Електрични мрежи

Товари во електричните мрежи – конзум

М. Тодоровски

Институт за преносни електроенергетски системи
Факултет за електротехника и информациски технологии
Универзитет Св. Кирил и Методиј

mirko@feit.ukim.edu.mk
pees.feit.ukim.edu.mk

Скопје, 2018

Општо (1)

- Моќноста што се пренесува преку електричните мрежи претставува главен параметар за димензионирање на пресеците на водовите, моќностите на енергетските трансформатори како и карактеристиките на заштитните, регулациски и компензациски уреди.
- Потрошувачите претставуваат сумарен одзив на голем број разновидни електрични приемници (уреди) кои може да се групираат на различни начини.
  - електрично осветление,
  - електромоторни погони,
  - уреди за производство на топлинска енергија,
  - уреди за разладување,
  - уреди за разни електронски кола,
  - други уреди за различна намена.

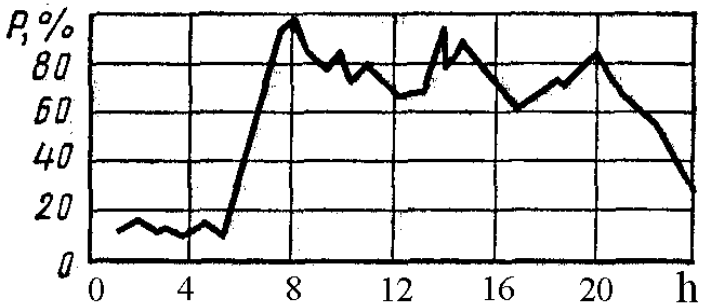
Општо (2)

- Од аспект на администрирање со системот приемниците може да се групираат во карактеристични целини
  - домаќинства,
  - административен сектор,
  - индустрија,
  - сообраќај,
  - земјоделие (заедно со прехрамбена индустрија).
- Побарувачката на конзумот не е константна и таа се менува како во текот на денот така и во текот на годината (промена на годишните времиња). За потребите на анализата на ЕЕС можно е да се идентификуваат поголем број карактеристични работни режими
  - Режим на максималното оптоварување
  - Режим на минималното оптоварување

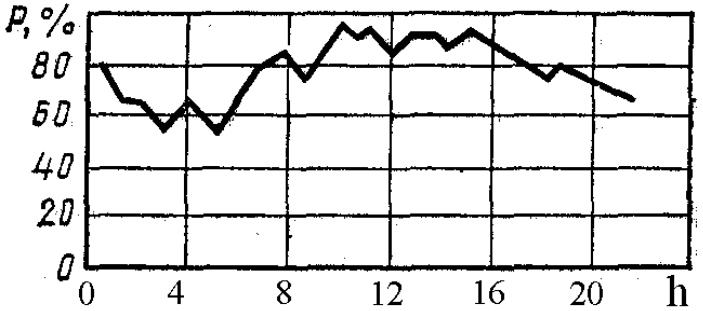
Општо (3)

- Режим на економично оптоварување (работа со минимум трошоци)
- Режим на пренесување на природна моќност
- Режим на номинално оптоварување на некои елементи од ЕЕС
- Режим на празен од на некој елементи или пак на делови од системот

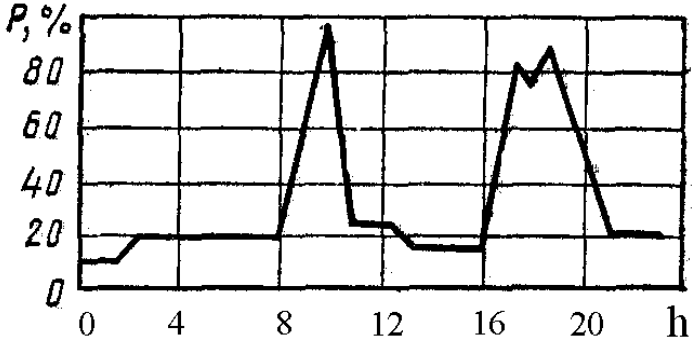
Дијаграм на оптоварување



а) индустрија за прецизна механика

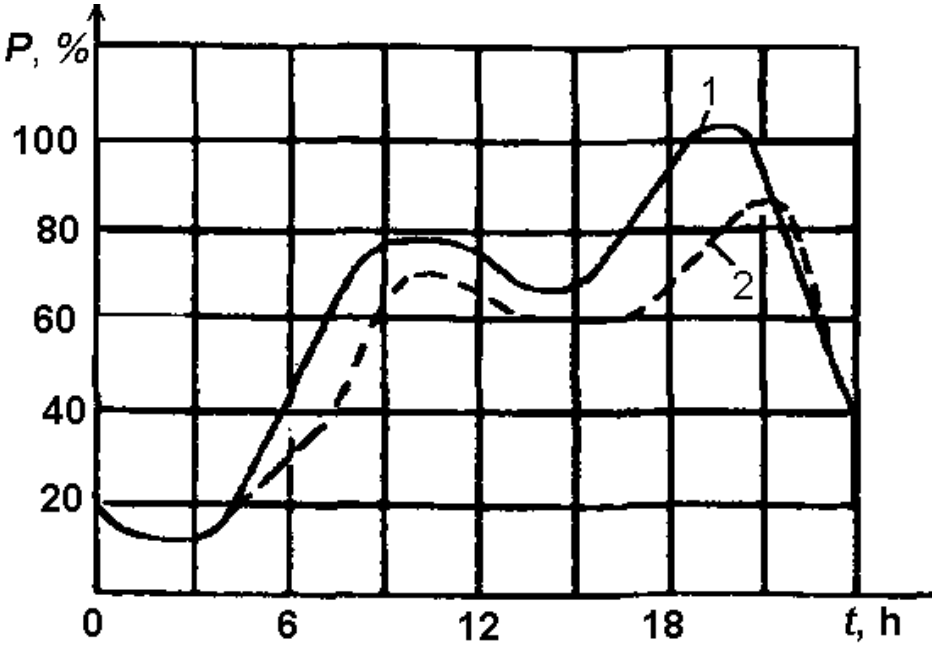


б) индустрија за производство на млеко



в) училиште

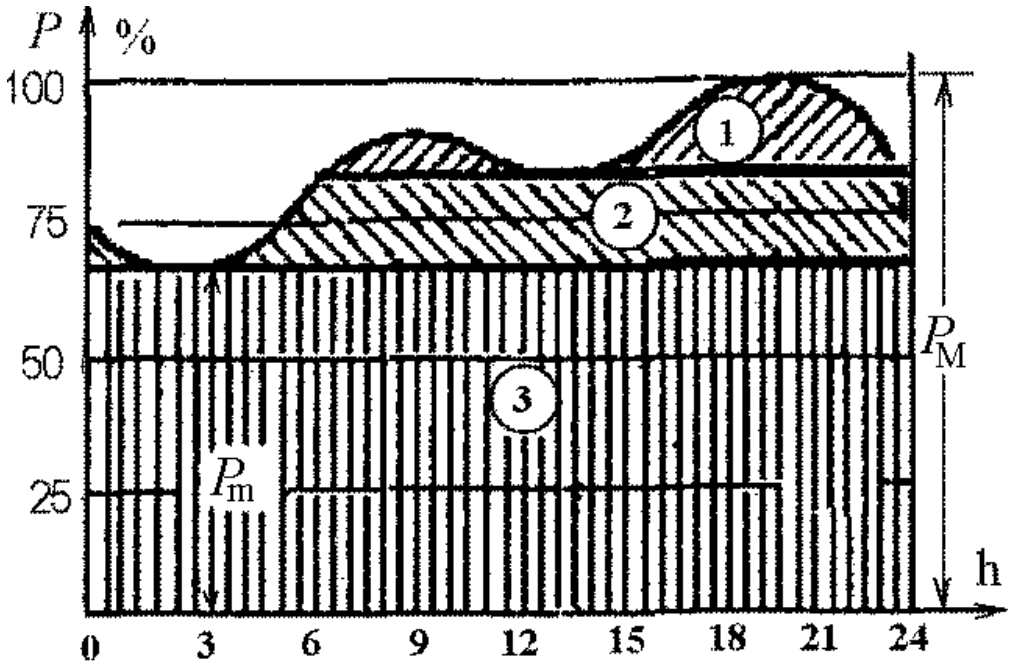
Дијаграм на оптоварување



1) просечен зимски ден, 2) просечен летен ден

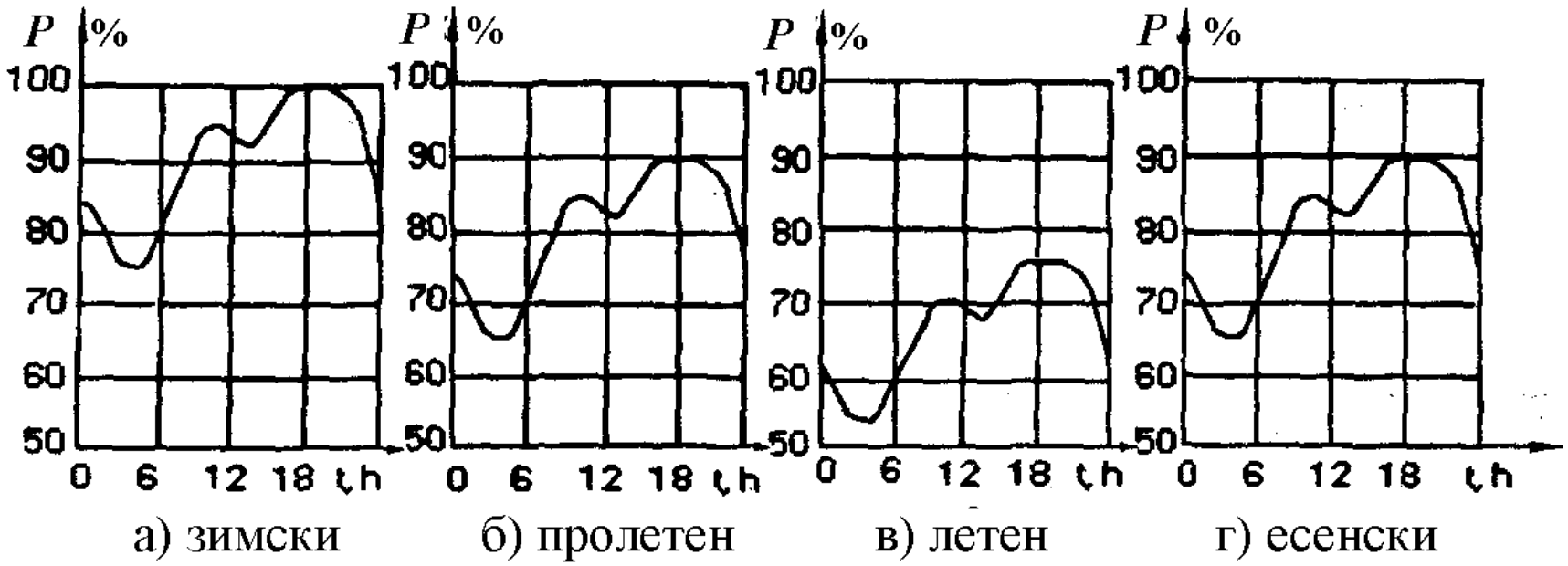
Сумарен дневен дијаграм на оптоварување на ЕЕС

Збирот на дневните дијаграми на оптоварување на сите потрошувачи го формира сумарниот дневен дијаграм на оптоварување на ЕЕС.



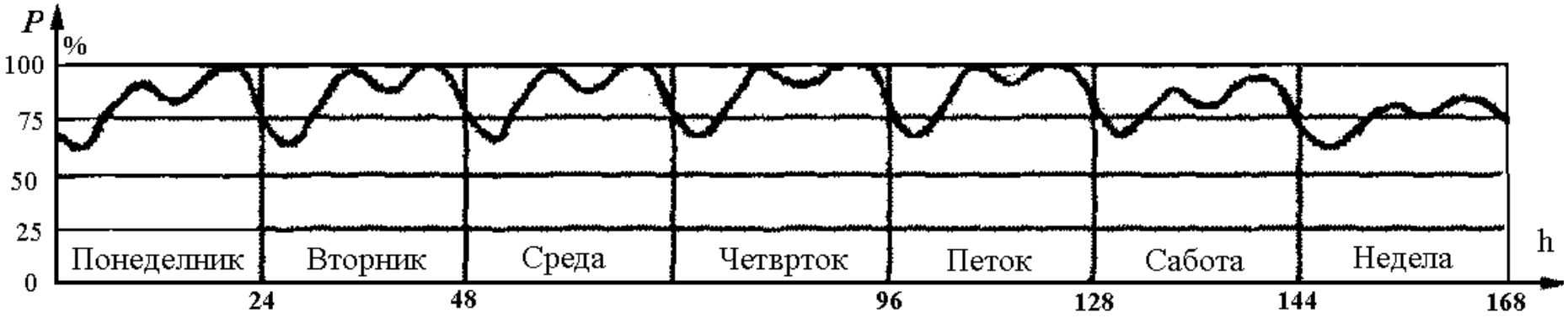
Дијаграмот е поделен на три зони: 1) вршна, 2) средна и 3) основна зона.

Сезонска промена на дневниот дијаграм

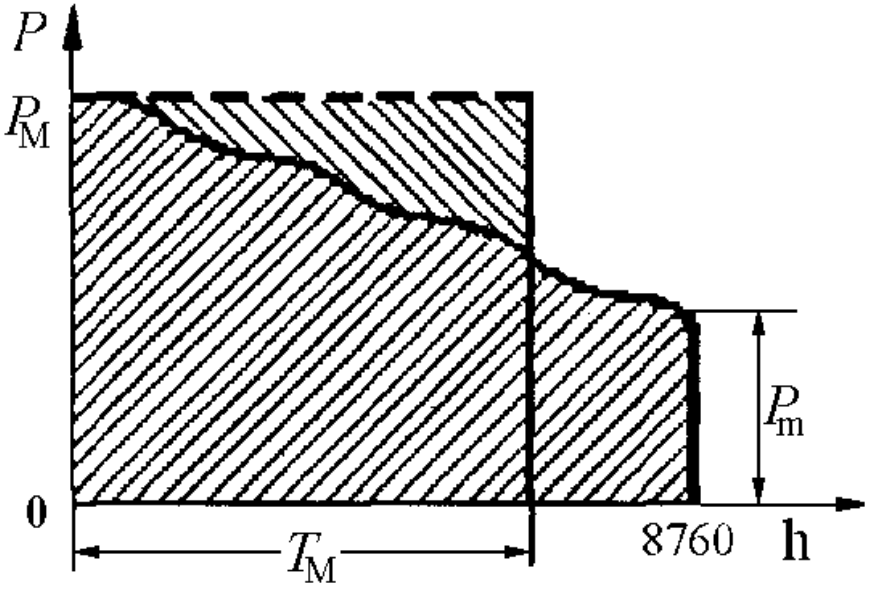


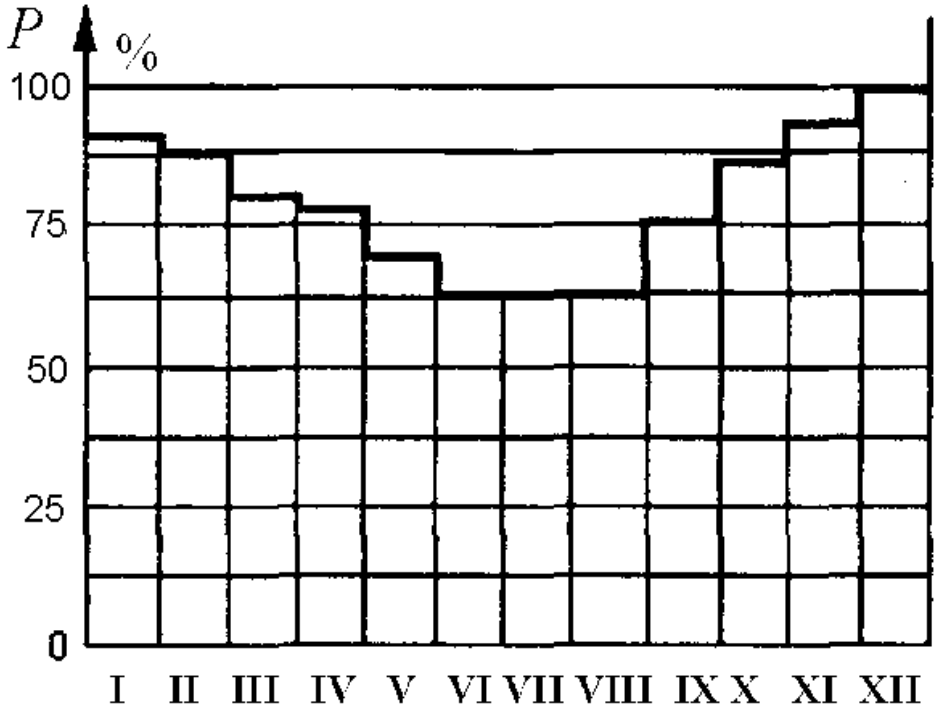
Упросечени дневни дијаграми за работен ден во еден ЕЕС

Неделен дијаграм на оптоварување



Годишен дијаграм на оптоварување





подреден годишен дијаграм (лево) и годишен дијаграм на максималните месечни товари (десно)

Основни параметри на дијаграмите на оптоварување (1)

- Максимално оптоварување P_{M}
- Минимално оптоварување P_{m}
- Средно оптоварување $P_{\text{ср.}}$

$$W = \int_0^T P(t) \cdot dt,$$

$$P_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T P(t) \cdot dt = \frac{W}{T}.$$

Основни параметри на дијаграмите на оптоварување (2)

- Употребното време (време за коешто потрошувачот работејќи цело време со својата максимална моќност ќе го преземе истото количество енергија како и при реалниот дијаграм на оптоварување)

$$T_{\mathrm{M}} = \frac{W}{P_{\mathrm{M}}}$$

- Фактор на оптоварување (односот помеѓу средното и максималното оптоварување, мерка за степенот на рамномерност на оптоварувањето)

$$m = \frac{P_{\text{ср.}}}{P_{\mathrm{M}}} = \frac{W}{P_{\mathrm{M}} \cdot T}$$

- Фактор на вршност (однос помеѓу минималното и максималното оптоварување)

$$m_{\text{врв.}} = \frac{P_{\mathrm{m}}}{P_{\mathrm{M}}}.$$

Пример 1

Во табелата се дадени процентуалните дневни дијаграми на оптоварување на активна моќност во нормализиран облик на една станбена зграда и на една градска четврт чијшто конзум се состои од потрошувачи кои спаѓаат во категориите потрошувачи домаќинства (дом.) и комерција (ком.) – респективно. Наедно овие два потрошувача се доминантен конзум на една дистрибутивна трансформаторска станица 10/0,4 kV/kV. Според сметките за преземената електрична енергија просечните дневни потреби од енергија за конзумот што припаѓа на категоријата домаќниства изнесува $W_{\text{дн.дом.}}$ = 1075 kWh/дневно додека за категоријата комерцвија таа изнесува $W_{\text{дн.ком.}}$ = 1910 kWh/дневно.

Да се нацртаат дневните дијаграми на активното оптоварување на обете категории потрошувачи, изразени во апсолутни вредности (kW), како и сумарниот дневен дијаграм на активното оптоварување. Колкав е сумарниот врв $P_{\text{М,сум}}$, а колкав факторот на едновременост на врвниот товар k ?

Пример 1

t (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
дом.	25	22	20	17	18	18	19	33	39	66	74	100
ком.	20	20	22	27	22	19	23	80	80	45	90	100

t (h)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
дом.	90	78	33	36	35	42	60	80	70	42	29	29
ком.	100	95	89	67	34	75	100	83	43	15	13	11

Привремено нека претпоставиме дека е $P_{\text{М,дом.}}$ = 1 kW

$$W_{\text{1,дн.дом.}} = 1 \cdot \Sigma p_i \cdot \Delta t_i = 0,25 + 0,22 + 0,20 + 0,17 + 0,18 + \ldots$$
$$+ 0,42 + 0,29 + 0,29 = 10,75\,\mathrm{kWh}$$

Тоа е за $\xi_{\text{дом.}} = W_{\text{дн.дом.}} / W_{\text{1,дн.дом.}} = 1075/10,75 = 100$ пати помало од дневно преземеното количество енергија што му се испорачува на потрошувачот, а тоа значи дека неговата максимална моќност ќе биде
$P_{\text{М,дом.}} = \xi_{\text{дом.}} \cdot 1\,\mathrm{kW} = 100\,\mathrm{kW}$

Пример 1

$$W_{1,\text{дн.ком.}} = 1 \cdot \Sigma p_i \cdot \Delta t_i = 0,20 + 0,20 + 0,22 + 0,27 + \ldots$$
$$+ 0,15 + 0,13 + 0,11 = 12,73\,\text{kWh}$$

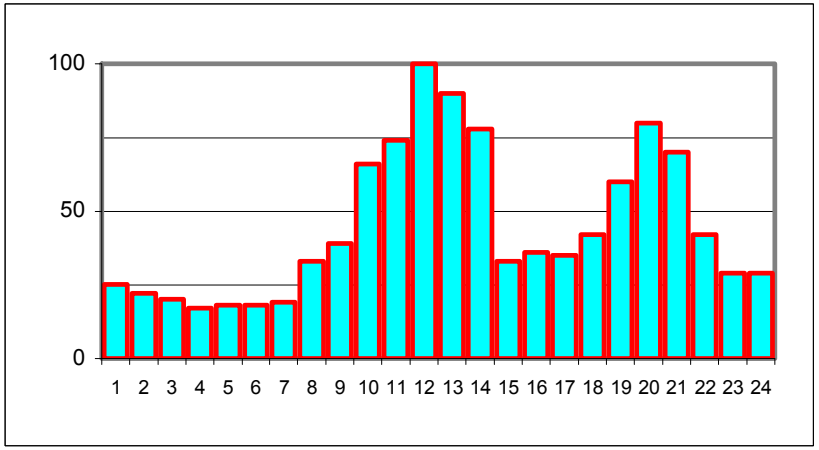
$\xi_{\text{ком.}} = W_{\text{дн.ком.}} / W_{1,\text{дн.ком.}} = 1910/12,73 = 150$
од каде што следи: $P_{\text{М,ком.}} = \xi_{\text{ком.}} \cdot 1\,\text{kW} = 150\,\text{kW}.$

Дневни дијаграми на оптоварување (kW)

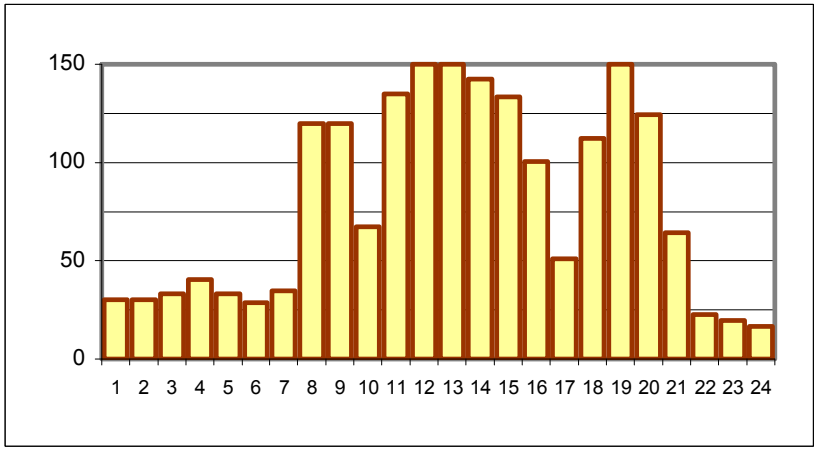
t (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
дом.	25	22	20	17	18	18	19	33	39	66	74	100
ком.	30	30	33	40.5	33	28.5	34.5	120	120	67.5	135	150
сум.	55	52	53	57.5	51	46.5	54.5	153	159	134	209	250

t (h)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
дом.	90	78	33	36	35	42	60	80	70	42	29	29
ком.	150	142.5	134.5	100.5	51	112.5	150	124.5	64.5	22.5	19.5	16.5
сум.	240	221	167	137	86	155	210	205	135	64.5	48.5	45.5

Пример 1

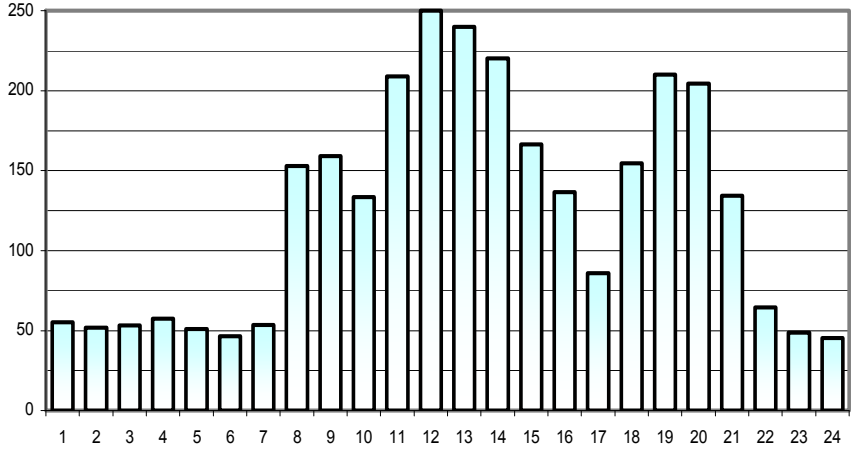


Дневен дијаграм на категоријата „домаќинство“



Дневен дијаграм на категоријата „комерција“

Пример 1



Сумарен дневен дијаграм на обата потрошувача

Факторот на едновременост на врвните товари k_e се дефинира како однос на сумарниот врвен товар $P_{\text{М,сумарно}}$, отчитан од сумарниот дијаграм и збирот на врвните товари на секој потрошувач одделно. Според тоа ќе имаме:

$$k_e = \frac{P_{\text{М,сумарно}}}{P_{\text{М,дом.}} + P_{\text{М,ком.}}} = \frac{250}{100 + 150} = 1$$

Во овој случај дошло до совпаѓање на времињата кога се постигнува максимумот кај обата потрошувача па затоа коефициентот $k_e = 1$. Но, во општ случај, тоа не е така па најчесто овој коефициент е помал од единица.

Пример 2

Подредениот годишен дијаграм на оптоварување на еден потрошувач аналитички може, приближно, да се опише на следните два начина

а) со кривата $P(t) = P_{\mathrm{M}}(1 - 0,6t/T)$;

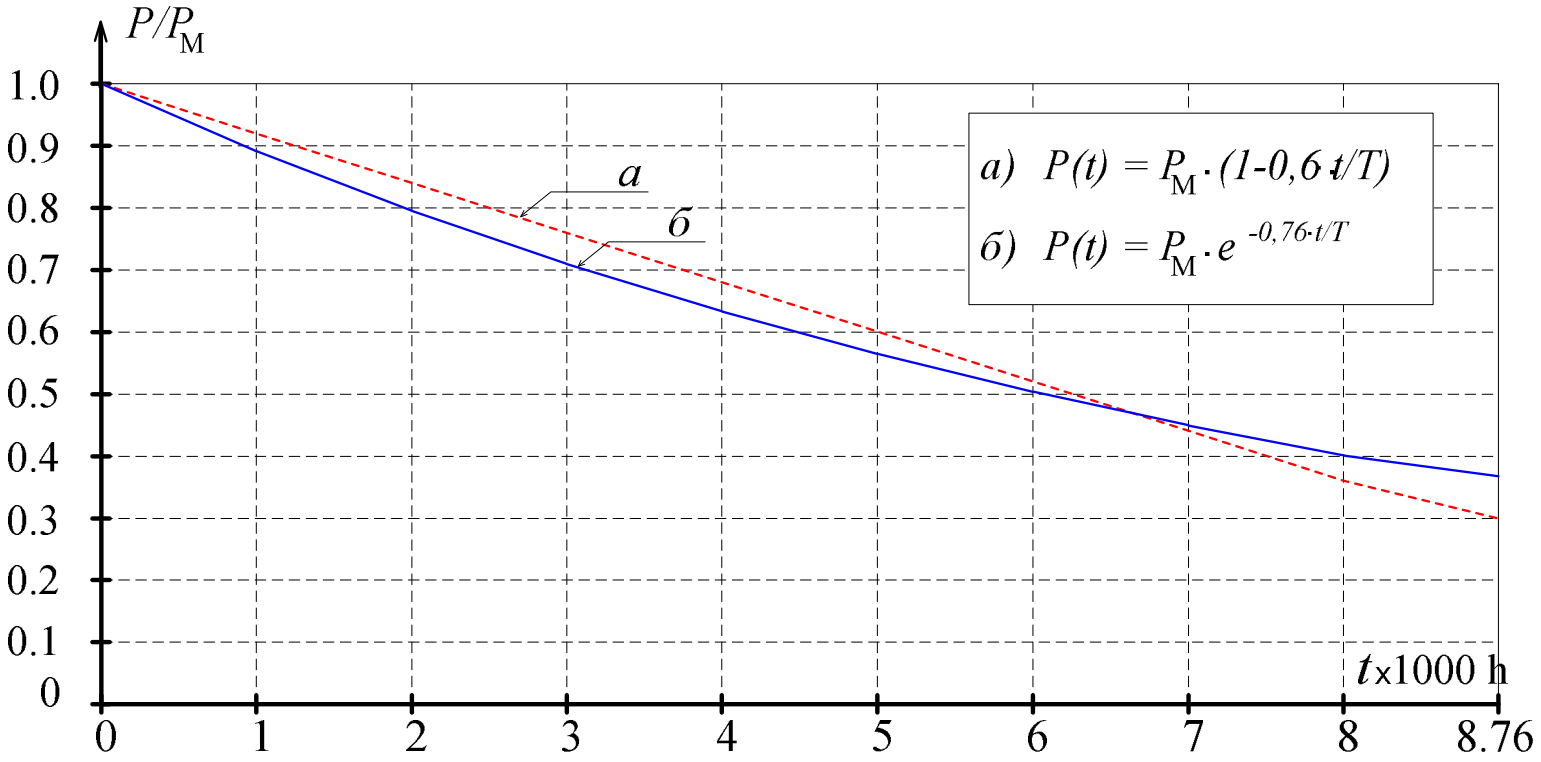
б) со кривата $P(t) = P_{\mathrm{M}}\, e^{-0,76t/T}, \quad T = 8760\,\mathrm{h}$.

За двата наведени случаја да се определат следните параметри:

1. Вкупната преземена електрична енергија во текот на годината W;
2. Времето на максимална моќност P_{M};
3. Времето на загуби τ ;
4. Средногодишната моќност на потрошувачот $P_{\text{ср.}}$ и факторот на товарот $m = P_{\text{ср.}}/P_{\mathrm{M}}$;
5. Факторот на загуби $\theta = \tau/T$;

Познато е дека потрошувачот работи преку целата година со константен фактор на моќност $\cos\varphi = 0,9$.

Пример 2


P/P_M
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
8.76
t x1000 h
а
б
а) P(t) = P_M · (1-0,6 t/T)
б) P(t) = P_M · e^(-0,76·t/T)

Пример 2

1. Вкупна преземена енергија

$$W_{(а)} = \int_0^T P_{\mathrm{M}} \cdot (1 - 0,6 \cdot t/T) \cdot dt = P_{\mathrm{M}} \cdot (T - 0,3 \cdot T) = 0,7 \cdot P_M \cdot T,$$

$$W_{(б)} = \int_0^T P_{\mathrm{M}} \cdot e^{-0,76 \cdot t/T} \cdot dt = \frac{P_{\mathrm{M}} \cdot T}{0,76} \cdot (1 - e^{-0,76}) \approx 0,7 \cdot P_{\mathrm{M}} \cdot T.$$

2. Време на максимална моќност

$$T_{\mathrm{M}} = \frac{W}{P_{\mathrm{M}}} = \frac{0,7 \cdot P_{\mathrm{M}} \cdot T}{P_{\mathrm{M}}} = 0,7 \cdot T = 0,7 \cdot 8760 = 6132\,\mathrm{h}.$$

Пример 2

3. Време на загуби τ

Времето на загуби τ се дефинира со помош на изразот (8.16) даден во главата 8

$$\tau = \int_0^T \frac{S^2(t)}{S_M^2} \cdot dt = \int_0^T \left[\frac{P(t)/\cos\varphi}{P_M/\cos\varphi_M}\right]^2 \cdot dt$$

случај а)

$$P(t) = P_{\mathrm{M}} \cdot (1 - 0,6 \cdot t/T)\,; \quad \cos\varphi = \cos\varphi_{\mathrm{M}} = \mathrm{const.}$$

$$\tau_{\text{а}} = \int_0^T \frac{P_{\mathrm{M}}^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot t/T)^2}{P_{\mathrm{M}}^2} \cdot dt = 0,52 \cdot T = 4555 \text{ h.}$$

случај б)

$$P^2(t) = P_{\mathrm{M}}^2 \cdot e^{-2\cdot 0,76\cdot t/T}; \quad \cos\varphi = \cos\varphi_{\mathrm{M}} = \mathrm{const.}$$

$$\tau_{\text{б}} = \int_0^T \frac{P_{\mathrm{M}}^2 \cdot e^{-1,52\cdot t/T}}{P_{\mathrm{M}}^2} \cdot dt = \frac{T}{1,52} \cdot (1 - e^{-1,52}) = 0,514 \cdot T = 4503 \text{ h.}$$

Пример 2

4. Средна годишна моќност

$$P_{\text{ср.}}\,T = P_{\mathrm{M}}\,T_{\mathrm{M}} = W,$$

$$P_{\text{ср.(а)}} = P_{\text{ср.(б)}} = W/T = 0,7 \cdot P_{\mathrm{M}}.$$

$$m = P_{\text{ср.}}/P_{\text{M}} = 0,7.$$

5. Фактор на загуби

$$\theta_{\text{а}} = \tau_{\text{а}}/T = 0,52.$$

$$\theta_{\text{б}} = \tau_{\text{б}}/T = 0,514.$$