
7	Склад	100×50	0,55	0,7	0,8	16,2

## Задание № 4.1

В соответствии с вариантом задания, указанным преподавателем по табл. 4.1 необходимо определить расчетную нагрузку распределительной подстанции, от которой питаются три потребителя. Результаты расчетов оформить в виде табл. 4.3.

## 4.3 Контрольные вопросы

1. Перечислить основные методы определения расчетных нагрузок.
2. Перечислить вспомогательные методы определения расчетных нагрузок.
3. Определение расчетной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса.
4. Определение расчетной нагрузки по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции.

Таблица 4.3

## Результаты расчета

№ це- ха	Наименование цеха	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Совместная силовая и осветительная нагрузки		
		$P_n$ , кВт	$K_c$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{pc}$ , кВт	$Q_{pc}$ , квар	$F_1$ , м <sup>2</sup>	$P_{уд.уст}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$K_{co}$	$P_{но}$ , кВт	$P_{p.o}$ , кВт	$P_{pc}+P_{po}$ , кВт	$Q_{pc}$ , квар	$S_p$ , кВ·А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Механосборочный	2800	0,6	0,75	0,88	1680	1478,4	3000	25,5	0,95	76,5	72,7	1752,7	1478,4	2292,9
4	Главный корпус	3600	0,5	0,7	1,0	1800	1800	2100	20,1	0,95	42,2	40,1	1840,1	1800	2574,0
5	Заводоуправление	600	0,8	0,9	0,48	480	230,4	1050	30,0	0,95	31,5	29,9	509,9	230,4	559,5
Итого													4102,7	3508,8	5398,5
Итого по РП с учетом потерь													4154,1	3846,3	5661,3

Примечания:  $P_{pc} = K_c P_n$ ;  $Q_{pc} = P_{pc} \operatorname{tg}\varphi$ ;  $S_p = \sqrt{(P_{pc} + P_{po})^2 + Q_{pc}^2}$ ;

$$P_{но} = p_{уд.уст} \cdot F; P_{po} = K_{co} \cdot P_{но};$$

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_{pn} + \Delta P_T + \Delta P_L) \cdot K_{\Sigma}; Q_{p\Sigma} = (\sum Q_{pn} + \Delta Q_T) K_{\Sigma};$$

$$\Delta P_T = 0,02 S_{pn}; \Delta P_T = 0,02 \cdot 5398,5 = 108 \text{ кВт}; \Delta Q_T = 0,1 S_{pn}; \Delta Q_T = 0,1 \cdot 5398,5 = 539,9 \text{ квар};$$

$$\Delta P_L = 0,03 S_{pn}; \Delta P_L = 0,03 \cdot 5398,5 = 162 \text{ кВт};$$

$$S_{pn} = \sqrt{(1840,1 + 1752,7 + 509,9)^2 + (1800 + 1478,4 + 230,4)^2} = 5398,5 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$P_{p.pn} = (4102,7 + 108 + 162) \cdot 0,95 = 4154,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.pn} = (3508,8 + 539,9) \cdot 0,95 = 3846,3 \text{ квар}; S_{p.pn} = \sqrt{4154,1^2 + 3846,3^2} = 5661,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5**

### **ЭЛЕМЕНТЫ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ИХ ВЫБОР**

#### **5.1 Цель работы**

Ознакомиться с основными элементами цеховых электрических сетей, приобрести практические навыки их выбора на конкретном примере.

#### **5.2 Введение. Элементы цехового электроснабжения**

Цеховое электроснабжение, как правило, осуществляется при напряжении до 1 кВ. Сети внутрицехового электроснабжения существенно различаются по конфигурации, конструктивному исполнению, и это зависит от числа и мощности питаемых приемников, их распределения на плане цеха, требований окружающей среды, технологии производства.

В цеховые электрические сети закладывается огромное количество проводниковых материалов и коммутационной аппаратуры, и от того, насколько грамотным было проектирование, в дальнейшем зависят показатели экономичности, надежности и безопасности эксплуатации.

На участках схемы цеховой электрической сети для распределения электроэнергии между отдельными электроприемниками или их группами устанавливаются распределительные силовые шкафы и шинопроводы, ящики управления, щитки и т. п.

#### **5.3 Распределительные шинопроводы**

Шинопроводы применяются для питания электроприемников одной технологической линии (например, сборочный конвейер), сосредоточенного большого числа электроприемников, выделенных в группу. Для удобства эксплуатации шинопроводы прокладываются над оборудованием, крепятся на стойках или на тросах, на высоте 2,5-3 м.

Шинопроводы по исполнению могут быть:

- открытыми – шины на изоляторах;
- защищенными – открытые шинопроводы, защищенные сеткой или коробом из перфорированных листов;

– закрытыми – комплектные шинопроводы.

Электроприемники подключаются к ответвительным коробкам, равномерно расположенным по длине шинопровода.

Номенклатура ответвительных коробок распределительных шинопроводов приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1

### Номенклатура ответвительных коробок

№ п/п	Тип коробки	Наименование	
		аппарата в коробке	шинопровода
1	У2031У3	Коробка ответвительная с предохранителем ПН-100 на 100 А.	ШРА4 – 250 – 400-32-1У3 – 600
2	У2032У3	Коробки ответвительные на ток, А: <b>160 А</b>  <b>250 А</b>	ШРА4 – 250 – 400-32-1У3 – 600
3	У2033У3		ШРА4 – 400-32-1У3 – 630
4	У2034У3	Коробки ответвительные с автоматическими выключателями: <b>А 3710 на 160 А</b>  <b>А 3720 на 250 А</b>  <b>АЕ 2050 на 100 А</b>	ШРА4 – 250 – 400-32-1У3 – 630
5	У2035У3		ШРА4 – 400-32-1У3 – 630
6	У2038У3		– 250 ШРА4 – 400-32-1У3 – 630
7	У2829МУ3	Коробки ответвительные 380 В с предохранителем 25 А	ШРА4 -100-44-1У3
8	У2829МУ3	Коробки ответвительные с автоматическим выключателем АЕ 2033, 25 А	ШРА4 -100-44-1У3
9	У1970МУ3	Штепсели 10 А	ШРА4 -100-44-1У3
	У1970МУ3	Штепсели 25 А*	ШРА4 -100-44-1У3

\* Штепсель можно использовать для присоединения как однофазных, так и трехфазных приемников электроэнергии.

## 5.4 Распределительные шкафы и ящики

На участках цеха для распределения электроэнергии, поступающей по питающим линиям, между группами силовых электроприемников, устанавливаются распределительные силовые шкафы.

Для управления отдельными электроприемниками, например, кранами, устанавливаются ящики управления.

В этих устройствах (силовые шкафы и ящики управления) сосредоточена коммутационно-защитная аппаратура (рубильники, предохранители, автоматические выключатели), предназначенная для управления электроприемниками напряжением до 1 кВ, и их защиты от коротких замыканий и перегрузки.

Выбор распределительных силовых шкафов и ящиков осуществляется в зависимости от:

- расчетного тока группы электроприемников;
- количества присоединяемых ответвлений;
- значений пиковых токов присоединений.

Номенклатура выпускаемых распределительных шкафов и коммутационных ящиков представлена в приложении.

## 5.5 Выбор шкафов и шинопроводов распределительных

Условия выбора:

$$1. I_{\text{расч}} < I_{\text{ном}}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{расч}}$  – расчетный ток группы электроприемников (табл. 4.2);

$I_{\text{ном}}$  – номинальный ток шинопровода (шкафа) распределительного.

$$2. n_{\text{эп}} \leq n_{\text{ш}} \quad (2)$$

где  $n_{\text{эп}}$  – количество электроприемников группы;

$n_{\text{ш}}$  – количество возможных присоединений к шинопроводу (шкафу) распределительному.

$$3. I_{\text{сз2}} > I_{\text{сз1}}, \quad (3)$$

где  $I_{\text{сз1}}$  – ток срабатывания защиты электрооборудования (электроприемников);

$I_{\text{сз2}}$  – ток срабатывания защиты, установленной в шкафу (коробке шинопровода).

$$4. I_{\text{сз1}} > I_{\text{п}}/\alpha, \quad (4)$$

где  $I_{\text{п}}$  – пусковой ток электроприемника;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий условия пуска:

$\alpha = 2,5$  – легкий пуск;

$\alpha = 1,6 \dots 2,2$  – тяжелый (продолжительный).

### 5.6 Задание

Используя выше приведенную информацию, рекомендуется произвести выбор шкафов и шинопроводов распределительных для ремонтно-механического цеха (рис.5.1). Основные параметры установленных электроприемников представлены в таблице 5.1.

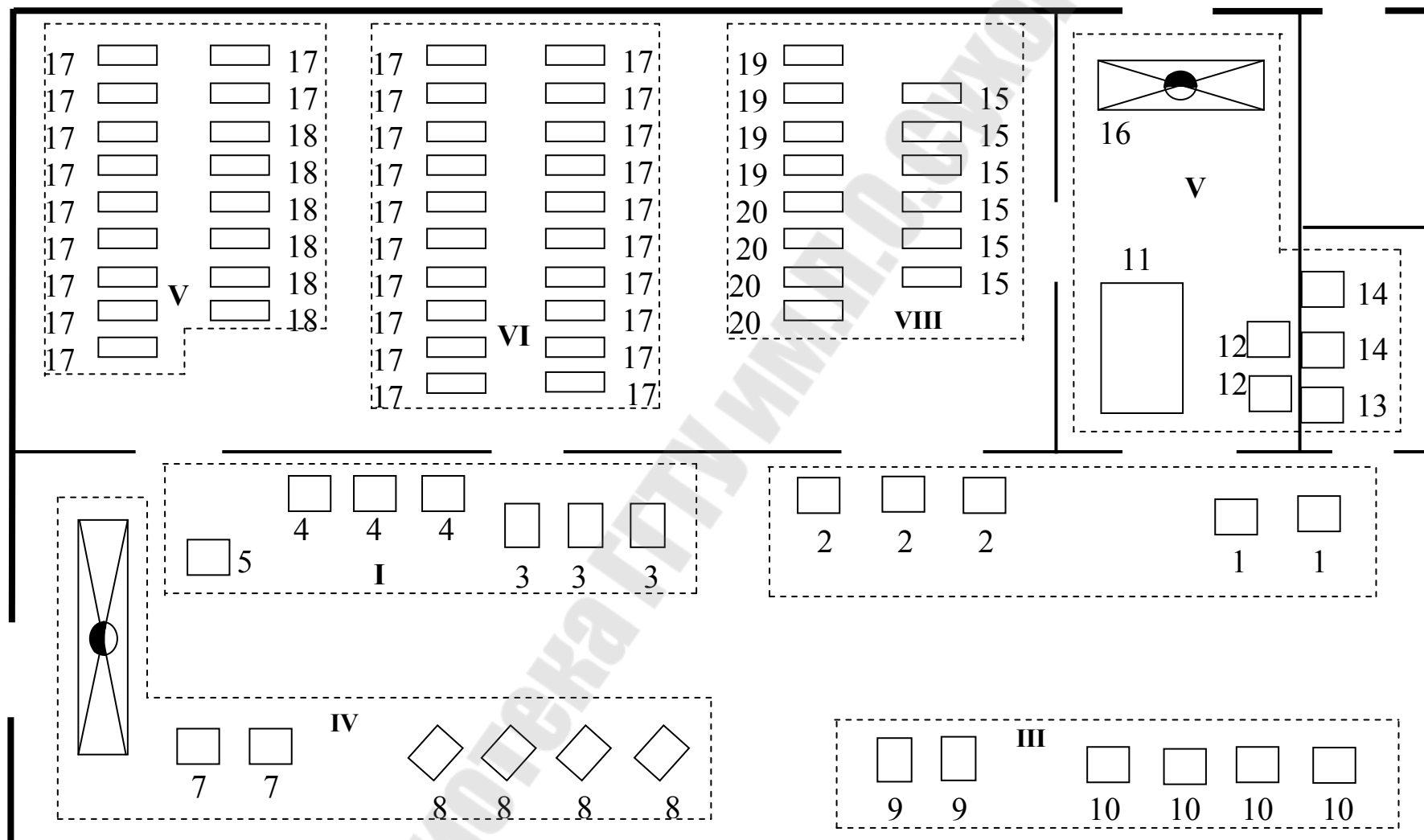


Рис. 5.1. План ремонтно-механического цеха



Распределение электроприемников по группам согласно рис.5.1. представлено в таблице 5.2. Результаты расчета электрических нагрузок в табл. 5.3, 5.4.

Таблица 5.1

Основные параметры электрооборудования

№	Наименование оборудования	Кол-во	$P_n$ кВт	$K_u$	$tg\varphi$	$I_n$ А	$K_n$ о.е.
1	Токарно-винторезный	2	30	0,17	0,48	55,8	7,5
2	Радиально-сверлильный	3	15	0,14	0,46	28,4	7
3	Токарно-винторезный	3	18,5	0,2	0,43	34,6	7
4	Горизонтально-заточный	3	30	0,17	0,48	55,8	7,5
5	Вентилятор	1	7,5	0,8	0,54	14,8	7,5
6	Кран подвесной	1	7,5	0,1	0,54	14,8	7,5
7	Станок сверлильный	2	0,75	0,14	0,57	1,75	5,5
8	Токарно-карусельный	4	30	0,17	0,48	55,8	7,5
9	Точильный станок	2	30	0,18	0,48	55,8	7,5
10	Карусельный станок	4	30	0,18	0,48	55,8	7,5
11	Полимеризационная печь	1	136	0,8	0	206,6	1
12	Насосы	2	18,5	0,8	0,43	34,6	7
13	Вентилятор	1	11	0,8	0,48	21,1	7,5
14	Вентиляторы	2	1	0,8	0,57	2,45	5,5
15	Поперечно-строгальный	6	4	0,2	0,51	7,8	7,5
16	Кран	1	5,5	0,1	0,46	10,5	7,5
17	Токарно-винторезный	31	11	0,2	0,48	21,1	7,5
18	Токарно-винторезный	6	18,5	0,2	0,43	34,6	7
19	Зубофрезерный станок	4	30	0,2	0,48	55,8	7,5
20	Зубофрезерный станок	4	11	0,2	0,43	20,7	7,5

Таблица 5.2

**Распределение электроприемников по группам**

Количество электроприемников и номер позиции на плане цеха	Номер группы	$I_p$ , А
2×1, 3×2	1	65,6
3×3, 3×4, 1×5	2	91,6
1×6, 2×7, 4×8	3	99,6
2×9, 4×10	4	81,8
1×11, 2×12, 1×13, 2×14, 1×16	5	245,4
6×15, 4×19, 4×20	6	68,2
20×17	7	95,4
11×17, 6×18	8	130,5

**Расчет нагрузки**

Номинальное напряжение 380,0 В.

Таблица 5.3

**Исходные данные об электроприемниках**

Номинал. мощн-ть кВт	Колич. электро- приемн.	Козф. исполь- зования	Тангенс фи	Номинал. ток, А	Кратн. пуска	Признак группы
33.10	2	0.17	0.48	55.78	7.5	1
17.00	3	0.14	0.46	28.43	7.0	1
20.90	3	0.20	0.43	34.57	7.0	2
33.10	3	0.17	0.48	55.78	7.5	2
8.60	1	0.80	0.54	14.85	7.50	2
33.10	6	0.18	0.48	55.78	7.5	3
8.60	1	0.10	0.54	14.85	7.5	4
33.10	4	0.17	0.48	55.78	7.5	4
1.00	2	0.14	0.57	1.75	5.5	4
6.30	1	0.10	0.46	10.54	7.5	5
136.00	1	0.80	0.00	206.63	1.0	5
1.40	2	0.80	0.57	2.45	5.5	5
20.90	2	0.80	0.43	34.57	7.0	5
12.50	1	0.80	0.48	21.07	7.5	5
20.90	6	0.20	0.43	34.57	7.0	8
33.10	4	0.20	0.48	55.78	7.5	8
12.50	4	0.20	0.43	20.67	7.5	8

Таблица 5.4

**Результаты расчета**

У з е л	Эффект. число эл. прием- ников	Ср/взвеш . коэф. исполь- зования	<b>Расчетная нагрузка</b>				Пико- вый ток, А
			Активная, кВт	Реактив- ная, кВт	Полная, кВА	Ток, А	
1	4	0.157	42.10	9.55	43.172	65.59	474.49
2	6	0.213	57.23	18.93	60.280	91.59	500.48
3	6	0.180	62.77	18.87	65.550	99.59	507.93
4	4	0.165	52.37	12.57	53.862	81.83	490.73
5	2	0.778	159.91	22.82	161.533	245.42	459.73
6	14	0.200	41.94	16.02	44.889	68.20	221.99
7	20	0.200	58.00	24.00	62.769	95.37	249.15
8	12	0.200	81.26	27.79	85.881	130.48	537.70

Результаты расчета по цеху (корпусу, предприятию):

-	47	0.267	310.34	107.28	328.355	498.88	907.78
---	----	-------	--------	--------	---------	--------	--------

**Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Схема цеховой сети с выбранными шкафами и шинопроводами, в соответствии с [4].
3. Выводы по работе.

**Контрольные вопросы**

1. Область применения шинопроводов и шкафов распределительных. Преимущества и недостатки.
2. Назовите максимальное число присоединений на секцию распределительных шинопроводов, к распределительному шкафу.
3. Область применения ящиков управления, их коммутационно-защитная аппаратура.
4. Номенклатура шкафов распределительных. Аппараты ввода и распределения.
5. Монтаж шинопроводов и шкафов распределительных на участках цеха.
6. Условия выбора шинопроводов и шкафов распределительных, их коммутационно-защитной аппаратуры.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6**

### **УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

#### **6.1 Цель работы**

Ознакомиться с устройством защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ.

#### **6.2 Краткие теоретические сведения.**

Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

Выбор аппаратов защиты (предохранителей, автоматов) выполняется с учетом следующих основных требований:

1. Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи.
2. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей необходимо выбирать по возможности меньшими по длительным расчетным токам с округлением до ближайшего большего стандартного значения.
3. Аппараты защиты не должны отключать установку при кратковременных перегрузках, возникающих в условиях нормальной работы, например, при пусках электродвигателей.
4. Время действия аппаратов защит должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность (избирательность) действия защиты при последовательном расположении аппаратов защит в электрической цепи.
5. Ток защитного аппарата (номинальный ток плавкой вставки, номинальный ток или ток срабатывания расцепителя автомата) должен быть согласован с допустимым током защищаемого проводника.
6. Аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение

в конце защищаемого участка двух- и трехфазных КЗ при всех видах режима работы нейтрали сетей, а также однофазных КЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Надежное отключение токов КЗ в сети напряжением до 1 кВ обеспечивается в том случае, если отношение наименьшего однофазного расчетного тока КЗ ( $I'_{\text{КЗ}}$ ) к номинальному току плавкой вставки предохранителя ( $I_{\text{н.вст}}$ ) или расцепителя автоматического выключателя ( $I_{\text{н.р}}$ ), имеющего обратозависимую от тока характеристику будет не менее 3, а во взрывоопасных зонах соответственно:

$$\frac{I'_{\text{КЗ}}}{I_{\text{н.вст}}} \geq 4; \quad \frac{I'_{\text{КЗ}}}{I_{\text{н.р}}} \geq 6. \quad (6.1)$$

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки тока мгновенного срабатывания ( $I_{\text{ср.р}}$ ) должна быть не менее 1,4, а для автоматов с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

Однако, в сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки), за исключением протяженных сетей, допускается не выполнять расчетной проверки кратности токов КЗ к токам защитных аппаратов, если обеспечено согласование защитного аппарата с допустимым током защищаемого проводника.

### 6.3 Выбор плавких вставок предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока ( $I_{\text{р}}$ ):

$$I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{р}}, \quad (6.2)$$

и по условию перегрузок пиковыми токами

$$I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{п}}/\alpha, \quad (6.3)$$

где  $I_{\text{п}}$  – пиковый (максимальный кратковременный) ток;

$\alpha$  – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки;

$\alpha = 2,5$  – для легких пусков с длительностью пуска до 5 с, а также при редких пусках (насосы, вентиляторы, станки и т.п.) и при защите магистрали;

$\alpha = 2$  – для тяжелых условий пуска, а также при частых (более 15 раз в час) пусках (краны, дробилки, центрифуги и т.п.);

$\alpha = 1,6$  – для ответственных электроприемников.

При выборе предохранителя для одиночного электроприемника в качестве  $I_p$  принимается его номинальный ток  $i_n$ , а в качестве  $I_n$  – пусковой ток  $i_{\text{пуск}}$ .

Для линий, питающих группу электроприемников, максимальный пиковый ток определяется:

$$I_{\text{пик}} = I'_{\text{пуск}} + I'_p. \quad (6.4)$$

где  $I'_{\text{пуск}}$  – пусковой ток электроприемника или группы одновременно включаемых электроприемников, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины;

$I'_p$  – длительный расчетный ток, определяемый без учета рабочего тока пускаемых электроприемников.

При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_{\text{пик}} = i_{\text{п.макс}} + (I_p - k_{\text{и}} i_{\text{нп}}), \quad (6.5)$$

где  $i_{\text{п.макс}}$  – наибольший пусковой ток электроприемника группы;

$I_p$  – расчетный по нагреву ток группы электроприемников;

$i_{\text{нп}}$  – номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током;

$k_{\text{и}}$  – коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I_{\text{н.вст}} \geq 1,2 \cdot i_{\text{нс}} \sqrt{ПВ}, \quad (6.6)$$

где  $i_{\text{нс}}$  – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения (ПВ).

Допускается  $I_{\text{н.вст}}$  для сварочного аппарата принимать равным допустимому току провода, питающего сварочный аппарат.

Выбранные плавкие вставки должны обеспечивать также селективность (избирательность) срабатывания. Это значит, что при КЗ на каком-либо участке сети должна перегореть плавкая вставка предохранителя только этого поврежденного участка. В общем случае защита считается селективной, когда характеристики срабатывания аппаратов защиты последовательно расположенных в цепи с учетом зон разброса характеристик не пересекаются.

Учитывая, что разница во времени срабатывания плавких вставок с ростом тока КЗ и в области больших токов КЗ уменьшается, а также тот фактор, что с многократным повторением циклов нагрева время срабатывания предохранителя высшей ступени может уменьшаться, то для обеспечения селективности срабатывания каждый предохранитель на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь плавкую вставку не менее, чем на две ступени выше, чем предыдущий.

**Пример.** Рассчитать ток и выбрать плавкий предохранитель для защиты линии, по которой питается электроприемник (электродвигатель) со следующими данными:

$$P_H = 18,5 \text{ кВт}; \cos \varphi_H = 0,82; \eta_H = 87 \%; U_H = 380 \text{ В}.$$

**Решение.** Определяем длительный расчетный ток линии:

$$I_p = i_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi_H \eta_H} = \frac{18,5}{1,73 \cdot 0,380 \cdot 0,82 \cdot 0,87} = 39,6 \text{ А}.$$

$$\text{Пусковой ток: } I_{\Pi} = i_H \frac{I_{\Pi}}{I_H} = 39,6 \cdot 7 = 277,2 \text{ А}.$$

По длительному току  $I_{H.BCT} \geq 39,6 \text{ А}.$

По кратковременному току с учетом условий пуска

$$I_{H.BCT} \geq \frac{I_{\Pi}}{\alpha} \geq \frac{277,2}{2,5} \geq 110,9 \text{ А}.$$

Выбираем предохранитель ПН2-250 с  $I_{H.BCT} = 120 \text{ А}.$

### ЗАДАНИЕ № 6.1

Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 6.1.

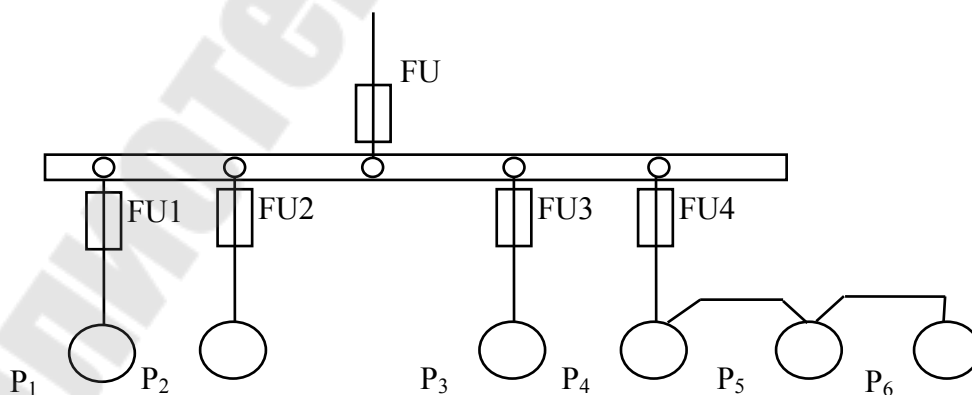


Рис. 6.1. Схема распределительной сети

Таблица 6.1

## Исходные данные

№ вар.	$P_1$ кВ т	$P_2$ кВ т	$P_3$ кВ т	$P_4$ кВ т	$P_5$ кВ т	$P_6$ кВ т	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$	$\cos\varphi_3$	$\cos\varphi_4$	$\cos\varphi_5$	$\cos\varphi_6$	$K_c$
1	19,6	17,3	3,7	4,3	11,0	9,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
2	18,1	14,0	7,3	2,5	16,0	21,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
3	13,0	19,3	9,2	4,3	7,8	5,9	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
4	7,3	14,2	7,0	2,1	23,2	4,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,85
5	9,2	7,3	1,1	0,75	14,5	28,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
6	4,0	13,5	7,2	3,0	9,8	19,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
7	17,5	9,2	3,0	2,2	7,3	8,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
8	3,5	7,1	5,3	2,3	6,1	19,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8
9	8,4	21,3	7,5	4,0	14,6	3,4	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8
10	11,6	25,3	3,6	0,75	9,3	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,85
11	10,3	16,1	7,4	3,1	4,9	9,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	0,85
12	17,1	6,3	0,75	0,75	5,7	20,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85
13	4,0	9,3	2,8	1,7	17,1	14,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
14	12,8	7,3	4,1	0,8	19,3	6,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
15	14,5	14,5	10,0	4,1	7,5	2,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8

## 6.2 Выбор автоматических выключателей

Номинальные токи автоматического выключателя и расцепителя выбирают по длительному расчетному току линии:

$$I_{н.а} \geq I_p, \quad (6.7)$$

$$I_{н.р} \geq I_p. \quad (6.8)$$

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя ( $I_{ср.р}$ ) проверяется по пиковому току линии  $I_{пик}$ :

$$I_{ср.р} \geq 1,25 I_{пик}, \quad (6.9)$$

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя устанавливается изготовителем в зависимости от  $I_{н.р}$

$$I_{ср.р} = \kappa_{то} \cdot I_{н.р},$$

где  $\kappa_{то}$  – кратность тока отсечки.

С учетом (6.9) расчетное значение кратности тока отсечки определяется по выражению:



$$K_{\text{то}} \geq \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{н.р}}}, \quad (6.10)$$

Селективность срабатывания последовательно включенных автоматических выключателей обеспечивается в тех случаях, когда их защитные характеристики не пересекаются. При отсутствии защитных характеристик каждый автомат на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток расцепителя не менее, чем на ступень выше, чем предыдущий.

**Пример.** Рассчитать ток и выбрать автоматический выключатель для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания. Электроприемником является асинхронный двигатель мощностью 11 кВт,  $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,87$ ;  $\eta_{\text{н}} = 87,5\%$ ;  $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 7,5$ .

**Решение.** Определяем длительный расчетный ток

$$I_{\text{р}} = i_{\text{н}} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{11}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,87 \cdot 0,875} = 22 \text{ А}.$$

Выберем номинальный ток расцепителя из условия:

$$I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{р}} \geq 22 \text{ А}.$$

Автоматический выключатель серии ВА 51-25 с  $I_{\text{н.а}} = 25 \text{ А}$ ,  $I_{\text{н.р}} = 25 \text{ А}$ .

Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске:

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}}.$$

На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на  $10I_{\text{н.р}}$ , значит  $I_{\text{ср.р}} = 250 \text{ А}$ .

Максимальный кратковременный ток

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{п}} = 22 \cdot 7,5 = 165 \text{ А};$$

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 165 = 206,3 \text{ А}; \quad 250 \text{ А} > 206,3 \text{ А}.$$

## ЗАДАНИЕ № 6.2

Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 6.2).

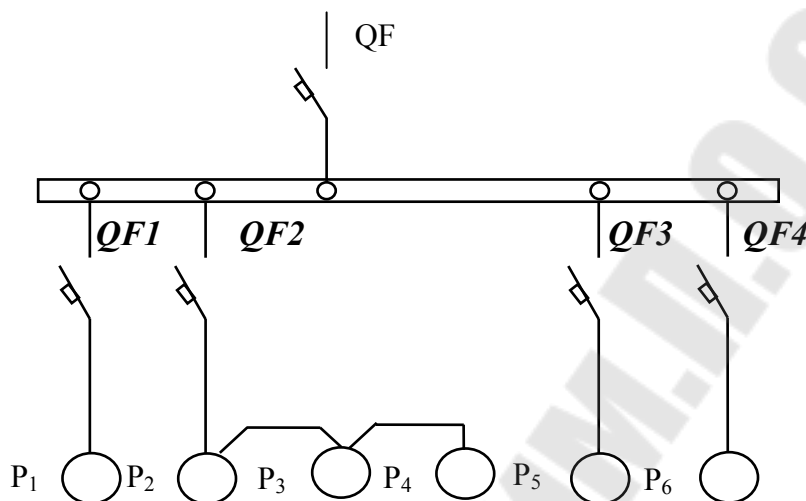


Рис. 6.2. Схема распределительной сети

### 6.3 Выбор магнитных пускателей

Электромагнитный пускатель – это коммутационный аппарат, который предназначен для управления и защиты электродвигателей переменного тока.

В исполнении с тепловыми реле пускатели также защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Номинальные токи магнитных пускателей выбирают по длительному расчетному току:

$$I_{н.мп} \geq I_p. \quad (6.11)$$

Номинальные токи тепловых реле выбирают по длительному расчетному току:

$$I_{н.т} \geq I_p. \quad (6.12)$$

Таблица 6.2

## Исходные данные

№ вар.	$P_1$ кВ т	$P_2$ кВ т	$P_3$ кВ т	$P_4$ кВ т	$P_5$ кВ т	$P_6$ кВ т	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$	$\cos\varphi_3$	$\cos\varphi_4$	$\cos\varphi_5$	$\cos\varphi_6$	$K_c$
1	16,1	14,3	7,3	2,2	21,3	9,2	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85
2	3,8	14,0	2,7	4,0	18,5	3,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
3	12,5	10,3	7,5	1,1	5,2	4,0	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,85
4	1,9	7,3	0,73	0,73	19,3	22	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
5	19,0	7,5	4,0	2,2	13,0	5,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
6	4,2	23,1	2,0	2,0	4,9	9,1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
7	13,3	12,0	2,2	1,1	4,9	8,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8
8	10,0	7,8	2,7	0,75	3,8	2,2	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
9	23,0	3,0	8,3	0,3	4,8	11,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
10	9,3	10,0	3,2	0,75	5,5	18,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8
11	7,3	13,5	7,5	3,0	13,0	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,85
12	14,5	7,5	3,0	0,75	3,5	18,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
13	10,2	8,5	4,0	0,9	18,0	3,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
14	8,4	12,6	7,7	3,0	18,5	7,3	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,8
15	15,8	11,0	4,8	2,2	3,9	19,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85

**Пример.** Рассчитать ток и выбрать уставку теплового реле серии РТЛ магнитного пускателя ПМЛ, защищающего от перегрузки электродвигатель мощностью 5,5 кВт,  $\cos\varphi_n = 0,85$ ,  $\eta_n = 85,5\%$ .

Решение. Определяем длительный расчетный ток электродвигателя

$$I_p = i_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{5,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,855} = 11,6 \text{ А}.$$

Выбираем магнитный пускатель серии ПМЛ 210004 второй величины с РТЛ-101604,  $I_{н.т} = 14 \text{ А}$ .

### ЗАДАНИЕ № 6.3

Рассчитать ток и выбрать уставки тепловых реле магнитных пускателей для защиты электродвигателей от перегрузки.

Таблица 6.3

Технические данные электродвигателей

№ варианта	Тип электродвигателя	$P_n$ кВт	$\cos \varphi_n$	$\eta_n$ , %
1	4A71A4Y3	0,55	0,7	70,5
2	4A71B4Y3	0,75	0,73	72,0
3	4A80A4Y3	1,1	0,81	75,0
4	4A80B4Y3	1,5	0,83	77,0
5	4A90L4Y3	2,2	0,83	80,0
6	4A100S4Y3	3,0	0,83	82,0
7	4A100L4Y3	4,0	0,84	84,0
8	4A132S4Y3	7,5	0,86	87,5
9	4A132M4Y3	11,0	0,87	87,5
10	4A160S4Y3	15,0	0,88	88,5
11	4A160M4Y3	18,5	0,88	89,5
12	4A180S4Y3	22,0	0,9	90,0
13	4A180M4Y3	30,0	0,89	91,0
14	4A200M4Y3	37,0	0,9	91,0
15	4A200L4Y3	45,0	0,90	92,0

### 6.4. Контрольные вопросы

1. Что понимается под избирательностью защитного устройства.

2. Что понимается под временем срабатывания защитного устройства.
3. Условия выбора плавких предохранителей для различных устройств электроприемников и сетей.
4. Какие типы расцепителей применяются в автоматических выключателях.
5. Каким образом производится защита от понижения частоты и напряжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения. Учебник для учащихся электротехнических специальностей средних специальных учебных заведений. – Минск, НПООО, "ПИОН", 2001.
3. Справочник по проектированию электроснабжения/ Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
4. А.А. Федоров, Э.М. Ристхейн Электроснабжение промышленных предприятий.: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1981. – 360 с., ил.
5. Беснолов ВЯ., Костеленец Н.Ф. Электрические машины: учебное пособие для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 320 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 1 Группы соединения трехфазных трансформаторов.....	3
2. Лабораторная работа № 2 Работа трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в Аварийных режимах.....	6
3. Лабораторная работа № 3 Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.....	11
4. Лабораторная работа № 4 Определение расчетных электрических нагрузок упрощенными методами.....	20
5. Лабораторная работа № 5 Элементы цеховых электрических сетей и их выбор.....	27
6. Лабораторная работа № 6 Устройство защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ.....	35

**Шапоров Владимир Владимирович**

# **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК**

**Лабораторный практикум  
по одноименной дисциплине  
для студентов специальности 1-53 01 05  
«Автоматизированные электроприводы»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 27.11.09

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,33.

Изд. № 77.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.