

**Саратовский государственный технический университет
имени Ю.А. Гагарина**

З А Д А Н И Е

для студентов кафедры ЭПП

по курсу

**ПРИЕМНИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Саратов

Задачи в ЗАДАНИИ соответствуют разделам и имеют сквозную нумерацию. В каждом разделе дано общее описание темы с освещением принципов, по которым решаются задачи.

1. РАСЧЕТ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Расчет электрических нагрузок жилых зданий осуществляется в соответствии с Инструкцией по проектированию городских электрических сетей РД 34.20.185-94

Основные принципы расчета:

Расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n,$$

где $P_{\text{кв}}$ – расчетная электрическая нагрузка квартиры, кВт;

$P_{\text{кв.уд}}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (домов);

n – количество квартир.

При определении расчетной электрической нагрузки линии или на шинах 0,4 кВ ТП должны учитываться суммарное количество квартир, лифтовых установок и другого силового электрооборудования, питающихся от ТП, и потери мощности в питающих линиях 0,38 кВ.

Расчетная нагрузка силовых электроприемников, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{\text{с}} = P_{\text{р.л.}} + P_{\text{ст.у.}}$$

где $P_{\text{с}}$ – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт;

$$P_{\text{р.л.}} = K_{\text{с}} \cdot \sum_{i=1} P_{\text{нi}}$$

где $P_{\text{р.л.}}$ – мощность лифтовых установок, кВт;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент спроса,

$n_{\text{л}}$ – количество лифтовых установок;

$P_{\text{нi}}$ – установленная мощность электродвигателя лифта, кВт;

$P_{\text{ст.у.}}$ – мощность электродвигателей санитарно-технических устройств (при их наличии) (насосы водоснабжения, вентиляторы и т. д.), кВт;

Рассчитанная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников) – $P_{\text{р.ж.д.}}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{\text{р.ж.д.}} = P_{\text{кв}} + K_{\text{у}} \cdot P_{\text{с}},$$

где $P_{\text{кв}}$ – расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт,

$P_{\text{с}}$ – расчетная нагрузка силовых электроприемников жилого дома, кВт;

$K_{\text{у}}$ – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников;

ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ №1

Задача №1. Подстанция питает жилой дом. Дом содержит до 12 этажей, N квартир соответствующего типа, F лифтов мощностью Рл каждый, продовольственный магазин с кондиционерами площадью X кв.метров, а также подземный гараж с количеством машиномест – w шт. с удельной нагрузкой – Ргар.уд. Рассчитать нагрузки на питающую подстанцию, выбрать силовые трансформаторы и кабели для питания вводных устройств. Исходные данные необходимо выбрать из таблицы 1 в соответствии с вариантом Задания.

Таблица 1.1

номер вариан- та	А, Б	В, Г	Д, Е, Ж	З, И	К, Л	М, Н	О, П	Р, С, Т	У, Ф, Х, Ц, Ч	Ш, Щ, Э, Ю, Я
N, шт.	320	144	120	96	64	56	40	32	16	8
Типы кварти р	Квартиры с электрическим и плитами мощностью до 8 кВт и бытовыми кондиционерами и воздуха при расчетной температуре 27°С	Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе с бытовыми кондиционерами воздуха при расчетной температуре 35°С	Квартиры с плитами на природном газе и бытовыми кондиционер ами воздуха при расчетной температуре, 33°С	Квартиры с электрическим и плитами мощностью до 8 кВт и бытовыми кондиционера ми воздуха при расчетной температуре 30°С	Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе с бытовыми кондиционерами воздуха при расчетной температуре 28°С:	Квартиры с плитами на природном газе и бытовыми кондиционер ами воздуха при расчетной температуре, 29°С	Квартиры с плитами на природно м газе мощность ю до 8 кВт	Квартиры с плитами на сжиженно м газе мощность ю до 8 кВт	Квартиры с плитами на твердом топливе мощность ю до 8 кВт	Квартиры с плитами на природном газе и бытовыми кондиционерам и воздуха при расчетной температуре, 39°С
F, шт.	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1
Рл, кВт	12	12	11	10	12	9	9	8	8	6
X, кв.м.	800	600	400	350	250	200	180	150	120	100
w, шт.	500	300	240	200	120	80	60	48	24	12
Ргар.уд, кВт	0,8	0,75	0,75	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,35

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СЕТИ ДО 1000 В

Одним из основных этапов проектирования систем электроснабжения объекта, является правильное определение ожидаемых электрических нагрузок, как отдельных ЭП, так и узлов нагрузки на всех уровнях системы электроснабжения.

Расчетные значения нагрузок - это нагрузки, соответствующие такой неизменной токовой нагрузке (I_p), которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему тепловому воздействию (не превышая допустимых значений) на элемент системы электроснабжения.

Зная электрические нагрузки, можно выбрать нужную мощность силовых трансформаторов, мощность и место подключения компенсирующих устройств, выбрать и проверить токоведущие части по условию допустимого нагрева, рассчитать потери и колебания напряжения, выбрать виды защит.

Существуют различные методы расчета электрических нагрузок, которые в свою очередь делятся на:

- основные;
- вспомогательные.

Основные методы расчета электрических нагрузок

- По номинальной мощности и коэффициенту использования;
- По номинальной мощности и коэффициенту спроса;
- По средней мощности и расчетному коэффициенту;
- По средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней;
- По средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки.

Применение того или иного метода определяется допустимой погрешностью расчетов и наличия исходных данных.

По средней мощности и расчетному коэффициенту (Метод упорядоченных диаграмм)

При наличии данных о числе ЭП, их мощности и режимах их работы расчет силовых нагрузок до 1 кВ рекомендуется проводить по средней мощности (P_c) и расчетному коэффициенту (K_p). Расчетный коэффициент определяется по упорядоченным диаграммам. Поэтому данный метод носит название - метод упорядоченных диаграмм.

Для расчета нагрузок необходимы исходные данные по каждому ЭП: количество и номинальная мощность ЭП (p_n); коэффициент использования по активной мощности ($k_{и.а}$); коэффициент активной мощности ($\cos \varphi$) и режим работы. При различных режимах работы ЭП, их необходимо привести к длительному режиму ($ПВ=1$).

Для определения расчетной мощности узла нагрузки по методу упорядоченных диаграмм все электроприемники разбиваются на подгруппы с учетом их подключения к узлу питания (силовой пункт, щит, сборка и т.п.).

Необходимо отметить, что при формировании подгруппы, резервные ЭП не учитываются [3].

По сформированным подгруппам ЭП определяются эффективное число электроприемников и средневзвешенный коэффициент использования данной подгруппы.

Эффективное число электроприемников – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа электроприемников с разными мощностями и различными режимами работы.

- Величина эффективного числа электроприемников подгруппы ($n_{\text{э}}$) определяется по формуле

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n p_{\text{н.и}} \right)^2}{\sum_{i=1}^n p_{\text{н.и}}^2}, \quad (2.1)$$

где $p_{\text{н.и}}$ - номинальная активная мощность отдельного ЭП, входящего в состав подгруппы, кВт; n - число ЭП в подгруппе.

При значительном числе ЭП в подгруппе (магистральные шинопроводы, шины цеховых ТП, в целом по цеху) допускается эффективное число электроприемников подгруппы определять по упрощенному выражению

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n p_{\text{н.и}}}{p_{\text{н.мак}}}, \quad (2.2)$$

где $p_{\text{н.мак}}$ - номинальная активная мощность наиболее мощного ЭП в подгруппе, кВт.

Полученное по указанной формуле значение эффективного числа электроприемников подгруппы округляется до ближайшего меньшего целого числа. Допускается принимать значение эффективного числа электроприемников равным действительному числу электроприемников в подгруппе при условии, что отношение номинальной активной мощности наиболее мощного ЭП ($p_{\text{н.мак}}$) к номинальной мощности наименее мощного ЭП ($p_{\text{н.мин}}$) менее трех.

- Средневзвешенный коэффициент использования для подгруппы ($K_{\text{и}}$) определяется по выражению

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{и.и}} p_{\text{н.и}}}{\sum_{i=1}^n p_{\text{н.и}}}. \quad (2.3)$$

Определение расчетных нагрузок по данному методу сводится к расчету значений активной, реактивной, полной мощностей и полного тока, рассматриваемого узла нагрузки.

- Активная расчетная мощность группы электроприемников, подключенных к узлу питания напряжением до 1 кВ определяется по выражениям

$$P_p = K_p \sum_{i=1}^n P_{c.i} = K_p \sum_{i=1}^n k_{и.а.i} P_{н.i} = K_p K_{и} P_{н}, \quad (2.4)$$

где P_p - активная расчетная мощность узла нагрузки, кВт; K_p - расчетный коэффициент подгруппы, определяемый как $K_p=f(n_э; K_{и})$, о.е.;

$P_{н.i}$ $P_{c.i}$ - номинальная и средняя мощности ЭП, входящих в подгруппу, кВт; $k_{и.а.i}$ - коэффициент использования индивидуального ЭП в подгруппе, о.е.; $P_{н}$ - активная суммарная мощность ЭП, входящих в подгруппу, кВт;

$K_{и}$ - средневзвешенный коэффициент использования по активной мощности для ЭП входящих в подгруппу, о.е.; n - число ЭП в подгруппе.

В случае если расчетная мощность, определенная по выражению (5.20), окажется меньше номинальной мощности наиболее мощного ЭП в подгруппе, следует принять расчетную мощность данной подгруппы равной номинальной мощности наиболее мощного ЭП.

Расчетный коэффициент определяется в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования по активной мощности для подгруппы и эффективного числа электроприемников подгруппы. Значение расчетного коэффициента определяется по кривым этой зависимости или по таблицам с учетом постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки.

Более точное значение расчетного коэффициента определяется по кривым зависимости $K_p = f(n_э, K_{и})$, а также при $n_э \leq 4$ (см. рисунок 2.1).

Для сетей напряжением до 1 кВ, питающих силовые пункты, щиты, распределительные шинопроводы, постоянная времени нагрева принята равной 10 минутам ($T_0=10$ мин.). В данном случае, расчетный коэффициент определяется по таблице 2.1.

Для магистральных шинопроводов и шин НН цеховых ТП постоянная времени нагрева принята равной 2,5 часа ($T_0=2,5$ ч.). В данном случае расчетный коэффициент определяется по таблице 2.2.

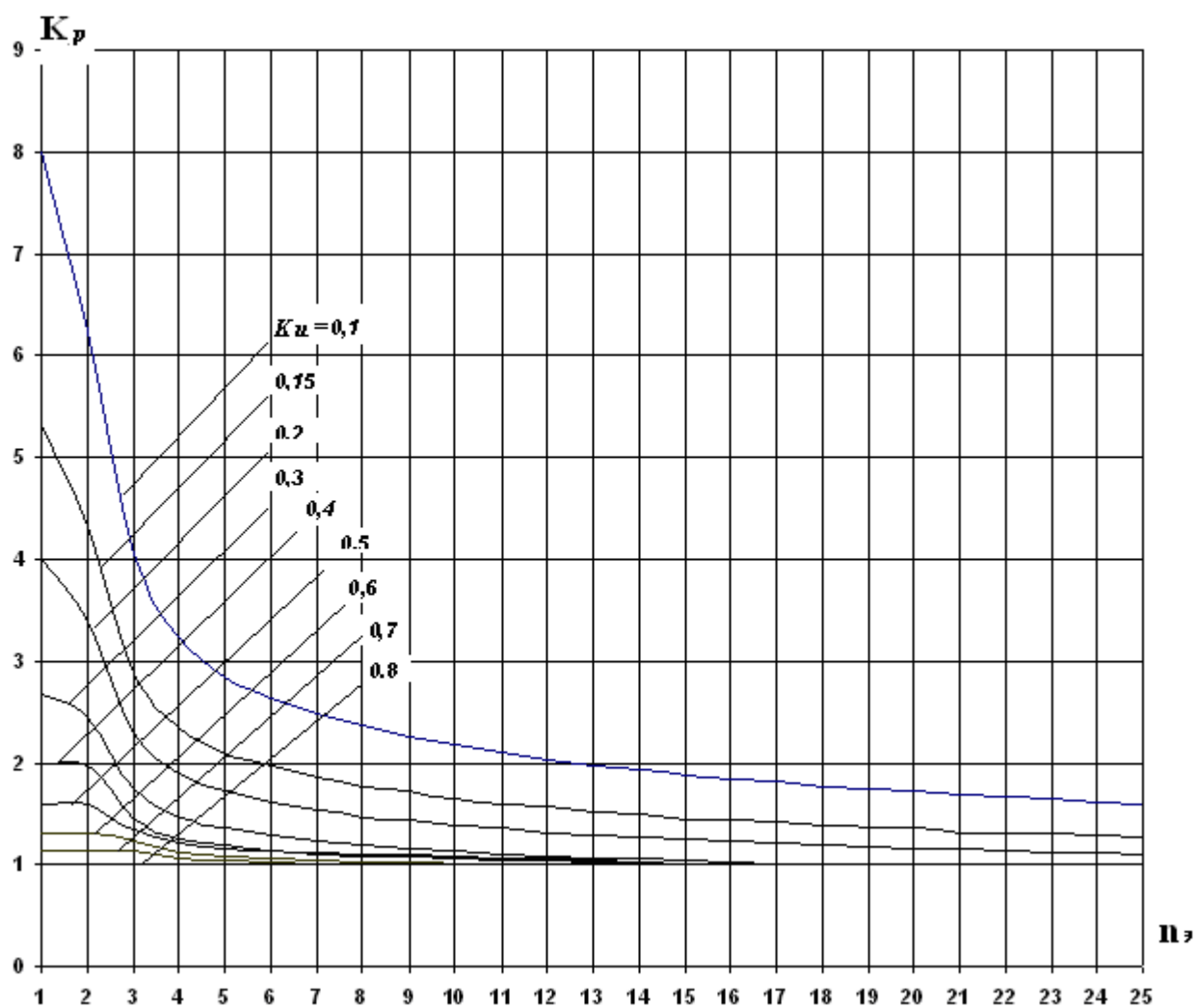


Рисунок 2.1 Кривые коэффициентов расчетной нагрузки K_p для различных коэффициентов использования $K_{И}$ в зависимости от $n_{Э}$

Таблица 2.1

Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_p
для питающих сетей напряжением до 1 кВ

nЭ	Коэффициент использования $K_{И}$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,6	1,33	1,14	1,0
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,6	1,33	1,14	1,0
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,0
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,0
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,13	1,06	1,01	1,0
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,1	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,1	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,0	1,0	1,0
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1,0	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	1,41	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,39	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	1,35	1,16	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	1,26	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

Таблица 2.2

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

nЭ	Коэффициент использования $K_{И}$							
	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	1,6	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

Расчетная реактивная мощность узла нагрузки по этому методу определяется по формулам:

$$\text{ - при } n_3 \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \sum_{i=1}^n k_{и.i} p_{н.i} \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.5)$$

$$\text{ - при } n_3 > 10 \quad Q_p = \sum_{i=1}^n k_{и.i} p_{н.i} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

где Q_p - расчетная реактивная мощность, кВ·Ар; $\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент реактивной мощности, соответствующий средневзвешенному значению $\cos \varphi_{с.вз.}$ для ЭП входящего в данную группу.

Полная расчетная мощность узла нагрузки

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.7)$$

где S_p - полная расчетная мощность, кВ·А.

Расчетный ток узла нагрузки

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}, \quad (2.8)$$

где I_p - расчетный ток, А; U_H – номинальное напряжение узла питания, кВ.

После определения расчетных нагрузок подгрупп ЭП по узлам питания (силовой пункт, щит, сборка и т.п.) рассчитывается нагрузка всего подразделения (цеха, корпуса и т.п.). Подразделение рассматривается как центр питания всех подгрупп ЭП, а расчетные нагрузки подгрупп ЭП составляют группу нагрузок всего подразделения. Расчет нагрузок подразделения в целом производится аналогично, как и для подгрупп ЭП. Но в формулах (2.3 и 2.4) вместо мощностей и коэффициентов, индивидуальных ЭП необходимо подставлять мощности и коэффициенты, рассчитанные для подгруппы ЭП.

Выбор аппаратов защиты: автоматических выключателей и предохранителей.

Перед выбором устройств защиты необходимо произвести расчет токов коротких замыканий.

Ток однофазного короткого замыкания (минимальный ток короткого замыкания) на землю в точке КЗ определяем по соотношению:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{H\Phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_\Sigma}, \quad (2.9)$$

где:

$U_{H\Phi}$ – номинальное фазное напряжение сети $U_{H\Phi} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3}}$ В;

Z_Σ – полное сопротивление кабелей и ШМА от трансформатора до точки К1 при однофазном коротком замыкании.

Z_T - полное сопротивление трансформатора

Сопротивление трансформатора находим по справочным данным учебника: «Выбор аппаратуры, защит кабелей в сетях 0,4 кВ» А.В. Беляев.

Сопротивление кабелей и шинопровода определяются по справочным данным для выбранных марок кабелей и шинопровода.

Из совокупности ЭП выбираются 3 – 5 шт., для подключения их через предохранитель, остальные ЭП запитываются через автоматические выключатели.

Выбор предохранителей.

Определяется расчетный ток электроприемника:

$$I_{расч} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ}}, \quad (2.10)$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующим условиям:

1. Номинальное напряжение предохранителя $U_{H.ПР}$ должно соответствовать номинальному напряжению сети:

$$U_{H.ПР} \geq U_{НОМ} \quad (2.11)$$

2. Номинальный ток плавкой вставки $I_{H.ВСТ}$ выбирается по двум условиям:

- ток плавкой вставки должен быть не меньше расчетного тока

$$I_{H.ВСТ} \geq I_{Расч} \quad (2.12)$$

- ток плавкой вставки должен превышать пусковой ток двигателя $I_{H.ВСТ} \geq I_{П}/k$ для линии с одним электродвигателем, где k – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки плавкой вставки, который принимается равным 2,5 при легком пуске с длительностью 2 – 5 с и равным 1,6 – 2 при тяжелом пуске длительностью около 10 с.

Пусковой ток электродвигателя равен:

$$I_{П} = k_{П} \cdot I_{НОМ АД} А, \quad (2.13)$$

где $k_{П}$ – кратность пускового тока принимается исходя из параметров двигателя ЭП от 5 до 7.

Номинальный ток плавкой вставки равен:

$$I_{H.ВСТ} \geq \frac{I_{П}}{k} А, \quad (2.14)$$

Далее из справочника выбирается предохранитель, удовлетворяющий условиям (2.11, 2.12, 2.14).

После того как выбрали предохранитель с плавкой вставкой необходимо провести проверку:

- проверка чувствительности защиты оборудования предохранителем по минимальному току короткого замыкания (кратность минимального тока короткого замыкания по отношению к номинальному току плавкой вставки должна быть больше 3 для невзрывоопасных помещений и 4 для взрывоопасных)

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{K.МИН}}{I_{H.ВСТ}} > 3, \quad (2.15)$$

где $I_{K.МИН} = I_{KЗ}^{(1)}$ – минимальный ток короткого замыкания.

Результаты выбора предохранителей для каждого ЭП заносятся в таблицу 1

Таблица 1 – Выбор предохранителя

ЭП	$I_{расч}$ А	$I_{к1}$,А	$I_{пуск}$,А	$I_{н вст}$,А	$K_{\text{ч}}$	Марка предохранит еля	Номинальный ток плавкой вставки	Номинальный ток предохранителя

Выбор автоматических выключателей

Автоматический выключатель должен защищать сеть от токов коротких замыканий и от перегрузки, поэтому выбирается автоматический выключатель с комбинированным расцепителем.

Принципы выбора автоматических выключателей (АВ):

1. Значение номинального напряжения автоматического выключателя $U_{НВ}$ должно соответствовать значению номинального напряжения сети:

$$U_{H.B} \geq U_{НОМ}, \quad (2.16)$$

2. Значение номинального тока расцепителя $I_{H.PACЦ}$ должно быть больше или равно максимальному длительному расчетному значению тока группы электроприемников или одного электроприемника

$$I_{H.PACЦ} \geq I_P, \quad (2.17)$$

Из справочника по условиям (2.16 и 2.17) выбирается автоматический выключатель.

Проверка выбранного АВ.

1. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя I_{CO} отстраивается от пускового тока I_{II} :

$$I_{CO} \geq K_H \cdot I_{II}, \quad (2.18)$$

где K_H – коэффициент надежности, учитывающий разброс параметров выключателя (например, для автоматических выключателей типа АЕ2044 $K_H = 1.5$).

Уставка электромагнитного расцепителя АВ определяется из паспортных данных, где либо указано ее значение, либо указана кратность уставки электромагнитного расцепителя току уставки теплового расцепителя (например, для АВ марки АЕ2044: $I_{CO}/I_{H.PACЦ} = 12$)

Проверка чувствительности электромагнитного расцепителя при однофазном коротком замыкании. Расчетные значения коэффициента чувствительности $K_q^{(1)}$ при однофазном коротком замыкании определяются по соотношениям:

$$K_q^{(1)} = \frac{I_{K1}^{(1)}}{I_{C0}} \geq 1.1k_p, \quad (2.19)$$

где $K_{K1}^{(1)}$ – минимальный ток коротких замыканий в точке $K1$; k_p – коэффициент разброса срабатывания отсечки по току (рекомендуется принимать $1.1k_p$ не менее $1.4 - 1.5$)

2. Определяем ток срабатывания защиты от перегрузки (теплового расцепителя):

Защита считается эффективной, если:

$$I_{C3П} = (1.2 \div 1.4) \cdot I_P A, \quad (2.20)$$

В случае наличия регулируемой уставки теплового расцепителя требуется выбрать значение уставки регулирования.

Аналогичным образом проводится расчет для оставшихся ЭП, результаты заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Выбор автоматического выключателя

ЭП	$I_{расч} A$	$I_{к1}, A$	$I_{п}, A$	$I_{H.PACЦ}, A$	I_{CO}	$K_q^{(1)}$	$I_{C3П}$	Номинальный ток выключателя	Тип АВ

Автоматические выключатели, установленные на вводах шкафов ШР и на отходящей линии от подстанции выбираются по тому же принципу.

Так как эти выключатели объединяют группу ЭП их необходимо проверить на селективность срабатывания.

Следует учитывать, что максимальный кратковременный – пиковый ток линии, питающей группу ЭП, определяется по формуле:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}_{\text{max}}} + (I_{\text{р}} - k_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном}_{\text{max}}}) \quad (2.21)$$

где $I_{\text{пуск}_{\text{max}}}$ – пусковой ток ЭП, имеющего максимальную мощность в группе.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3 (пример).

Таблица 3

ЭП	$I_{\text{расч}} \text{ А}$	$I_{\text{к}}^1, \text{ А}$	$I_{\text{п}}, \text{ А}$	$I_{\text{н расч}}, \text{ А}$	$I_{\text{сo}}$	$K_q^{(1)}$	$I_{\text{сп}}$	Номинальный ток выключателя	Тип выключателя
1 Шкаф									
2 Шкаф									
Выключатель отходящей линии									

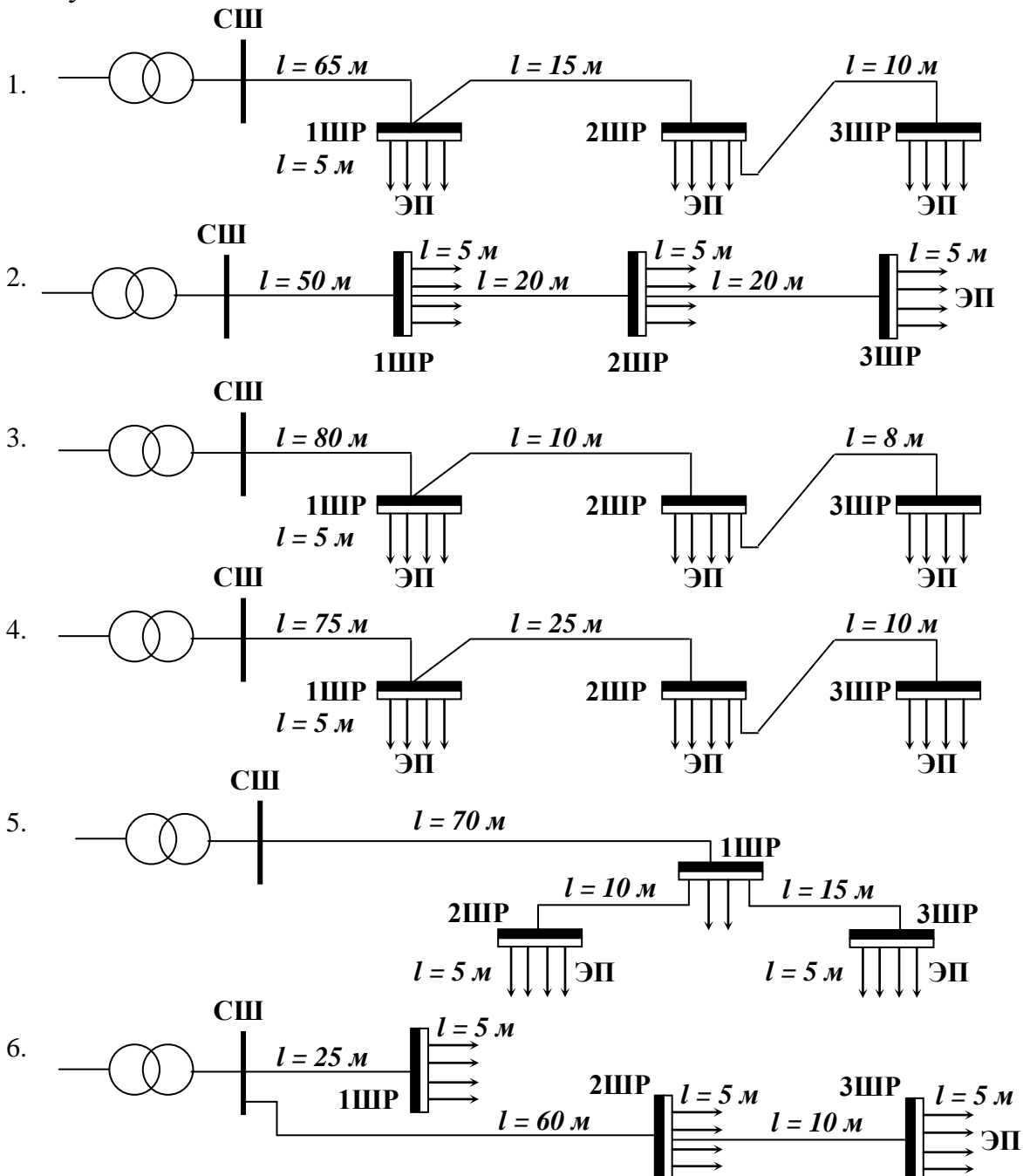
При выполнении задания следует руководствоваться соответствующими параграфами учебников [2,3,5], справочников [6,9] и пособием к курсовому проекту [4]. В [4,5] приведены примеры расчета нагрузок этим методом. Значения коэффициентов использования и мощности можно определить по приложению [П2.1.в 4,5].

ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ №2

Задача №2. Рассчитать электрические нагрузки методом упорядоченных диаграмм, выбрать сечение кабелей к каждому шкафу и отдельному ЭП, выбрать сечение шинпровода (при наличии) и найти нагрузку в целом по узлу. Выбрать силовой трансформатор, рассчитать токи КЗ и выбрать аппараты защиты: предохранители (для трех ÷ пяти ЭП) и автоматические выключатели питания каждого ЭП, автоматические выключатели на вводах в распределительных шкафах (ШР) и на отходящей линии от секции шин подстанции (СШ).

Расчетные схемы задания приведены на рис.1. Номер схемы и характер производственного помещения определяются по табл.2. Число электроприемников (ЭП) в каждом шкафу в зависимости от контрольной схемы определяются по табл.3-а и 3-б. Наименование ЭП и их мощность выбираются по табл. 4-а и 4-б.

При распределении ЭП по шкафам поступить следующим образом: к 1ШР подключить из табл.4-а и 4-б первое требуемое количество ЭП, ко 2ШР - следующее число ЭП и т.д.



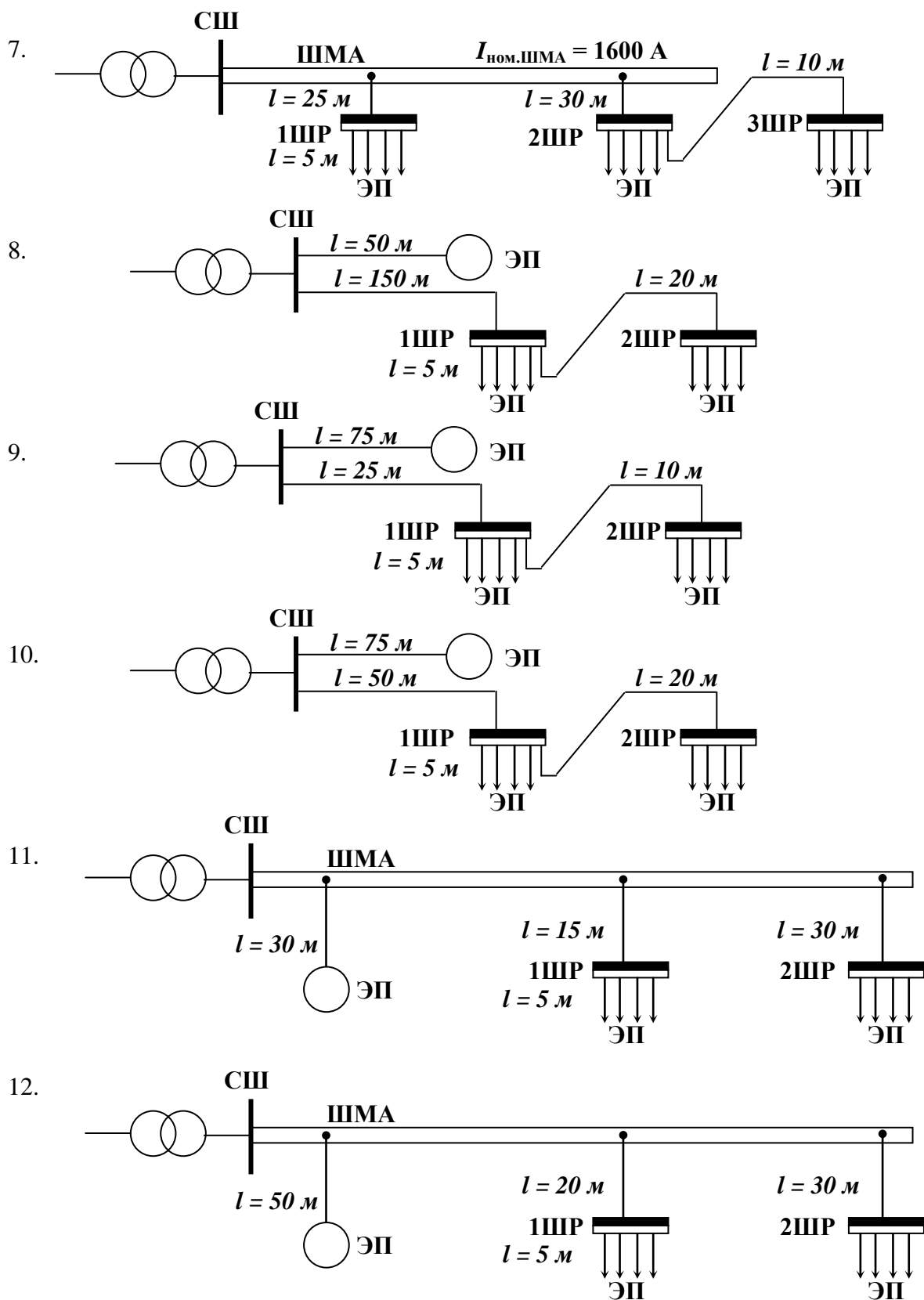


Рис.1 Варианты схем для выполнения заданий

Обозначения: **СШ** – сборные шины распреустройства со вторичной стороны трансформатора 6-10/0,4 кВ; **ЭП** – электроприемники; **ШР** – шкаф распределительный; **ШМА** – шинопровод магистральный с алюминиевыми шинами.

Таблица 2

Номер схемы для расчета и исходные данные

Первая буква фамилии	А, Б	В	Г,Д	Е,Ж З,И	К	Л,О,Н	М	П	Р,Т	С	Ц,Ф, Х, Ц,Ч	Ш,Щ Э, Ю,Я
Номер схемы на рис.1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мощность трансформатора, кВА	400	630	1000	160	250	400	1000	630	630	1000	1600	1600
Завод-изготовитель	Хмельницкий			Чирчикский								
Характер помещения или среды	В-1 В-1а	В-1	В-П	В-1б	Жаркое	Пыльное	В-1б	Влажное	Химически активная	Пожаро опасное	Нормальная	

Таблица 3-а

Число электроприемников в шкафах к схемам 1-7 рис.1

Вторая буква фамилии	1ШР	2ШР	3ШР
А,Б,В	5	8	3
Г,Д,Е	6	7	3
З,Ж,И,Я	6	7	3
К,Л,М,Ю	5	6	5
Н,О,П,Э	4	7	3
Р,С,Т,У,Щ	7	6	3
Ф,Х,Ц,Ч,Ш	5	8	3

Таблица 3-б

Данные для расчета к схемам 8-12 рис.1

Вторая буква фамилии	Число ЭП в		Данные ЭП, непосредственно подключенного к шинам или ШМА
	1ШР	2ШР	
А,Б,В,Г,Д	12	4	Компрессор (синхронный двигатель) $P_n = 125$ кВт, $\cos\varphi_n = 0,9$ (опережающий), КПД = 0,81. Кратность пускового тока $K_p = 7$, $U_n = 380$ В
Е,Ж,З,И,К	7	9	Асинхронный двигатель токарного станка серии 4А $P_n = 132$ кВт, КПД = 0,91, $\cos\varphi_n = 0,9$, $U_n = 380$ В, $K_p = 7$
Л,О,М,Н,Х	6	10	Компрессор $P_n = 200$ кВт, двигатель асинхронный, $\cos\varphi_n = 0,9$ (опережающий). КПД = 0,92, $U_n = 380$ В
П,Р,С,Т,У,Ф	8	8	Электродогрев сопротивления конвейерная 3-х фазная $P_n = 177$ кВт, $U_n = 380$ В
Ц,Ч,Ш,Щ,Э,Ю,Я	4	12	Электродогрев индукционная 3-х фазная $U_n = 380$ В, $S_n = 100$ кВА

Таблица 4-а

Число и номинальная (установленная) мощность оборудования в кВт,
подключенного к распределительным шкафам в схемах 1-7 рис.1

№ п/п	Наименование электрооборудования в шкафах	Первая буква имени						
		А,Б,В	Г,Д,Е	Ж,З,И,Я	К,Л,М,Ю	Н,О,П,Э	Р,С,Т,У,Щ	Ф,Х,Ц,Ч,Ш
1.	Токарно-винторезный станок	1x15	1x12,5	2x7	1x17	1x16,5	2x14,2	2x4
2.	Вертикально-сверлильный станок	2x15	1x4,6	1x23,6	2x6,5	2x5	2x4,6	1x30
3.	Резьбонарезный станок	1x34	1x24,8	1x19	1x34	1x24,8	1x34	2x14,2
4.	Долбежный станок	1x10	2x4	2x7,5	2x5,5	1x4	1x7,5	1x8,5
5.	Шлифовальный станок	2x4,5	2x11,6	1x8,5	2x8	2x4,5	1x11,6	1x9,4
6.	Прессы	2x10	1x28	2x11	1x55	2x14	1x10	1x6,2
7.	Вентиляторы	2x4	2x2,4	1x5	2x4	2x2,4	1x5	1x2,4
8.	Мостовой кран с ПВ = 25%	1x20	1x9,4	1x16	1x20	1x9,4	1x16	1x6
9.	Электродпечь-ванна	1x10	1x12	1x14	1x16	1x10	2x14	1x10
10.	Сварочный агрегат ПВ = 60%, $\cos\varphi_n = 0,46$; $U_n = 220$ В, однофазный	1x12 кВА	1x21 кВА	1x20 кВА	1x22 кВА	1x12 кВА	1x21 кВА	2x5 кВА
11.	Молоты	1x10	2x15	2x20	1x10	1x10	2x20	2x15
12.	Электродпечь сушильная	1x30	1x30	1x36	1x50	1x40	1x40	1x10

Таблица 4-б

Число и установленная мощность оборудования в кВт,
подключенного к распределительным шкафам в схемах 8-12 рис.1

№ п/п	Наименование электрооборудования в шкафах	Первая буква имени				
		А,Б,В,Г,Д	Е,Ж,З,И,К	Л,О,Н,М,Х	П,Р,С,Т,У,Ф	Ц,Ч,Ш,Щ,Э,Ю,Я
1.	Насосы	2x4	2x5,5	2x7	1x22	1x17
2.	Шкафы сушильный	1x30	1x30	1x30	1x30	1x30
3.	Станки токарные	1x14,2	1x23,6	2x16	2x7,9	2x5,65
4.	Отрезные станки	2x8,5	1x10	2x7,5	1x13	2x7,5
5.	Кран трехфазный ПВ = 40%	1x9,4	1x18,8	1x38,2	1x9,4	1x17,3
6.	Пресс листогибочный	2x6,2	2x40	2x30	2x13,5	2x13,5
7.	Станки шлифовальные	1x10	2x2,2	1x7	2x10	2x4
8.	Станки заточные	1x6	3x1	2x2,3	2x3	2x4
9.	Молот пневматический	1x10	1x15	1x20	1x10	1x20
10.	Сварочный двигатель-генератор	2x15	1x25	1x10	1x17	1x15
11.	Станки сверлильные	2x5	1x4,7	1x5,65	2x4,15	1x4,7

Справочные данные электрооборудования

Таблица П.3.1
Расчетные коэффициенты электрических нагрузок электроприемников

Электроприемники	Коэффициенты	
	Ки	cosφ
Вентиляторы производственные, воздуходувки, дымососы, вакуумные насосы	0,75	0,8
Насосы водяные	0,7-0,8	0,8
Компрессоры	0,65	0,8
Транспортеры ленточные	0,4-0,5	0,8-0,7
Элеваторы, шнеки	0,6	0,7
Барабаны смесительные	0,6-0,7	0,8
Электрофильтры	0,4	0,85
Металлорежущие станки	0,12-0,25	0,4-0,65
Краны, кран-балки, тельферы при ПВ=25%	0,05	0,5
То же при ПВ=40%	0,1	0,5
Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0,2	0,4
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7
Сварочные машины (шовные, стыковые, точечные)	0,2-0,5	0,6-0,7
Сварочные автоматы	0,35	0,5
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75-0,8	0,95
Приводы с непрерывным технологическим потоком (мешалки, центрифуги)	0,5	0,85
Штамповочные прессы	0,25	0,65
Молоты	0,3	0,6
Переносной электроинструмент	0,06	0,5
Двигатель-генераторы	0,7	0,8
Ткацкие станки	0,7	0,7
Прядильные машины	0,5	0,7
Резиносмесители	0,55	0,85
Шлам насосы	0,5	0,75
Дробилки	0,5	0,8
Электрокалориферы	0,6	0,85
Механизмы пылеуборки	0,45	0,65

Сводка основных положений по определению расчетных электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм

Фактическое число электроприемников в группе, n	$m = \frac{P_{ном\ max}}{P_{ном\ min}}$	$n_{эф}$	$P_{\mathcal{M}}$, кВт	$Q_{\mathcal{M}}$, кВАр
Три и менее	не определяется		$P_{\mathcal{M}} = \sum_{i=1}^n p_{ном\ i}$	$Q_{\mathcal{M}} = \sum_{i=1}^n p_{ном\ i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$
Более трех	$m \leq 3$ При определении исключаются ЭП, суммарная мощность которых не превышает 5% $\sum_{i=1}^n p_{ном\ i}$ группы	$n_{эф} = n$	$P_{\mathcal{M}} = K_{\mathcal{M}} \cdot P_{см} =$ $= K_{\mathcal{M}} \cdot \sum_{i=1}^n \kappa_{и\ i} \cdot p_{ном\ i}$ ($K_{\mathcal{M}}$ определяется по таблице)	При $n_{эф} \leq 10$ $Q_{\mathcal{M}} = 1,1 \cdot Q_{см};$ при $n_{эф} > 10$ $Q_{\mathcal{M}} = Q_{см} =$ $= \sum_{i=1}^n p_{см\ i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$
	$m > 3$ (точное определение не требуется)	$n_{эф} < 4$	$P_{\mathcal{M}} = \sum_{i=1}^n \kappa_{загр\ i} \cdot p_{ном\ i}$ (допускается принимать $\kappa_{загр}=0,9$ для ЭП длительного режима и $\kappa_{загр}=0,75$ для ЭП ПКР)	$Q_{\mathcal{M}} = 0,75 \cdot P_{\mathcal{M}}$ (для ЭП длительного режима $\cos\varphi=0,8$; $\operatorname{tg}\varphi=0,75$); $Q_{\mathcal{M}} = P_{\mathcal{M}}$ (для ЭП ПКР $\cos\varphi=0,7$; $\operatorname{tg}\varphi=1$)
	$m > 3$	$n_{эф} \geq 4$	$P_{\mathcal{M}} = K_{\mathcal{M}} \cdot P_{см}$ ($K_{\mathcal{M}}$ определяется по таблице)	При $n_{эф} \leq 10$ $Q_{\mathcal{M}} = 1,1 \cdot Q_{см};$ при $n_{эф} > 10$ $Q_{\mathcal{M}} = Q_{см} =$ $= \sum_{i=1}^n p_{см\ i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$
	$m > 3$	$n_{эф} > 200$	$P_{\mathcal{M}} = P_{см} =$ $= \sum_{i=1}^n \kappa_{и\ i} \cdot p_{ном\ i}$	$Q_{\mathcal{M}} = Q_{см}$
Если более 75% установленной мощности расчетного узла составляют ЭП с практически постоянным графиком нагрузки ($\kappa_{и} \geq 0,6$, $\kappa_{вкл} \approx 1$, $\kappa_{заполн} > 0,9$ – насосы, компрессоры, вентиляторы)		не определяется	$P_{\mathcal{M}} = P_{см} =$ $= \sum_{i=1}^n \kappa_{и\ i} \cdot p_{ном\ i}$	$Q_{\mathcal{M}} = Q_{см} =$ $= \sum_{i=1}^n p_{см\ i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$
При наличии в расчетном узле ЭП с переменным и постоянным графиком нагрузки	Определяется только для ЭП с переменным графиком нагрузки		$P_{\mathcal{M}} = P_{\mathcal{M}1} + P_{\mathcal{M}2} =$ $= K_{\mathcal{M}} \cdot P_{см1} + P_{см2}$	$Q_{\mathcal{M}} = Q_{\mathcal{M}1} + Q_{\mathcal{M}2}$

ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ) / Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.
2. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Высшая школа, 1988. - 357 с.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 472 с.
4. Закиров Р.И., Барченко Т.Н. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. - Томск.: ТПИ, 1988. - 96 с.
5. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение. Учебное пособие. - Томск.: ТПУ, 1998. - 132 с.
6. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 -35кВ и 110-1150 кВ: учебно-производственное издание: в 7 т.: т.6 / Е.Ф. Макаров; под ред.И.Т. Горюнова, А.А. Любимова. М.: Энергия, 2006.- 624 с.
7. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1990 (Электроустановки промышленных предприятий / Под общей ред. Ю.Н. Тищенко и др.).
8. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ :учеб. / под ред. И.Т. Горюнова . – 2, 4, 5 том. М.:ПАПИРУС, 2005.
9. М.А.Мельников. Электроснабжение промышленных предприятий /Учебное пособие. – Томск. Изд.ТПУ, 2001 - 140 с.

ВНИМАНИЕ!

Если при решении задач данные выбираются из справочника, то необходимо указывать ссылку на источник из перечня источников. Формат ссылки: [3, таблица П2.1]

Студент считается аттестованным, если ЗАДАНИЕ выполнено с решением всех задач.

Студент считается не аттестованным, если ЗАДАНИЕ не выполнено или выполнено в неполном объеме.

**Саратовский государственный технический университет
имени Ю.А. Гагарина**

<ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА>

АТТЕСТАЦИОННАЯ РАБОТА

по курсу

**ПРЕМНИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Выполнил студент группы ЭПП-____

Ф.И.О.

Номер зачетной

книжки: _____

Проверил доцент кафедры ЭПП

к.т.н. Кузнецов П.А.

Саратов

201_ г.