

Stanovení účinnosti výroby energie v parním turbosoustrojí

Vzorce uvedené v části a) této přílohy platí pro výpočet a porovnání účinnosti a měrné spotřeby energie v palivu u zařízení ve výrobnách elektřiny a ve výrobnách elektřiny a tepla bez rozdílu výkonu. Podle Směrnice LCP¹⁾ pro velká spalovací zařízení je porovnávací hodnotou čistá účinnost (netto účinnost), jejíž výpočet je uveden v části b). Pro tato zařízení mohou vzorce v části a) sloužit k výpočtu dílčích účinností, popř. k porovnání se zařízením menšího výkonu.

a) při výrobě elektřiny a při kombinované výrobě elektřiny a tepla ve výrobně s jmenovitým tepelným příkonem do 50 MW

(1) Účinnost výroby elektřiny η_{el} v parním turbosoustrojí bez dodávky tepla se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] k energii paliva spotřebovaného na její výrobu Q_{pal}^e [GJ] za stejnou dobu:

$$\eta_{el} = \frac{3,6x E_{sv} x 100}{Q_{pal}^e} \quad [\%]$$

Měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny v parním turbosoustrojí bez využití tepla

$$S_{pal}^{ev} = \frac{Q_{pal}^e}{E_{sv}} = \frac{3,6x100}{\eta_{el}} \quad [\text{GJ/MWh}]$$

(2) Účinnost výroby elektřiny η_{el} v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] k energii paliva připadajícího na její výrobu Q_{pal}^e [GJ] za stejnou dobu:

$$\eta_{el} = \frac{3,6x E_{sv} x 100}{Q_{pal}^e} = \frac{3,6x E_{sv} x 100}{Q_{el}} x \frac{Q_{el} + Q_{tep}}{Q_{pal}^e} \quad [\%]$$

Měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou

$$S_{pal}^{ev} = \frac{Q_{pal}^e}{E_{sv}} = \frac{Q_{pal}^e}{E_{sv}} x \frac{Q_{el}}{Q_{el} + Q_{tep}} = \frac{3,6x100}{\eta_{el}} \quad [\text{GJ/MWh}]$$

¹⁾ Směrnice 2001/80/ES z 23.10.2001 o omezování emisí určitých znečišťujících látek do ovzduší z velkých spalovacích zařízení

Tepelná energie v páře spotřebovaná k výrobě elektřiny v parním turbosoustrojí bez mezipřehřátí páry

$$Q_{et} = \frac{M_{ad} \times i_{ad} - M_e \times i_e - M_u \times i_u - \sum_{i=1}^n M_{oi} \times i_{oi}}{1000} \quad [\text{GJ}]$$

(3) Účinnost výroby energie η_{et} v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] a užitečného tepla dodaného z výroby Q_{tep} [GJ] k energii paliva spotřebovaného na jejich výrobu Q_{pal} [GJ] za stejnou dobu:

$$\eta_{et} = \frac{3,6 \times E_{sv} + Q_{tep}}{Q_{pal}} \times 100 \quad [\%]$$

Měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektrické a tepelné energie v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou

$$S_{pal}^{et} = \frac{Q_{pal}}{3,6 \times E_{sv} + Q_{tep}} = \frac{100}{\eta_{et}} \quad [\text{GJ/GJ}]$$

kde

E_{sv}	[MWh]	výroba elektřiny měřená na svorkách generátoru
E_{vs}	[MWh]	část vlastní spotřeby elektřiny ve výrobě připadající na výrobu elektřiny včetně transformačních ztrát
M_{ad}	[t]	celkové množství páry na vstupu do turbíny (admisní)
M_e	[t]	množství páry do protitlaku nebo množství turbinového kondenzátu (podle druhu turbíny)
M_{oi}	[t]	množství páry do jednotlivých odběrů
M_u	[t]	množství ucpávkové páry, pokud je její teplo využíváno (není-li využíváno, člen $M_u \times i_u$ odpadá)
Q_{el}	[GJ]	tepelná energie v páře spotřebovaná k výrobě elektřiny v parním turbosoustrojí
Q_{pal}	[GJ]	energie paliva spotřebovaného v kotlích ke krytí výroby elektřiny a tepla
Q_{pal}^e	[GJ]	energie paliva spotřebovaného v kotlích připadajícího na výrobu elektřiny
Q_{tep}	[GJ]	tepelná energie dodaná z výroby (užitečné teplo)
S_{pal}^{cv}	[GJ/MWh]	měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny v parním turbosoustrojí
S_{pal}^{et}	[GJ/GJ]	měrná spotřeba energie v palivu na výrobu energie (elektřiny a tepla) v parním turbosoustrojí
i_{ad}	[kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na vstupu do turbíny (admisní)

i_c	[kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry vystupující z turbíny do protitlaku nebo entalpie kondenzátu (podle druhu turbíny)
i_{oi}	[kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na výstupu z turbíny do jednotlivých odběrů
i_u	[kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie ucpávkové páry (pokud je využívána)
η_{el}	[%]	účinnost výroby elektřiny v parním turbosoustrojí
η_{ct}	[%]	účinnost výroby energie (elektrické a tepelné) v parním turbosoustrojí

b) při výrobě elektřiny a při kombinované výrobě elektřiny a tepla ve výrobě se jmenovitým tepelným příkonem nad 50 MW

(1) Účinnost (čistá, netto) výroby elektřiny η_{el}^{net} v parním turbosoustrojí bez dodávky tepla se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] - po odečtení vlastní spotřeby elektřiny ve výrobě E_{vs} [MWh] k energii paliva spotřebovaného na její výrobu Q_{pal}^c [GJ] za stejnou dobu:

$$\eta_{el}^{net} = \frac{3,6x(E_{sv} - E_{vs})x100}{Q_{pal}^c} = \eta_{el} \times \frac{E_{sv} - E_{vs}}{E_{sv}} \quad [%]$$

Měrná spotřeba energie v palivu na dodávku elektřiny (na netto elektřinu) v parním turbosoustrojí bez využití tepla

$$\begin{aligned} S_{pal}^{el} &= \frac{Q_{pal}}{E_{sv} - E_{vs}} = \frac{3,6x100}{\eta_{el}^{net}} = \frac{3,6 \times 100}{\eta_{el}} \times \frac{E_{sv}}{E_{sv} - E_{vs}} = \\ &= S_{pal}^{ev} \times \frac{E_{sv}}{E_{sv} - E_{vs}} \quad [GJ/MWh] \end{aligned}$$

(2) Účinnost (čistá, netto) výroby elektřiny η_{el}^{net} v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] - po odečtení vlastní spotřeby elektřiny ve výrobě E_{vs} [MWh] k energii paliva připadajícího na její výrobu Q_{pal}^c [GJ] za stejnou dobu:

$$\begin{aligned} \eta_{el}^{net} &= \frac{3,6x(E_{sv} - E_{vs})}{Q_{pal}^c} \times 100 = \frac{3,6xE_{sv}x100}{Q_{el}} \times \frac{Q_{el} + Q_{tep}}{Q_{pal}} \times \frac{E_{sv} - E_{vs}}{E_{sv}} = \\ &= \eta_{el} \times \frac{E_{sv} - E_{vs}}{E_{sv}} \quad [%] \end{aligned}$$

Měrná spotřeba energie v palivu na dodávku elektřiny (netto elektřinu) v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou

$$S_{pal}^{ed} = \frac{Q_{pal}^e}{E_{sv} - E_{vs}} = \frac{Q_{pal}}{(E_{sv} - E_{vs})} \times \frac{Q_{el}}{Q_{el} + Q_{tep}} = \frac{3,6 \times 100}{\eta_{el}^{net}} =$$

$$= \frac{3,6 \times 100}{\eta_{el}} \times \frac{E_{sv}}{E_{sv} - E_{vs}} = S_{pal}^{ev} \times \frac{E_{sv}}{E_{sv} - E_{vs}} \quad [\text{GJ/MWh}]$$

Tepelná energie v páře spotřebovaná k výrobě elektřiny v parním turbosoustrojí s jedním mezipřehřátím

$$Q_{el} = \frac{M_{ad} \times i_{ad} - M_e \times i_e - M_u \times i_u - \sum_{i=1}^n M_{oi} \times i_{oi} + M_{vt}(i_{st} - i_{vt}) + M_{vt} \times i_{nt}}{1000} \quad [\text{GJ}]$$

Tepelná energie v páře spotřebovaná k výrobě elektřiny v parním turbosoustrojí s dvojnásobným mezipřehřátím

$$Q_{el} = \frac{M_{ad} \times i_{ad} - M_e \times i_e - M_u \times i_u - \sum_{i=1}^n M_{oi} \times i_{oi} + M_{vt}(i_{st} - i_{vt}) + M_{st}(i_{nt} - i_{st}) + M_{vt} \times i_{st} + M_{v2} \times i_{nt}}{1000} \quad [\text{GJ}]$$

(3) Čistá účinnost výroby elektrické a tepelné energie η_{el}^{net} v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou se stanoví jako poměr fyzikálního ekvivalentu vyrobené elektřiny měřené na svorkách generátoru E_{sv} [MWh] - po odečtení vlastní spotřeby elektřiny ve výrobě E_{vs} [MWh] a užitečného tepla dodaného z výroby k energii paliva připadajícího na jejich výrobu Q_{pal} [GJ] za stejnou dobu:

$$\eta_{el}^{net} = \frac{3,6 \times (E_{sv} - E_{vs}) + Q_{tep}}{Q_{pal}} \times 100 = \eta_{el} - \frac{3,6 \times 100 \times E_{vs}}{Q_{pal}} \quad [\%]$$

Měrná spotřeba energie v palivu na dodávku elektřiny (netto elektřinu) a dodávku užitečného tepla z výroby v parním turbosoustrojí s protitlakou nebo kondenzační odběrovou turbínou

$$S_{pal}^{ed} = \frac{Q_{pal}}{3,6 \times (E_{sv} - E_{vs}) + Q_{tep}} = \frac{100}{\eta_{el}^{net}} \quad [\text{GJ/GJ}]$$

kde

M_{vt} [t]	množství páry na výstupu z vysokotlakého dílu turbíny do 1. mezipřehříváku
M_{st} [t]	množství páry ze středotlakého dílu turbíny do 2. mezipřehříváku
M_v [t]	množ.vody (vstřiku) pro regulaci teploty páry v 1.mezipřehříváku
$M_{v,2}$ [t]	množ. vody (vstřiku) pro regulaci teploty páry v 2.mezipřehříváku
S_{pal}^{cdt} [GJ/GJ]	měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny a tepla zvýšená o vlastní spotřebu elektřiny ve výrobě
i_{st} [kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na vstupu do středního dílu turbíny
i_{nt} [kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na vstupu do nízkotlakého dílu turbíny
i_{vt} [kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na výstupu z vysokotlakého dílu turbíny do 1.mezipřehříváku
i_{sn} [kJ/kg]	průměrná roční nebo měsíční entalpie páry na výstupu ze středotlakého dílu turbíny do 2. mezipřehříváku
η_{et}^{net} [%]	účinnost výroby elektřiny a tepla snížená o vlastní spotřebu elektřiny ve výrobě