

Tato Příloha **251** je součástí článku **34. Oběh Stirlingova motoru**, <http://www.transformacni-technologie.cz/obeh-stirlingova-motoru.html>.

Rovnice teploty pracovního plynu ve vyšetřovaných objemech

Pro oběh sestavený podle zjednodušujících předpokladů uvedených v [43. id435] a pro podmínku, že teplota pracovního plynu na teplé straně motoru bude stejná jako na teplé straně regenerátoru ($T_{RT}=T_T$), potom lze použít rovnici polytropy pro libovolný elementární hmotnost pracovního plynu na teplé straně motoru dm_T :

$$p \cdot (v_T)^n = p_1 \cdot v_{T,1}^n \quad [1, \text{ str. 95}] \quad (\text{a}),$$

p [Pa] tlak pracovního plynu v motoru,
 v_T [$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$] měrný objem pracovního plynu na teplé straně motoru,
 n [-] exponent polytropy,
index l označuje libovolný bod oběhu, ve kterém je znám tlak a měrný objem.

Stavové veličiny ideálního plynu lze vypočítat ze stavové rovnice ideálního plynu [1, str. 66], ze které vyplývá:

$$v_T = \frac{r \cdot T_T}{p} \quad (\text{b}),$$

T_T [K] absolutní teplota pracovního plynu ve vyšetřovaném objemu,
 r [$\text{kg} \cdot \text{J}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] individuální plynová konstanta

pracovního plynu.

Dosazením rovnice (b) do (a) a úpravou lze stanovit teplotu pracovního plynu na teplé straně, pro kterýkoliv bod oběhu:

$$p \left(\frac{T_T}{p} \right)^n = p_1 \left(\frac{T_{T,1}}{p_1} \right)^n \Rightarrow T_T = \left(\frac{p_1}{p} \right)^{\frac{1-n}{n}} T_{T,1} \quad (c).$$

Z rovnice je patrné, že maximální teploty dosáhne pracovní plyn při p_{max} a minimální při p_{min} .

Pro výpočet teploty pracovního plynu ve vyšetřovaném objemu je nutné znát teplotu pracovního plynu v tomto oběhu alespoň pro jeden bod oběhu. Protože je obvykle velmi dobře znám stav při p_{max} respektive p_{min} , je vhodné určit právě teplotu $T_{T,max}$ nebo $T_{T,min}$ z věty o střední hodnotě funkce například pro $T_{T,max}$. Například je-li známa funkce $p=f(\varphi)$ kde φ [deg] je pootočení hřídele bude rovnice pro výpočet střední teploty pracovního plynu na teplé straně motoru:

$$T_{T,st} = \frac{1}{360} \int_0^{360} \left(\frac{p_{max}}{p} \right)^{\frac{1-n}{n}} T_{T,max} d\varphi = \frac{T_{T,max} \cdot p_{max}^{\frac{1-n}{n}}}{360} \int_0^{360} p^{\frac{n-1}{n}} d\varphi \quad (d),$$

$T_{T,st}$ [K] střední teplota pracovního plynu na
teplé straně motoru,

φ [deg] pootočení hřídele.

Nebo pro případ φ [rad]:

$$T_{T,st} = \frac{T_{T,max} \cdot p_{max}^{\frac{1-n}{n}}}{2\pi} \int_0^{2\pi} p^{\frac{n-1}{n}} d\varphi.$$

Rovnice (d) se řeší iteračním postupem tj. prvním kroku se odhadne maximální teplota $T_{T,max}$ a vypočítá teplota $T_{T,st}$, pokud se odlišuje od zadané střední teploty $T_{T,st}$ musí se odhad $T_{T,max}$ korigovat a výpočet se provede znovu.

Stejným postupem lze stanovit rovnici (d) i pro jiné funkce než $p=f(\varphi)$.

Výsledný doporučený tvar rovnice pro teplotu pracovního plynu na teplé straně:

$$T_T = \left(\frac{p_{max}}{p} \right)^{\frac{1-n}{n}} T_{T,max} \quad (e).$$

Aplikací poznatků při odvození rovnice (e) je možné odvodit podobné rovnice pro výpočet teploty na studené straně a v regenerátoru. Protože v celém objemu motoru je stejný exponent polytropy bude teplotní poměr mezi jednotlivými teplotami konstantní [43. id437] a proto změny teploty pracovního plynu na teplé straně motoru budou kopírovat změny teploty pracovního plynu i v ostatních objemech:

$$T_S = \frac{T_T}{T},$$

$$T = \frac{T_T}{T_S} = \text{konst.}$$

$$T_R = \frac{T_T}{T_R},$$

$$T_R = \frac{T_T}{T_R} = \text{konst.}$$

Odkazy

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