

ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ CHARAKTERISTIK VRTULOVÝCH POHONŮ

Measurement Device of Screw Propulsion Characteristics

Ing. Petr Mareček, Ing. Filip Kobrzek

Abstract: Device measures fundamental screw propulsion characteristics in order to correct design of propulsion for concrete flying conditions. Thrust, torque, propulsion input, propulsive efficiency and vibration are measurement characteristics. For forces influence is used deformation plate with semiconductor tensiometers. This device makes possible static as well as dynamic measurement.

Key words: Airship, Propeller, Thrust, Torque, Tensiometer, Halfbridge, Propulsive Efficiency

1. Úvod

U vzducholodí podobně jako u letadel je správná volba pohonu stěžejním bodem vývoje celého prostředku. U našich vzducholodí využíváme synchroních třífázových elektromotorů v kombinaci s pevnými dvoulistými vrtulemi APC. Požadavky na pohon jsou následující:

- velký statický tah pro kolmý vzlet vzducholodě
- maximální rychlost letu vzducholodě cca 18 m/s
- co nejmenší spotřeba v oblasti běžné letové rychlosti 2÷9 m/s

Ke splnění těchto požadavků je zapotřebí zvolit vhodnou velikost vrtule a tomu přizpůsobit výběr elektromotoru zejména po stránce výkonu a otáček.

Dvěma stěžejními parametry vrtule jsou její velikost (průměr či rozpětí) a stoupání. Pro popis jejich vlastností se používá poměrová veličina P/D (stoupání/průměr, "pitch/diameter") než skutečné fyzické rozměry. Stoupání vrtule určuje teoreticky možnou maximální dosažitelnou rychlost v závislosti na otáčkách viz. (1). Vrtule s nízkým stoupáním P/D=0,5 se tedy vyznačují nižší maximální rychlostí a vyšším tahem při malých rychlostech, naopak u vrtule s vysokým stoupáním P/D=0,8 je max. rychlost vyšší a tah při malých rychlostech naopak nižší. Z uvedeného vyplývá, že pro zadané požadavky a tedy pro pohon vzducholodě je třeba volit vrtule s nízkým stoupáním a s velkým průměrem.

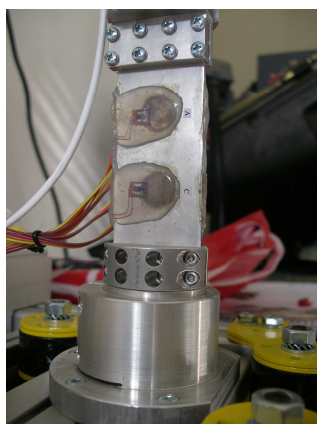
$$V_{\text{MAX}} \cong \frac{P\Omega}{2\pi} \quad (1)$$

Navržený elektromotor umožňuje použití širokého rozpětí vrtulí. Například motor AXI 5320/28 použitý na současné devítimetrové vzducholodi je možné osadit vrtulemi od 18/10" do 22/14". V tomto rozpětí rozměrů se nachází cca 10 typů vrtulí. Volba ideální vrtule může probíhat buďto zkusmo (u většiny modelářů standartní postup) vyhodnocením chování letadla za letu s příslušnou vrtulí a případná záměna za vrtuli s jiným stoupáním. Nebo pomocí různě složitých mechanismů a měřících zařízení změřit základní parametry. Za tímto účelem vzniklo níže zmíněné zařízení.

2. Popis zařízení

Zařízení viz. obrázek 1 se skládá ze základny tvořené hliníkovými profily ITEM v jejichž útrokách se skrývá veškerá elektronika. K základně je přes silentbloky připojena pata nosníku na kterou navazuje měřící element tvořený deformační planžetou. Na planžetu navazuje nosník o délce 360 mm na jehož konci je uchycen L-profil sloužící k přichycení elektromotoru s unašečem a vrtulí.

Zařízení je osazeno kromě planžety s tenzometry popsané níže, snímačem otáček, hallovou sondou pro měření protékajícího proudu. Dalším výstupy jsou napětí na pohonné baterii a napětí baterie napájející můstky. Pro řízení elektromotoru je použit regulátor JETI, který je řízen PWM signálem v rozsahu 1÷2 ms. Veškeré výstupy/vstupy byly v této zkušební verzi připojeny k NiDAQ kartě a celý program programován v LabView (Ing. Filipem Kobrzkem).



Obr. 2 Planžeta s polovodičovými tenzometry

Důležitým prvkem je měřící planžeta viz.

obrázek 2 jenž je osazena 8 polovodičovými tenzometry zapojenými do půlmůstku. Toto zapojení zajišťuje teplotní nezávislost tenzometrů. Všechny půlmůstky jsou napájeny napětově z tvrdého zdroje LiPol baterie o napětí 8V. Rozmístění tenzometrů umožňuje určení tahové síly (síly ve směru osy motoru či vrtule), točivého momentu (okolo osy motoru) a také měření boční síly. Boční síla je nežádoucí a v ideálním případě by se ani na zařízení neměla vyskytovat. Ovšem už jen uložení motoru ale i samotná vrtule může tuto boční sílu vyvolat. Stačí nepatrné natočení osy motoru mimo rovinu planžety. Tudíž měření boční síly slouží k justáži pohonu před měřením, kdy je motor s vrtulí natočen tak, aby boční síla byla nulová v celém spektru otáček.

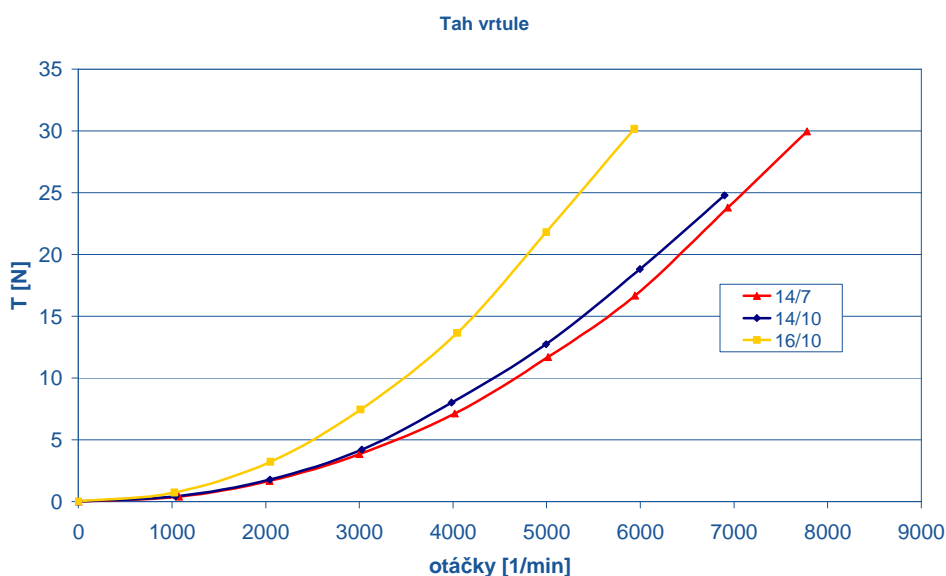


Obr. 1 Pohled na měřící zařízení

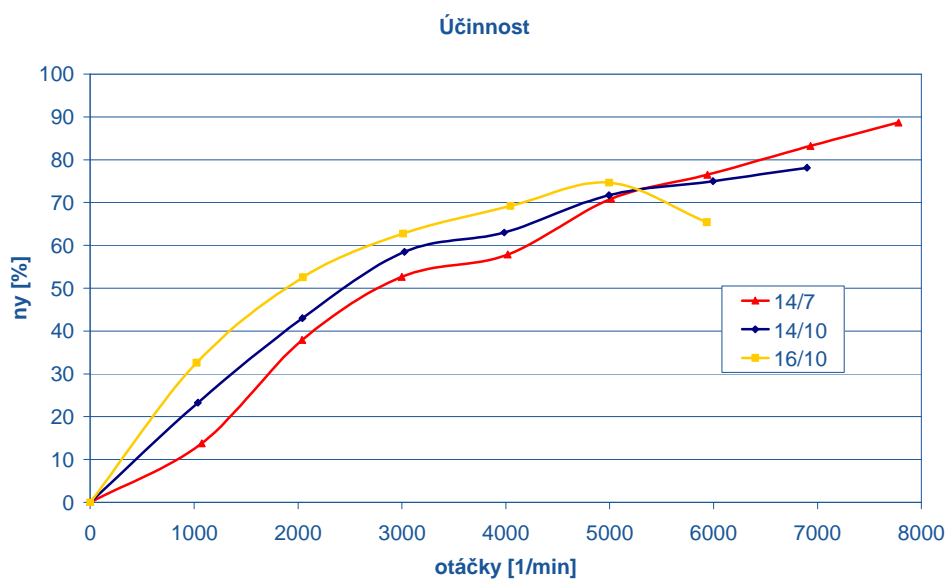
Celé zařízení je koncipováno jak pro statická měření, tedy případ kdy pohon resp. vrtule nekoná žádný dopředný pohyb tak i pro dynamické měření, kdy je simulován pohyb zařízení buď v aerodynamickém tunelu nebo skutečným pohybem např. měření na střeše automobilu za jízdy. Do současné doby bylo na zařízení provozováno jen statické měření.

3. Výsledky měření

Pro příklad byla vybrána měření porovnávající jednak vrtule se stejným stoupáním a rozdílným průměrem (14/10 a 16/10) a zároveň vrtule se stejným průměrem a rozdílným stoupáním (14/7 a 14/10).



Obr. 3 Graf závislosti tahu vrtule na otáčkách vrtule $T=f(\Omega)$. Srovnávají jsou tři velikosti vrtulí 14/7", 14/10" a 16/10"



Obr. 4 Graf účinnosti vrtulového pohonu jako celku tedy i s elektromotorem.

Na obrázku 3 je zobrazena tahová charakteristika, ze které je zřejmé, že právě průměr vrtule je rozhodujícím parametrem ovlivňující tah vrtule. Na obrázku 4 je zobrazena celková účinnost pohonu v závislosti na otáčkách počítaná z příkonu a výstupní energie na vrtuli ve formě točivého momentu. Zajímavý je průběh účinnosti v případě vrtule 16/10" kde od 5000 ot/min nastává pokles, vlivem odtržení proudění na vrtuli, které je mimochodem provázeno výraznou změnou intezity hluku a zvýšením chvění. V tomto případě je zřejmé, že pro tuto vrtuli jsou otáčky nad 5000 ot/min nepřijatelné.

4. Závěr

První verze tohoto zařízení nám objasnila několik zákonitostí návrhu vrtulového pohonu, ale ukázala i nároky na vyhodnocovací a měřicí elektroniku. Volba jednoho měřicího prvku (planžety) pro dvě veličiny (tah a točivý moment) se ukázala nepříliš vhodnou neb se jednotlivé veličiny ovlivňují což značně komplikuje kalibraci. V dalším vývoji proto bude navrženo jiné vhodnější rozmístění měřicích bodů. Halvním cílem je připravit zařízení pro dynamická měření, která poskytují závislosti tahu, odebíraného proudu, účinnosti a otáček na rychlosti proudění.

References

- [1] DC Motor / Propeller Characterization, Lab 3 Lecture Notes. Dostupné na:
<http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Aeronautics-and-Astronautics/16-01Fall-2005-Spring-2006/781B09A7-6599-4AD5-A5E7-0B44DF728CE9/0/sp13.pdf>

Kontaktní adresa

AirshipClub.com, Technická 4, Praha 6, 166 07, Czech Republic, +420721821188,
petr.marecek@airshipclub.com