



**Энергетический факультет**

**Кафедра электротехники и электроснабжения**

**ОБРАБОТКА ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ**

**Методические указания к выполнению  
индивидуального задания  
по дисциплине  
«Электроснабжение сельского хозяйства»**

**Санкт-Петербург  
2009 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Графики нагрузки	4
2. Определение показателей графиков нагрузки	5
3. Литература	10
4. Задание	10

Составители: доцент Л. И. Васильев, старший преподаватель Е. С. Кузнецова, ассистент Е.А. Тур.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией энергетического факультета (протокол № 5 от 20.01.09 г.) и методическим советом СПбГАУ (протокол № 5 от 20.01.09 г.)

Для студентов энергетического факультета по специальностям:

110302 – электрификация и автоматизация сельского хозяйства;

140106 – энергообеспечение предприятий.

Рецензент – кандидат технических наук, профессор кафедры ЭОП Силенко В.Н.

### Введение

Потребление электроэнергии потребителями не остается постоянным. Изменения режима потребления определяются влиянием большого числа факторов: время года, часы суток, тип потребителя (производственный, коммунально-бытовой), продолжительность светового дня, температура окружающего воздуха и т.п. Изменения режима потребления приводят к изменению режима работы и линий электропередач и трансформаторных подстанций и электростанций.

Любое звено в системе выработки, трансформации и передачи электроэнергии должно обеспечивать требуемые уровни надежности электроснабжения, качества электроэнергии при минимальных затратах на ее передачу от источников до потребителей. Обеспечение перечисленных требований возможно лишь при условиях, что на стадии проектирования правильно определены параметры ЛЭП, трансформаторов, источников и в условиях эксплуатации тщательно отслеживается режим работы каждого элемента сети.

Для оценки режима работы сети необходимо иметь информацию об изменениях режима потребления.

Такую информацию могут дать графики нагрузок любого элемента сети. Обычно для определения нужных показателей режима работы сети используют не сами графики нагрузок, а их расчетные показатели.

Цель настоящей работы – ознакомить студентов с методикой обработки графиков нагрузки.

## 1. Графики нагрузок

Изменения нагрузки в течение какого-либо времени характеризуются **графиками нагрузки**. Эти изменения носят, как правило, случайный характер, однако они подчиняются вероятностным законам, которые могут быть установлены с тем большей точностью, чем больше опытных данных было использовано при их определении.

**Графиком нагрузки** называется зависимость активной  $P$ , реактивной  $Q$  или полной  $S$  мощности нагрузки от времени. Отрезки времени могут быть разными, например, смена, сутки, месяц, сезон, год. Для решения практических задач чаще всего используются *суточные* и *годовые* графики нагрузок.

Получение графиков нагрузки в действующих электрических сетях сопряжено с рядом организационно-технических сложностей. Для измерения показателей нагрузки должны быть установлены соответствующие измерительные приборы. В местах присоединения электрических сетей к подстанции обычно устанавливаются амперметры, в некоторых случаях счетчики электрической энергии, чаще всего индукционного типа. Поэтому для снятия показаний приборов, по которым будут строиться графики нагрузок, требуется отвлечение от основной работы большого количества людей. Установка самопишущих приборов в нужных местах требует наличия большого количества таких приборов, а следовательно, и соответствующих затрат. Проблему с получением графиков нагрузки можно упростить применением программируемых электронных счетчиков электроэнергии.

В настоящее время в информации о графиках нагрузки особенно заинтересованы предприятия электрических сетей и крупные промышленные предприятия с присоединенной мощностью 750 кВА и более.

Предприятия электрических сетей по максимальной нагрузке оценивают пропускную способность сети, загрузку трансформаторов, выполняют работы по перестройке устройств релейной защиты и т.п.

Для производственных предприятий кроме величины максимума нагрузки очень важно знать, в какое время суток он проходит, т.к. это определяет величину заявленной мощности. Под заявленной мощностью понимают максимальную нагрузку, которая совпадает со временем максимальных нагрузок энергосистемы. Величина заявленной мощности определяет размер оплаты по первой ставке при двухставочном тарифе расчетов за электроэнергию.

При проектировании электрических сетей для выбора мощности трансформаторов на подстанциях, сечений проводников используют расчетную нагрузку, которую тоже можно определить по годовому графику нагрузки.

Под **расчетной нагрузкой** понимают наибольшее из средних значений полной мощности за промежутков времени 30 минут (получасовой максимум), которое может возникнуть на вводе к потребителю или в питающей сети в расчетном году с вероятностью не ниже 0,95.

## 2. Определение показателей графиков нагрузки

В настоящее время только для предприятий электрических сетей Правилами эксплуатации электрических сетей определено, что графики нагрузки должны определяться в декабре и июне. Эти месяцы, как правило, соответствуют максимальным и минимальным нагрузкам электрических сетей. Таким образом, для определения показателей реально можно располагать информацией о летнем и зимнем графиках нагрузки (рисунок 2.1 а, б).

Для построения годового графика нагрузки по продолжительности принято, что сельские потребители в течение года 200 дней работают по зимнему графику и 165 дней — по летнему.

Годовой график нагрузки по продолжительности показывает, сколько времени в течение года будет длиться та или иная нагрузка. По ней нельзя определить какая нагрузка будет соответствовать месяцу или сезону года, но он удобен для

получения основных показателей режима работы сети или предприятия.

Методика построения графика нагрузки по продолжительности выполняется следующим образом.

1. По полученным данным строятся зимний и летний графики нагрузок (рисунок 2.1).

2. В первую колонку таблицы 1 записываются значения мощностей от наибольшей  $P_1$  до наименьшей  $P_n$ .

3. Во вторую колонку записывается длительность действия  $P_i$  нагрузки в течение года. Длительность рассчитывается по суточным графикам нагрузки. Например (рисунок 2.1), нагрузка  $P_1$  зафиксирована только в зимнем графике нагрузки. Время ее существования  $t_{13}$ , тогда

$$t_1 = 200t_{13}$$

Для нагрузки  $P_2$

$$t_2 = 200t_{23} + 165t_{2л}$$

Для нагрузки  $P_3$

$$t_3 = 200(t'_{33} + t''_{33} + t'''_{33}) + 165t_{3л} \text{ и т.д.}$$

Для нагрузки  $P_6$

$$t_6 = 165(t'_{6л} + t''_{6л})$$

Если расчеты длительностей существования нагрузок выполнены правильно, то сумма значений  $\sum t_i$  будет равна 8760.

4. По данным двух первых колонок строится годовой график нагрузки по продолжительности.

5. Каждая строчка третьей колонки таблицы (произведение  $P_i t_i$ ) представляет собой величину электроэнергии, переданной или потребленной в течение года при нагрузке  $P_i$ . Сумма значений третьей колонки  $\sum P_i t_i$  определяет годовое количество энергии  $W$ , соответствующее исходным суточным графикам нагрузки.

Рис. 2.1. Графики нагрузки  
а) – суточные зимний; б) – суточные летний; в) – годовой по продолжительности

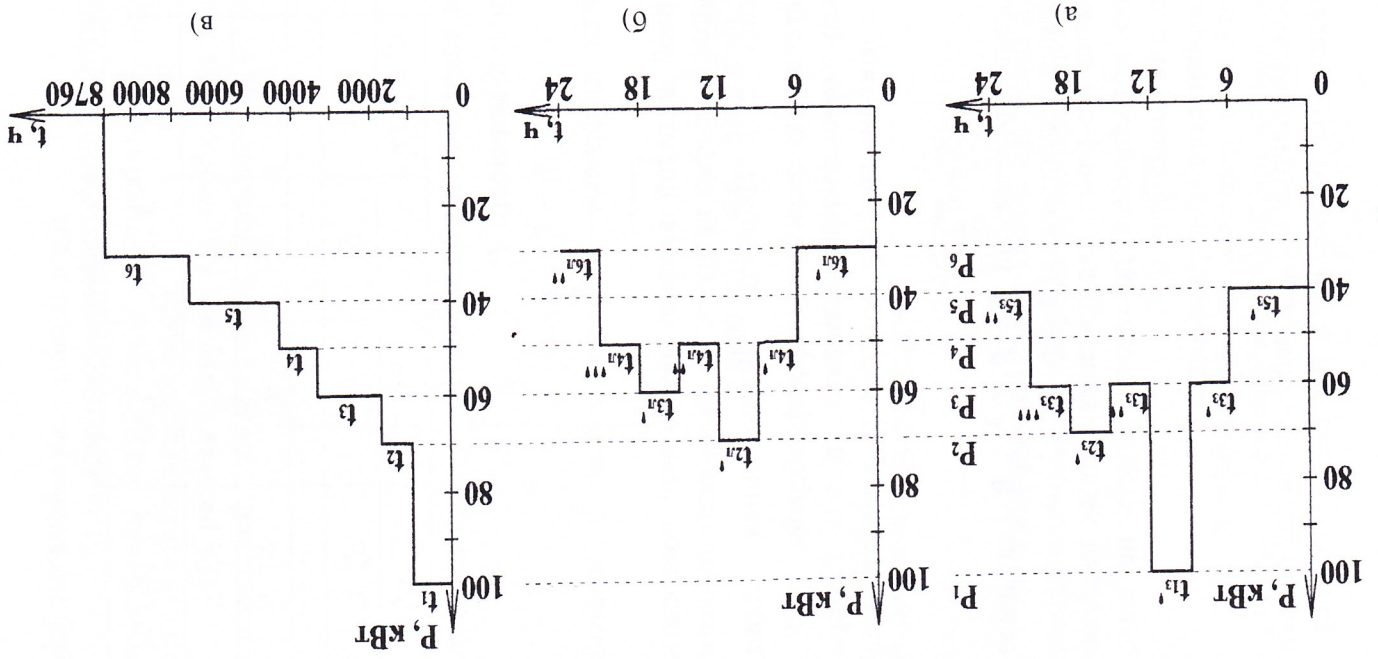


Таблица 2.1.

Расчетные данные графиков нагрузок

$P_i$ , кВт	$t_i$ , ч	$P_i \cdot t_i$ , кВт·ч	$S_i$ , кВА	$S_i^2$ , кВА <sup>2</sup>	$S_i^2 t_i$ , кВА <sup>2</sup> ·ч
$P_1$	$t_1$	$P_1 \cdot t_1$	$S_1$	$S_1^2$	$S_1^2 \cdot t_1$
$P_2$	$t_2$	$P_2 \cdot t_2$	$S_2$	$S_2^2$	$S_2^2 \cdot t_2$
-	-	-	-	-	-
$P_n$	$t_n$	$P_n \cdot t_n$	$S_n$	$S_n^2$	$S_n^2 \cdot t_n$
Итого	8760	$W = \sum P_i t_i$			$\sum S_i^2 t_i$

6. Определяется значение полной мощности  $S_i$  для каждого значения активной мощности  $P_i$

$$S_i = P_i / \cos \varphi.$$

7. Рассчитываются цифровые значения пятой и шестой колонок.

Данные первой и пятой колонок позволяют построить квадратичный годовой график нагрузок по продолжительности  $S_i^2 = f(t)$  (рисунок 2.2). Площадь ограниченная этим графиком характеризует величину электроэнергии  $\Delta W$ , потерянной в результате нагрева элементов и т.п. Потери электроэнергии по данному графику могут быть рассчитаны по формуле

$$\Delta W = K \sum S_i^2 t_i,$$

где  $K$  – коэффициент определяемый  $K = R / U_{ном}^2$ ,  $R$  – активное сопротивление элемента электрической сети.

Как уже отмечалось ранее, для решения многих задач по электроснабжению потребителей достаточно иметь не сами графики нагрузок, а их показатели.

1) **Годовое количество электроэнергии  $W$**

$$W = \sum P_i t_i.$$

2) **Максимальная нагрузка  $P_{макс}$** , необходима для оценки загрузки оборудования подстанций, ЛЭП, настройки устройств

регулирования напряжения и т.д.

3) **Минимальная нагрузка  $P_{мин}$** , используется для оценки отклонений напряжения у потребителей, наладки устройств регулирования напряжения.

4) **Средняя нагрузка  $P_{ср}$** , необходима для расчета других показателей, может быть использована для определения

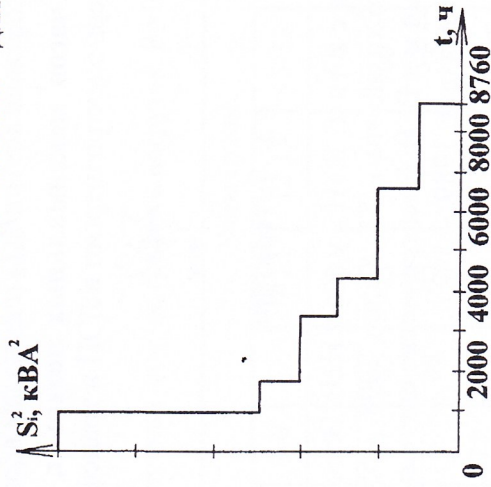


Рис. 2.2. Квадратичный годовой график нагрузки по продолжительности

количества электроэнергии

$$P_{ср} = \frac{W}{8760} = \frac{\sum P_i t_i}{8760}.$$

5) **Коэффициент максимума нагрузки  $K_M$** , характеризует диапазон изменения нагрузки в максимальном и минимальном режимах

$$K_M = \frac{P_{макс}}{P_{ср}}.$$

6) **Коэффициент заполнения графика нагрузки  $K_3$** , характеризует степень использования оборудования

$$K_3 = \frac{W}{P_{макс} \cdot 8760}.$$

7) **Число часов использования максимальной нагрузки  $T$** , как и  $K_3$  характеризует степень использования оборудования. При известной расчетной нагрузке  $P_{расч}$  используется для определения количества электроэнергии.

$$T = \frac{W}{P_{\max}}$$

8) **Число часов максимальных потерь  $\tau$** , используется при расчете потерь электроэнергии в ЛЭП и трансформаторах.

$$\tau = \frac{\sum S_i^2 t_i}{S_{\max}^2}$$

### 3. Литература

1. Лещенко Г. Б., Наумов И. В. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Колос, 2008. – 655 с.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

### 4. Задание

Исходные данные для выполнения задания студенты выполняют по таблицам 4.1 и 4.2 в соответствии с индивидуальным шифром, выдаваемым преподавателем.

1. По числовым данным летнего и зимнего графиков нагрузки построить:

- суточные летний и зимний графики нагрузок;
- годовой график нагрузок по продолжительности;
- годовой квадратичный график нагрузок по продолжительности.

2. Заполнить таблицу данных графиков нагрузки (образец таблица 2.1).

3. Определить следующие показатели графиков:

- максимальную нагрузку  $P_{\max}$ , кВт;

– минимальную нагрузку  $P_{\min}$ , кВт и в % от максимальной нагрузки  $P_{\min} \% = P_{\min} \cdot 100 / P_{\max}$ ;

– среднюю нагрузку  $P_{ср}$ , кВт;

– коэффициент максимума нагрузки  $K_M$ ;

– число часов использования максимальной нагрузки  $T$ ;

– число часов максимальных потерь электроэнергии  $\tau$ .

Таблица 4.1.

Суточные зимние графики нагрузок, Р кВт

Пер- вый знак	Часы суток									
	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24		
0	35	37	60	90	62	70	59	40		
1	35	37	57	45	43	60	88	47		
2	50	62	88	92	77	83	73	53		
3	20	25	57	92	78	72	45	22		
4	11	11	17	28	24	22	14	11		
5	33	32	47	90	62	67	53	38		
6	40	47	77	82	66	77	92	57		
7	60	65	93	87	83	90	90	67		
8	45	50	87	93	78	90	95	60		
9	45	50	71	73	64	72	82	54		

Таблица 4.2.

Суточные летние графики нагрузок, Р кВт

Второй знак	Часы суток									
	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24		
0	28	30	48	72	50	56	47	32		
1	21	22	33	28	29	30	37	47		
2	50	57	80	83	70	74	69	52		
3	50	88	85	100	85	80	65	52		
4	60	62	82	100	88	80	67	60		
5	27	25	37	64	49	53	43	31		
6	28	33	54	62	46	53	54	49		
7	35	44	62	65	54	61	63	54		
8	34	38	64	69	56	64	61	53		
9	24	27	46	53	39	45	46	42		

## Обработка графиков нагрузок

Методические указания к выполнению индивидуального задания по дисциплине «Электроснабжение сельского хозяйства»

Авторы  
Л.И. Васильев  
Е.С. Кузнецова  
Е.А. Тур

Редактор  
Е.А. Тур

Подписано в печать П. л. Уч. из. Тираж 150 экз. Заказ

Типография Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, ул. Садовая, 14