

Tato Příloha **352** je součástí článku [19. Návrh axiálních a diagonálních stupňů lopatkových strojů](http://www.transformacni-technologie.cz/19.html),
<http://www.transformacni-technologie.cz/19.html>.

Odvození rovnice obvodové účinnosti axiálního rovnotlakého stupně

Obecná obvodová účinnost stupně přibližně odpovídá vztahu:

$$\eta_E = \frac{l_E}{h_0} = \frac{u \cdot (c_{1u} - c_{2u})}{\frac{c_{1,iz}^2}{2}} \quad (a),$$

platí pro $\kappa_0 = 1$ a $\kappa_2 = 0$ [14. id876]; [12. id284]

$$c_{1u} = c_1 \cos \alpha_1, \quad [19. id70]$$

$$c_1 = \varphi \cdot c_{1,iz} \quad [17. id178]$$

$$c_{2u} = w_{2u} + u$$

$$w_{2u} = w_2 \cdot \cos \beta_2; \quad w_2 = \psi \cdot w_1; \quad w_1 = \frac{w_{1u}}{\cos \beta_1}; \quad w_{1u} = c_{1u} - u$$

$$\eta_E = \frac{2 \cdot u \cdot (\varphi \cdot c_{1,iz} \cos \alpha_1 - \psi \cdot \frac{c_1 \cos \alpha_1 - u}{\cos \beta_1} \cos \beta_2 - u)}{c_{1,iz}^2},$$

$$\eta_E = \frac{2 \cdot u \cdot \varphi \cdot c_{1,iz} \cos \alpha_1 - 2 \cdot u \cdot \psi \cdot \cos \beta_2 \cdot \frac{\varphi \cdot c_{1,iz} \cos \alpha_1 - u}{\cos \beta_1} - 2 \cdot u^2}{c_{1,iz}^2} =$$

$$= 2 \cdot \varphi \cdot x \cdot \cos \alpha_1 - 2 \cdot x \cdot \psi \cdot \frac{\varphi \cdot \cos \alpha_1}{\cos \beta_1} \cos \beta_2 + 2 \cdot x^2 \cdot \psi \cdot \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} - 2 \cdot x^2 =$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \cdot \varphi \cdot x \cdot \cos \alpha_1 \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right) - 2 \cdot x^2 \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right) = \\
 &= \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right) (\varphi \cdot \cos \alpha_1 - x) 2 \cdot x \quad (b),
 \end{aligned}$$

kde $x = \frac{u}{c_{1,iz}}$, [18. id345].

Odvození optimálního rychlostního poměru, při kterém dosahuje axiální rovnotlaký stupeň maximální obvodové účinnosti

Úhly i rychlostní součinitele jsou u všech stupňů velmi podobné a lze významně ovlivňovat pouze rychlostní součinitel. Optimální velikost rychlostního poměru se vypočítá z derivace rovnice obvodové účinnosti stupně (b):

$$\begin{aligned}
 0 &= \frac{d\eta_E}{dx} = \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right) (\varphi \cdot \cos \alpha_1 - 2 \cdot x_{opt}) \\
 x_{opt} &= \frac{1}{2} \varphi \cos \alpha_1 \quad (c).
 \end{aligned}$$

Odvození entalpického spádu axiálního rovnotlakého stupně při optimálním rychlostním poměru

Velikost optimálního entalpického spádu lze odvodit dosazením rovnice (c) do (b), která se dosadí do rovnice (a):

$$\eta_{E,\max} = \frac{l_E}{h_{0,\text{opt}}} \rightarrow h_{0,\text{opt}} = \frac{l_E}{\eta_{E,\max}}$$

$$\begin{aligned} \eta_{E,\max} &= \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \left(\varphi \cdot \cos \alpha_1 - \frac{1}{2} \varphi \cos \alpha_1\right) 2 \frac{1}{2} \varphi \cos \alpha_1 = \\ &= \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{0,\text{opt}} &= \frac{u \left(\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - \psi \cdot \cos \beta_2 \frac{\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - u}{\cos \beta_1} - u \right)}{\left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \\ &= \frac{u \left(\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - \psi \cdot \cos \beta_2 \frac{\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1}{\cos \beta_1} + \psi \cdot \cos \beta_2 \frac{u}{\cos \beta_1} - u \right)}{\left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \\ &= \frac{u \left(\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - u - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} (\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - u) \right)}{\left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \\ &= \frac{u \cdot (\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - u) \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right)}{\left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \frac{u \cdot (\varphi \cdot c_{1,\text{iz}} \cos \alpha_1 - u)}{\frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \end{aligned}$$

$$= \frac{u \cdot (\varphi \cdot c_{1,iz} \cos \alpha_1 - u) \left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right)}{\left(1 - \psi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \right) \frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1} = \frac{u \cdot (\varphi \cdot c_{1,iz} \cos \alpha_1 - u)}{\frac{1}{2} \varphi^2 \cos^2 \alpha_1}.$$

Pro proudění beze ztrát $\varphi = 1$ a ideální axiální rovnotlaký stupeň $c_{2u} = 0 \rightarrow c_{1u} - u = u$:

$$h_{0,opt} \approx \frac{u(c_{1u} - u)}{\frac{1}{2} \cos^2 \alpha_1} \approx \frac{u^2}{\frac{1}{2} \cos^2 \alpha_1}.$$