313 Příloha článku 13. Energetické bilance lopatkových strojů.

Měrná optimální práce větrné turbíny a její účinnost

Měrnou maximální práci by proud vzduchu vykonal, jestliže by při průtoku větrnou turbínou byla zpracována veškerá kinetická energie větru. Potom by byla rychlost vzduchu na výstupu z turbíny nulová turbínou by nemohl žádný vzduch protékat a práce turbíny by byla nulová. Je tedy zřejmé, že čím menší bude zpomalení proudu vzduchu tím větší bude průtok vzduchu turbínou. A protože výkon je součin měrné práce a hmotnostního průtoku existuje nějaké optimální zpomalení, při kterém by turbína dosáhla maximálního výkonu a tedy i maximální obvodové účinnosti:

$$P_i = P_{opt} = ?.$$

Při proudění beze ztrát:

$$P_i = a_i \cdot \dot{m} = \frac{c_i^2 - c_e^2}{2} \dot{m},$$

m [kg·s^{-1}] hmotnostní průtok protékající proudovou trubicí rotoru.

Z rovnice kontinuity pro nestlačitelné proudění pro každý průřez proudové trubice:

$$\dot{m} = \rho \cdot A_i \cdot c_i = \rho \cdot A_e \cdot c_e = \rho \cdot A \cdot c = \rho \cdot A' \cdot c_{st},$$

A' [m^2] průtočný průřez proudovou trubicí v místě kde dosahuje rychlost vzduchu střední rychlosti mezi vstupem a výstupem; **c**$_{st}$ [m·s^{-1}] střední rychlost mezi vstupem a výstupem z proudové trubice.

$$c_{st} = \frac{1}{2}(c_i + c_e).$$

$$P_i = \rho \cdot A' \frac{1}{2}(c_i + c_e)(c_i^2 - c_e^2)\frac{1}{2} =$$
$$= \rho \cdot A' \frac{1}{4}(c_i^3 - c_i c_e^2 + c_e c_i^2 - c_e^3) =$$
$$= \rho \cdot A' \frac{1}{4} c_i^3 \left(1 - \frac{c_e^2}{c_i^2} + \frac{c_e}{c_i} - \frac{c_e^3}{c_i^3}\right).$$

Poznámka
Poslední úprava předpokládá, že průtočný průřez *A'* je konstantní. Ve skutečnosti bude asi také funkcí poměru c_e/c_i. Pro zjednodušení zde předpokládejme, že průřez *A'* je přibližně konstantní a blízký například hodnotě ploše rotoru tj., že právě zde dosáhne proudění střední rychlosti c_{st} [1, s. 10].

Substitucí $x = \frac{c_e}{c_i}$:

$$P_i = \rho \cdot A' \frac{1}{4} c_i^3 (1 - x^2 + x - x^3).$$

$$\left(\frac{dP}{dx}\right) = 0 \rightarrow P_{opt},$$

$0 = 2 \cdot x - 1 + 3 \cdot x^2$ řešením této kvadratické rovnice je *1/3* a *-1*. *-1* je nesmysl takže optimálního výkonu větrná turbína dosáhne jestliže:

$$\frac{c_e}{c_i} = \frac{1}{3}.$$

$$P_{opt} = \frac{c_i^2 - \frac{1}{9} c_i^2}{2} \dot{m} = \dot{m} \frac{8}{18} c_i^2 = \dot{m} \frac{4}{9} c_i^2.$$

Odtud pro měrnou optimální práci:

$$a_{opt} = \frac{P_{opt}}{\dot{m}} = \frac{4}{9} c_i^2.$$

Odkazy

1. WILSON, R. E.; LISSAMAN, P. B. S.; WALKER, S. N. *Aerodynamic performance of wind turbines*, 1976. Corvallis: Oregon State Univ., Technical Report. Dostupné z http://wind.nrel.gov/designcodes/papers/WilsonLissamanWalker_AerodynamicPerformanceOfWindTurbines(1976).pdf