



I N V E S T I C E D O R O Z V O J E V Z D Ě L Á V Á N Í

INTERNETOVÝ PORTÁL ELEKTROTECHNIKA - Tento projekt je spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky  
CZ.1.07/1.3.09/01.0021 D/0059/2009/RDP

## Větrné elektrárny

Na území ČR se větrná energie využívala v minulosti ve větrných mlýnech. Historicky je existence prvního větrného mlýna na území Čech, Moravy a Slezska doložena již v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze.

V současné době se větrné elektrárny nacházejí na více než padesáti lokalitách v ČR, jejich nominální výkon se pohybuje od 0,004 až po 2 MW<sub>e</sub>. Mezi výrobce technologie patří několik českých firem, u velkých výkonů to jsou především dodavatelé z Německa. V roce 2006 vyrobily větrné elektrárny na území ČR téměř 50 GWh elektrické energie, nejvíce na severozápadě ČR a na střední Moravě. Na celkové výrobě elektřiny v ČR se větrné elektrárny podílely pouze 0,4 %, což je přibližně třetina průměrného podílu v zemích EU.

## Kategorie větrných elektráren

Větrné elektrárny								
malé			střední			velké		
vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW
průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]		průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]		průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	
≤ 8	≤ 50	10	16,1–22	200,1–400	130	45,1–64	1600,1–3200	1500
8,1–11	50,1–100	25	22,1–32	400,1–800	310	64,1–90	3200,1–6400	3100
11,1–16	100,1–200	60	32,1–45	800,1–1600	750	90,1–128	6400,1–12800	6400

## Vrtule větrných elektráren

Zvětšující se rozměry vrtulí kladou vysoké nároky na konstrukci a použité materiály, aby byla zajištěna provozní spolehlivost. Na rozměrově velkých vrtulích vznikají značná zatížení např. v momentech, kdy velká hmota listů vrtule je zabržděna přestavěním listů do praporové polohy. Nepříznivě na životnost materiálu listů velkých vrtulí vedle malorozměrné turbulence působí případné velké vertikální gradienty rychlosti větru, které v extrémních případech mohou dosahovat až 10 m.s-1/100 m.

Aby zvyšování rychlosti větru, které vede ke zvyšování výkonu, nezpůsobilo poškození generátoru, musí být vhodným způsobem snížen výkon dodávaný vrtulí. K tomuto účelu se používají různé způsoby regulace výkonu vrtule, charakteristické pro jednotlivé typy VTE. V podstatě se jedná o tři způsoby regulace:

- regulace odtržením proudu na listech vrtule s konstantním úhlem nastavení listů, tzv. regulace „stall“,
- regulace přestavováním listů vrtule na větší úhly nastavení a tím snížení vztlakové síly a výkonu, tzv. regulace „pitch“,
- regulace přestavováním listů vrtule na menší úhly nastavení a tím snížení vztlakové síly, zvýšení odporu a pokles výkonu,
- tzv. regulace „aktive stall“.

Turbíny regulované režimem „stall“ jsou konstrukčně jednodušší než turbíny s režimem „pitch“, protože nemají technický systém měnící nastavení listů rotoru. V porovnání s „pitch“ regulovanými větrnými turbínami má regulace výkonu „stall“ principiálně následující výhody:

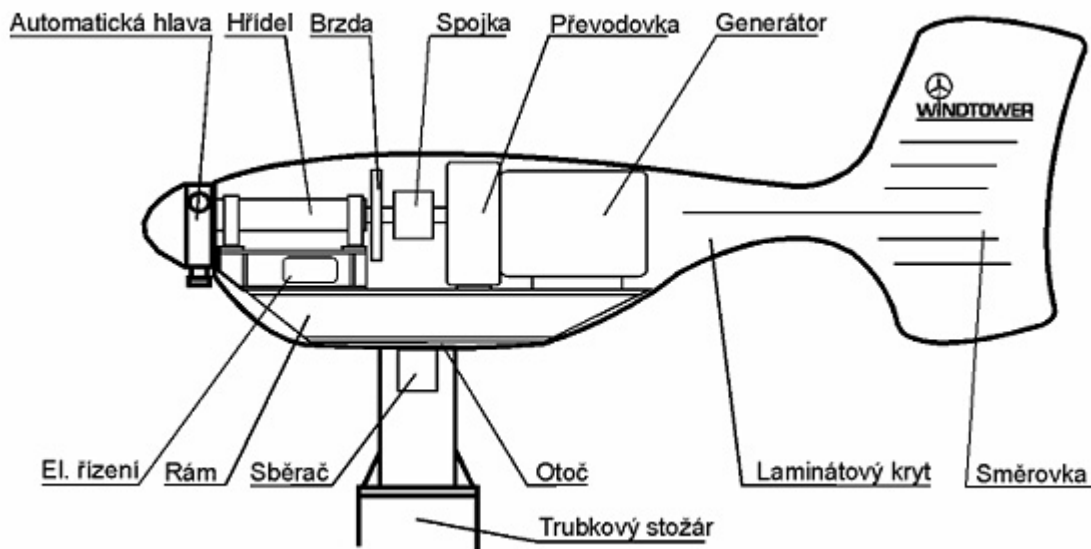
- Jednoduchá konstrukce.
- Nenáročná údržba s ohledem na menší počet pohyblivých částí.
- Vysoká spolehlivost regulace výkonu.

Nevýhodou tohoto způsobu regulace je skutečnost, že výkon vrtule při vysokých rychlostech větru klesá, a tím klesá i její účinnost, což je v případech, kdy je energie větru největší. Další nevýhodou je nutnost jemného nastavení listů, často až po zkušebním provozu v konkrétní lokalitě. Nevýhodou je dále neschopnost vrtule samostatně startovat, což se realizuje elektrickým motorem. V současné době režim regulace „stall“ výrobci nabízejí u VTE s nominálním výkonem zhruba do 1000 kW, pouze výjimečně u výkonů větších.

„Pitch“ regulace představuje aktivní systém, který pracuje se vstupním signálem o výkonu generátoru. Vždy, když je překročen nominální výkon generátoru, změní listy rotoru úhel nastavení vůči natékajícímu proudění, čímž dojde ke zmenšení hnacích aerodynamických sil a zmenšení využití výkonu turbíny. Pro všechny rychlosti větru větší než „nominální“ rychlost, která je nutná pro dosažení jmenovitého výkonu, se nastaví úhel náběhu tak, aby turbína dávala právě tento výkon. Větrné elektrárny s „pitch“ regulací jsou více sofistikované

než turbíny se „stall“ regulací, protože nastavení listů rotoru se mění průběžně. „Pitch“ regulace má následující výhody:

- dovoluje aktivní kontrolu výkonu v celém rozsahu rychlosti větru,
- zajišťuje vyšší produkci energie ve stejných podmínkách vůči „stall“ regulaci,
- jednoduchý start rotoru turbíny změnou nastavení úhlu náběhu,
- nepotřebuje silné brzdy pro náhlé zastavení rotoru,
- snižuje zatížení listů rotoru při zvýšení rychlosti větru nad „nominální rychlost“,
- výhodná poloha rotorových listů s ohledem na nízké zatížení v případech extrémních rychlostí větru.



## Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky

Vedle tradiční technologie s mechanickou převodovkou, zajišťující převod nízké rychlosti rotoru na mnohem vyšší rotační rychlost konvenčních generátorů, se začaly vyrábět větrné elektrárny bezpřevodokové. Doposud se oba typy větrných elektráren úspěšně uplatňují na mezinárodním trhu. Oba typy mají své výhody i nevýhody. Rozhodnutí, zda vyrábět větrné elektrárny bez nebo s převodovkou, je často věcí filozofie jednotlivých výrobců, přičemž velký význam má tradice značky, vývojové cíle a ekonomická analýza.

Bezpřevodkové řešení je založeno na využití nízkorychlostních multipólových generátorů, které však mají velké rozměry, což může způsobit jisté problémy v transportu, zejména v megawattové třídě. Na druhé straně se významně sníží počet strojních částí. Není potřebná

rozměrově velká převodovková skříň, odpadají spojovací prvky, je zmenšený počet rotujících prvků, zjednodušila se gondola a konec konců je jednodušší údržba. Jak při „stall“, tak při elektricky řízené „pitch“ regulaci a při elektricky řízeném systému natáčení gondoly není zapotřebí hydraulických olejů, což je nesporná výhoda pro provoz i údržbu. Argument, že speciální generátory, vyráběné jen pro větrné elektrárny v malých sériích, jsou drahé ve srovnání s klasickými generátory, není ve skutečnosti na místě. Se vzrůstajícím výkonem a velikostí větrných elektráren se klasické generátory a převodovky vyrábějí rovněž v malých počtech, což znamená, že výhoda nižší ceny s ohledem na sériovou výrobu není pravděpodobná.

Tradiční konstrukce větrných elektráren vychází z využití hnacího hřídele, ložisek, převodovek a spojek. Všechny tyto části jsou principiálně normální strojní součástky, které mohou být dodávány specializovanými výrobci. To může garantovat vysokou kvalitu výrobků při nízkých cenách a možnost výměny dodavatele subkomponentů s cílem zvýšit kvalitu nebo snížit cenu. Se současnými výrobními standardy převodovek nepředstavuje hluk způsobený převodovkou důvod ke konstrukci větrných elektráren bez převodovek. V současnosti jsou převodovky schopné dosáhnout dvaceti let životnosti, přičemž výměna mazacího oleje nemusí být častá. Celé soustrojí uvnitř gondoly je rozděleno na kompaktní části, které i v megawattové třídě dovolují snadný transport a montáž na stanovišti.

## Stožáry větrných elektráren

V současné době jsou nejrozšířenější stožáry (věže) větrných elektráren v podobě mírně kónických ocelových tubusů. Se zvětšováním výkonu turbín se zvyšují stožáry, a to v současné době na 100 až 120 m. Z toho důvodu se objevují pro výšky nad 100 m stožáry betonové a věže v podobě příhradové konstrukce. Příhradové stožáry bývají nepříznivě hodnoceny pro svůj „neestetický“ vzhled a řada ochranářů jim dala cejch, že poškozují ráz krajiny. Této kritice oponují jiní, kteří tvrdí, že příhradové stožáry v krajině mají vůči tubusovým následující přednosti:

- Transparentnost, která způsobuje, že příhradové stožáry zvlášť při pohledu z větší dálky lépe splývají s krajinou.
- Nepatrná reflexe dopadajícího světla.
- Vhodnost zasazení do určitého rázu krajiny jako je např. lesní prostředí.
- Začlenění do krajiny, kde jsou již instalovány stavby tohoto charakteru (např. stožáry elektrického vedení).

K další přednosti příhradových věží oproti tubusovým je výrazně menší spotřeba oceli, což vede k tomu, že při stejných nákladech lze postavit příhradový stožár o 20 % vyšší než tubusový. Montáž příhradového stožáru i doprava jeho dílů je jednodušší, což je významná přednost při stavbě větrných elektráren v horských podmínkách. Při povrchové úpravě příhradového stožáru pozinkováním v ohni je zaručena životnost 40 let, čímž odpadá nátěr, který je nutný na ocelových tubusových stožárech.

## Princip větrné elektrárny

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická, vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu.



## Výhody větrných elektráren

- Využívá nevyčerpatelný a obnovitelný zdroj energie
- Nevznikají žádné škodlivé emise, nehrozí zhoršení skleníkového efektu.
- Výhodnost a ziskovost pro majitele pozemků a obce.
- Nové prvky v krajině, vyjadřující „ekologický“ přístup jejich obyvatel k přírodě.
- Nová pracovní místa a příležitost pro český průmysl.

## Nevýhody větrných elektráren

- Hluk.
- Stroboskopický efekt.
- Rušení zvířete a nebezpečí pro ptactvo.
- Narušení krajinného rázu.
- Konstrukční vady, bezpečnost provozu, v zimě odletující kusy namrzlého ledu.
- Rušení televizního a radiového signálu.
- Málo vhodných míst, pro jejich umístění.