

Příloha 469 článku [35. Energetická bilance oběhu Stirlingova motoru](http://www.transformacni-technologie.cz/35.html),
<http://www.transformacni-technologie.cz/35.html>.

Tepelná bilance regenerátoru

Tepelná bilance pracovního plynu v motoru mezi počátkem oběhu (stavy označeny θ) a libovolným bodem oběhu x je rovna součtu tepelných bilancí pracovního plynu v jednotlivých objemech (odvozeno již při odvozování rovnice [35.460]):

$$\int_0^x dQ = \int_0^x dQ_T + \int_0^x dQ_S + \int_0^x dQ_R,$$

index T označuje teplou stranu motoru, S studenou stranu motoru a R regenerátor.

Odtud energetická bilance pracovního plynu v regenerátoru mezi počátkem oběhu a libovolným bodem oběhu:

$$Q_{R,x} = \int_0^x dQ - \int_0^x dQ_T - \int_0^x dQ_S.$$

Odtud energetická bilance pracovního plynu na teplé a studené straně motoru mezi počátkem oběhu a libovolným bodem oběhu:

$$\int_0^x dQ_T = \int_0^x dI_T - \int_0^x V_T \cdot dp, \quad [35.460]$$

dI_T [J] teplo nutné ke změně entalpie pracovního plynu na teplé straně motoru, V_T [m³] objemu pracovního plynu na teplé straně motoru (protože pracovní plyn zaplňuje celý objem teplé strany motoru je stejný jako objem teplé strany motoru).

$$\int_0^x dQ_S = \int_0^x dI_S - \int_0^x V_S \cdot dp, \quad [35.460]$$

dI_S [J] teplo nutné ke změně entalpie pracovního plynu na studené straně motoru, V_S [m³] objemu pracovního plynu na

studené straně motoru (protože pracovní plyn zaplňuje celý objem studené strany motoru je stejný jako objem studené strany motoru).

$$Q_{R,x} = \int_0^x dQ - \int_0^x dI_T + \int_0^x V_T \cdot dp - \int_0^x dI_S + \int_0^x V_S \cdot dp \quad (a).$$

Výraz pro celkovou tepelnou bilanci pracovního plynu v motoru mezi počátkem oběhu a libovolným bodem oběhu:

$$\int_0^x dQ = c_p \cdot m \int_0^x dT - \int_0^x V \cdot dp,$$

c_p [J·kg⁻¹·K⁻¹] měrná tepelná kapacita pracovního plynu při stálém tlaku (pro ideální plyn $c_p = konst.$),

m [kg] hmotnost pracovního plynu v motoru.

T [K] absolutní teplota pracovního plynu v motoru (střední hodnota),

V [m³] objemu motoru.

$$T = \frac{p \cdot V}{r \cdot m}, \quad \text{stavová rovnice ideálního plynu} \quad [43.955]$$

r [kg·J⁻¹·K⁻¹] individuální plynová konstanta pracovního plynu.

$$\int_0^x dQ = \frac{c_p}{r} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) - \int_0^x V \cdot dp$$

$$\frac{c_p}{r} = \frac{\kappa}{\kappa - 1}, \quad [1, \text{s. } 75]$$

κ [-] Poissonova konstanta.

$$\int_0^x dQ = \underbrace{\frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0)}_{I_x} - \int_0^x V \cdot dp \quad (b)$$

I_x [J] změna entalpie pracovního plynu v motoru.

Po dosazení rovnice (b) do (a) a úpravách má rovnice tepelné bilance pracovního plynu v regenerátoru mezi počátkem oběhu θ a libovolným bodem oběhu x

tvar:

$$\begin{aligned}
 Q_{R,x} &= \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) - \int_0^x V \cdot dp + \\
 &+ \int_0^x V_T \cdot dp + \int_0^x V_S \cdot dp - \int_0^x dl_T - \int_0^x dl_S = \\
 &= \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) - \int_0^x (V_T + V_S + V_R) \cdot dp + \\
 &+ \int_0^x V_T \cdot dp + \int_0^x V_S \cdot dp - \int_0^x dl_T - \int_0^x dl_S = \\
 &= \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) - \int_0^x V_R \cdot dp - \\
 &- \int_0^x dl_T - \int_0^x dl_S \\
 Q_{R,x} &= \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) - V_R (p_x - p_0) - \\
 &- \underbrace{\int_0^x dl_T}_{IT_x} - \underbrace{\int_0^x dl_S}_{IS_x} .
 \end{aligned}$$

$I_{T,x}$ [J] změna entalpie pracovního plynu na teplé straně motoru,

$I_{S,x}$ [J] změna entalpie pracovního plynu na studené straně motoru.

Teplo sdílené mezi maticí regenerátoru a pracovním plynem se během oběhu mění a maximální teplo uložené v maticí regenerátoru během oběhu musí činit rozdíl maxima a minima funkce $Q_{R,x}$:

$$Q_{Reg} = Q_{R,x,max} - Q_{R,x,min} .$$

Poznámka

Pro změnu entalpie pracovního plynu v motoru mezi počátkem oběhu θ a libovolným bodem oběhu x je zároveň rovna součtu změny entalpií v jednotlivých objemech motoru viz. rovnice (b):

$$I_x = \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_x \cdot V_x - p_0 \cdot V_0) = \int_0^x dl_T + \int_0^x dl_S + \int_0^x dl_R$$

Odkazy

1. KALČÍK, Josef, SÝKORA, Karel. *Technická termomechanika*, 1973. 1. vydání, Praha: Academia.