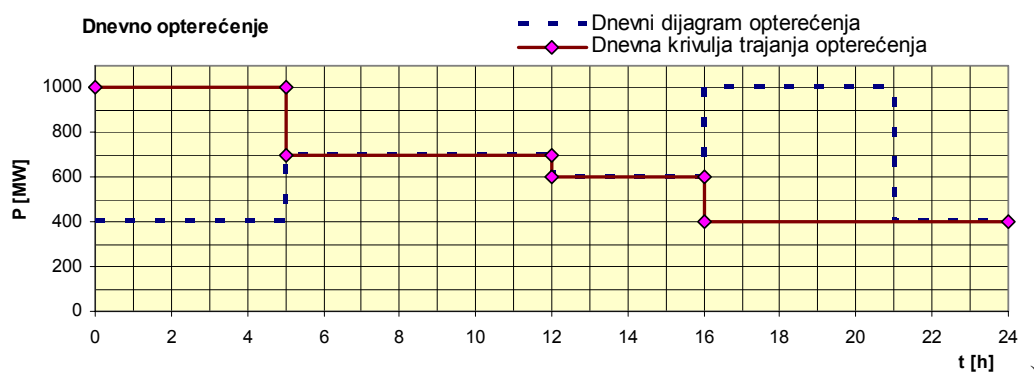


5. AUDITORNE VJEŽBE

POGON ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

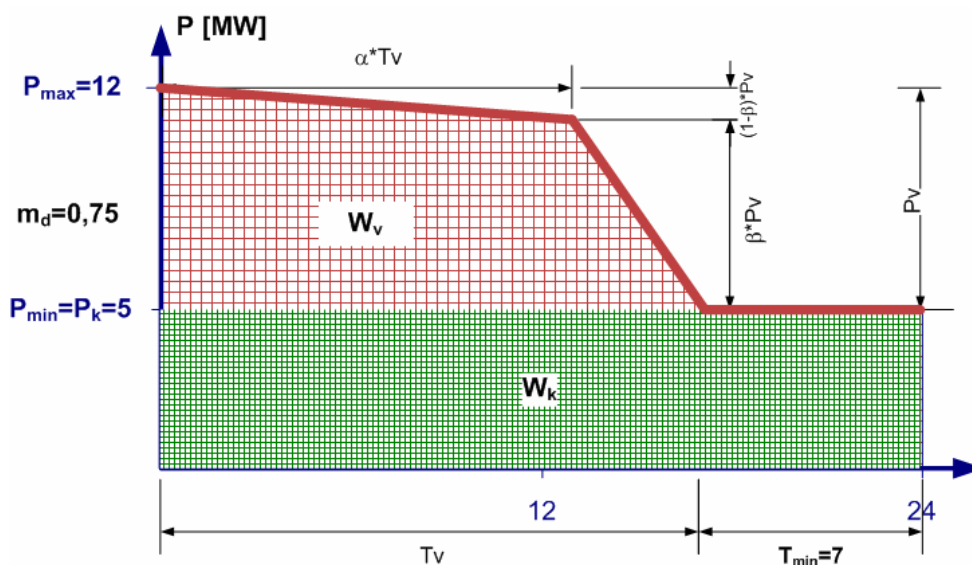
- 5.1. Prema aproksimativnim podacima dnevnog opterećenja (od 21 ÷ 5 h - 400 MW, od 5 ÷ 12 h - 700 MW, od 12 ÷ 16 - 600 MW i od 16 ÷ 21 - 1000 MW) treba odrediti: minimalnu i maksimalnu snagu, konstantno, promjenjivo i ukupno dnevno *potrošenu* energiju, faktor opterećenja, te vrijeme korištenja maksimalne snage. Potrebno je i nacrtati dnevnu krivulju trajanja opterećenja.

(400 MW; 1000 MW; 9600 MWh; 5900 MWh; 15500 MWh; 0,65; 15,5 h



- 5.2. Dnevni dijagram opterećenja EES-a ima $P_{\min} = P_k = 5$ MW i $P_{\max} = 12$ MW. Dijagram je aproksimiran dnevnom krivuljom trajanja opterećenja s tri pravca, prema slici. Vrijeme trajanja minimalnog opterećenja je $T_{P_{\min}} = 7$ h, a faktor opterećenja iznosi $m_d = 0,75$. Potrebno je:

- Odrediti $(\alpha + \beta)$ kao funkciju poznatih veličina (P_v , W_v i T_v).
- Navesti područje vrijednosti za faktore α i β , te način njihova odabira.



$$(\alpha + \beta) = 2 \cdot W_v / (T_v \cdot P_v), \quad 0 \leq (\alpha + \beta) \leq 2 \quad \text{uz uvjete da je} \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{i} \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

- 5.3. Postoji dnevna razlika energije od 1000 MWh između *proizvodnje* i *potrošnje*. Razlika nastaje zbog veće kontinuirano raspoložive snage od potreba kod minimalnog opterećenja. Zbroj snaga tehničkih minimuma termoelektrana i raspoloživih snaga protočnih hidroelektrana iznosi 400 MW kontinuirano. Poznati su sljedeći podaci za prikaz dnevne krivulje trajanja opterećenja s tri pravca: $P_{\max} = 1000$ MW, $P_{dk} = 300$ MW, $T_{dv} = 16$ h, $\beta = 0,5$. Odrediti iznos proizvedene varijabilne energije.

(3500 MWh)

- 5.4. Dnevna krivulja trajanja opterećenja nekog elektroenergetskog sustava aproksimirana je s tri pravca. Poznati su sljedeći podaci o krivulji: $P_{\max} = 1000$ MW, $P_k = 500$ MW, $T_v = 18$ h, $W_d = 17000$ MWh, $\beta = 0,5$. Potrebno je nacrtati dijagram trajanja opterećenja i razmjestiti u njemu sljedeće elektrane:

NE: $P_{NEm} = 125$ MW; $c_{NE} = 25$ lp/kWh
 TE1: $P_{TE1m} = 225$ MW; $P_{TE1min} = 25$ MW; $c_{TE1} = 35$ lp/kWh
 TE2: $P_{TE2m} = 250$ MW; $P_{TE2min} = 50$ MW; $c_{TE2} = 30$ lp/kWh
 HE1: $P_{HE1} = 200$ MW;
 HE2: $P_{HE2} = 300$ MW

($\alpha \cdot T_v = 11$ h; P_{NE} , P_{TE2min} , P_{TE1min} , P_{HE1} , P_{HE2} , $P_{TE2-ostalo}$, $P_{TE1-ostalo.do.Pmax}$)

- 5.5. Dnevni dijagram opterećenja nekog elektroenergetskog sistema određen je izrazom $P(t) = 750 - 250 \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{12}\right)$ [MW], gdje je t [h]. Potrebno je:

- nacrtati i analitičkim izrazom definirati oblik dnevne krivulje trajanja opterećenja;
- odrediti dnevno potrošenu energiju i dnevni faktor opterećenja elektroenergetskog sistema.
- izvršiti smještaj termoelektrana i protočnih hidroelektrana u dnevnoj krivulji trajanja opterećenja ako su o njima poznati sljedeći podaci:

TE₁: $P_{TE1n} = 150$ MW; $P_{TE1min} = 50$ MW; $c_{TE1} = 80$ lp/kWh
 TE₂: $P_{TE2n} = 260$ MW; $P_{TE2min} = 60$ MW; $c_{TE2} = 40$ lp/kWh
 TE₃: $P_{TE3n} = 300$ MW; $P_{TE3min} = 100$ MW; $c_{TE3} = 50$ lp/kWh
 HE₁: $P_{HE1n} = 140$ MW
 HE₂: $P_{HE2n} = 200$ MW
 HE₃: $P_{HE3n} = 100$ MW;

($P(t) = 750 + 250 \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{24}\right)$ [MW]; 18000 MWh; 0,75;

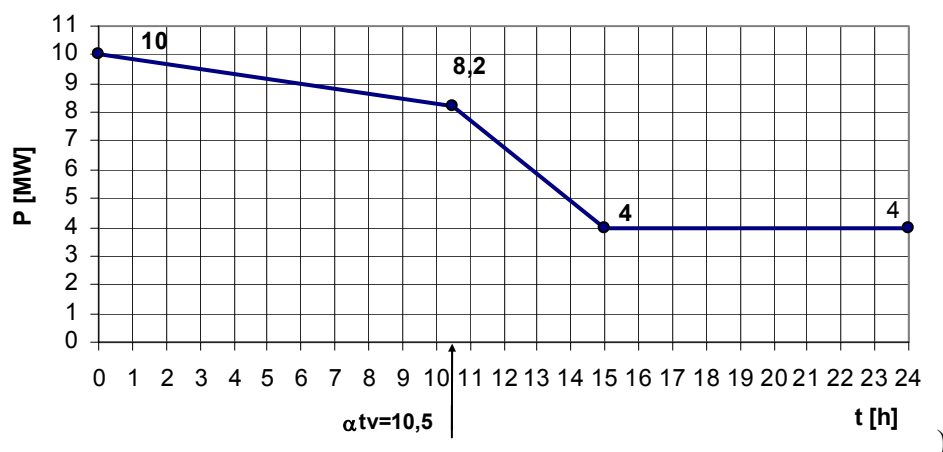
TE_{2min}, TE_{3min}, HE₁, HE₂, HE₃, TE_{2ostatak}, TE_{3ostatak})

- 5.6. Dnevni dijagram opterećenja nekog elektroenergetskog sustava određuju sljedeći podaci: $P_{\max} = 10 \text{ MW}$, $P_{\text{dv}} = 6 \text{ MW}$, $T_v = 15 \text{ h}$, $\alpha = \beta = 0,7$. Potrebno je nacrtati dnevni dijagram trajanja opterećenja, odrediti iznose varijabilne energije, konstantne energije, dnevno potrošene energije, faktora dnevnog opterećenja, vrijeme korištenja maksimalne snage.

$$(W_v = 63 \text{ MWh}, W_k = 96 \text{ MWh}, W_d = 159 \text{ MWh}, m_d = 0,663, T_{P_{\max}} = 15,9 \text{ h})$$

Dnevno opterećenje

—●— Dnevni dijagram trajanja opterećenja



- 5.7. Za prethodni zadatak odrediti:

- analitičke izraze snage u ovisnosti o vremenu na dijagramu trajanja opterećenja,
- snagu i energiju za karakteristična vremena: $\alpha \cdot T_v$, T_v i 24 h

$$(P_1(t) = 10 - 0,1714 \cdot t, P_2(t) = 18 - 0,9333 \cdot t, P_3(t) = 4 \text{ MW})$$

$$W(\alpha \cdot T_v) = 95,6 \text{ MWh}, W(T_v) = 123 \text{ MWh}, W(24) = 159 \text{ MWh})$$

- 5.8. Dnevno proizvedena energija iznosi 20000 MWh. Treba odrediti iznos gubitaka i potrošnje električne energije ako gubici u prijenosu i distribuciji čine 13% proizvodnje i vlastita potrošnja elektrana iznosi 2% proizvodnje?

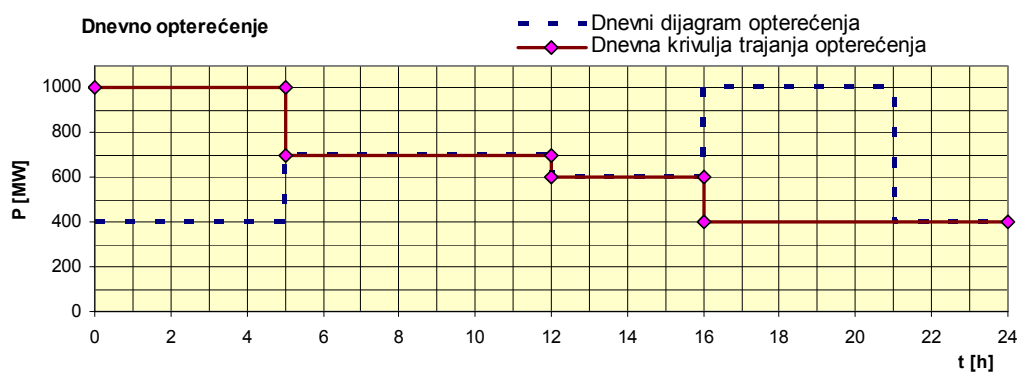
$$(W_{\text{potrošnje}} = 17 \text{ GWh}, W_{\text{gubitaka}} = 2,6 \text{ GWh})$$

Naputci za rješavanje odabranih zadataka

- 5.1 Dnevno opterećenje: od 21 ÷ 5 h - 400 MW, od 5 ÷ 12 h - 700 MW, od 12 ÷ 16 - 600 MW i od 16 ÷ 21 - 1000 MW

Dnevna krivulja trajanja opterećenja, P_{\min} , P_{\max} , W_d , W_k , W_v , m_d , T_{\max}

Graf prikazuje zadani dnevni dijagram opterećenja i kreiranu dnevnu krivulju trajanja opterećenja:



Iz zadanih podataka i grafa slijedi:

$$P_{\min} = 400 \text{ MW}$$

$$P_{\max} = 1000 \text{ MW}$$

$$W_d = 8 \text{ h} \cdot 400 \text{ MW} + 7 \text{ h} \cdot 700 \text{ MW} + 4 \text{ h} \cdot 600 \text{ MW} + 5 \text{ h} \cdot 1000 \text{ MW} = 15500 \text{ MWh}$$

$$W_k = 24 \text{ h} \cdot P_{\min} = 24 \text{ h} \cdot 400 \text{ MW} = 9600 \text{ MWh}$$

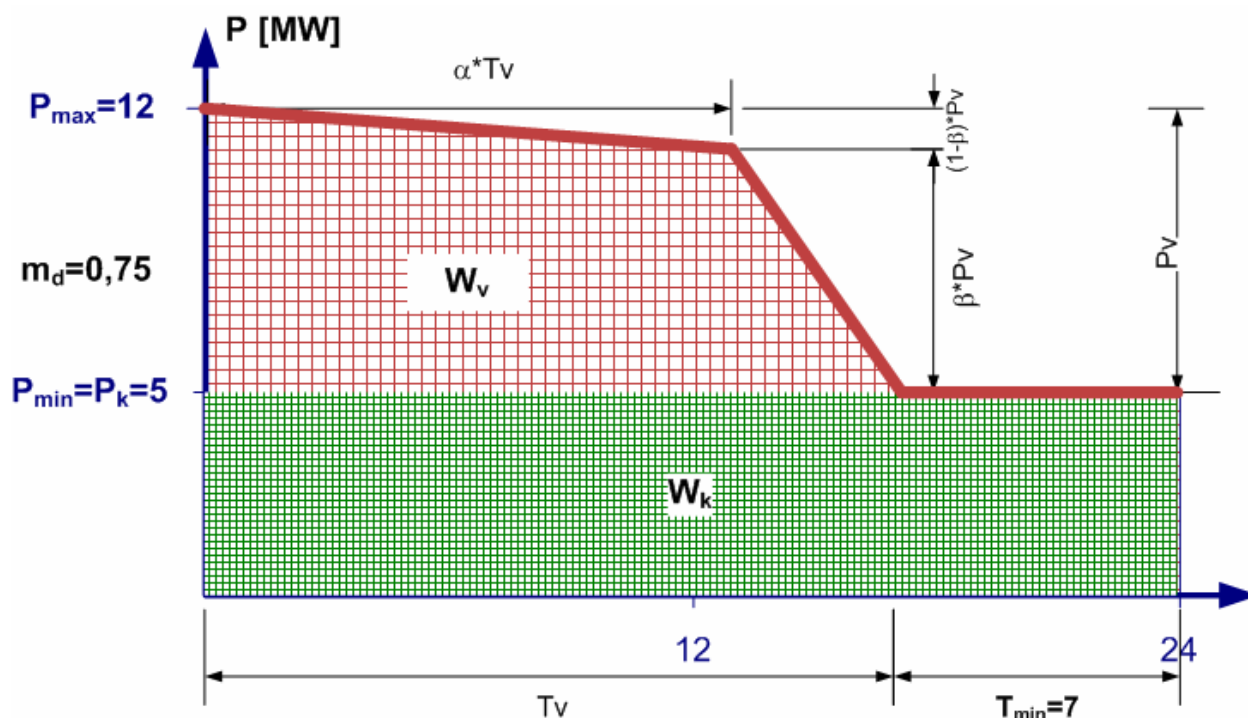
$$W_v = W_d - W_k = 5900 \text{ MWh}$$

$$m_d = \frac{W_d}{24 \cdot P_{\max}} = 0,65$$

$$T_{P_{\max}} = \frac{W_d}{P_{\max}} = 15,5 \text{ h}$$

5.2 $P_{\min} = P_k = 5 \text{ MW}$ $P_{\max} = 12 \text{ MW}$ $T_{\min} = 7 \text{ h}$ $m_d = 0,75$

$(\alpha + \beta) = f(P_v, W_v, T_v)$, $(\alpha + \beta)$ odabir



Dnevna krivulja trajanja opterećenja aproksimirana s tri pravca

Veličine korištene u aproksimaciji dnevne krivulje trajanja opterećenja ne određuju pojedinačno koeficijente α i β već njihovu sumu i maksimum. Iz dijagrama se može odrediti iznos varijabilne energije:

$$W_v = [\alpha \cdot T_v \cdot P_v \cdot (1 - \beta) + T_v \cdot (1 + \alpha) \cdot \beta \cdot P_v] / 2$$

Varijabilnu snagu određuje razlika maksimalne i konstantne snage.

Sređivanjem izlazi:

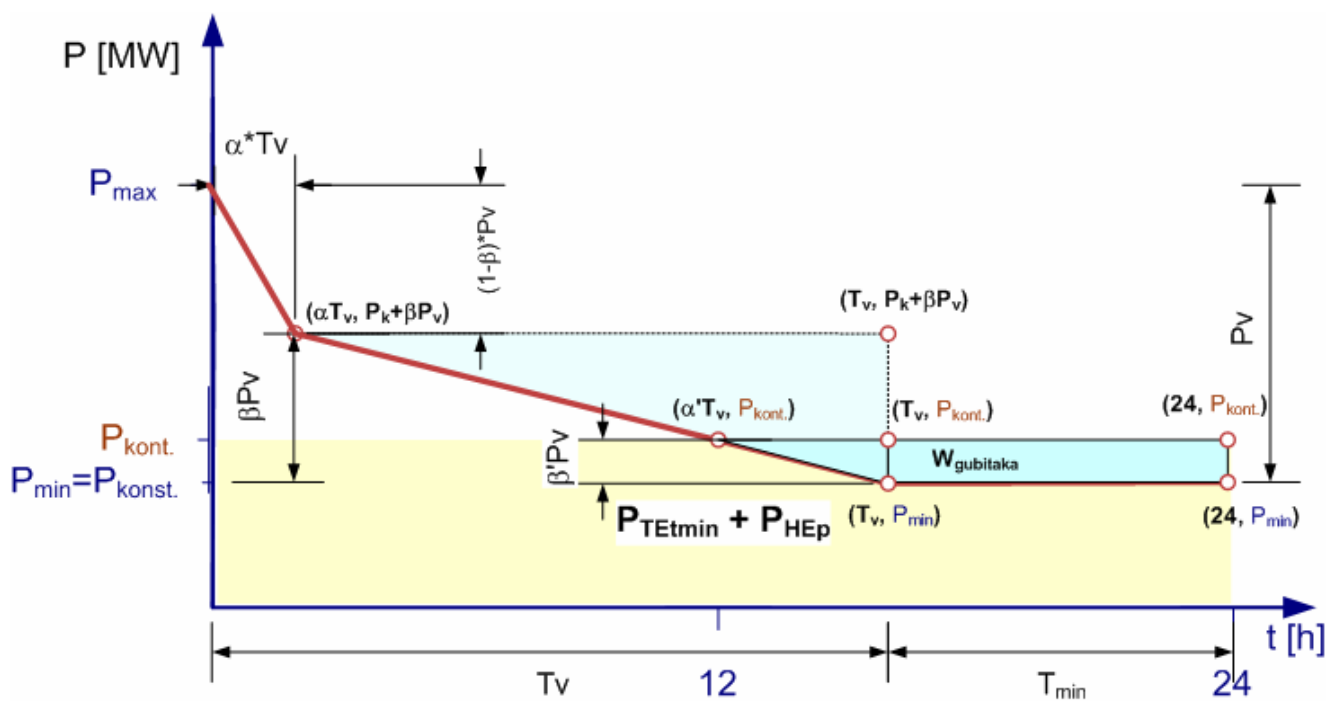
$$(\alpha + \beta) = 2 \cdot W_v / (T_v \cdot P_v)$$

Maksimum sume $(\alpha + \beta)$ određuje to što se najveća vrijednost varijabilne energije postiže kada je $W_v = T_v \cdot P_v$, pa je time $(\alpha + \beta)_{\max} = 2$.

Drugo ograničenje za α i β je da ne mogu biti negativni te se može pisati:

$$0 \leq (\alpha + \beta) \leq 2 \text{ uz uvjete da je } 0 \leq \alpha \leq 1 \text{ i } 0 \leq \beta \leq 1.$$

5.3 $W_{\text{razlike}} = 1000 \text{ MWh}$ $P_{\text{kontinuirano}} = P_{T_{\text{Etmin}} + H_{\text{Ep}}} = 400 \text{ MW}$
 $P_{\text{max}} = 1000 \text{ MW}$ $\beta = 0,5$ $T_v = 16 \text{ h}$ $P_{\text{min}} = 300 \text{ MW}$
 $W_v = ?$



Iz prethodnog zadatka za varijabilnu energiju se može pisati:

$$W_v = T_v \cdot P_v \cdot (\alpha + \beta) / 2$$

-varijabilni iznos snage određuje razlika maksimalne i minimalne:

$$P_v = P_{\text{max}} - P_{\text{min}} = 1000 - 300 = 700 \text{ MW}$$

-potrebno je još odrediti faktor α

-za to se može iskoristiti podatak o razlici energije i sličnost trokuta:

$$W_{\text{razlike}} = T_{\text{min}} \cdot (P_{\text{kont.}} - P_{\text{min}}) + (T_v - \alpha' \cdot T_v) \cdot (P_{\text{kont.}} - P_{\text{min}}) / 2$$

→ preko izraza za W_{razlike} odredi se $\alpha' = 0,75$

$$\beta \cdot P_{dv} / \beta' \cdot P_{dv} = (1 - \alpha) \cdot t_v / (1 - \alpha') \cdot t_v$$

$$\beta \cdot P_v = P_{\text{kont.}} - P_{\text{min}} = 100 \text{ MW}$$

→ faktor $\alpha = 0,125$

$$W_v = 3500 \text{ MWh}$$

$$5.8 \quad W_{\text{proizvodnje}} = 20000 \text{ MWh}$$

$$\varepsilon_{\text{gub.prijenos i distribucija}} = 0,13 \quad \varepsilon_{\text{vlastita potrošnja}} = 0,02$$

$$W_{\text{potrošnje}} = ?, W_{\text{gubitak}} = ?$$

Proizvedena električna energija dijeli se na vlastitu potrošnju, potrošnju kod krajnjih potrošača te gubitke prijenosa i distribucije:

$$W_{\text{proizvodnje}} = W_{\text{vlastite potrošnje}} + W_{\text{gubitaka prijenosa i distribucije}} + W_{\text{potrošnje}}$$

El. energija potrebna za vlastitu potrošnju elektrana iznosi:

$$W_{\text{vlastite potrošnje}} = \varepsilon_{\text{vlastita potrošnja}} \cdot W_{\text{proizvodnje}} = 0,02 \cdot 20000 = 400 \text{ MWh}$$

Dodatno potrebna energija za pokrivanje gubitaka u prijenosu i distribuciji iznosi:

$$W_{\text{gub. prijenosa i distribucije}} = \varepsilon_{\text{gub.prijenos i distribucija}} \cdot W_{\text{proizvodnje}} = 0,13 \cdot 20000 = 2600 \text{ MWh}$$

Potrošenja el. energija iznosi:

$$W_{\text{potrošača}} = W_{\text{proizvodnje}} - W_{\text{vlastita potrošnja}} - W_{\text{prijenos i distribucija}}$$

$$W_{\text{potrošača}} = W_{\text{proizvodnje}} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{gub.prijenos i distribucija}} - \varepsilon_{\text{vlastita potrošnja}})$$

$$W_{\text{potrošača}} = 20000 \cdot (1 - 0,13 - 0,02) = 20000 \cdot 0,85 = 17000 \text{ MWh}$$

$$W_{\text{potrošnje}} = 17000 \text{ MWh}, W_{\text{gubitaka}} = 2600 \text{ MWh}$$
