

# ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Методические указания  
к лабораторной работе

УДК 621.3.016.3(07)  
ББК 31.29-5я7  
Ш 68

Рецензент - доцент, кандидат технических наук А.В. Садчиков

В методических указаниях рассмотрены вопросы построения и определения показателей суточного и годового графика нагрузки; приведены варианты индивидуальных заданий, пошаговый алгоритм построения графиков нагрузки и определения их показателей.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение предприятий» для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 140106 - Энергообеспечение предприятий.

УДК 321.3.016.3(07)  
ББК 31.29-5я7

© Шлейников В.Б., 2011  
© ОГУ, 2011

## Содержание

1	Лабораторная работа №1 Построение графика электрических нагрузок промышленного предприятия и определение его основных показателей .....	4
1.1	Общие положения .....	4
1.1.1	Суточные графики электрических нагрузок .....	5
1.1.2	Годовой график электрических нагрузок .....	10
1.2	Основные приемы работы со стендом .....	13
1.3	Измерительные приборы .....	14
1.4	Ход работы .....	15
1.4.1	Снятие показаний приборов для построения графика .....	16
1.4.2	Построение графика нагрузки .....	18
1.4.3	Определение показателей графика.....	18
2	Варианты индивидуальных заданий .....	21
3	Контрольные вопросы .....	22
4	Литература, рекомендуемая для изучения темы.....	23
	Список использованных источников .....	24

# **1 Лабораторная работа №1 Построение графика электрических нагрузок промышленного предприятия и определение его основных показателей**

**Цель лабораторной работы** - опытное определение показателей графиков электрических нагрузок.

## **Задачи**

1 Практическим путем получить в заданном масштабе график активной и реактивной нагрузки.

2 Для полученных графиков нагрузок определить основные показатели и коэффициенты, характеризующие эти графики.

3 Определить расход электроэнергии.

## **1.1 Общие положения**

Электрическая нагрузка отдельных потребителей, а, следовательно, и суммарная их нагрузка, определяющая режим работы электростанций в энергосистеме, непрерывно меняется. Принято отражать этот факт графиком нагрузки, т. е. диаграммой изменения мощности (тока) электроустановки во времени. По виду фиксируемого параметра различают графики активной  $P$ , реактивной  $Q$ , полной (кажущейся)  $S$  мощностей и тока  $I$  электроустановки. Как правило, графики отражают изменение нагрузки за определенный период времени. По этому признаку их подразделяют на суточные (24 ч), сезонные, годовые и т. п. По месту изучения или элементу энергосистемы, к которому они относятся, графики можно разделить на следующие группы:

- 1) графики нагрузки потребителей, определяемые на шинах подстанций;
- 2) сетевые графики нагрузки - на шинах районных и узловых подстанций;
- 3) графики нагрузки энергосистемы, характеризующие результирующую нагрузку энергосистемы;

#### 4) графики нагрузки электростанций.

Графики нагрузки используют для анализа работы электроустановок, для проектирования системы электроснабжения, для составления прогнозов электропотребления, планирования ремонтов оборудования, а также в процессе эксплуатации для ведения нормального режима работы.

### **1.1.1 Суточные графики электрических нагрузок**

Суточные графики электрических нагрузок, составляемые потребителями, необходимы для определения:

- нагрузок электрических сетей, трансформаторов и суммарной величины электрической нагрузки предприятия;
- $\text{tg}\varphi$  на отдельных трансформаторах и в целом по предприятию;
- колебаний напряжения;
- коэффициента заполнения графика нагрузки.

Суточные графики нагрузки позволяют правильно оценить режим работы электрооборудования и предприятия, в целом, выявить узкие места и резервы, установить оптимальный режим их работы.

В соответствии с Правилами пользования электрической энергией все предприятия обязаны составлять суточные графики электрических нагрузок 2 раза в год: первый раз в июне - летние графики, второй раз в декабре - зимние графики.

Предприятия, расчетные электросчетчики которых установлены в головной части питающих их фидеров, обязаны получить протоколы с записями показаний электросчетчиков, с электростанций или подстанций на следующий день после установленного дня составления графиков. По показаниям электросчетчиков, записанным персоналом станций или подстанций, предприятие обязано немедленно произвести вычисления электрических нагрузок фидеров и  $\text{tg}\varphi$ . Графики должны составляться по разности, показаний расчетных активных и реактивных электросчетчиков за каждый час. Первая запись должна быть сделана в 0 ч 00 мин и последняя в 24 часа. Одновременно с составлением графиков нагрузки составляются суточные

графики напряжения по данным ежечасных записей в протоколах показаний вольтметров. Запись показаний вольтметров предприятие обязано производить ежечасно в день составления графика независимо от места расположения, счетчиков в головной части фидера на станции или подстанции или на приемной части фидера у потребителя.

Графики суточных нагрузок и напряжений вместе с протоколами сдаются в Энергосбыт или в соответствующие отделения не позднее пяти дней после дня, установленного для составления суточных графиков.

Запись напряжения необходимо производить на:

- каждом высоковольтном вводе, питающем предприятие;
- отдаленных сборках низкого напряжения, если на них напряжение занижено;
- шинах низкого напряжения каждого распределительного устройства.

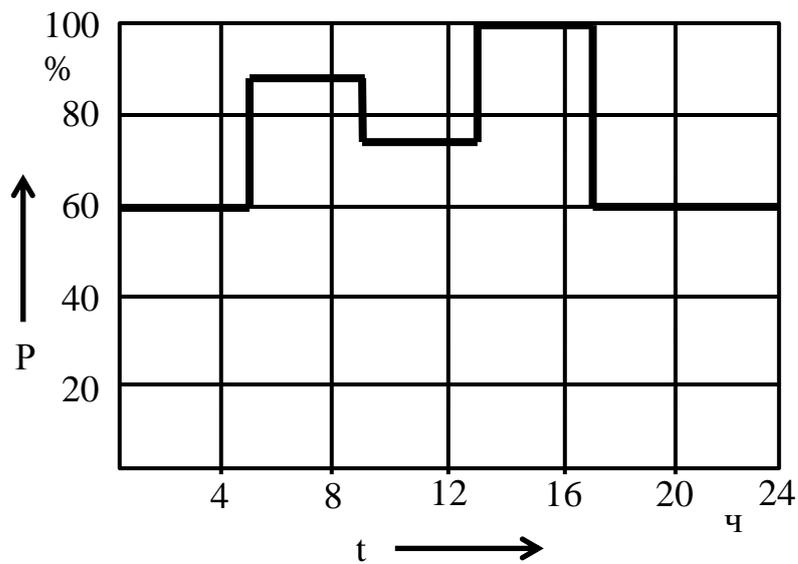
При наличии на предприятии самопишущих вольтметров суточные графики напряжения составляются на основании диаграммных лент самописцев.

Если на предприятии нет самопишущих вольтметров, записи напряжения производятся по лабораторным стрелочным приборам класса точности 0,5-1,5, подключаемым к шинам низкого напряжения непосредственно или посредством трансформаторов напряжения класса точности 0,5. На вводах высокого напряжения лабораторные вольтметры включаются на вторичную обмотку трансформаторов напряжения. При отсутствии самопишущих и лабораторных стрелочных вольтметров напряжение записывается по щитовым вольтметрам. Вольтметры, по которым составляются графики напряжения, должны быть исправны и проверены госповерителем.

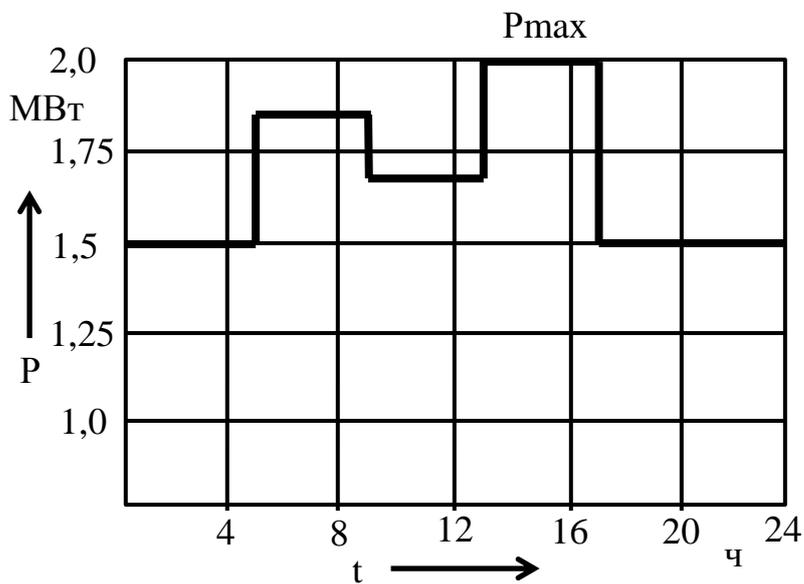
Фактический график нагрузки может быть получен с помощью регистрирующих приборов, которые фиксируют изменения соответствующего параметра во времени. Перспективный график нагрузки потребителей определяется в процессе проектирования.

Для построения перспективного графика необходимо знать характер изменения нагрузки потребителя во времени, который при проектировании обычно определяется по типовым графикам. Типовой график нагрузки строится по результатам

исследования аналогичных действующих потребителей и приводится в справочной литературе в виде, показанном на рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1 - Суточные графики активной нагрузки потребителя: а - типовой; б - в именованных единицах

Для удобства расчетов график выполняется ступенчатым. Наибольшая возможная за сутки нагрузка принимается за 100 %, а остальные ступени графика пока-

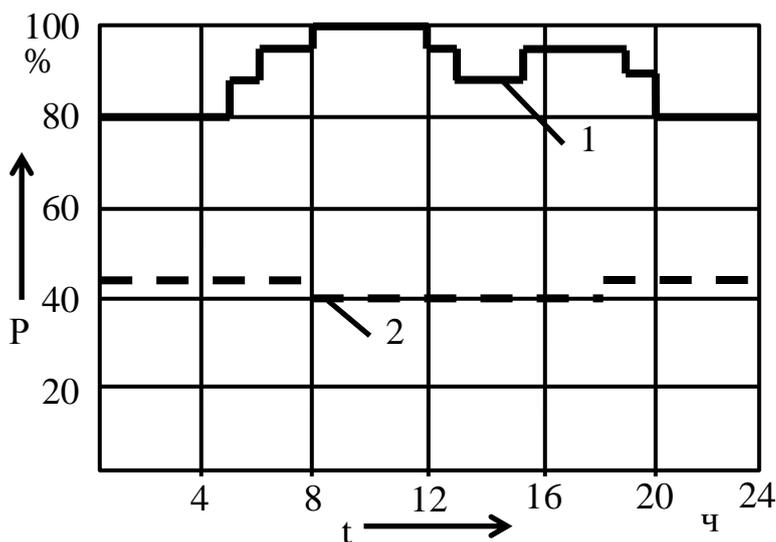
зывают относительное значение нагрузки для данного времени суток. При известном  $P_{\text{макс}}$  можно перевести типовой график в график нагрузки данного потребителя, используя соотношение для каждой ступени графика в Вт

$$P_{\text{ст}} = \frac{n}{100} \cdot P_{\text{макс}}, \quad (1)$$

где  $n$  - ордината соответствующей ступени типового графика, %.

На рисунке 1 б показан график потребителя электроэнергии, полученной из типового, показанного на рисунке 1 а при  $P_{\text{макс}} = 2$  МВт.

Обычно для каждого потребителя дается несколько суточных графиков, которые характеризуют его работу в разное время года и в разные дни недели. Это - типовые графики зимних и летних суток для рабочих дней, график выходного дня и т.д. Основным является обычно зимний суточный график рабочего дня. Его максимальная нагрузка  $P_{\text{макс}}$  принимается за 100 %, и ординаты всех остальных графиков задаются в процентах именно этого значения.



1 - график рабочего дня; 2 - график выходного дня

Рисунок 2 - Пример типового графика конкретного вида производства (черная металлургия)

Кроме графиков активной нагрузки, используют графики реактивной нагрузки. Типовые графики реактивного потребления также имеют ординаты ступеней, в

процентах абсолютного максимума. Абсолютный максимум реактивной нагрузки определится по выражению в вар

$$Q_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{макс}}, \quad (2)$$

где  $\text{tg}\varphi_{\text{макс}}$  определяется по значению  $\cos\varphi_{\text{макс}}$ , которое задано, как исходный параметр для данного потребителя.

Суточный график полной мощности можно получить, используя известные графики активной и реактивной нагрузок. Значения мощности по ступеням графика, показанного на рисунке 3, определяются по выражениям в В·А

$$S_{\text{ст}} = \sqrt{P_{\text{ст}}^2 + Q_{\text{ст}}^2}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{ст}}$  и  $Q_{\text{ст}}$  - активная и реактивная нагрузки данной ступени в именованных единицах.

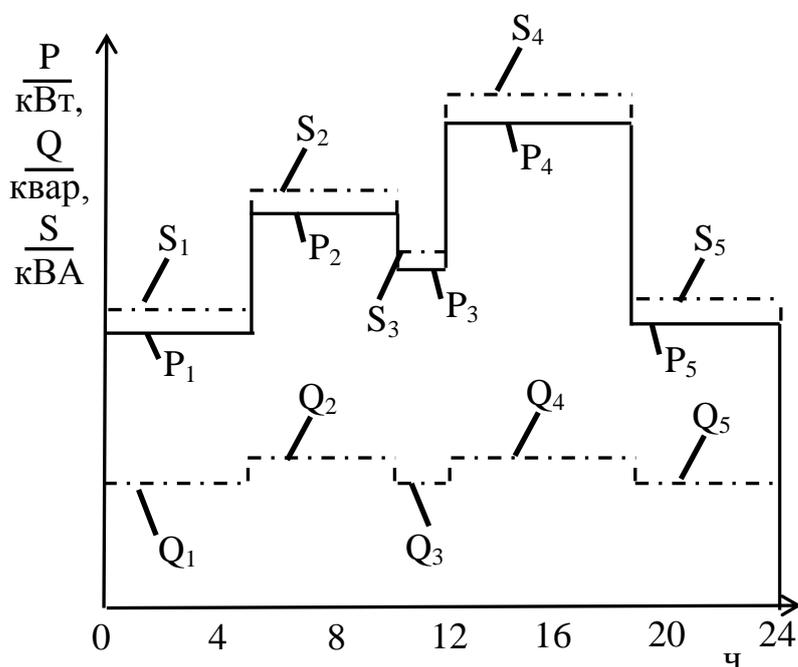


Рисунок 3 - Суточные графики активной, реактивной и полной мощности потребителя

## 1.1.2 Годовой график электрических нагрузок

Годовой график показывает длительность работы установки в течение года с различными нагрузками. По оси ординат откладывают нагрузки в соответствующем масштабе, по оси абсцисс - часы года от 0 до 8760. Нагрузки на графике располагают в порядке их убывания от  $P_{\max}$  до  $P_{\min}$  как показано на рисунке 4.

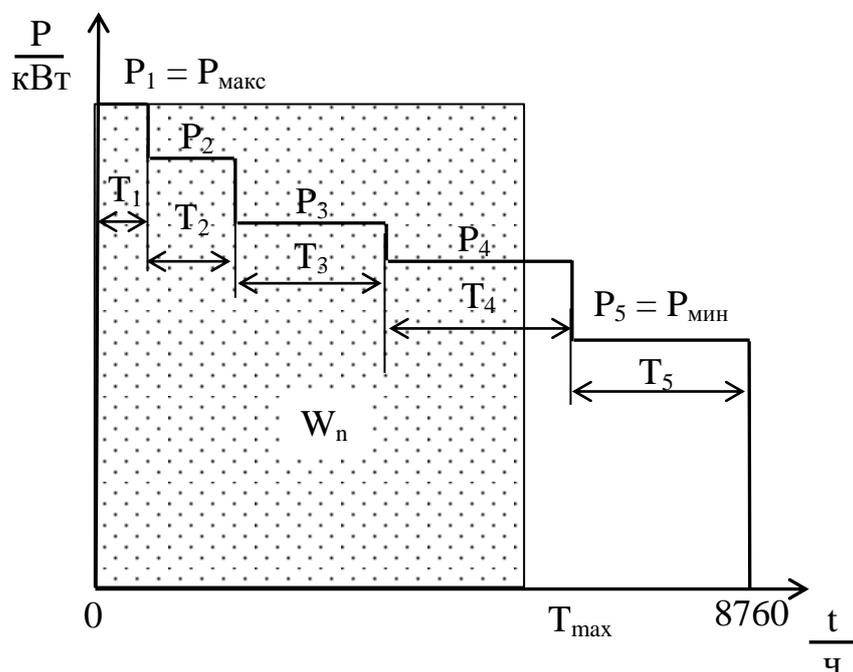
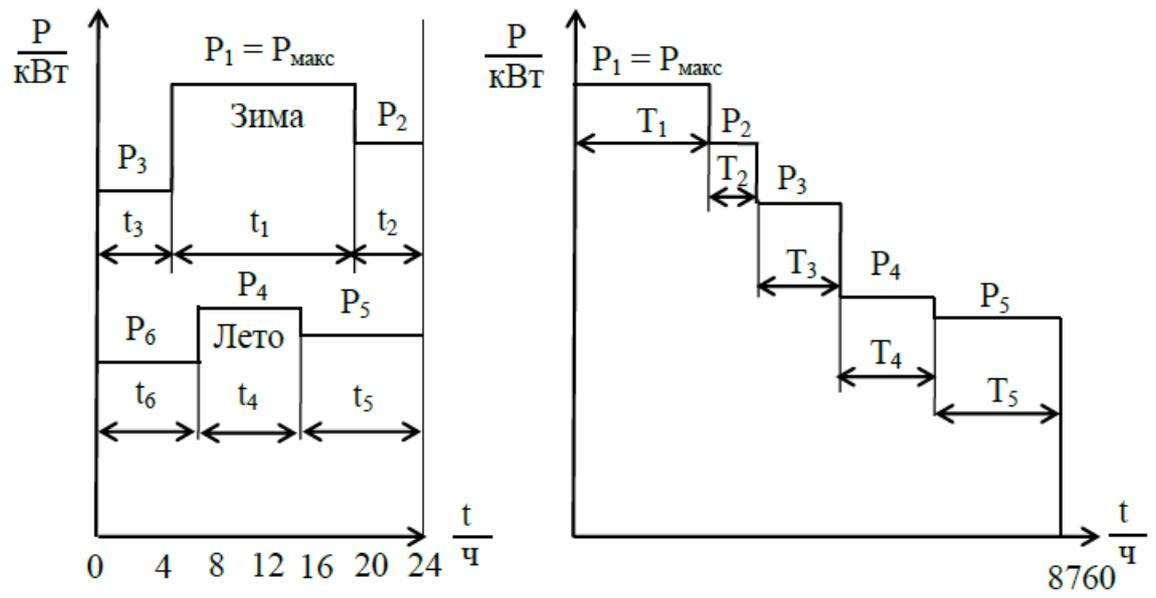


Рисунок 4 - Годовой график продолжительности нагрузок.

Построение годового графика продолжительности нагрузок производится на основании известных суточных графиков. На рисунке 5 показан способ построения графика при наличии двух суточных графиков нагрузки - зимнего (183 дня) и летнего (182 дня).

Для наиболее распространенных потребителей электроэнергии в справочниках приводятся типовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности. График продолжительности нагрузок применяют в расчетах технико-экономических показателей установки, расчетах потерь электроэнергии, при оценке использования оборудования в течение года и т. п.



$$T_1 = t_1 \cdot 183; T_2 = t_2 \cdot 183; T_3 = t_3 \cdot 183; T_4 = t_4 \cdot 182; T_5 = t_5 \cdot 182$$

Рисунок 5 - Построение графика продолжительности нагрузок

## 1.6.2 Построение графика нагрузки

Построение графика нагрузок выполняется в следующем порядке (рекомендуется выполнять средствами MS Excel или MathCAD):

- 1) заполняется расчетная часть таблицы 3;
  - а) определяется суммарный расчетный ток  $I_p$  с учетом коэффициента трансформации трансформатора тока измерителя мощностей приведенного в таблице 4;
  - б) определяется величина  $\cos\varphi$  и  $\operatorname{tg}\varphi$ ;
  - в) определяется величина полной мощности  $S$ ;
- 2) строятся графики активной, реактивной и полной мощности в масштабе оси абсцисс - 1 час;
- 3) строится годовой график нагрузки по продолжительности.

## 1.6.3 Определение показателей графика

Для построенных графиков определяются следующие показатели (рекомендуется выполнять средствами MS Excel или MathCAD):

1) максимальные активную  $P_{\max}$  кВт, реактивную  $Q_{\max}$  квар, полную  $S_{\max}$  кВ·А мощность;

2) минимальные активную  $P_{\min}$  кВт, реактивную  $Q_{\min}$ , квар, полную  $S_{\min}$  кВ·А мощность;

3) средние

а) активную  $P_c$ , кВт

$$P_c = \frac{P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P \cdot t_n}{t}; \quad (4)$$

б) реактивную  $Q_c$ , квар

$$Q_c = \frac{Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2 + \dots + Q_n \cdot t_n}{t}; \quad (5)$$

в) полную  $S_c$ , кВ·А

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}; \quad (6)$$

МОЩНОСТЬ;

4) Среднеквадратичные:

а) активную  $P_{с.кв.}$ , кВт

$$P_{с.кв.} = \sqrt{\frac{1}{t_{ц}} (P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n)}; \quad (7)$$

б) реактивную  $Q_{с.кв.}$ , квар

$$Q_{с.кв.} = \sqrt{\frac{1}{t_{ц}} (Q_1^2 \cdot t_1 + Q_2^2 \cdot t_2 + \dots + Q_n^2 \cdot t_n)}; \quad (8)$$

в) полную  $S_{с.кв.}$ , кВ·А

$$S_{с.кв.} = \sqrt{P_{с.кв.}^2 + Q_{с.кв.}^2}; \quad (9)$$

МОЩНОСТЬ;

5) Коэффициент максимума по активной мощности  $K_m$

$$K_m = \frac{P_m}{P_c}; \quad (10)$$

6) Коэффициент заполнения графика по активной мощности  $K_{з.г.а}$

$$K_{з.г.а} = \frac{P_c}{P_m} = \frac{1}{K_m}; \quad (11)$$

7) Коэффициент формы графика:

а) активной  $K_{ф.а}$ .

$$K_{ф.а} = \frac{P_{с.кв.}}{P_c}; \quad (12)$$

б) реактивной  $K_{ф.р}$ .

$$K_{ф.р} = \frac{Q_{с.кв.}}{Q_c}; \quad (13)$$

в) полной  $K_{ф}$

$$K_{ф} = \frac{S_{с.кв.}}{S_c}; \quad (14)$$

8) Число часов использования максимума активной нагрузки  $T_m$ , ч в год

$$T_m = \frac{365 \cdot (P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n)}{P_m}; \quad (15)$$

- 9) Коэффициент мощности  $\cos\varphi_{\text{макс}}$  при максимуме активной нагрузки за сутки;  
 10) Коэффициент мощности средний  $\cos\varphi_{\text{ср}}$  за сутки;  
 11) Коэффициент мощности средневзвешенный  $\cos\varphi_{\text{ср взв}}$ ;  
 12) Определить суточный расход:

а) активной  $W_a$ , кВт·ч

$$W_a = P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n; \quad (16)$$

б) реактивной электроэнергии  $W_p$ , квар·ч

$$W_p = Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2 + \dots + Q_n \cdot t_n; \quad (17)$$

13) Определить годовой расход:

а) активной  $W_a$ , кВт·ч в год

$$W_{a.г} = 365 \cdot (P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n); \quad (18)$$

б) реактивной электроэнергии  $W_p$ , квар·ч в год

$$W_{p.г} = 365 \cdot (Q_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot t_2 + \dots + Q_n \cdot t_n); \quad (19)$$

14) Определить коэффициент сменности энергоиспользования  $\alpha$

$$\alpha = \frac{P_{с.г}}{P_c}, \quad (20)$$

где  $P_{с.г}$  – среднегодовая активная нагрузка

$$P_{сг} = \frac{W_{a.г}}{8760} \quad (21)$$

## 2 Варианты индивидуальных заданий

Часы суток	Вариант															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%	P,%	Q,%
1	90	30	40	50	40	50	40	10	70	80	40	30	70	30	60	70
2	80	20	40	50	30	50	30	20	60	80	30	20	80	30	50	70
3	90	40	40	50	20	50	20	10	40	70	30	10	70	30	40	70
4	90	40	40	50	40	50	10	10	40	70	30	0	60	20	50	70
5	90	40	40	50	40	50	20	20	30	60	20	10	70	20	60	70
6	90	40	50	60	50	50	30	10	40	70	30	20	80	30	60	70
7	80	30	50	60	60	50	40	10	30	60	50	30	70	20	70	80
8	90	40	50	60	80	90	60	30	80	90	90	40	80	40	80	80
9	100	50	50	60	100	100	90	40	90	100	100	70	90	50	90	80
10	90	40	60	70	100	100	100	50	100	100	100	70	100	70	100	90
11	90	60	60	70	90	90	90	40	80	90	90	50	90	60	100	90
12	80	50	60	70	80	70	70	30	70	80	80	40	80	50	70	80
13	90	30	60	70	50	80	60	40	80	90	90	50	90	60	80	90
14	90	40	60	70	70	90	90	50	90	90	90	40	70	50	80	90
15	90	50	60	70	90	100	80	40	100	100	80	30	60	40	100	100
16	100	60	60	70	80	90	70	30	80	90	90	50	70	50	100	100
17	90	30	40	50	70	80	60	40	60	60	100	50	80	60	80	90
18	100	20	60	60	80	90	70	30	70	80	100	40	70	50	100	100
19	90	20	60	60	90	100	60	30	80	90	90	30	60	40	100	100
20	90	40	60	60	100	100	50	20	80	90	100	40	70	30	90	100
21	100	50	60	60	100	90	60	10	70	80	90	30	80	40	90	100
22	100	50	60	50	90	80	70	40	80	90	80	20	70	30	80	80
23	90	40	50	50	70	80	50	20	90	100	40	30	60	20	60	70
24	80	30	40	50	50	60	40	10	70	80	40	30	60	20	60	70

### 3 Контрольные вопросы

- 1) Что называется графиком электрической нагрузки?
- 2) Перечислите разновидности графиков электрических нагрузок.
- 3) Перечислите способы получения данных для построения графика электрических нагрузок.
- 4) Приведите алгоритм построения графиков электрической нагрузки различных видов.
- 5) Как используются графики электрических нагрузок?
- 6) Перечислите виды мощности, и обозначьте каждую на графике в порядке возрастания (или убывания).
- 7) Запишите формулы для определения различных видов мощности.
- 8) Перечислите коэффициенты, характеризующие графики электрических нагрузок.
- 9) Перечислите коэффициенты, характеризующие особенность потребления электроэнергии приемником.
- 10) Запишите формулы для определения коэффициентов, характеризующих графики электрических нагрузок.
- 11) Что называется коэффициентом мощности электроприемника?
- 12) Перечислите методы расчета электрических нагрузок.
- 13) Приведите модель системы электроснабжения с подразделением на уровни и охарактеризуйте особенности электропотребления на различных уровнях системы электроснабжения.
- 14) Поясните применимость методов расчета электрических нагрузок к различным уровням системы электроснабжения.
- 15) Охарактеризуйте понятие «число часов использования максимума электрической нагрузки» и приведите алгоритм определения его значения

#### **4 Литература, рекомендуемая для изучения темы**

1 Федоров, А. А. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов / А. А. Федоров, Э. М. Ристхейн . - М. : Энергия, 1980. - 360 с

## Список использованных источников

1 Правила устройства электроустановок. - Вып. 8.- 6-е и 7-е изд. - Новосибирск : Новосиб. ун-т, 2007. - 854 с. - ISBN 5-379-00206-4.

2 Федоров, А. А. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов / А. А. Федоров, Э. М. Ристхейн . - М. : Энергия, 1980. - 360 с

3 Сенигов, П.Н. Распределительные сети систем электроснабжения: руководство по выполнению базовых экспериментов РССЭС.001 РБЭ (934) / П.Н. Сенигов. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 25 с.

4 Сенигов, П.Н. Качество электрической энергии в системах электроснабжения: руководство по выполнению базовых экспериментов КЭЭСЭС.001 РБЭ (935) /П.Н. Сенигов. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 22 с.