Příloha **238** článku 36. Ztráty ve Stirlingových motorech, https://www.transformacni-technologie.cz/seznam-clanku.html#36.

Rovnice pro přímý výpočet Δφ

Jestliže je u motoru použit klasický klikový mechanismus podle [34.439] potom lze přímo odvodit rovnici pro *Δφ* za předpokladu nekonečně dlouhé ojnice viz. *Příloha 442*:

$$\varphi_{st}=\arccos\left(\frac{\frac{2}{V_{TVmax}}\left(\frac{C_{int}}{p_{st}}\right)^{\frac{1}{n}}-A}{B}\right)+\beta$$

V_{TVMax} [m³] [34.439]

C_{int} [Pa·m³] [34.437]

p_{st} [Pa] [34.443]

n [-] [34.437]

$$A=1+\tau\cdot k_1+2\cdot k_2\cdot V_{M,red}$$

τ [-] [34.437]

$$k_1=\frac{S_S}{S_T}$$

S_S [m²] [34.439]

S_T [m²] [34.439]

$$k_2=\frac{V_{M,red}}{V_{TV,max}}$$

$$V_{M,red}=V_{TM}+\tau\cdot V_{SM}+\tau_R\cdot V_R$$

V_{TM} [m³] [34.437]

V_{SM} [m³] [34.437]

V_R [m³] [34.437]

τ_R [-] [34.437]

$$B=-\sqrt{x^2+z^2}$$

$$x=1+\tau\cdot k_1\cos\alpha$$

α [rad] [34.439]

$$z=\tau\cdot k_1\cdot\sin\alpha$$

$$\beta=\arctan\left(\frac{z}{x}\right)$$

$$\varphi^{I}=\arccos\left(\frac{\frac{2}{V_{TVmax}}\left(\frac{C_{int}}{p^{I}}\right)^{\frac{1}{n}}-A}{B}\right)+\beta.$$

Příloha **483** článku 36. Ztráty ve Stirlingových motorech, https://www.transformacni-technologie.cz/seznam-clanku.html#36.

Posunutí křivky tlaku v p-φ diagramu Stirlingova motoru o diferenci Δφ

$\Delta\varphi=\varphi_{st}-\varphi^{I}$

$\varphi_{st}=?$

$$p_{st}=\frac{C_{int}}{V_{red}^{n}(\varphi_{st})}\quad[36.437]$$

$$\frac{C_{int}}{p_{st}}=V_{red}^{n}(\varphi_{st})\Rightarrow\varphi_{st}$$

$\varphi^{I}=?$

$$p^{I}=\frac{C_{int}}{V_{red}^{n}(\varphi^{I})}\quad[36.437]$$

$$\frac{C_{int}}{p^{I}}=V_{red}^{n}(\varphi^{I})\Rightarrow\varphi^{I}$$

$p^{I}=?$

$\frac{\Delta m}{m}=\frac{p^{I}-p_{st}}{p^{I}}=\mu''$ z předpokladu *(3)*

$$p^{I}=\frac{p_{st}}{1-\mu''}.$$

Příloha **484** článku 36. Ztráty ve Stirlingových motorech, https://www.transformacni-technologie.cz/seznam-clanku.html#36.

Rovnice pro p-φ diagram Stirlingova motoru s netěsnými pístními kroužky

$$p''=p'-\Delta p''$$
$$\Delta p''=f(\varphi)$$
$$\Delta p''=(p'-p_{st})\gamma \qquad \text{(a)}$$

γ [-] konstanta úměrnosti podle podmínky *(3)* [36.236]

$$p''=p'-(p'-p_{st})\gamma$$

Konstanta úměrnosti se určí z extrému průběhu tlaku:

γ=?

Podle předpokladu *(4)* [36.236] lze formulovat pro bod maximálního tlaku rovnost:

$$\frac{\frac{\Delta m}{2}}{m}=\frac{\Delta p''_{max}}{p'_{max}}$$

$$\mu''=\frac{\Delta m}{m} \quad [36.231]$$

$$\frac{\mu''}{2}=\frac{\Delta p''_{max}}{p'_{max}} \qquad \text{(b)}$$

Dosazením rovnice *(b)* do rovnice *(a)* pro okamžik p'_{max}:

$$\Delta p''=\Delta p''_{max}$$
$$p'=p'_{max}$$
$$\frac{\mu''}{2}p'_{max}=(p'_{max}-p_{st})\gamma$$

$$\gamma=\frac{\mu''\cdot p'_{max}}{2(p'_{max}-p_{st})}$$

$$p'_{max}=p_{max}$$

$$\gamma=\frac{\mu''\cdot p_{max}}{2(p_{max}-p_{st})}.$$

Příloha **887** článku 36. Ztráty ve Stirlingových motorech, https://www.transformacni-technologie.cz/seznam-clanku.html#36.

Rovnice pro přibližný výpočet průtoku plynu netěsností pístních kroužků

Vlivem změny tlaku plynu v pracovním objemu se i průtok plynu netěsnostmi mění:

$$\dot{m}=A\sqrt{\frac{p_{0c}}{v_{0c}}}\chi_m \qquad [40.334]$$

$$\chi_m=\sqrt{\frac{2\cdot\kappa}{\kappa-1}}\sqrt{\left(\frac{p''}{p_{0c}}\right)^{\frac{2}{\kappa}}-\left(\frac{p''}{p_{0c}}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}}$$

$p_{0c}\approx p_{st}\approx$konst. tlak plynu v prostoru pod písty kinetická energie plynu je zanedbatelná

$v_{0c}\approx v_{st}\approx$konst. tlak plynu v prostoru pod písty kinetická energie plynu je zanedbatelná

Vlivem tření plynu o stěny motoru bude průtok nižší, což zohledňuje průtokový součinitel μ:

$$\dot{m}=\mu\cdot A\sqrt{\frac{p_{0c}}{v_{0c}}}\chi_m$$

Za elementární dobu *dt* se protoče netěsností elementární množství plynu:

$$dm=\dot{m}\cdot dt$$

Mezi bodem oběhu *I* a bodem *II* (podle obrázku [36.223]) proteče netěsností množství pracovního plynu, které v předchozí části oběhu z pracovní části uniklo:

$$\Delta m=\mu\cdot A\sqrt{\frac{p_{st}}{v_{st}}}\int_{tI}^{tII}\chi_m\cdot dt$$

Pro zjednodušující předpoklad konstantní úhlové rychlosti během oběhu, lze zavést substituci:

$$\frac{d\varphi}{dt}=\omega=2\cdot\pi\cdot n$$

$$dt=\frac{d\varphi}{2\cdot\pi\cdot n}$$

$$\Delta m=\frac{\mu\cdot A}{2\cdot\pi\cdot n}\sqrt{\frac{p_{st}}{v_{st}}}\int_{\varphi I}^{\varphi II}\chi_m\cdot d\varphi.$$

Rovnice jsou platné pro tlakový poměr větší než kritický, přičemž pro Helium je kritický tlakový poměr:

$\pi^{*}=0{,}487$ [40.699]

Pokud by tlakový poměr p_{st}/p'' na úseku *I-II* byl menší než kritický musel by se na danou část úseku aplikovat rovnice pro kritický průtok [40.516].