

Technická fakulta ČZU Praha

autor: Jan Květ

Semestr: letní

Projekt větrné mikroelektrárny.... Milešov nad Vltavou

Obsah:

- 1) Úvod
- 2) Výběr typu větrné elektrárny vzhledem k možnostem lokality
- 3) Výpočet potřebné energie vyrobené za jeden týden a řešení elektrické instalace
- 4) Výpočet průměru rotoru a výkonu elektrárny
- 5) Pevnostní výpočty
- 6) Výkres elektrárny

Zdroje informací:

www.alter-eko.cz
automatizace.hw.cz
www.energ.cz
www.dstechnik.cz

1) Úvod

V Milešově nad Vltavou vlastní naše rodina malou rekreační chatu, která se nachází u okraje obce. K objektu není přivedena přípojka elektrického proudu. Pro ušetření financí za přípojku k elektrické rozvodné síti a za elektrickou energii jsem se rozhodl navrhnout nezávislý zdroj elektřiny, který by byl ekologický, a to malou větrnou elektrárnu vlastní konstrukce.

V chatě je elektrický rozvod instalovaný, ale zatím používán pouze ke svícení stejnosměrným proudem při napětí 12V. Jako zdroj energie je používána jedna ze dvou 44Ah baterií, která se po vybití nahradí druhou. Baterii pak odvážíme domů, kde jí nabíjíme. Mimo osvětlení a rádia není v chatě jiný elektrický spotřebič. Voda je ze studny do zásobníku čerpaná pomocí benzínového čerpadla. Hloubka hladiny vody ve studně se pohybuje okolo 25 metrů pod povrchem. Zásobník vody na 200 litrů je umístěn na půdě chaty ve výšce 3 metry nad zemí.

Pro výpočet energetické náročnosti budu uvažovat střídavou síť o napětí 230V, která bude získána změnou 12V stejnosměrného napětí pomocí elektronického střídače. K síti budou připojeny: televizor, vodní čerpadlo, lednice, osvětlení a drobné spotřebiče. Doba využívání chaty je obvykle dva dny v týdnu v období od března do října.

2) Výběr typu větrné elektrárny vzhledem k možnostem lokality

Větrná energie je sekundární energií slunce. Je důsledkem pohybu vzduchu, který vlivem zahřátí mění svoji specifickou hmotnost. Je to zdroj energie, který je možné využít v určité míře po celých 24 hodin, v podstatě kdekoli. Zásadní nevýhodou je kolísání intenzity proudění. Pro dosažení dobrých výkonů je třeba, aby větrné kolo, dále rotor, vyčnívalo ze zón vírů větru, které způsobují budovy, stromy atd.

K využití síly větru se používají různé rotory. Liší se tvarem, počtem a velikostí lopatek. Základní rozdělení je možné provést na pomaloběžné s velkým počtem křídel a rychloběžné se dvěma až čtyřmi aerodynamicky tvarovanými křídly. Podle zákonů aerodynamiky je teoreticky nejvyšší možná účinnost větrného zařízení 60%. V běžné praxi se s touto hodnotou počítat nedá, a to pro ztráty na křídlech rotoru, ložiscích převodech atd. Je třeba si uvědomit, že při 1000 ot.min⁻¹ mají koncové body rotoru o průměru 2,2m obvodovou rychlost přes 400km/h. Proto je třeba brát na zřetel bezpečnostní rizika při práci na těchto zařízeních. Při úvahách o zřízení větrné mikroelektrárny je nutné posoudit lokalitu a konkrétní místní podmínky.

V lokalitě, kde bude umístěna větrná elektrárna není intenzita větru příliš výhodná pro stavbu moderní rychloběžné větrné elektrárny. Tyto elektrárny sice mají účinnost okolo 40%, avšak rychlost větru pro rozběh bývá většinou okolo 3m/s. Bohužel předpokládaná průměrná rychlost větru se pohybuje okolo 2,2m/s. Pro přeměnu energie větru na mechanickou jsou pro náš případ vhodné akorát typy rotorů s nejvyšší účinností při nižších rychlostech větru.

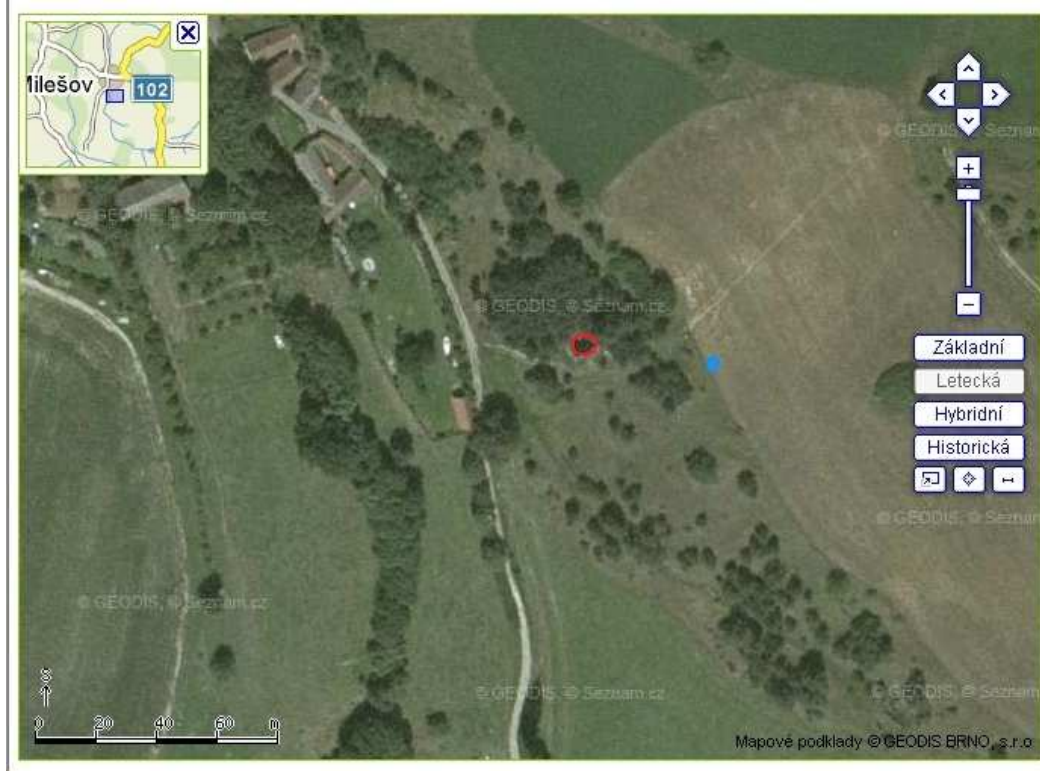
- 1) Savoniův rotor s vertikální osou rotace... odpadá potřeba směřování podle větru, ale jeho účinnost se pohybuje okolo 15-25%
- 2) Americká větrná turbína... Díky většímu množství lopatek se dosahuje většího náběhového momentu, což je výhodné pro rozběh generátoru s permanentními magnety na rotoru, který hodlám použít. Účinnost se pohybuje okolo 30%. Nevýhodou je pomaloběžnost.

Rozhodl jsem se pro rotor americké turbíny s rychloběžností $\mu=1$, kdy má nejvyšší účinnost. Což znamená, že obvodová rychlost na koncích lopatek bude shodná s rychlostí větru. Oběžné kolo bude mít dosti nízké otáčky, proto bude nutno volit převod ke generátoru s vyšším převodovým poměrem.

Popis místa:

Chata se nalézá ve svahu na okraji malého borového lesíka s borovicemi asi 8 metrů vysokými. Na okraj pozemku navazuje pole, které je oděleno prudkou mezí asi 2m vysokou. Větrná elektrárna bude na okraji pole, kde vrcholky stromů vyčnívají maximálně 4m nad úroveň pole. Osa rotoru tedy bude umístěna 8 m nad zemí.

Mapa lokality:



Umístění chaty

Umístění větrné elektrárny

3)Výpočet potřebné energie vyrobené za jeden týden a řešení elektrické instalace

Spotřeba jednotlivých spotřebičů se bude lišit v ročním období. Na jaře a na podzim bude delší doba svícení a provozu televize v létě bude větší spotřeba vody a lednice bude mít větší spotřebu elektřiny.

Výpočet spotřeby elektrické energie na jeden den.

Jaro/podzim

Léto

1)Osvětlení. Použití úsporných žárovek

3 hodiny provozu- velké světlo 15W
2hodiny- dvě malá světla 9W
Celkem 81Wh/den

1 hod.- velké světlo 15W
1 hod.- dvě malá světla 9W
Celkem 33Wh

2)Lednička

Typ Elektrolux ERC 0750

Objem 62l

Spotřeba 280Wh/den

Spotřeba 350Wh/den

3)Televize s úhlopříčkou 55cm

2hodiny provozu –příkon 65W

Celkem 130Wh/den

1hod. provozu
65Wh/den

4)Vodní čerpadlo

Odstředivé čerpadlo od firmy Calpeda typ CTM-61

1~ 2,5A/230V = 575W

Pro tlakovou výšku 28m bude průtok 18 litrů/min

Předpokládaná spotřeba vody 100 litrů/den

$100 \cdot 575 / (18 \cdot 60) = 53 \text{Wh/den}$

Spotřeba 200 litrů/den
106Wh/den

5)Ostatní spotřebiče- rádio,nabíječka mobilního telefonu apod.

cca 100Wh/den

Celková spotřeba

644Wh/den

654Wh/den

Spotřeba se výrazně neliší a dále budu počítat s vyšší hodnotou.

Spotřeba elektřiny za dva dny a tedy i celková spotřeba na týden činí 1310Wh.

Maximální odběr 800W.

Elektická instalace

Větrná elektrárna se bude nacházet 40 metrů od chaty.

Na elektrárně bude instalovaný generátor typ C -200W/24V s permanentními magnety od firmy Habarth.

Akumulátor s regulátorem dobíjení se bude nelézat přímo u konstrukce.

U akumulátoru bude elektronický měnič napětí.

Regulátor bude zajišťovat správné dobíjení akumulátoru a doporučený rozsah napětí na akumulátoru.

Při vysokém napětí odpojí akumulátor od generátoru a energií od generátoru bude napájet přídavné odpory, aby nedošlo k odlehčení větrné elektrárny a zbytečnému nárůstu otáček větrného kola. Při nadměrném poklesu napětí na akumulátoru regulátor odpojí vedení k měniči.

Měnič napětí INV 1000W 24V= /230V~

Účinnost 90%.

Dva paralelně zapojené 12V kyselinové akumulátory

Minimální potřebná kapacita: $1310\text{Wh}/(0,9 \cdot 2 \cdot 12\text{V}) = 60,6 \text{ Ah}$

Z důvodu delší životnosti není dobré akumulátory hodně vybíjet, tudíž použijí akumulátory s kapacitou o 50% vyšší. Tedy 2x 92Ah/12V max. proud 420A dle DIN.

Pro 24V rozvod použijí měděné vodiče CYKY 2x4mm²

Pro 230V rozvod použijí měděné vodiče CYKY 3x 1,5mm²

Pokles napětí na 40m vedení mezi elektrárnou a chatou bude:

$$P := 800\text{W}$$

$$l := 40\text{m}$$

$$U := 230\text{V}$$

$$\rho := 0.0175 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$

$$S := 1.5\text{mm}^2$$

$$\Delta U := \frac{P \cdot \rho \cdot l}{U \cdot S}$$

$$1\text{V} = 1 \text{ A}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$$

$$\Delta U = 1.623 \text{ A}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \quad \text{Což je méně než dovolených 5\%}$$

4) Výpočet průměru rotoru a výkonu generátoru

Předpokládaná roční průměrná rychlost větru je 2,4m/s V letním období je průměr nižší.

Výpočet výkonu větru pro rotor o účinnosti 30% je dán vzorcem $P = 0,15 \cdot v^3 \cdot D^2$

Množství energie vyrobené za týden je dána součinem výkonu rotoru při určité rychlosti větru a počtu hodin za týden při kterých se daný vítr vyskytuje.

vítr	průměrná rychlost větru	výkon při D=1m	podíl větru	Energie vyrobená za týden při D=1m
0 až 1 m/s	0,5	0,01875 W	0,2	0,63 Wh
1 až 2 m/s	1,5	0,50625 W	0,25	21,2625 Wh
2 až 3 m/s	2,5	2,34375 W	0,23	90,5625 Wh
3 až 4 m/s	3,5	6,43125 W	0,16	172,872 Wh
4 až 5 m/s	4,5	13,66875 W	0,11	252,5985 Wh
5 a více m/s	6	32,4 W	0,05	272,16 Wh
celkem				810,0855 Wh

Energie za týden při průměru rotoru 1m

$$E_{d1} := 810W \cdot hr \cdot m^{-2}$$

účinnost generátoru

$$\eta_g := 0.4$$

Potřebná energie za týden

$$E_p := 1310W \cdot hr$$

účinnost řemenového převodu

$$\eta_p := 0.9$$

Násobek nadbytku výkonu, pro zajištění dostatku energie i při nižší četnosti vydatnějších větrů

$$n := 1.75$$

Průměr rotoru:

$$D := \sqrt{\frac{E_p \cdot n}{\eta_p \cdot \eta_g \cdot E_{d1}}}$$

$$D = 2.804m$$

rychloběžnost $\mu=1$ znamená obvodová rychlost = rychlost větru

průměr rotoru 2,8		poměr i= 14				
rychloběžnost 1						
součinitel 0,15						
podíl	rychlost větru	větrné kolo otáčky rotoru	výkon	generátor 200W/24V		
				výkon	otáčky	za týden
0,2	0,5	3,4	0,147	0,1	47,7	1,8
0,25	1,5	10,2	3,969	1,4	143,2	60,0
0,23	2,5	17,1	18,375	6,6	238,7	255,6
0,16	3,5	23,9	50,421	18,2	334,2	487,9
0,11	4,5	30,7	107,163	38,6	429,7	712,9
0,05	6	40,9	254,016	91,4	573,0	768,1
celkem						2286,4

Celková teoretická energie vyrobená elektrárnou za týden $E_c=2286$ Wh

Násobek nadbytku 1,75 zůstal zachován.

5)Pevnostní výpočty

Geometrie listu:

Délka tělvy profilu $L_t := 100\text{mm}$

Prohnutí střední aerodynamické křivky profilu je 8%

Úhel náběhu:

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{L_t \cdot 0.07}{0.5 \cdot L_t}\right) \quad \alpha = 7.97 \text{ deg}$$

rychlost větru

$$v_v := 6\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Obvodová rychlost na konci listu

úhel nastavení na konci listu:

$$v_{\text{ob.k}} := 6\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\beta_k := \alpha + 45\text{deg}$$

otáčky rotoru

$$\beta_k = 52.97 \text{ deg}$$

$$n_r := \frac{v_{\text{ob.k}}}{D \cdot \pi} \quad n_r = 0.681 \text{ s}^{-1}$$

Obvodová rychlost u paty listu

$$D_1 := 0.3\text{m} \quad v_{\text{ob.p}} := n_r \cdot D_1 \cdot \pi \quad v_{\text{ob.p}} = 0.642\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

úhel nastavení u paty listu

$$\beta_p := \alpha + \gamma_p \quad \gamma_p := \text{atan}\left(\frac{v_{\text{ob.p}}}{v_v}\right) \quad \gamma_p = 6.107 \text{ deg}$$

$$\beta_p = 14.077 \text{ deg}$$

čelní plocha listu

$$S_c := \frac{(D - D_1)}{2} \cdot L_t \cdot \frac{(\sin(\beta_k) + \sin(\beta_p))}{2} \quad S_c = 0.065\text{m}^2$$

Síla na jeden list při maximální předpokládané rychlostirychlosti

$$v_{\text{max}} := 50\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \rho_v := 1.25\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$F_1 := \frac{1}{2} \rho_v \cdot S_c \cdot v_{\text{max}}^2 \quad F_1 = 101.871 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Síla na rotor

$$F_r := 24 \cdot F_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot v_{\text{max}}^2 \quad F_r = 2.555 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Namáhání stěžně na ohyb:

$$h := 8\text{m}$$

Materiál stěžně ČSN 11353

$$M_o := F_r \cdot h$$

$$\sigma_{doII} := 70 \times 10^6 \text{Pa}$$

$$M_o = 2.044 \times 10^4 \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

násobek bezpečnosti volím $k_b := 2$

Modul ohybu

$$W_o := \frac{M_o \cdot k_b}{\sigma_{doII}} \quad W_o = 5.841 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

Trubka s nejbližším vyšším modulem ohybu je 324x8 s $W_o = 6,12 \times 10^{-4} \text{m}^3$

Použiji tedy:

TR KR 324x8 - 8000 ČSN 42 57 15.01

Stanovení osové vzdálenosti řemenic

Nejmenší řemenice $d := 50\text{mm}$

převodový poměr $i := 14$

Průměr velké řemenice

$$D_v := d \cdot i \quad D_v = 0.7\text{m}$$

délka řemenu $L := 2500\text{mm}$ $\pi = 3.142$

volný úsek řemene

$$x := \frac{L - \pi \cdot \frac{(D_v - d)}{2}}{2}$$

$$x = 0.739\text{m}$$

osová vzdálenost řemenic

$$a := \sqrt{x^2 - \left(\frac{D_v}{2}\right)^2}$$

$$a = 0.651\text{m}$$

