

Předmět: BPC-OZU

Úloha č. 6 Charakterizace vrtulového systému

Cíl úlohy

Cílem úlohy je charakterizace systému přenosu větrné energie u laboratorního modelu větrné turbíny. Stanovením účinnosti stejnosměrného motoru jakožto zdroje větrné energie.

Zadání úlohy

1. Sestavte graf závislosti $v_{air} = F(U)$ a $n_t = F(U)$.
2. Vypočtete účinnost (η) zdroje větrné energie z dodaného příkonu do motorku a výstupní hustoty výkonu větru pro napájecí napětí $U = 6V$ a $U = 12V$ v ustáleném stavu. Účinnosti porovnejte.
3. Sestavte graf závislosti výstupního napětí generátoru na otáčkách generátoru $U_{out} = F(n_g)$ v semilogaritmických souřadnicích.
4. Vypočtete počet pólových dvojic použitého stejnosměrného motoru pracující v generátorickém režimu.
5. Stanovte startovací rychlost větru v_{air} zkoumaného systému.

Kontrolní otázky

O jaký typ větrné turbíny se jedná v použité úloze?

Jaká je maximální možná účinnost větrných zařízení?

Jaké jsou hlavní složky vzduchu?

Úloha č. 6 Charakterizace vrtulového systému

Teoretický rozbor

Složení atmosféry

Atmosféra, jakožto plynný obal země je nezbytnou podmínkou pro náš život na této planetě. Chrání nás nejen před pevnými objekty pohybujícími se vesmírem ale také před chladem a nebezpečným zářením. Atmosféra se otáčí společně se zemí a vlivem nerovnoměrného ohřevu slunečním zářením, rozdílem tlaku, rotací atd. vzniká vítr. Základní složení atmosféry viz tabulka 6.1 kromě těchto obsahuje i mnoho dalších složek od vodních pár přes anorganické složky jako CO , CO_2 až po organické jako metan nebo větší částice jako pyl nebo prach.

Energii větru se snaží člověk využívat už více než 2000 let již ve 3. století před naším letopočtem se objevují první zmínky o větrném „motoru“ s vodorovnou osou. V současnosti se nejvíce používá větrných turbín pro výrobu elektrické energie, kdy větrné turbíny bývají ve výšce až 150 metrů s délkou listu 65 m.

Tabulka 6.1: Složení atmosféry

Plyn	Podíl v jednotkovém objemu [%]	Hustota [kg·m ⁻³]
Dusík	78	1,251
Kyslík	21	1,429
Argon	1	1,784

Hustota výkonu větrné energie

Pro využití větrné energie je nejdůležitějším faktorem rychlost větru. Právě rychlost má vliv jak na celkový výkon, tak na využitelný výkon větru. Rychlost větru i jeho výkon jsou časově proměnné veličiny. Energie uložené ve větru vychází z kinetické energie pohybující se hmoty vzduchu rovince 6.1.

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad [\text{J}] \quad (6.1)$$

kde E je kinetická energie v J, m je hmotnost v kg a v je rychlost v m·s⁻¹.

pro hmotnost platí rovnice 6.2

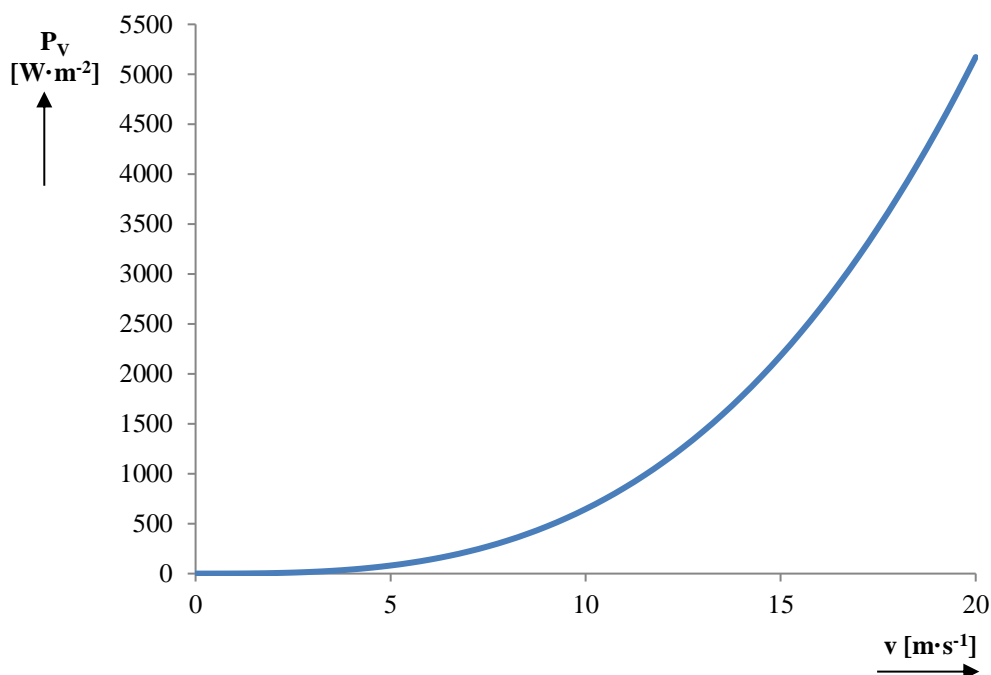
$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot s \quad [\text{kg}] \quad (6.2)$$

kde ρ je hustota v kg·m⁻³, V je objem v m³, A je plocha, kterou protéká definovaný objem v m² a s je dráha, kterou vzduch urazí v m.

z uvedených rovnic 6.1 a 6.2 lze úpravou stanovit rovnici pro výkon větru protékající jednotkovou plochou (rovnice 6.3).

$$P_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6.3)$$

Z uvedené rovnice 6.3 je patrné, že výkon je přímo úměrný hustotě pracovního media a třetí mocnině rychlosti. Graf závislosti hustoty výkonu P_V je na obrázku 6.1

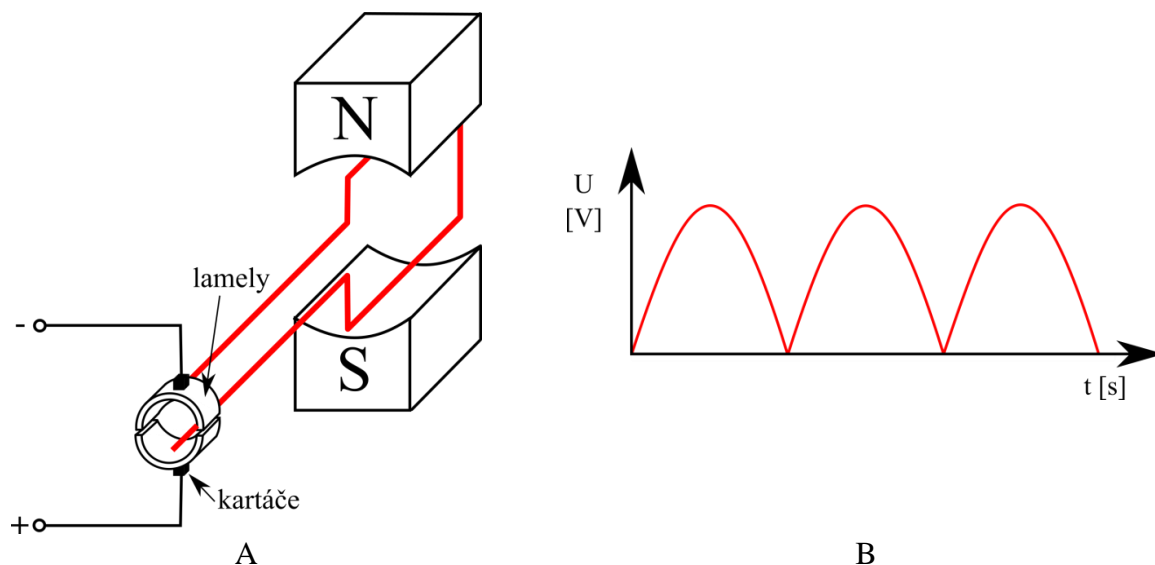


Obrázek 6.1 Graf závislosti hustoty výkonu na rychlosti větru

Stejnosměrné stroje

Jsou to stroje pracující ve stejnosměrné oblasti (konstantní nebo pulzní napětí). Stejnosměrné stroje lze provozovat v motorickém tak generátorickém režimu (motor, dynamo).

Konce vinutí otočné cívky jsou připojeny ke dvěma půlkroužkům – lamelám, při otáčení cívky se v cívce indukují napětí, jehož průběh je ve skutečnosti střídavý, protože kartáče jsou nepohyblivé. Je-li kladný kartáč během otáčení závitu stále spojen s vodičem pohybujícím se nad jižním pólem a záporný kartáč pohybující se pod severním pólem, vnějším obvodem pak trvale prochází proud od kladného kartáče k zápornému (obrázek 6.2 A). Lamely mají vlastně funkci mechanického usměrňovače. Střídavé napětí indukované ve vinutí mění na stejnosměrné viz obrázek 6.2 B.



Obrázek 6.2 A) Princip funkce stejnosměrných strojů, B) průběh výstupního napětí

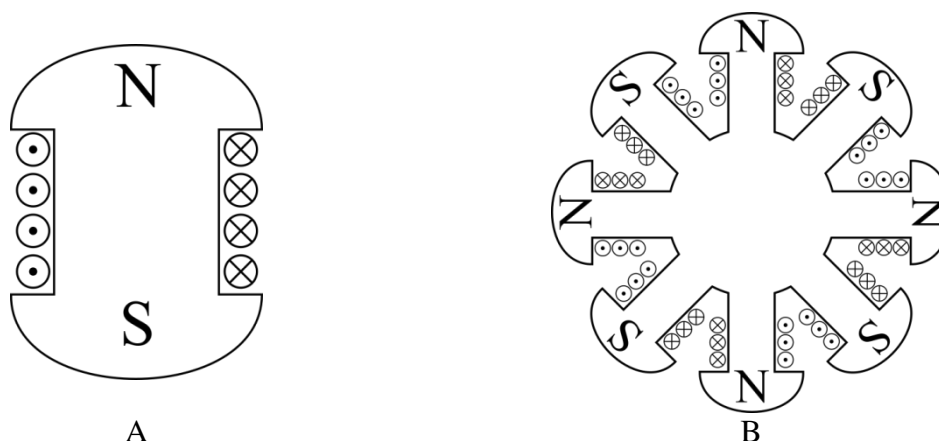
Při konstrukci stejnosměrných strojů není vinutí realizováno pouze jednou cívkou ale soustavou cívek umístěných po obvodu rotoru. Rotor (kotva) je z důvodu střídavé magnetizace ze vzájemně izolovaných plechů, které mají po vnějším obvodu drážky, v nichž je uloženo vinutí. Komutátor je složen z dvojnásobného počtu lamel, než je cívek. Stator je tvořen pólovými nástavci, které jsou magnetizovány stejnosměrným proudem.

Výpočet otáček lze stanovit, pokud známe konstrukci motoru, pomocí vzorce 6.4.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad [\text{ot/min}] \quad (6.4)$$

kde n je počet otáček za minutu v ot/min (někdy také RPM z anglického revolutions per minute), f je frekvence v Hz a p je počet pólových dvojic (pólparů).

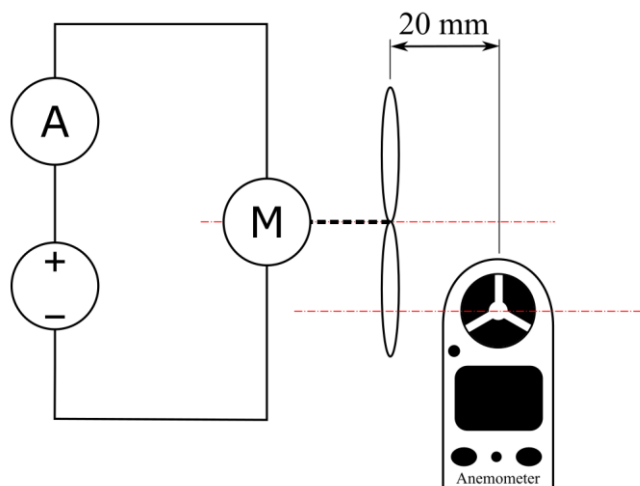
Dle konstrukce rotoru rozlišujeme tzv. hladký rotor (jeden severní a jeden jižní pól obrázek 6.3 A) a rotor s vyniklými póly (obrázek 6.3 B).



Obrázek 6. 3 A) hladký rotor, B) rotor s vyniklými póly

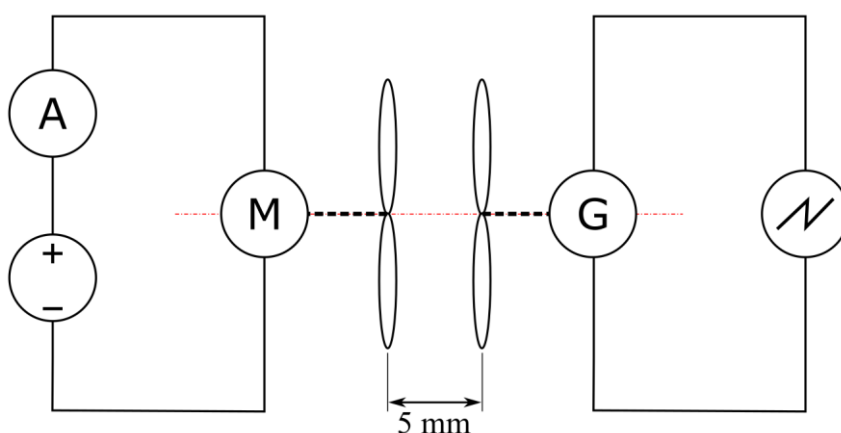
Postup měření

1. Zapojte úlohu dle obrázku 6.4. Anemometr opatrně uchyťte do laboratorního stojanu a přibližte k vrtulce na vzdálenost cca 20 mm. Sestavte tak, aby osa vrtulky nebyla v ose s vrtulkou anemometru.



Obrázek 6.4 Zapojení pro měření rychlosti generovaného větru

- Na zdroji napětí zvyšujte napětí od **0V do 12V po 1V** (strana Voltage, Coarse pro hrubé nastavení a Fine pro jemnější).
- Pro každé napětí nechte ustálit otáčky vrtulky minimálně 20 sekund a pomocí anemometru změřte rychlost větru v_{air} a otáčkoměrem počet otáček n_t . Sestavte graf závislosti $v_{air} = F(U)$ a $n_t = F(U)$.
- Pomocí příkonu zdroje ($P_{IN} = U \cdot I [W]$) a hustoty výkonu větru (vzorec 6.3) stanovte účinnost $\eta = \frac{P_V}{P_{IN}} \cdot 100 [\%]$ přeměny elektrické energie na větrnou. U vzorce 6.3 je třeba dbát na rozměr, který udává výkon **na 1 m²**. Průměr vrtule je 20 cm. Účinnost stanovte pro napájecí napětí $U = 6V$ a $U = 12V$ a to v ustáleném stavu. Pro tyto napětí pomocí ampérmetru změřte proud I .
- Zapojte úlohu dle obrázku 6.5 (dbejte, aby osy obou vrtulí byly vycentrované a konce šroubů se nedotýkaly, nastavte vzdálenost cca 5 mm).



Obrázek 6.5 Zapojení pro měření generovaného napětí

- Na zdroji napětí zvyšujte napětí od **0V do 12V po 1V**. Po roztočení vrtulky generátoru nechte ustalovat minimálně **2 minuty** na každém napětí (vlivem velké setrvačnosti vrtule generátoru je třeba čas ustalování důrazně dodržovat).
- Po uplynutí ustalovacího času změřte počet otáček **vrtulky generátoru** n_g . Výstupní napětí $U_{OUT(p-p)}$. **Frekvenci** f odečtěte z průběhu na osciloskopu ze znalosti napěťového rozsahu Vertical **V/div** a nastavení časové základny Horizontal **t/div** ($f = \frac{1}{t} [Hz]$). Zobrazovaný průběh je značně nestabilní a proto pro měření použijte Run Control (Run/Stop), který stopne okamžitý zobrazovaný průběh. Sestavte graf závislosti $U_{OUT(p-p)} = F(n_g)$.
- Pomocí vzorce 6.4 stanovte počet pólových dvojic v ustáleném stavu pro napájecí napětí 12V.
- Sestavte graf závislosti $U_{OUT(p-p)} = F(v_{air})$ a vyznačte startovací rychlost větru pro zkoumaný systém.