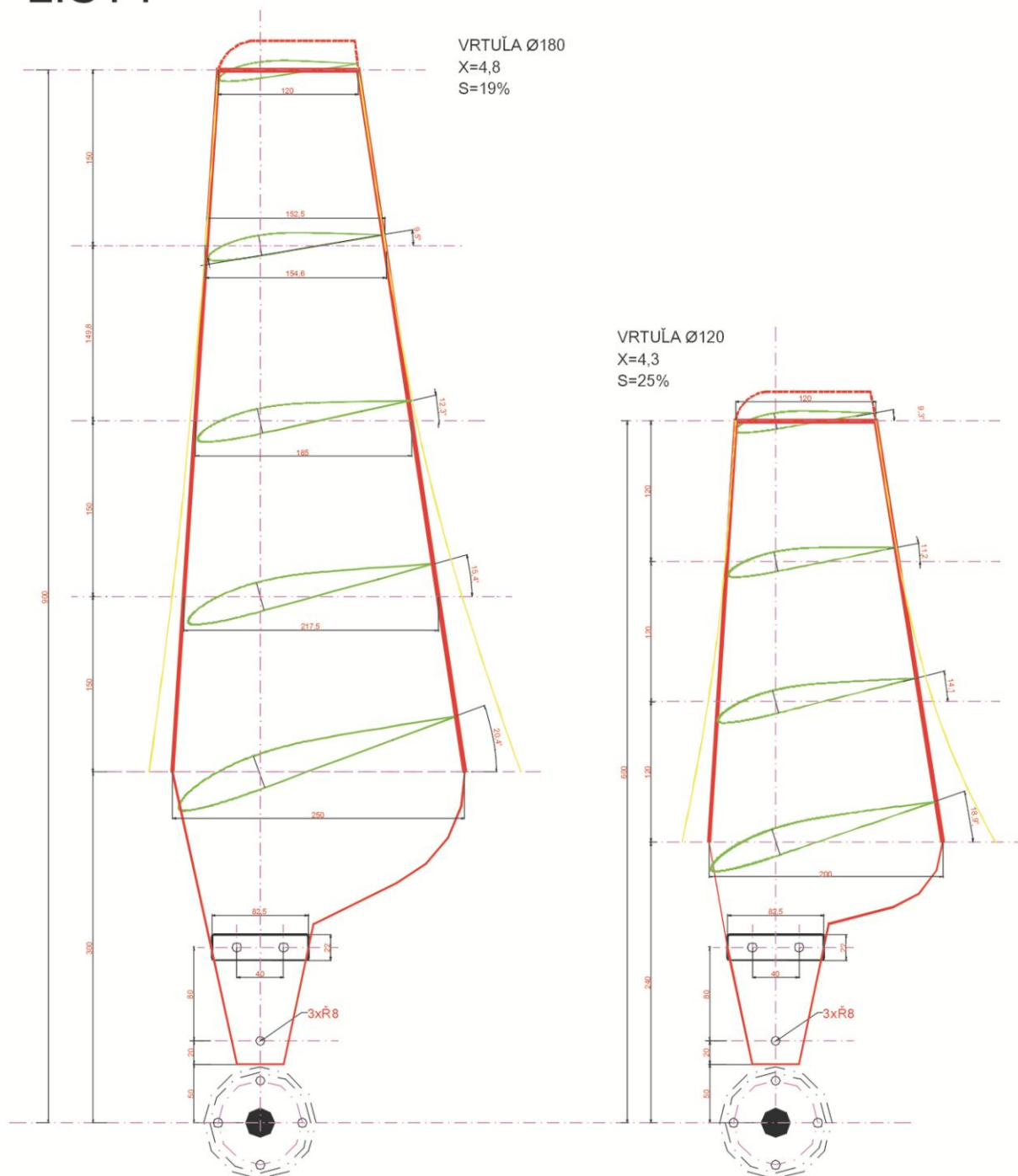


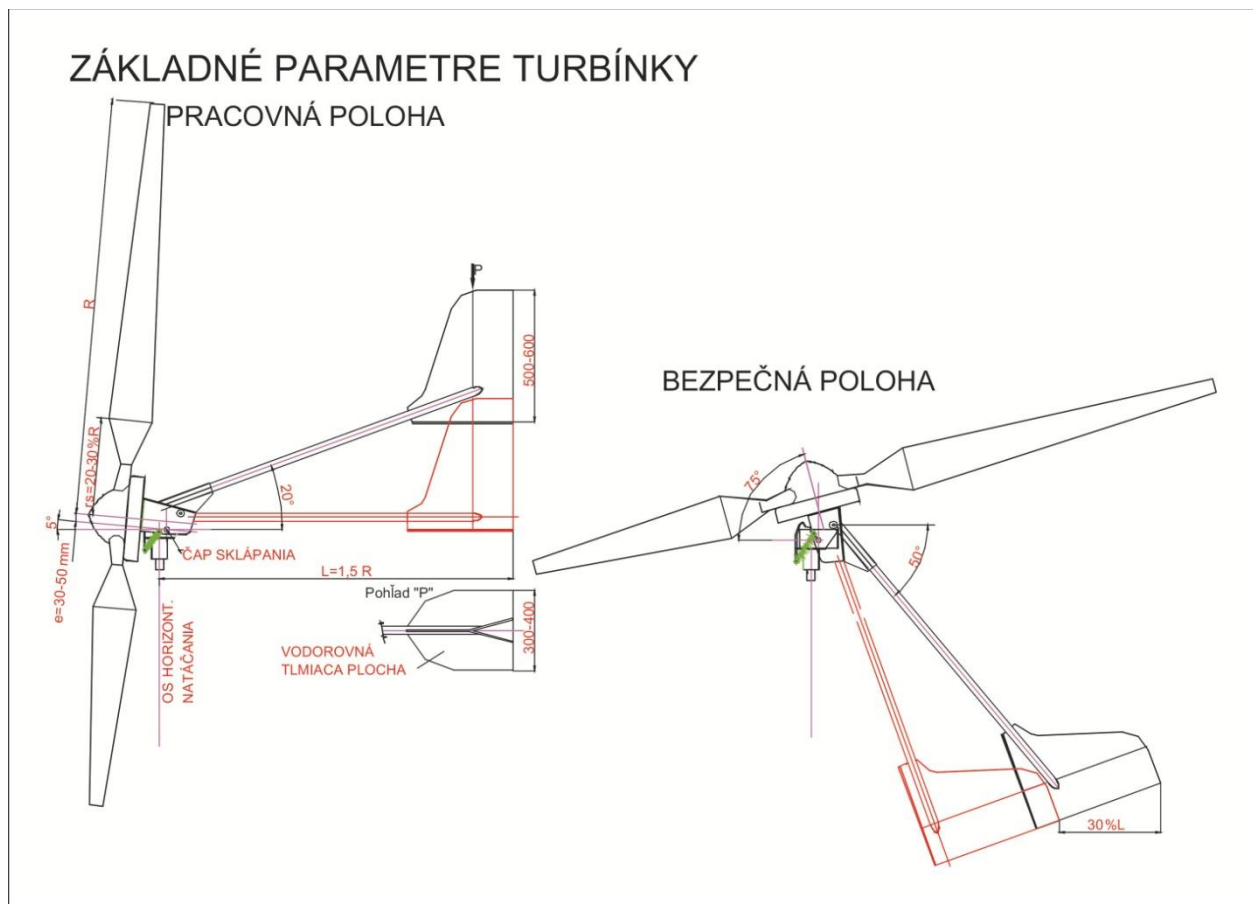
4-ZÁVER

Najprv k obrázku LISTY. Sú na ňom výkresy obidvoch krajných veľkostí malých turbíniek v mojom ponímaní s rozmermi ktoré som vypočítal v predošlom. Nízka rýchlobežnosť, slušná plnosť kvôli rozbehu, jednoduchá konštrukcia, pevná koreňová časť.

LISTY



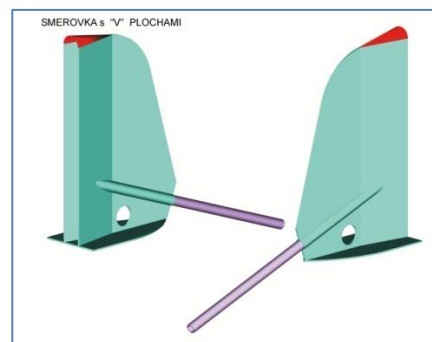
Na druhom obrázku dolu sú schématicky znázornené pomery pri ochrane sklápaním. Rozmery ktoré udávam na obrázku vychádzajú z mojich skúseností. Turbínka Ø120 cm je roztomilá detská hračka, naplno rozbehnutá turbínka Ø 180 cm je už pekná fúria.



Vyklopenie nahor som zvolil ako základnú a zásadnú ochranu turbíny proti preťaženiu. Vrtuľu vyklápa osový tlak na čelnú plochu, potrebný moment vzniká vplyvom pevného vyosenia osi vrtule o 5 stupňov nahor a tiež excentrickým umiestnením vrtule o 30-50 mm nad os vodorovného čapu pre sklápanie. Tieto miery sa nastavujú podľa priemeru vrtule. Vyosenie nahor zabezpečuje mäkké nasadenie ochrany a okrem toho oddiaľuje listy vrtule v spodnej polohe od stožiaru, čím sa predchádza cyklickým zvukovým efektom.

Celkovo sa v zadnej krajnej polohe vychýli turbína o 75 stupňov. Tejto polohe u turbíny RENEN250 klesol prúd z maxima, tzn. asi 20 ampér (pri 15 V na baterke) na cca 15 ampér a už ďalej nestúpal. Tomuto sa u nás hovorí „ochrana pred víchricou“, keď vrtuľu od prebytočného príkonu odľahčujeme. Je to v zásade správne na rozdiel od prístupu, keď generátor zaťažujeme napríklad do tzv. „umelej záťaže“. Turbínke sme tým neodľahčili, ale naopak ju nútime znášať prebytočný príkon. To môže na chvíľu stačiť, ale pri vetre nad 20 m/s aa zlyhaní elektronického !regulátora“ alebo usmerňovača neviem, neviem. Najmä v kombinácii s tzv. „krátkym chvostom“ to býva fatálne. Pružiny, ktoré vracajú turbínu do pracovnej polohy po zmiernení vetra volím tiež podľa priemeru vrtule.

Na bezpečnosť ma podstatný vplyv aj konštrukcia chvostových plôch a ich rozmery. Veľa sa tu špekulovalo o tom či je lepší tzv. krátky alebo dlhý chvost. Podľa mňa je najlepší chvost „akurát“. Na obrázku vpravo je 3D model smerového kormidla mojich turbíniek. K výbornej smerovej stabilite prispievajú tzv. „V“ plošky na



odtokovej časti kormidla. Pri turbínke RENEN R160 bolo pôvodne vyloženie kormidla spočiatku 1,5 metra. Po pridaní spodnej vodorovnej plošky na tlmenie vertikálnych výkyvov som vyloženie zmenšil na 120 cm a smerová stabilita zostala vynikajúca aj pri víchrici a sklopení do zadnej polohy. Vychýlenie smerovej plochy 20-25 stupňov nahor zabetpečuje pri maximálnom vychýlení dostatočné vyloženie a smerovú stabilitu. Dôležitá je aj ľahká konštrukcia kormidlovej sústavy, ktorá zmierňuje dynamické rázy. Ja som kormidla vyrobil z penového polystyrénu 6 mm olaminovaného sklo laminátom.

Na záver heslovito zhrniem moje skúsenosti s horizontálnymi turbínkami.

Frekvencia

V kapitole o generátore som opomenul význam frekvencie, pri ktorej generátor pracuje. Účinnosť všetkých indukčných strojov býva najvyššia v rozsahu 30-100% nominálneho výkonu, pri nižších výkonoch resp. pri frekvencii pod cca 25 Hz to býva menej ako 60%. Pri veterných turbínkach by sa nominálny výkon mal pohybovať niekde pri okamžitej rýchlosti vetra cca 10 m/s (teda frekvencii 80-100Hz), lebo turbínka umiestnená v slabých veterných podmienkach vyprodukuje najviac energie v intervale okamžitých rýchlostí medzi 4 až 8 m/s. Frekvencia sa vypočíta podľa vzorca

$$f=n*Pp, \text{ kde}$$

N -otáčky 1/sek

Pp - počet pólových dvojíc (tzv. polpárov),

V prípade alternátora s 20-timi magnetmi sa Pp rovná 10, teda u alternátora pre turbínku s priemerom vrtule Ø180 cm a počiatočnými otáčkami 3/sec je počiatočná frekvencia 30 Hz, teda už v pásme prijateľných hodnôt.

Polomer stredu (rs)

Často sa špekuluje o tom kde má začínať aerodynamická časť vrtule. Tzv. polomer stredu je oblasť blízko osi otáčania, kde plocha aj rameno majú na výkon minimálny vplyv. Špekulanti a Čínski výrobcovia této časť bizarne tvarujú až do absurdnosti. Namiesto akéhokoľvek prínosu však naopak v koreni listu vytvárajú zoslabenia a nebezpečné prierezy. Túto časť v rozsahu 25-30% polomeru treba venovať pevnosti koreňa listu a zosilneniu v mieste najväčšieho namáhania na ohyb.

Reynoldsovo číslo

Toto číslo je dôležitý faktor pre účnosť vrtule. Nemalo by klesnúť pod stotisíc. Tu máme už pri počiatočných otáčkach hodnotu sto päťdesiat tisíc a tá sa bude so stúpajúcimi otáčkami ďalej len zlepšovať.

Zapojenie

Vyvedenie výkonu z turbíny do akumulátorov je priamo cez usmerňovač. Ja som použil čínsky výrobok FW1203, ktorý okrem usmerňovača obsahuje aj ochranu akumulátorov pred prebíjaním tak, že pri dosiahnutí napätia 15 Volt turbínku odpojí a príbrzdí skratovaním alternátora. Podľa stavu nabitia akumulátora to nemusí nastať len pri silnom nebezpečnom vetre, ale aj skôr. V žiadnom prípade to nemožno vydávať za plnohodnotnú ochranu turbíny pred preťažením, skôr za ochranu akumulátora.

Regulátor(y)

Oproti faktu, že priame pripojenie cez usmerňovač je najjednoduchšie a najúčinnnejšie a netreba žiadny regulátor stojí názor z tábora alternatívnej fyziky že ten regulátor naozaj treba a bez neho by to vlastne ani emalo fungovať. Ja som síce nič také za tých tridsať rokov čo som prevádzkoval malé turbíny nepotreboval (ani to nebolo dostať kúpiť), ale čo narobíš. Fyzika, najmä tá alternatívna v oblasti veterných turbín možno pokročila a ja som si to nemusel všimnúť. Propaguje sa tu totiž falošná predstava procesu pripojovania turbíny k akumulátoru. Teda že vrtuľa sa vraz spolu s alternátorom rozbieha, napätie alternátora stúpa až na

hodnotu rovnú napätiu akumulátora. Vtedy sa turbína zaťaží, otáčky klesnú a turbína sa pribzdí. Alebo tak nejak, býva to ešte bez zmyslu domotané s rýchlobežnosťou a počiatočnými otáčkami.

Ako som už spomenul vrtuľa tak aj alternátor sú na jednom hriadeli a vždy majú rovnaké otáčky. Ona mylná diletantská predstava spočíva v tom, že po dosiahnutí napätia batérie sa vrtuľa zaťaží, spomalí a zabrzdí. A tak ďalej stále znova až kým vietor nezosilnie. Znamená to údajne nízku účinnosť až nefunkčnosť a je to vraj len pre malé výkony-hranica výkonu nestanovená., kde je ten zlom sa nevie.

Samé sprostosti. V skutočnosti sa generátor začne zaťažovať a odovzdávať výkon (prúd) do baterky po vyrovnaní napätí samočinne, pozvoľne a nie je tam nič, čo by ho malo v tej chvíli zbrzdiť. Ako som už spomenul generátor je na jednom hriadeli s vrtuľou a jeho výkon je daný spoločnými otáčkami (teda pri tom „zabrzdení“ vrtule by otáčky aj napätie okamžite klesli) a nejaký „brzdíaci výkon“ či iná sila sa tam nemá kde schovať.

Tie napätia sa automaticky vyrovnajú v okamžiku, ktorý je daný konštrukciou turbíny, teda zosúladením charakteristík vrtuľa- generátor. Ak ich generátor dosiahne až pri vyšších otáčkach (špatné zosúladenie) ako je žiaduce, vrtuľa si jednoducho „počká“ na silnejší vietor a generátor sa pripojí až potom. Aj potom funguje všetko podľa fyzikálnych (rozumej Newtonovských) zákonov, prúd začne tiecť cez usmerňovač do akumulátora opäť samovoľne a plynule, bez nejakých zbrzdení, ale pri až pri vyššej rýchlosti vetra ako sa naivne čakalo, čo znamená energetickú stratu. Vrtuľa v okamžiku vyrovnania napätí už má energiu, ktorú začne odovzdávať do akumulátora a ktorá je úmerná rýchlosti vetra, či sa to udeje pri rýchlosti 4 m/s ako bolo prianie alebo pri 7 m/s, aká môže byť skutočnosť. A pri ešte vyšších rýchlostiach vetra ho vrtuľa už máva až zbytočný prebytok a treba ju chrániť.

Rýchlobežnosť vrtule je konštantná hodnota závislá na konštrukcii a nemení sa. Zmeniť ju by znamenalo prerobiť vrtuľu. A zmeniť počiatočné otáčky by znamenalo minimálne previnúť alternátor. Nejakými umelými prostriedkami sa charakteristika generátora nedá zmeniť alebo ho nútiť aby pracoval ináč ako je navrhnutý.

tak sa nebojte a nevyhadzujte peniaze za nepotrebnú elektroniku. Niektorí výrobcovia v snahe zvýšiť predaj svojich výrobkov ponúkajú regulátory pre solárne systémy s možnosťou prevádzky v tzv. „wind móde“, kde treba nastaviť výkonovú krivku turbíny. Tá musí byť známa a nedá sa zamieňať s napäťovou charakteristikou naprázdno generátora, ktorá je monotónne stúpajúca priamka, na zistenie jej smernice stačí jeden bod (druhý je 0,0) a po pripojení generátora do akumulátora už neexistuje.

ZÁVER

Malá veterná turbínka je komplexný stroj pracujúci v drsných podmienkach vonkajšej atmosféry. Jej kopecii a konštrukcii treba venovať zvýšenú pozornosť. Všetko na nej musí byť „akurát a primerane“, tak ako je v dobrom guláši primerane mäsa, cibule či zemiakov.

Dostať sa dnes k nejakej malej turbínke ktorá by fungovala s potrebnou účinnosťou, bezpečnosťou a bezhlučne je problém. Zostáva tu možnosť vlastnej výroby, ale to nie je pre všetkých. Náklady na amatérsku výrobu odhadujem na 500-1000€ podľa možností, a to sme ešte neriešili stožiar a rozvody. Nejaké úpravy lacných, ale nízko účinných až nefunkčných strojčekov z Číny tiež nikam nevedú.

Poviete si ale veď niektorým ich vlastné výtvary fungujú aj bez tvojich výpočtov a rád. Ano, točia sa, ale to sa točia aj vráta od stodoly. Bezpečnosť je nízka a životnosť je krátkodobá. Účinnosť energetickej premeny je zťažka 5-10 % namiesto možných 35-40%.



Turbínka RENEN160 v trojlistovom vyhotovení (vľavo) a dvojlistovom (vpravo)

V Trnave 12.12. 2019

Ernest Ježík

Nezávislý konzultant pre veternú energetiku

e-mail: renen.cons@stonline.sk

0907 522 148

Odborne spôsobilá osoba pre posudzovanie v procese EIA:

<https://www.enviroportal.sk/sk/eia/sposobile-osoby>