



Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Větrná elektrárna – učební pomůcka

Josef Macek

ISŠ Nová Paka
Kumburská 846, Nová Paka

Obsah:

Abstrakt, úvod.....	1
Vznik větru na Zemi.....	2
Stabilita větru na území ČR.....	3
Větrné elektrárny ve světě.....	3
Druhy větrných elektráren a jejich účinnost.....	4,5,6,7
Příklad větrné elektrárny v České republice.....	7
Porovnání výroby elektrické energie.....	8
Znečištění, instalace větrných elektráren v ČR.....	9
Ostrovní napájecí systémy, použití v ISS.....	10,11
Můj model větrné elektrárny.....	12
Závěr.....	13
Fotodokumentace.....	14,15,16
Prohlášení o autorství, seznam použité literatury, poděkování.....	17

Abstrakt

Proč na Zemi fouká vítr, jak vzniká a k čemu se dá využít? Popíšeme si jeho odvození výkonu, kde zjistíme, jak je důležitá jeho rychlost. Je Česká republika vhodná na výstavbu větrných elektráren? Kde jsou nejlepší podmínky? Jak na tom jsou jiné státy? Rozdělíme si větrné elektrárny do několika skupin a popíšeme si jejich hlavní části. Zjistíme, kolik energie vyrobí obnovitelné zdroje energie oproti ostatním zdrojům elektrické energie. Možnosti využití jako ostrovní systémy, pro napájení samostatných zařízení. Model větrné elektrárny si budete moci prohlédnout na vlastní oči.

Úvod

Poslední roky se hodně hovoří o omezení škodlivých plynů vypouštěných do ovzduší. Větrné elektrárny žádné takové látky nevypouštějí. Technika větrných elektráren je velmi zajímavá. Motivace vytvořit tento projekt na toto téma byla podpořena návštěvou větrné elektrárny v Jindřichovicích pod Smrkem, zde jsem také nabył mnoho informací, které jsem použil v tomto projektu. Proč nevyužít energii větru, když se za ni neplatí.

Vznik větru na Zemi

Rozpohybování vzduchu okolo naší planety je způsobeno slunečním zářením. Každá část Země je ke Slunci jinak natočena, vznikají místa s různou teplotou, místa suchá se ohřívají rychleji než místa vlhká. V těchto místech vznikají i rozdílné tlaky, vznikají tak tlakové výše a níže. Čím větší jsou tyto rozdíly tlaku a teploty, tím větší vzniká proudění a energie větru E. Tím také vznikají i lepší podmínky pro větrné elektrárny.

Pro energii E volně pohybujícího se tělesa platí vztah:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

m= hmotnost pohybujícího se tělesa

v²= druhá mocnina rychlosti tělesa

Do vzorce postupně dosadíme:

$$m = \rho \cdot S \cdot v \cdot t$$

ρ= hustota vzduchu

S= velikost plochy, kterou objem protéká

v= rychlost

t= čas

Nyní do vzorce pro energii E dosadíme za m: ρ.S.v.t

dostaneme energii $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot t \cdot v^3$

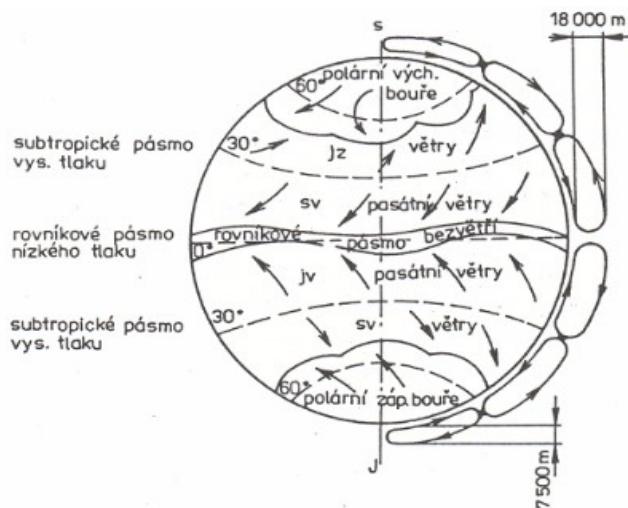
Pokud chceme zjistit výkon, použijeme vzorec pro P

$$P = \frac{E}{t}$$

Za E dosadíme $(\rho \cdot S \cdot t \cdot v^3) / 2$ a dostaneme výsledný vzorec pro výkon větru.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3$$

Z tohoto vztahu plyne, že výkon větru závisí přímo úměrou na hustotě vzduchu a třetí mocnině rychlosti větru.

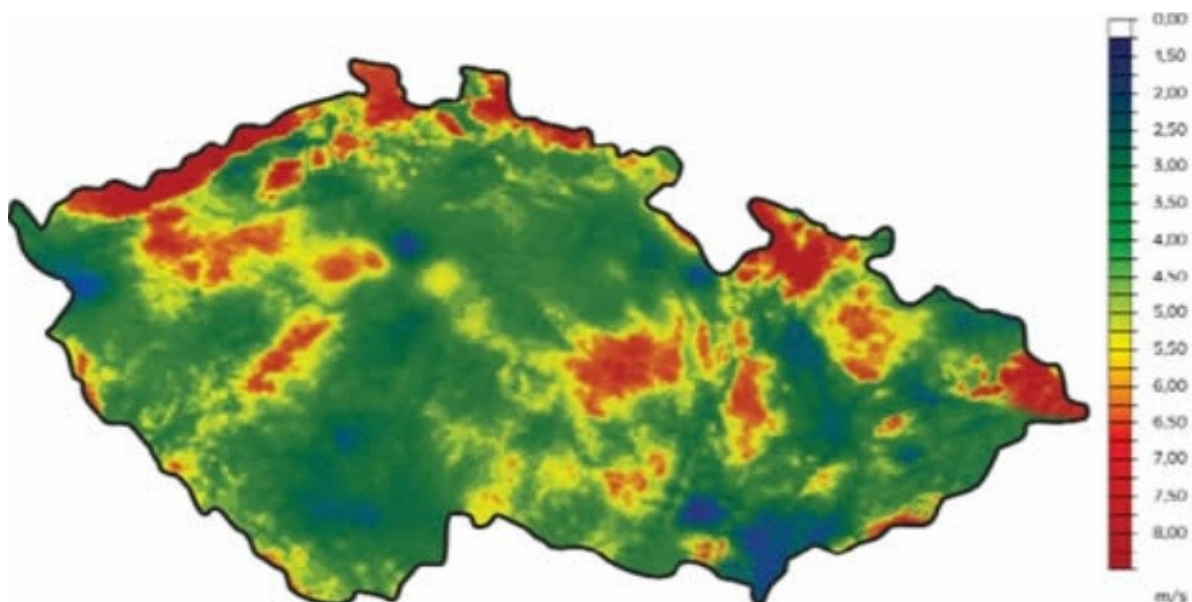


Obr.1: Orientování směru větru na planetě Zemi

Stabilita větru na území ČR

Pro větrné elektrárny je důležité, aby vítr stále foukal co nejpříznivější rychlostí, aby elektrárna dosahovala svého plného výkonu. Kraje známé a vhodné pro stavbu větrných elektráren jsou Vysočina, Karlovarský, Ústecký, Olomoucký a Pardubický kraj. Ne celá Česká republika je vhodná pro stavby větrných elektráren. Pokud se podíváme na větrnou mapu (viz obr.2), zjistíme, že v některých krajích vítr fouká velice málo, například v Královéhradeckém nebo Zlínském kraji. O tom svědčí četnost již postavených větrných elektráren.

Není důležité, aby vítr foukal příliš velkou rychlostí, ale aby jeho směr nenarušoval špatný terén, tedy, aby nevznikaly vířivé proudy nebo turbulence. Větrné elektrárny se většinou staví vysoko nad zemí, ale i tam mohou vznikat turbulence. Proto je nutné před každou stavbou větrné elektrárny provést důkladné měření, a to ve výšce, v jaké bude střed rotoru. I blízký les nebo větší nerovnost v terénu způsobují turbulentní proudění. Proto není divu, že se větrné elektrárny začaly stavět na moři. Je tam totiž jedna velká rovina tvořená hladinou vody, vítr se nikde neodráží, nezpomaluje, proudí přímo do rotoru větrných elektráren. Ale v České republice bohužel žádné takové moře není, proto není divu, že v jiných zemích je stavba větrných elektráren rozšířenější i z mnoha jiných důvodů, proto třeba, že vítr tam mají stálý. Vítr by ve výšce 10 m nad zemí měl foukat alespoň 4-5 m/s.



Obr.2: Mapa síly větru na území ČR

Větrné elektrárny ve světě

Jak jsem již zmínil, tak jsou země, které jsou pro stavbu větrných elektráren vhodnější než Česká republika. Typickým příkladem je sousední Německo. Hojně se staví také ve Španělsku, Polsku, Norsku nebo Dánsku. V USA je hodně větrných elektráren, je tam největší farma větrných elektráren na světě. Jde o farmu Roscoe s instalovaným výkonem 781 MW (viz obr. 23 ve fotodokumentaci).

Druhy větrných elektráren

Větrné elektrárny lze rozdělit do několika skupin. Lze je dělit podle osy otáčení, výkonu nebo podle principu.

Existují dva základní aerodynamické principy větrných elektráren. První je princip odporový, patří sem třeba Darrieův rotor (obr. 3) nebo Savoniusova turbína (obr. 4). Lopatky rotoru vytvářejí větru odpor, tímto se rotor snaží otáčet. Více využívaný je princip vztakový. Rotor tvoří nejčastěji 3 listy, které jsou zakrouceny jako vrtule u letadel. Zakroucení je u středu rotoru větší, protože obvodová rychlost je zde menší. Ovšem na konci rotoru je velká obvodová rychlost, proto konec listu není skoro vůbec zakroucen. Elektrárny s vodorovnou osou otáčení pracující na vztakovém principu můžeme rozdělit na převodovkové a bez převodovkové.

Elektrárny se svislou osou otáčení jsou méně nákladné, jelikož nemusí mít stožár, nemusí se natáčet proti směru větru. Do této skupiny patří Darrieova turbína. Byla vynalezena v roce 1931 Georgem Jeanem Marieem Darrieem. Její hlavní nevýhodou je větší potřebná rychlost na roztočení. Účinnost se pohybuje okolo 37%.

Další je Savoniusova turbína, která má velice malou účinnost, a to 15-20%. Její konstrukci tvoří dvojice nebo trojice polokruhovitých lopatek, jejich kraje sahají až za střed osy otáčení, proto umožňují průtok vzduchu i za zadními stranami. Tento typ turbíny se hojně používá pro rozběh Darrieovy turbíny.

Více využívaná osa rotace větrné elektrárny je vodorovná, kterou využívají elektrárny stavějící se v nynější době. Pro jejich správnou funkci je nutný mnohdy až 120m vysoký stožár. Proto je jejich realizace velice nákladná.

Větrné elektrárny lze rozdělit také podle velikosti do čtyř základních skupin. Nejmenší větrné elektrárny dosahují výkonů desítek wattů až několik kW. Napětí je většinou 12 nebo 24V. Nazýváme je mikroelektrárnami.

Malé větrné elektrárny dosahují výkonu do 60kW, napětí je většinou 230V. Nejsou připojeny na žádnou elektrickou síť.

Výkon až 750kW dodávají elektrárny střední, většinou slouží pro zásobení vesnic.

Větší výkon než 750kW dodávají velké větrné elektrárny, jsou připojeny do sítí s vysokým napětím.



Obr.3: rotor Darrieus



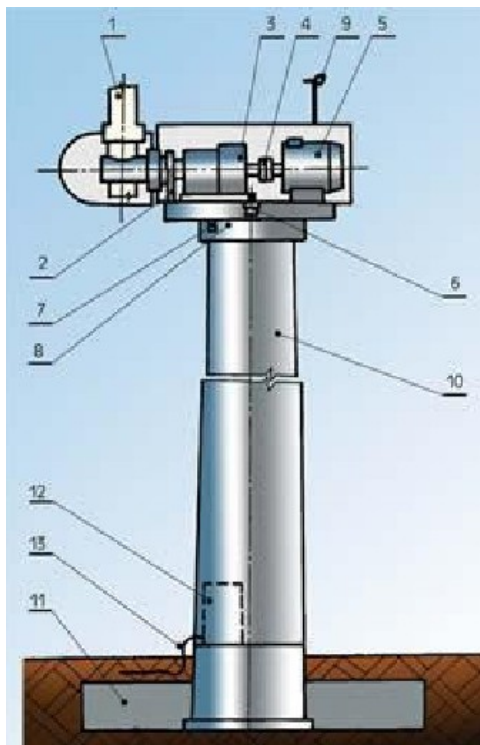
Obr. 4: rotor Savonius

Nejpoužívanější druh větrné elektrárny

V České republice, v USA nebo třeba v Německu se můžeme setkat s větrnými turbínami. Jako nejúčinnější větrná elektrárna a také nejvíce rozšířená elektrárna je s vodorovnou osou rotace a pracující na aerodynamickém vztlakovém principu.

Tyto druhy lze rozdělit na převodovkové, které vyrábí např. firma VESTAS, nebo bezpřevodovkové, které vyrábí např. německá firma ENERCON.

Oba tyto druhy mají shodnou konstrukci, liší se pouze strojovnou.



- 1 - rotor s rotorovou hlavicí a listy
- 2 - brzda rotoru
- 3 - planetová převodovka
- 4 - spojka
- 5 - generátor
- 6 - servo-pohon natáčení strojovny
- 7 - brzda točny strojovny
- 8 - ložisko točny strojovny
- 9 - čidla rychlosti a směru větru
- 10 - několikadílná věž elektrárny
- 11 - betonový armovaný základ elektrárny
- 12 - elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu
- 13 - elektrická přípojka

Obr.5: části převodovkové větrné elektrárny

Listy

Listy větrné elektrárny jsou tvořeny v negativní formě. Do formy je přesně rozvrstvena skelná tkanina, která je prosycována epoxidovou pryskyřicí. Tuto činnost většinou provádějí ženy (viz obr.21), protože mají větší zodpovědnost a jsou pečlivější než muži. Je totiž nutné dělat každý list větrné elektrárny úplně shodně, aby potom rotor byl vyvážený. Na konci listu bývá ochrana proti blesku. Některé elektrárny mají uvnitř listu vyhřívání, které v zimě brání tvorbě ledu. Celý tvar listu je vyvinut pro nejlepší účinnost podle obvodové rychlosti. List je zakroucen podobně jako vrtule u letadla.

Brzda

Slouží pro zastavení otáčejícího se rotoru z důvodu údržby elektrárny, nebo při překročení povolené rychlosti větru. U běžných elektráren je vypínací rychlost cca 25m/s.

Převodovka

U elektráren od firmy Vestas jsou převodovky planetové. Jsou to převodovky vysoce kvalitní a téměř bez poruch. Takovýto typ převodovek je třeba také u aku vrtaček. Firma Enercon převodovku nemá vůbec. V převodovce vzniká tření, a tím se snižuje účinnost celé elektrárny. Bez převodovky je méně starostí.

Spojka

Slouží k připojení nebo odpojení generátoru. Funguje stejně, jako u auta.

Generátor

Asynchronní generátor- používají je převodovkové elektrárny, pracují s nižšími otáčkami než generátory synchronní. Proto jdou snadno připojit k síti bez různých měničů apod.

Synchronní generátor má velkou účinnost, musí mít stále stejné otáčky. Na obvodu mají mnoho pólů, které se dají podle rychlosti otáčení přepínat tak, aby napětí bylo konstantní. Jestliže se rotor točí rychle, stačí zapojit například 2/3 pólů, jestli se točí pomalu, jsou póly připojeny všechny. Proto je u těchto generátorů složitá řídicí elektronika.

Stejnoseměrný generátor používá se většinou u mikroelektráren, na jeho výstupu je malé stejnosměrné napětí.

Servo-pohon natáčení stroje

Pro dosažení nejlepšího možného účinku dokáže tato mechanika natočit rotor přesně kolmo na směr větru. Většinou k natáčení je použit elektromotor s převodovkou.

Čidla rychlosti a směru větru

Dávají informace řídicí elektronice, která uvede stroj do nejpříznivějších podmínek. Natáčí gondolu a listy.

Stožár

Je tvořen několika díly spojenými k sobě. Materiálem je buď beton nebo železo. Betonové stožáry jsou tvořeny skružemi, které jsou zpevněny lany. Železné stožáry, které mají větší průměr, jsou pohlednější, protože veškeré schody nebo výtahy jsou uvnitř. Mají velkou výhodu oproti betonovým stožárům, neboť po uplynutí životnosti elektrárny je lze dát do šrotu, tudíž ještě nějakou tu tisícovku vydělají. A nebo je možné je demontovat a přemístit.

Základ

Je tvořen železobetonem, záleží na velikosti elektrárny. U velké elektrárny je 3 metry do hloubky a průměr je 24m. Základ je většinou celý pod povrchem v zemi, proto po dosloužení elektrárny ničemu nevádí. Je přikrytý úrodnou zemí a v okolí se mohou pěstovat zemědělské plodiny.

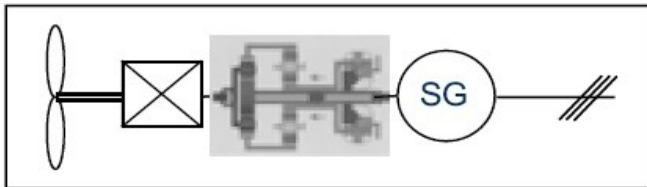
Elektrorozvaděč

Obsahuje silnoproudou elektroniku, která připojuje elektrárnu k síti vysokého napětí.

Z otáčejícího se rotoru nelze získat všechnu energii, toto zjistil v roce 1919 Albert Betz, který vypočítal maximální teoreticky dosažitelnou účinnost, nazývá se to Betzovo pravidlo a je to max. 59,3%. Nazýváme ho také součinitel výkonnosti.

Celkovou účinnost dostaneme, když vynásobíme účinnost rotoru(0,45), účinnost převodovky(0,95) a účinnost generátoru(0,98)

$$C_o = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,42$$



Obr.6: účinnost větrné elektrárny s převodovkou

Příklad větrné elektrárny v ČR

V Jindřichovicích pod Smrkem, kde jsem byl osobně na exkurzi, bylo jedno místo, kde hodně foukalo, a fouká stále. Obec se nebála využít obnovitelný zdroj energie, a proto si nechala vybudovat dvě větrné elektrárny. Přes příznivé výkupní ceny elektřiny si spočítali, za jak dlouho se elektrárny zaplatí. Místo, kde elektrárna stojí, není zas tak blízko nejbližších domů, aby někomu nepatrný hluk vadil. Dokonce se pod elektrárnami pasou krávy. Elektrárnu nechali postavit v roce 2003. V tu dobu šlo o první takto moderní výkonnou elektrárnu v ČR. Elektrárny jsou od firmy Enercon. Jedná se tedy o bezpřevodkovkové a spolehlivé stroje. Z důvodů některých omezení zde nechala firma RESEC instalovat dvě větrné elektrárny ENERCON E40 o výkonu 2x 600 kW.

Popis této elektrárny:

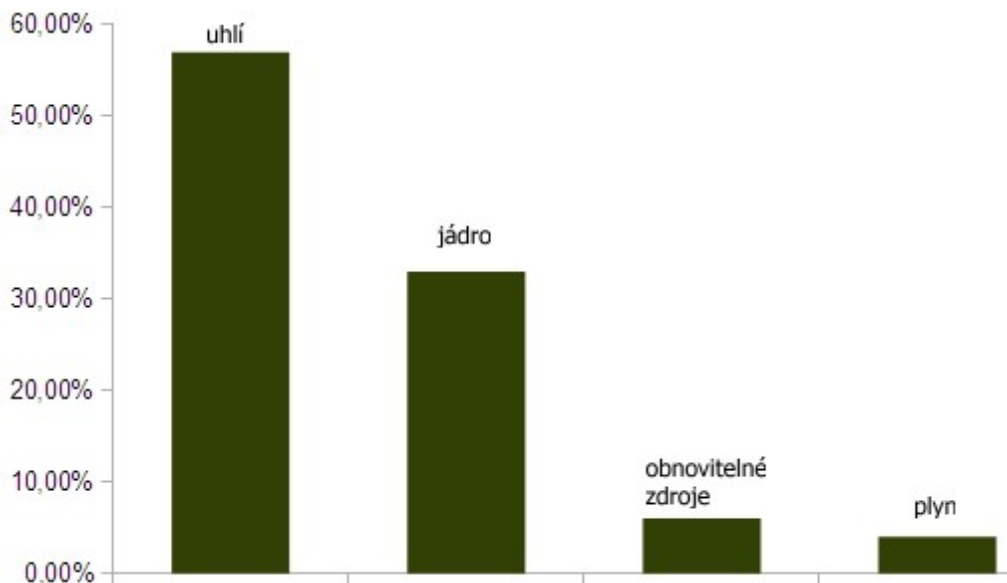
Rotor třílístý, laminátový o průměru 44m s otáčkami 18-34/min. Nosný sloup je ocelový, s výškou 65m. Generátor je synchronní s variabilní frekvencí, který má na výstupu 440V ef. Následuje usměrňovač a střídač napětí pro dodávky do elektrické sítě.



Obr.7,8: Větrné elektrárny Jindřichovice pod Smrkem

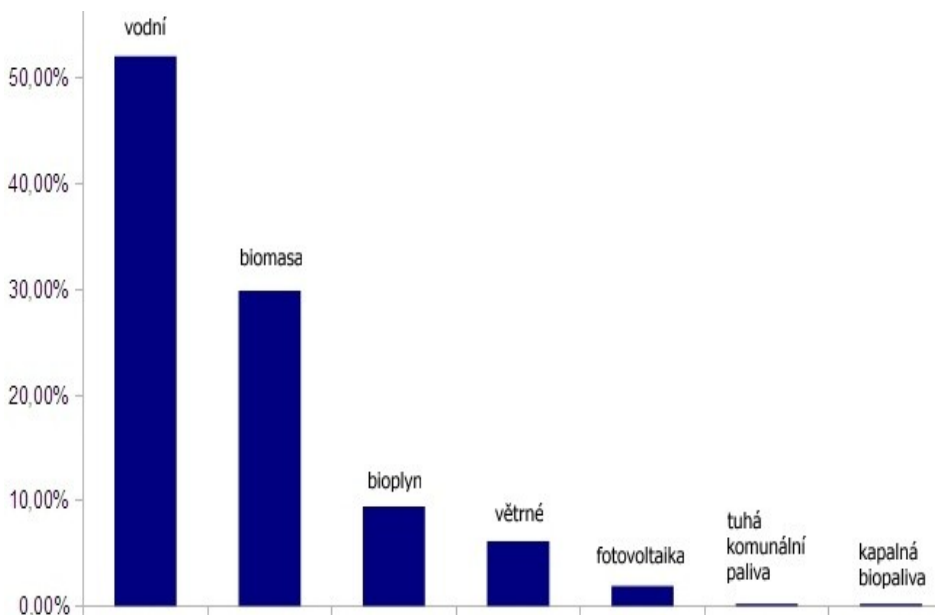
Určitě tušíte, že výroba elektrické energie není jenom z větrných elektráren, ale i z jiných obnovitelných i neobnovitelných zdrojů. Proto zde uvádím následující grafy, které vykreslí reálnou skutečnost, jak tomu bylo v roce 2009.

Následující graf (obr.9) ukazuje, jaké druhy energií v ČR využíváme. Dominuje výroba v tepelných elektrárnách. Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů činí pouze 6% celkové výroby elektřiny.



Obr.9: Celková výroba elektrické energie

Obnovitelných zdrojů je několik. Vodní, větrné, fotovoltaické elektrárny, výroba z biomasy, bioplynu, z tuhých a kapalných paliv. V následujícím grafu (obr. 9) je vidět, který z obnovitelných zdrojů je v České republice nejvyužívanější. Z obrázku lze poznat, že nejvíce vyrobené energie v kategorii obnovitelných zdrojů pochází z vodních elektráren, jejich výroba je 52,1%. Větrné elektrárny ročně vyrobí 6,2% elektrické energie v kategorii obnovitelných zdrojů. Přestože se jedná o velice čistý zdroj elektrické energie, je vidět, že své zastoupení je velmi malé.



Obr.10: Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů

Po školní exkurzi ve větrné elektrárně v Jindřichovicích pod Smrkem mohou opravdu říci, že krajinný ráz vrtule nenarušují, a když fouká vítr, nejsou otáčející se rotory skoro vůbec slyšet. Nízká hlučnost je způsobena hlavně bezpřevodkovým systémem. Tyto skutečnosti může potvrdit i Mirka Kolačná z RESEC.

Znečištění od větrných elektráren

Znečišťování přírody nebo hyzdění krajiny větrnými elektrárnami nehrozí. Větrná elektrárna neprodukuje žádný škodlivý kouř, ani nevypouští chemikálie do přírody. Tudíž je to velice čistá výroba elektrické energie. Podívejme se třeba na tepelnou elektrárnu, jak znečišťuje ovzduší oxidem uhličitým, ničí tak ozonovou vrstvu a podílí se na globálním oteplování. U jaderných elektráren je zase problém s vyhořelým palivem, které je radioaktivní. Představme si na chvíli jak, by vypadala havárie jaderné elektrárny a jak havárie větrné elektrárny. Co by bylo horší?

Problém u větrných elektráren vzniká, u jejího vzhledu vůči krajině, můžeme se všude možné dočíst, že narušuje krajinný ráz, nebo něco podobného. Toto je věc každého z nás, někomu se to líbí, někomu ne. Podle mě to zas tak špatně nevypadá, sloupy elektrického vedení kolikrát vypadají hůř.

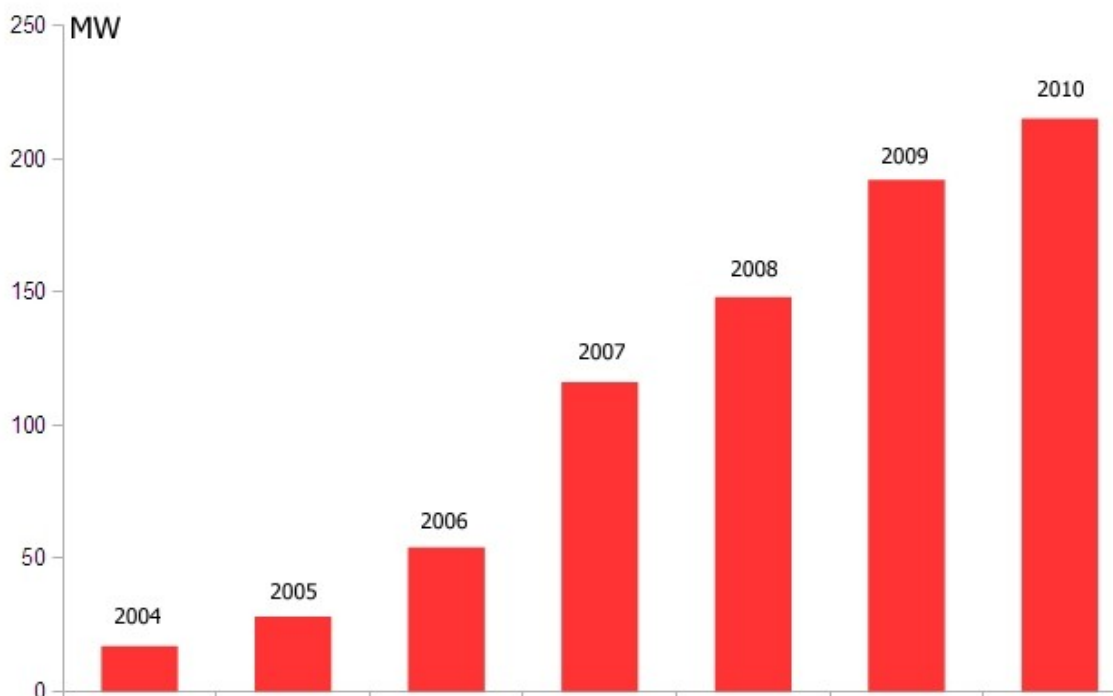
Sledování úhynu ptáků v důsledku větrných elektráren bylo prokázáno v Německu, kde žije spousta orlů mořských, uhynulo jich tam 24. V důsledku jedoucích vlaků těchto orlů uhynulo 120.

Netopýři se rotorům větrných elektráren vyhýbají úspěšněji. Za 1 rok uhynie 1 kus.

U větrných elektráren vzniká stroboskopický jev. Vzniká při periodickém zastíňování slunečních paprsků rotorovými listy. Po dobu trvání tohoto jevu je nutné elektrárnu zastavit. Což trvá přibližně 1-2 hodiny.

Námraza vzniká hlavně na listech rotoru, a to především za klidu větrné elektrárny. Tuto námrazu je nutno před spuštěním větrné elektrárny důkladně odstranit.

Je vidět, že větrných elektráren od roku 2004 přibývá. Instalovaný výkon roste. V roce 2010 byl instalován celkový výkon větrných elektráren 215 MW.



Obr.11: Vývoj instalace větrných elektráren v ČR

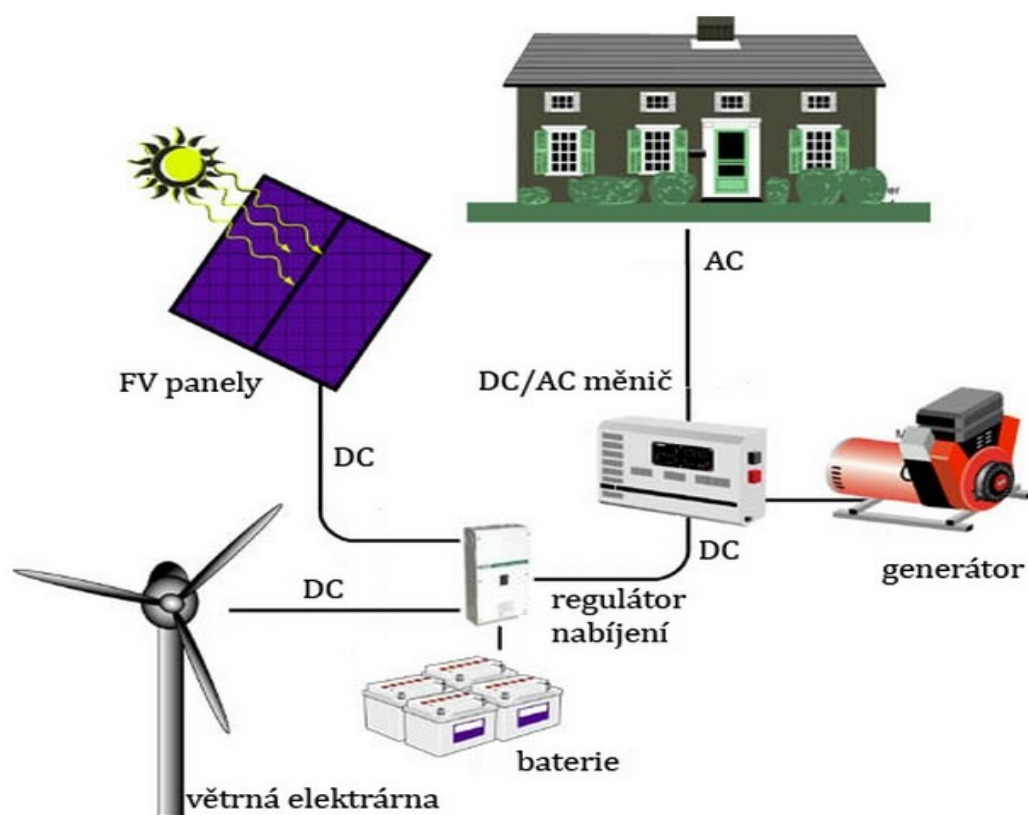
Ostrovní napájecí systémy

Ne v každém místě je zavedena elektrická síť. Tzv. ostrovní systémy např. s fotovoltaikou používají také vesmírné stanice. Pro rodinný dům je možnost použití kombinovaného ostrovního systému. Jde např. o malou větrnou elektrárnu s výkonem 5kW, a fotovoltaickými panely o výkonu 5kW. Dům, který má ostrovní systém, je soběstačný, nemusí odebírat elektřinu z rozvodové sítě. Ostrovní systém složený z větrné elektrárny a fotovoltaického panelu je schopen plně zásobit elektrickou energií celý dům po celý rok. V létě více svítí, proto jsou využity spíše fotovoltaické články. Naopak v zimních měsících více fouká vítr, většinu energie vyrobí větrná elektrárna.

Nelze ale všechnu vyrobenou elektřinu okamžitě spotřebovat. Proto je nutné mít v celém systému připojeny akumulátory, které nespotebovanou energii shromáždí. Baterie jsou použity nejčastěji olověné. U nich je však problém s životností, která je 2-5let. Je možné použít baterie Li-Fe-PO₄, které mají životnost až 15 let. Cena takovýchto baterií je však poněkud vyšší.

Jelikož větrná ani sluneční elektrárna nedodává stálé napětí, které se mění s povětrnostními podmínkami, je nutné použít řídicí systém, který bude napětí udržovat konstantní, a bude ho tak možno použít pro dobíjení akumulátorů. DC měniče většinou přemění napětí z generátoru na 12 nebo 24V, které baterii při nabíjení nepoškodí. Ale většina spotřebičů v domácnosti pracuje s napětím 230V střídavým. Proto je nutné použít DC/AC měnič, nazývaný střídač, který toto napětí zařídí. Pro delší výdrž se u takovýchto systémů používají úsporné spotřebiče.

Je možné také použít spotřebiče na napětí 12V a předejít tak zbytečným ztrátám způsobených střídači.



Obr.12: Schéma ostrovního systému s VE, FVP a záložním generátorem

Takovéto ostrovní systémy se již prodávají kompletní. Například systém WHF2KW je ostrovní systém složený pouze z větrné elektrárny, s výkonem 2kW stojí 100 000Kč. Jeho rotor má průměr 4m, který se roztáčí již od 2,5 m/s. Pracovní rychlost větru je 8m/s. Při rychlosti vyšší než 40m/s se systém automaticky zastaví. Na výstupu generátoru je napětí 96 V, které je přivedeno do řídicího systému, který kontrolovaně nabíjí 8 baterií spojených do série. Pro připojení spotřebičů je použit měnič na napětí 110, 120,220,230,240V. Tento systém by byl vhodný například i na naší škole, neboť by byl schopen zásobit malou PC učebnu s až deseti počítači. Žáci by tak mohli používat větrnou elektrárnu jako učební pomůcku. Učitel by mohl žákům ukazovat co je měnič, regulátor, přesvědčit se ,že větrná elektrárna je dobrý zdroj elektrické energie. Větrné mikroelektrárny použité jako ostrovní systém lze velmi snadno kombinovat s fotovoltaickými panely či generátorem. Lze tak dosáhnout celoroční využitelnosti. Někdy víc fouká, někdy zase víc svítí slunce.



Obr.13: Ostrovní elektrárna WHF2KW

Můj vlastní model větrné elektrárny

Moje větrná elektrárna je jednoduchou zmenšeninou skutečné větrné elektrárny. Celá konstrukce je tvořena tvrzeným polystyrenem, listy jsou navíc zpevněny epoxidovou pryskyřicí. Povrchový nátěr je šedý, listy mají ještě bílé pruhy. Jde o elektrárnu bez převodovky typu Enercon. Rotor tvoří klasicky tři listy, z nichž každý má délku 30 cm. V gondole je pouze generátor, který je tvořen otáčejícím se permanentním magnetem uvnitř jedné cívky. Generátor dává na svém výstupu střídavé napětí, které ve špičkách bez zátěže dosahuje až 40V. Toto napětí je usměrněno Greatzovým můstkem, následuje RC filtr a zátěž. Jako zátěž je použita LED dioda na napětí 2V a proud 5mA, která dosahuje plného svitu při rychlosti větru 10m/s. Stožár má tvar komolého kužele, který má dolní průměr 6cm.

Technické specifikace:

druh: mikroelektrárna

průměr rotoru: 60cm

výška stožáru: 60cm

pracovní rychlost větru: 1- 20m/s

princip: vztlakový

osa: horizontální

typ: bezpřevodkový

generátor: jednofázový, bezkartáčový

teoretický výkon: $(1 \times 0,29 \times 3375 \times 0,2)/2 = 98W$



Obr. 14: Rotor modelu elektrárny



Obr. 15: Rotor modelu elektrárny + gondola

Závěr

Přestože s nově zakládajícími větrnými elektrárnami se výkupní cena elektřiny snižuje, vybudování nových větrných elektráren se stále vyplatí, pouze se snižuje návratnost. Budoucnost těchto elektráren je stále zajištěna, proto nevidím důvod proč by se s jejich výstavbou v České republice mělo přestat. Je to velmi čistý, přírodu nezatěžující zdroj elektrické energie. Navíc jde o obnovitelný zdroj energie. K velkému narušení krajinného rázu podle mě nejde, protože některé jiné stavby v krajině vypadají podstatně hůře, jako například velké sloupy elektrického vedení. Elektřinu lze také stěhovat ze vzduchu do Země. Problém vznikající v České republice ohledně větrných elektráren je takovýto: v Německu skončila životnost např. pěti elektrárnám, je nutné je nahradit novými. Ty staré jsou nyní ke koupi za cenu železného šrotu. Přejde český podnikatel, který tyto elektrárny koupí a začne je skládat a zprovozňovat na kusu české krajiny, kde ještě pár let poslouží. Toto by se podle mě dít nemělo.

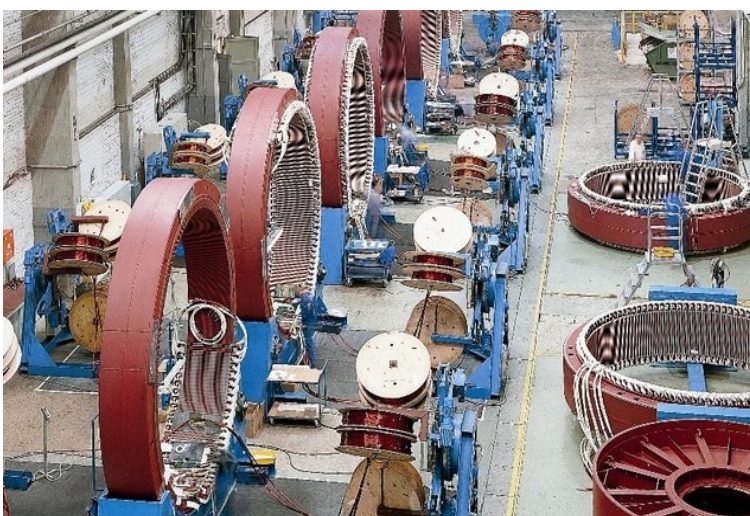
Fotodokumentace



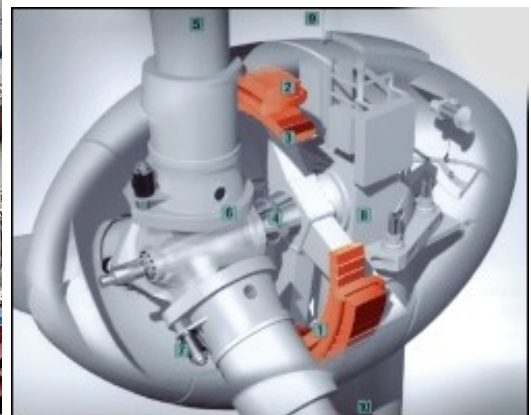
Obr.16: Enercon E-126/ 7,5MW



Obr.17: stavba Enercon E-126/ 7,5MW



Obr.18: Vinutí statoru ve firmě Enercon



Obr.19: Gondola firmy Enercon



Obr.20: Forma na výrobu listu



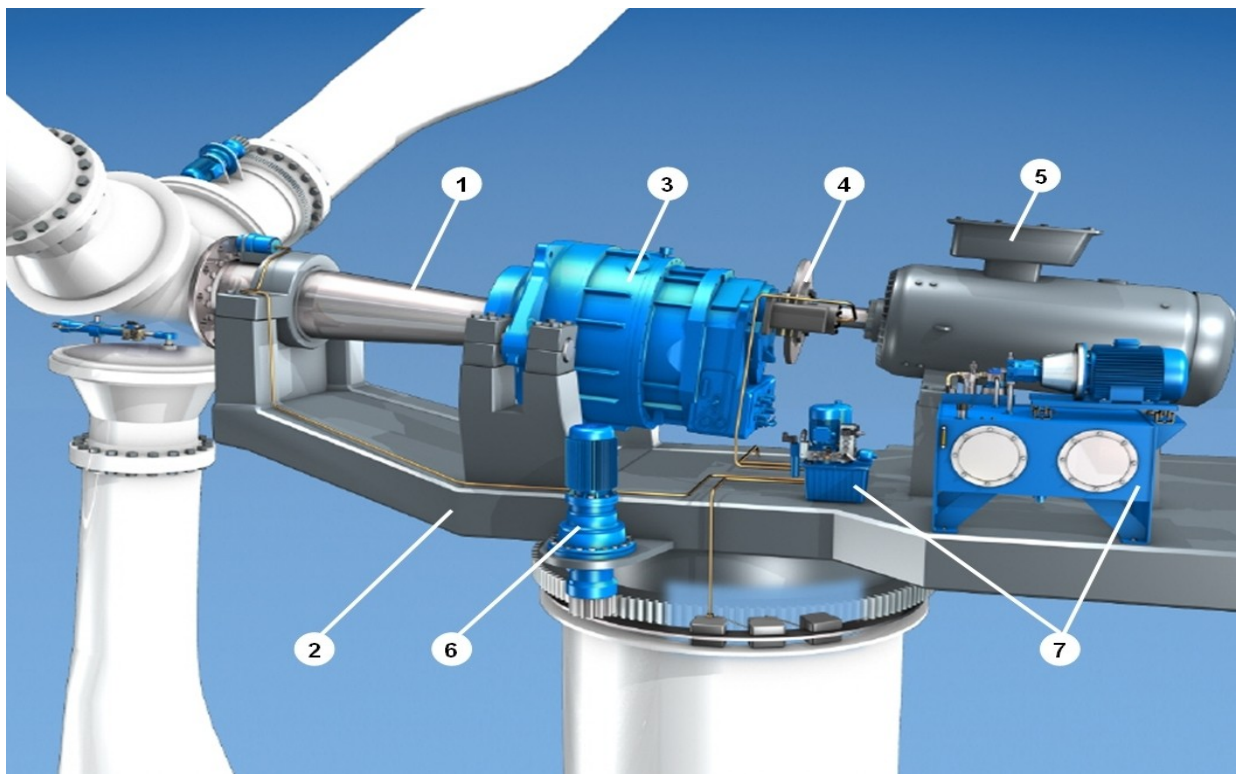
Obr.21: Výroba listu rotoru ve firmě Enercon, práci vykonávají ženy!



Obr.22: Větrná elektrárna Vestas



Obr.23: Větrná farma Roscoe



Obr.24: převodkový systém firmy Vestas

Prohlášení o autorství

Čestně prohlašuji, že tuto práci jsem vypracoval samostatně.

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat panu Ing. Luboši Malému za podporu v tomto projektu.

Seznam použité literatury

www.odbornecasopisy.cz

www.wodagreen.com

www.csve.cz

www.nazeleno.cz

www.britannica.com

www.rescompass.org

automatizace.hw.cz

www.vestas.cz/

www.enercon.de/de-de/

www.tzb-info.cz

www.votum.cz/offgrid/

www.go2fl.fr

thatphotothere.wordpress.com/

www.pcmaniak.cz

www.mywindpowersystem.com

www.energie21.cz

Zelené mosty mezi školou a praxí – učební materiály

RNDr. Ivan Sládek, RNDr. Jiří Hostýnek - Větr a jeho energie - časopis ENERGIE 21