Příloha **251** článku 34. Oběh Stirlingova motoru, http://www.transformacni-technologie.cz/34.html.

Rovnice teploty pracovního plynu ve vyšetřovaných objemech

Pro oběh sestrojený podle zjednodušujících předpokladů uvedených v [43.435] 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:

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

p [Pa] tlak pracovního plynu v motoru,
v_T [$m^3\cdot kg^{-1}$] měrný objem pracovního plynu na teplé straně motoru,
n [-] exponent polytropy,
index *1* 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:

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

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

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

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

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:

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

$$=\frac{T_{T,max}\cdot p_{max}^{\frac{1-n}{n}}}{360}\int_0^{360} p^{\frac{n-1}{n}}\,d\varphi \qquad \text{(d)},$$

$T_{T,st}$ [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:

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

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 [43.437] a proto změny teploty pracovního plynu na teplé straně motoru budou kopírovat změny teploty pracovního plynu i v ostatních objemech:

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

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

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

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

Odkazy

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