

MALÉ VETERNÉ TURBÍNKY-STRUČNÁ HISTÓRIA

ÚVOD

V tejto práci sa chcem venovať problematike malých veterných turbínok. Preto si musíme najprv zdefinovať, čo to „malá veterná turbínka“ vlastne je. Poznám veľa rôznych prístupov, ktoré sa o takúto definíciu snažia. Najčastejšie sa takéto turbíny kategorizujú podľa inštalovaného výkonu generátora alebo priemeru vrtule, najčastejšie kombinácie obidvoch parametrov.

Ešte donedávna sa za „veľké“ veterné turbíny považovali stroje s výkonom nad 100kW. Lenže dnes majú komerčné turbíny menovitý výkon 2MW a priemery vrtule od 80 do 110 metrov a vývoj sa šplhá ku konečnej hranici menovitého výkonu 5MW a priemerom vrtule okolo 120 metrov. Vývoj je už ohraničený len technologickými limitmi alebo neprekonateľnými logistickými prekážkami. Oproti týmto strojom sú všetky ostatné „malé“.

Ale to nie je náš prípad. Tu sa bude skutočne jednať o malé stroje. Malé buď rozmermi, ktoré sa vmestia do možností nemajetného jednotlivca, alebo výkonom uspokojia obmedzené energetické potreby alebo budú slúžiť ako naplnenie snáh o sebarealizáciu amatérskych technikov.

Moje obľúbené rozdelenie považuje za malé turbíny s priemerom vrtule do 10 metrov a inštalovaným výkonom 10 kilowatt. Do tohto rámca sa pohodlne vmestia všetky mikrozdroje určené pre nabíjanie batérii či čerpadlá vody pri malých farmách či osamelých usadlostiach. Vmestia sa sem všetky turbíny pracujúce v ostrovej prevádzke v malých, od verejnej siete oddelených systémoch.

Na hornej hranici obidvoch parametrov, ktoré zase nebudem až tak prísne dodržiavať sa zase pohybujú rôzne „domáce“ veterné turbíny, ktoré majú ambície zásobovať domácnosti a odľahčiť ich účet za elektrickú energiu a dokonca „prebytky“ dodávať do siete. Takéto stroje využívajúce základné mechanické princípy sa zdajú byť lacné a dostupné. Tento technicko-ekonomický model vypadá veľmi lákavo a mnoho laikov mu podľaľhne. Ale iba na chvíľu, lebo po precitnutí sa obyčajne zistí že to tak jednoducho nefunguje. Nefunguje to preto, že aj malá veterná turbínka je stroj, ktorý pracuje v komplexných podmienkach. Navyše je vystavená vplyvom pracovného prostredia, ktoré je náročné a neraz aj neprekonateľne zničujúce.

Aby veterná turbína akéhokoľvek typu či veľkosti bola efektívna a najmä odolala takémuto veľmi náročnému pracovnému prostrediu nebude v žiadnom prípade lacná. Všetky pokusy o lacné veterné turbíny doteraz bez výnimky zlyhali. Problematike bezpečnosti sa budem venovať so zvýšenou pozornosťou. Tiež sa zameriam na takzvané „zázračné“ riešenia, ktoré sa pravidelne a neúprosne podsúvajú dôverčivým spotrebiteľom. Takéto riešenia neexistujú a existovať nebudú! Skoro vždy ide o marketingové triky hraničiace s vedomým klamaním spotrebiteľa až podvodom. Venujem tomu zvláštnu kapitolu.

Predpokladám ale že v blízkej budúcnosti dôjde k využívaniu veternej energie na iných základoch. V súvislosti s nástupom elektrického pohonu automobilov či v zavádzaní vodíkových energetických technológií sa začne rozvíjať lokálna a individuálna elektro energetika a malé veterné zdroje dostanú novú príležitosť. Veterné turbíny s jednotkovým výkonom v desiatkach až stovkách kilowattov sa presadia v distribuovanej energetike, kde už nebude dominovať jadrová energetika a obnoviteľné zdroje sa stanú prirodzene akceptovaným riešením energetických potrieb.

Nehľadajte tu nejaký sumárny prehľad o všetkých veterných turbínkach na trhu alebo odporúčanie na toho - ktorého výrobcu či nedajbože dealera. Budem sa snažiť len o zobecnenie všetkých (mne) dostupných informácií a znalostí v tomto obore. Výrobcov a následne dealerov je ako maku, v poslednom čase najmä z Číny. Ide len o to správne si vybrať. Všetci sa predbiehajú sa v ponukách a nešetria chválou na svoje vlastné produkty.

Najmä v oblasti vertikálnych turbínok je dokonalý chaos. Kto podľahne vábeniu a bez odborného prístupu a konzultácii investuje do akejkol'vek veternej turbíny sa ľahko stane obeťou nenažraných dealerov. Potom je neskoro plakať. Na neoverené, nefunkčné a necertifikované výrobky, ktoré sú navyše aj nefunkčné ťažko žiadať nejaké záruky. Veľa z nich len určená len na kšefty, nie na praktické použitie.

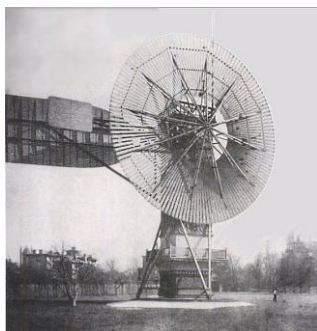
HISTÓRIA JE ZÁKLAD POUČENIA

Hneď na úvod pripomínam, že v tejto kapitole sa nebudem striktne držať rozdelenia veterných agregátov podľa výkonu či priemeru. Napríklad historické veterné mlyny, najmä tie „kozlíkové“ mali často menovitý výkon len niekoľko kilowatt a ich produktivita bola zúfalo nízka. Tiež sa nebudem obracať, ako býva v takýchto publikáciách zvykom k historickým počiatkom do starovekého Egypta, Mezopotámie a už vôbec nie do Číny, kde vraj kedysi vymysleli všetko. Stačí začať v 19. storočí.

Príkladom „malého“ veternoenergetického zdroja je reštaurovaný veterný mlyn v Kuželove, na Morave, niekoľko kilometrov za slovensko - českým hraničným prechodom „U Sabotov“. Mlyn z roku 1842 s krídlami o priemere asi 14 metrov mal pri dobrom čerstvom vetre maximálny výkon okolo 5 kW. 100 kg obilia zomlel za 3 až 5 hodín (mlelo sa na štyrikrát, než bola dobrá múka). Za túto prácu si po prvej svetovej vojne mlynár účtoval 2 koruny. Kilo cukru vtedy stálo 6,20 korún.



OBR-1: Vľavo „nemecký“ kozlíkový mlyn, vpravo veterný mlyn v Kuželove. Oba boli súčasťou lokálnej ekonomiky a uspokojovali obmedzené potreby.



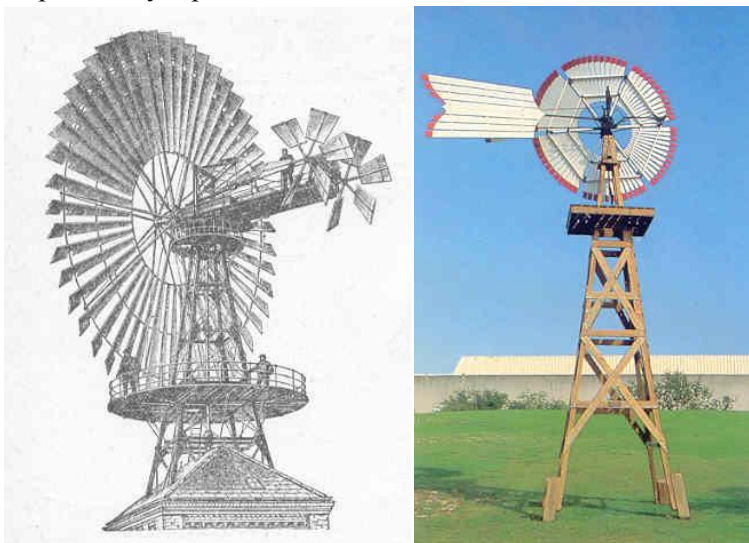
Obr.2: Veterné „dynamo“ Brush. Porovnajte jeho rozmery s postavou záhradníka vpravo dolu.

Za počiatok využívania veterných agregátov na produkciu elektrickej energie sa všeobecne považuje takzvané „veterné dynamo, ktoré v roku 1888 postavil američan Charles Brush. Stroj mal mnoholopátkový rotor o priemere 17 metrov, ktorý cez prevod 1:50 do rýchla poháňal rovnosmerné dynamo o menovitom výkone 12 kW. Dynamo nabíjalo 12 batérii, každá mala 34 článkov. Napájali osvetlenie aj elektropohony. Celý tento projekt je príkladom, ako funguje veternoenergetický systém v ostrovnej nezávislej prevádzke. A ešte nič. Charles Brush bol zámožný človek, ktorý si takto riešil svoje energetické potreby. Nemal iné energetické zdroje a preto nebol limitovaný ekonomikou prevádzky. Jeho stroj slúži dvadsať rokov, čo je dobrý výsledok viac ako zrovnateľný s dneškom.

Moderná história malých veterných turbíniek začala v polovici 19. storočia v USA. Najprv to boli takzvané „veterné kolesá“ či „veterné ružice“ poháňajúce čerpadlá na vodu. Po prvej svetovej vojne k nim pribudli modernejšie „veterné nabíjačky“, ktoré poskytovali komfort z používania elektrickej energie v odľahlých miestach obrovskej rozlohy USA. Na ich rozvoj nebolo treba žiadnych dotácií či nejakých umelých podporných iniciatív. Naopak, ich trvalý rozvoj bol ukončený zásahom štátu, keď v roku 1936 takzvaný „Rural Electricity Act (REA)“ podporil rozširovanie elektrických rozvodných sietí do vidieckych a odľahlých oblastí. Po tomto dátume nastal útlm, ktorý v päťdesiatych rokoch minulého storočia znamenal koniec. Veterné nabíjačky už nikto nepotreboval.

Halladay a Aermotor

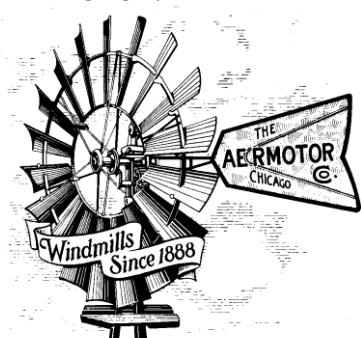
Veterné čerpadlá Halladay sa v USA začali rozvíjať s nástupom železníc v prvej polovici 19. storočia. Veľké veterné kolesá s priemerom okolo 10 metrov pumpovali vodu do nádrží na železničných staniách pri trati. Vďaka veľkému záberovému momentu mohli poháňať piestové čerpadlá umiestnené vo vrtoch hlbokých niekoľko desiatok metrov. Proti silným vetrom ich chránila kombinovaná ochrana, ktorá jednak natáčala jednotlivé lopatky ako žalúzie, jednak sklápala bloky lopatiek.



Obr.3: Vľavo veterná turbína „ULTRA“ typu Halladay umiestnená na budove, vpravo menšia turbína tohto typu nazývaná tiež „farmárska pumpa“. Posúvajte obrázok a sledujte, ako sa koleso vľavo otáča!

Od systému Halladay bol len skok k veterným čerpadlám Aermotor. Tie začala v roku 1888 vyrábať firma rovnakého mena v Chicagu. Tam sa už reguloval príkon veterného prúdu tak, že sa celý rotor pri silnom vetre samočinne odkláňal nabok. Tento princíp ochrany pred víchricou je dodnes najpoužívanejší a za to viac ako storočie sa prakticky nezmenil.

Veterné čerpadlá Aermotor boli a zostali dokonalým koncepčným a konštrukčným riešením, ktoré dodnes nebolo prekonané. Všetkým neskorším výrobcom nezostalo nič iné ako ich jednoducho kopírovať. Vo svete bolo inštalovaných milióny kusov a tak sú historický a neprekonateľne najúspešnejšie veterné agregáty.



Obr.4: Vľavo reklama firmy „Aermotor“, vpravo takéto čerpadlo v múzeu v mestečku Sonora, Texas (Foto z roku 1997).

Windchargers

Po prvej svetovej vojne boli všetky mestá v USA už elektrifikované. Na vidieku však bola väčšina osamelých usadlostí bez elektrickej energie. Boli to poväčšine poľnohospodárske farmy, ktoré potrebovali elektrickú energiu jednak na zlepšenie sociálneho komfortu, jednak na podporu svojich ekonomických aktivít. Väčšinou svoje energetické potreby riešili inštaláciou malých zdrojov poháňaných dieselovými generátormi, postupne sa k nim pridávali aj systémy využívajúce energiu vetra. Vývoj aerodynamiky po prvej svetovej vojne priniesol moderné vrtule, ktoré nahradili dovtedy známe veterné kolesá. Vzniklo nové energetické odvetvie. Veterno energetické systémy pracovali prevažne s napätím 32 Volt, pre ktoré boli už predtým vyvinuté aj rôzne spotrebiče, okrem osvetlenia to boli odstredivky na mlieko, chladničky či šrotovníky obilia. Predovšetkým však každá takáto usadlosť používala rádio. Niektoré malé turbíny s napätím 6 Volt boli schopné napájať akurát takéto rádio.

Koncepcia veterných turbín sa ustálila na modeli s dvojlistovou extrémne rýchlobežnou drevenou vrtuľou vyrobenou z jedného kusa. Drevo bolo ideálnym lacným materiálom, ktorý vyhovoval ako po stránke technológie výroby, tak z hľadiska pevnosti a odolnosti proti únave materiálu. Priemer vrtuľí bol 2 až 3 metre a jednotkový výkon dosahoval až 1 kW. Vrtule poháňali rovnomerné dynamá cez prevodovku s prevodom do rýchla 1:4 až 1:5, neskoršie už aj priamo bez prevodovky.

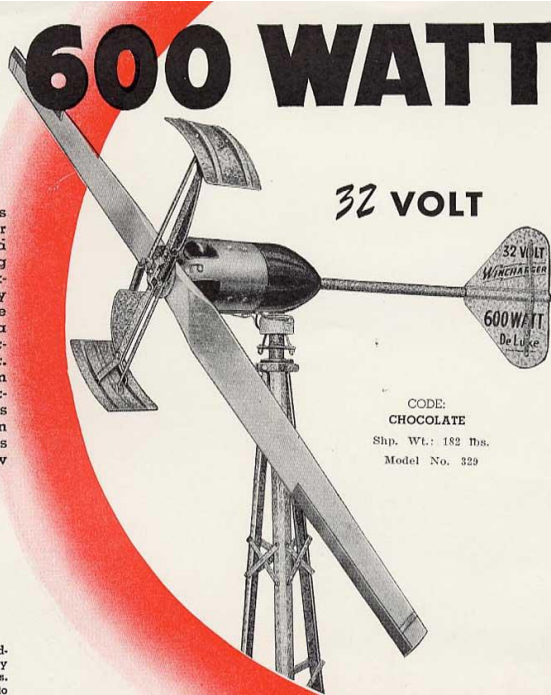
Dynamá boli vtedy najmodernejšími dostupnými technológiami, priamo produkovali rovnomerný prúd bez potreby usmerňovača. Derivačné budenie dynam sa spínalo cez „regler“ podobne ako v automobiloch. Niektoré stroje dokonca pripájali výstup z dynam k batérii až pri určitej dostatočnej rýchlosti vetra pomocou ortuťových spínačov, tzv. „prasiatok“. Tento jednoduchý a účinný princíp detailne vysvetlím neskoršie.

Ochrane pred preťažením až zničením pri silnom vetre bola venovaná maximálna pozornosť. Obyčajne to bol kombinovaný systém odklonenia celej vrtule nabok alebo nahor s brzdiacimi klapkami aktivovanými odstredivou silou. Prežitie veternej turbíny vo vonkajšom prostredí pri extrémnych poryvoch vetra bolo a dodnes je najdôležitejším návrhovým úkolom, ktorý je prednostný pred všetkými ostatnými parametrami. O tom, čo takéto turbíny dokázali pojednáva nasledujúca časť.

DIRECT DRIVE 600 WATT

WILL GENERATE PLENTY OF ELECTRICITY FOR MOST FARM AND HOME NEEDS...

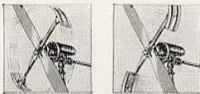
A streamlined wind-electric plant for owners who desire to operate an ordinary number of lights and appliances. Sturdily built and equipped with the very latest engineering features. All parts GALVANIZED with exception of generator. Quiet running and easy to install. Starts charging in a 7½ mile breeze with a top output of 15 amperes in a 20 mile wind. Will generate enough electricity to light house, yard, barn and garage, etc. and operate water system, washer, vacuum cleaner, radio and electric fans. Not recommended if refrigerator is to be used. This unit is conservatively rated and makes an ideal installation for the owner who wants an efficient dependable light plant at a low initial cost.



32 VOLT

CODE:
CHOCOLATE

Shp. Wt.: 182 lbs.
Model No. 329



"NORMAL" "GOVERNING"

PATENTED AIR-BRAKE GOVERNOR

Operates by centrifugal force. In wind velocities exceeding 20 miles per hour the governor flaps automatically open and spread wind away from the propeller blades. (See illustration.) Governor also acts as flywheel to maintain even propeller speed and eliminate vibration.

ALBERS AIR-FOIL PROPELLER. Genuine 8' Albers Patented Air-Foil Propeller. Made from a single piece of vertical grain Douglas Fir. Machine made . . . perfectly balanced. Copper-armored leading edges and copper banded tips prevent damage from hail or sleet.

SPECIAL-BUILT GENERATOR. A 600 watt streamline generator built especially for wind-electric purposes. Has a 75 bar commutator for long brush life. All bearings grease-sealed. Field fuse protects generator if allowed to operate on open circuit.

COLLECTOR RING. Collector ring is completely enclosed to protect double carbon brushes from dust, frost and ice.

POSITIVE ACTING BRAKE. Completely

enclosed internal expanding automobile type brake. Operates easily in even the highest wind.

MOUNTINGS. Supplied with 5½ foot stub tower to fit on Wincharger Sectional or Self-Supporting Tower, or with windmill adapter to fit on to any standard 3 or 4 leg windmill tower.

CONDENSER ELIMINATES RADIO INTERFERENCE. Condenser and special ground spring act as radio noise eliminator.

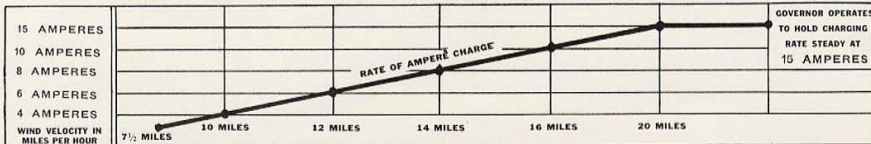
This unit also furnished in 6-volt winding with 350 watt capacity, 12-volt winding with 400 watt capacity and special windings for cathodic protection purposes. For performance chart and complete specifications write our Engineering Department.



DELUXE INSTRUMENT PANEL WITH NEW HEAVY DUTY RELAY

Included with every 600 watt unit. Thoroughly insulated . . . comes completely wired with all connections plainly marked for light and battery wires. Automatic relay disconnects the generator when propeller speed is too slow to charge batteries. Ammeter shows amount of current entering or leaving batteries. Equipped with double safety fuse.

RATE OF AMPERE CHARGE AT VARIOUS WIND VELOCITIES



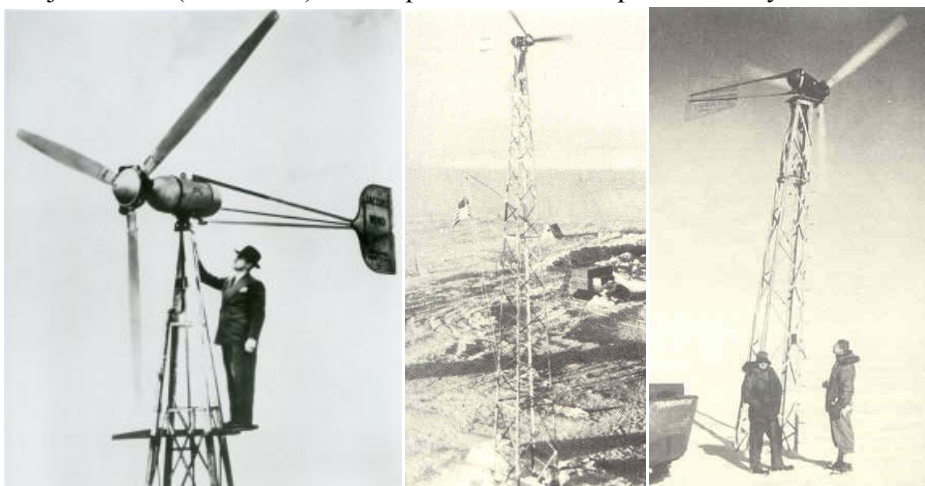
Form No. 490-13

WINCHARGER CORPORATION Sioux City, Iowa, U. S. A.
CABLE ADDRESS—WINCHARGER
WORLD'S LARGEST MANUFACTURERS OF WIND-ELECTRIC EQUIPMENT

Obr. 5: Dobový reklamný leták. Na rozdiel od niektorých dnešných materiálov je to ponuka reálna a hlavne nesľubuje žiadne zázraky. Výkonová krivka pre tento aparát s drevenou vrtľou z obyčajnej borovice o priemere 8 stôp (2,4 metra) je porovnateľná s dnešnými turbínkami.

Jacobs a Antarktída

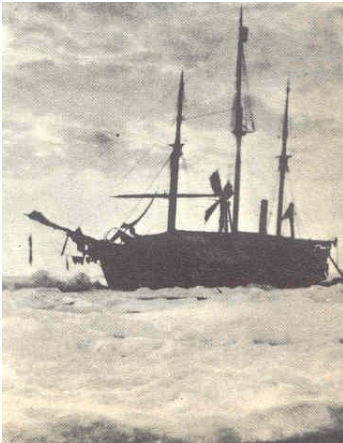
V medzivojnových rokoch sa na trhu v USA presadila aj firma „Jacobs.“ Ponúkala turbínu „Jacobs“ s výkonom 2,5 kW. V roku 1925 táto turbína stála 490 \$, pätnásťmetrový stožiar 175 \$ a 21 kWh 32 V (asi 1000 Ampér hodín) batéria ďalších 365 \$. V tých dobách to bolo dosť peňazí. Aj dnes by cena takejto batérie (cca 2500€) tvorila podstatnú čiastku podobného systému.



Obr. 6: Vľavo turbína Jacobs 2,5 kW a jej konštruktér Marcellus Jacobs. Uprostred takáto turbína na antarktckej stanici „Malá Amerika“ v roku 1933 a vpravo v roku 1947.

O tom, čo musela dokázať malá veterná turbína vypovedá príbeh z polárnej výpravy, ktorú viedol známy polárnik admirál Byrd. Na polárnej expedícii v Antarktíde v roku 1933 americkú stanicu pomenovanú „Malá Amerika“ zásobovala elektrinou veterná turbína „Jacobs“ namontovaná na 21 metrov vysokom stožiar. Keď sa tam v roku 1947 vrátila nová výprava, vedená synom admirála Byrda Richardom, našla tam túto turbínu „vrastenú“ do ľadu tak, že zo stožiara bolo vidieť už len asi 6 metrov. Turbína sa však stále točila! Až v roku 1955 z nej jeden z polárnikov, ktorý ju tam v roku 1933 inštaloval, odmontoval listy. Vtedy už bola os vrtule nad ľadom len 3 metre a listy sa ľadu takmer dotýkali.

Toto ale nebol prvý známy príklad využitia veterných turbín pri polárnych výpravách. Slávna expedícia Fridtjorfa Nansena sa v roku 1893 vydala na drevenej lodi Fram na cestu cez Severný ľadový oceán. Cieľom expedície bola plavba čo najbližšie k Severnému pólu. Po vmrznutí do ľadu loď putovala spolu s ľadom, zatiaľ čo dvaja členovia výpravy -Nansen a Johansen sa pokúšala dosiahnuť Severný pól pešo. Neboli úspešní, ale priblížili sa severnému pólu do tej doby najbližšie. Loď Fram bola vmrznutá do ľadu celkom tri roky. Desať



mužov posádky malo počas tejto doby k dispozícii elektrickú energiu získanú z generátora poháňaného veterným kolesom. Aj v dnešnej dobe sa veľa výrobcov pýši tým, že ich turbíny boli súčasťou nejakej expedície do nehostinných oblastí po celom svete. Je to dobrá referencia - ak uvážime, že takéto turbíny musia spoľahlivo pracovať bez dozoru v podmienkach, keď vietor demoluje celé domy...

Obr.7: Loď „Fram“ zamrznutá v ľade s veterným mlynom na palube.

Po roku 1950

Rozvoj malých veterných turbíniek doznal po druhej svetovej vojne, skoro súčasne tak zanikli aj malé vidiecke farmy. Používanie takýchto autonómnych energetických zdrojov malo veľký význam aj vo formovaní technickej gramotnosti všeobecne. Prevádzkovateľ sa musel zoznámiť s podstatou systému, musel ho sledovať a udržiavať. Americkí chlapci z fariem boli všestranní domáci majstri, ktorí dokázali bez ťažkostí riadiť tank či opraviť automobil.

Malé veterné turbíny sa dostali na okraj záujmu, pretože sa rozpadol ich pôvodný trh. Hľadali sa nové impulzy a nové uplatnenie. Jednou z možností bolo zapojenie veterných turbíniek a dodávka energie do verejnej siete. Vyvíjali sa najrôznejšie typy, ktoré sa spoliehali na pasívne mechanické systémy riadenia a ochrany. Pováčšine sa neosvedčili pre vlastné koncepčné chyby. Jednotkové výkony aj priemer vrtulí prekročili moje limity 10 metrov a 10 kW.

Zásadný koncepčný omyl bolo a je použitie systému regulácie príkonu nazývaného „active stall“, čo znamená natáčanie listov vrtule tak, aby pracovala vždy v režime, kedy je prúdenie „odtrhnuté“, teda vrtuľa pracuje v takzvanom režime „pompáže“. Takýto systém je zdanlivo jednoduchý a lacný, ale spôsobuje extrémne namáhanie vrtulí. Bol aplikovaný mnohokrát a vždy bez úspechu. Napriek tomu sa objavuje znova a znova, najmä v spojitosti s takzvanými „domácimi“ turbínami. Tie si hľadajú svoje uplatnenie pri zásobovaní domácností, pričom prípadné prebytky majú byť dodávané do siete. Tento ekonomický systém je však virtuálny. Kde je privedená verejná rozvodná sieť nemá takýto prídavný systém zmysel. Okrem rôznych technických obmedzení

hlavne preto, že elektrina z rozvodnej siete, pohotová a kapacitne prakticky neobmedzená je vždy podstatne lacnejšia.



Obr.7: Vľavo turbína Swaneborg s pasívnou reguláciou typu „active stall“, uprostred Jacobs 20kW a vpravo Bergey Excel 10 kW.

V roku 1980 znovu ožila aj firma Jacobs, ktorá vyrábala turbíny s výkonom od 10 do 20 kW. Boli vybavené samočinnou reguláciou, ktorá na rozdiel od systému „active stall“ natáčala listy vrtule tak, aby vztlak a tým aj príkon a otáčky klesali. Okrem toho boli tieto stroje vybavené aj osvedčenou sklápacou smerovkou. Turbíny Jacobs sa osvedčili a boli inštalované v prvých amerických veterných farmách. Neboli však schopné ďalšieho zvyšovania výkonu a tak skončili v tieni väčších strojov s výkonmi, ktoré smerovali k megawattom.

Súčasnosť

Okrem už spomínaných veterných turbínok, ktoré majú falošnú ambíciu pracovať pre napájanie domácnosti aj do verejnej siete sa malé mikro zdroje uchytli ako súčasť izolovaných energetických systémov na malých rekreačných lodiach, či už plachetniciach alebo aj motorových. Slúžia pre dobíjanie batérii, hlavne však pri udržiavaní kondície batérii vtedy, ak je loď odstavená. Batérie sa totiž vybíjajú aj bez spotreby tempom 0,5-1% kapacity denne. Teda za tri až päť mesiacov sa samočinne vybijú a čo je ešte horšie, môžu sa pri tom nevratne poškodiť.

Firmy, ktoré sa orientovali na tento trh už vyrobili tisícky kusov. Pôsobia globálne, ale aj takýto obrovský trh ich len sotva uživí.



Inštalácie malých veterných mikrozdrojov s priemerom vrtule okolo 1 meter a maximálnym výkonom 100 až 300 Watt na rekreačných lodiach.

Slovensko a malé turbíny

Veterná energetika na Slovensku sa historicky nerozvíjala. V hornatom teréne bol dostatok výkonnejších vodných zdrojov. Veterných mlynov bolo na Slovensku údajne sedem, ja som sa dostal len ku štyrom. Jediný murovaný veterný mlyn bol postavený v Holíči, stavba sa zachovala dodnes. Ostatné boli malé drevené mlyny „nemeckého“ typu. Veterné čerpadlá sa ojedinele používali najmä na západnom a južnom Slovensku. Údajne aj na mieste, kde dnes stojí atómová elektrárň Bohunice bolo inštalované veterné čerpadlo, miestnymi nazývané „veternátor“. Išlo asi o výrobok českej firmy Floriš, ktorá takéto čerpadlá vyrábala za prvej Československej republiky.

V novodobej histórii boli pokusy predávať malé veterné turbíny ako zdroje, ktoré mali pre domácnosti nahradiť dodávky zo siete. Pováčšine išlo o nevydarené špekulácie pochybných výrobcov a predajcov. O tejto ére pojednáva článok **ZÁKAZNÍCI, ŠPEKULANTI, PODVODNÍCI A MALÉ VETERNÉ TURBÍNKY**, ktorý je prístupný z tejto webstránky.

V Trnave 1.10.2011

Ernest Ježík

Nezávislý konzultant pre veternú energetiku

<http://renen.szm.sk>

<http://www.male-veterne-turbinky.sk/>

e-mail: renen.cons@stonline.sk

Odborne spôsobilá osoba pre posudzovanie EIA pri MŽP, pozri:

<http://eia.enviroportal.sk/sposobile-osoby?m=0&p=J&c=0>