

TENZOMETRICKÉ MĚŘENÍ PROPULZNÍCH CHARAKTERISTIK TURBOVRTULOVÝCH MOTORŮ

Ing. Jiří Lukas CSc

Výzkumný a zkušební letecký ústav

1. Úvod

Možnost měření základních charakteristik motoru - tahu a kroutícího momentu - je nutnou podmínkou pro úspěšný vývoj celé hnací jednotky. Tento problém je více či méně úspěšně řešen měřením deformací součástí motoru nebo upevňovacích částí, vestavením přídavných snímačů především do upevňovacího systému motoru ap. Úspěšně je možné provádět pozemní měření zmíněných charakteristik, letová měření však přináší problémy větší.

2. Navrhované měřicí zařízení

2.1. Popis /dle obr.1/

Dle původní konstrukce je motor spojen s motorovým ložem, upevněným v křídle, pomocí tří závěsových šroubů. Princip navrhovaného měřicího zařízení spočívá v náhradě těchto závěsových šroubů třemi octagonálními měřicími členy, uspořádanými dle obr.1a, kde značí - A - motorové lože, B - měřicí člen, C - těleso tlumiče, pevně spojené s motorem. Na každém členu jsou instalovány dva samostatné systémy foliových tenzometrů /obr.1a/b/ / určené pro měření dvou navzájem kolmých sil.

2.2. Zapojení tenzometrických systémů, požadavky na justáž

Systémy I a II jsou tvořeny celomůstkovým zapojením čtyř tenzometrů. Odpovídající systémy všech měřicích členů jsou navzájem paralelně zapojeny /obr.1c//, což umožňuje napájení z jednoho zdroje, výsledná citlivost je však stejná jako citlivost jednoho členu. Při tomto zapojení je nutné respektovat vliv nestejnosti jmenovitého měřicího signálu a výstupního odporu jednotlivých systémů na změny měřicího signálu, vznikající při nerovnoměrném zatížení jednotlivých členů.

2.2.1. Vliv nestejnosti jmen. měř.signálů

Předpokládáme-li ideální citlivost /měř.signál/zatížení/ rovnou 1, pak skutečné citlivosti systémů třech členů budou $1 + \alpha$, $1 + \beta$, $1 + \gamma$, kde koef. α , β , γ zahrnují vliv výř. tolerancí, k-faktoru ap.

Při rovnoměrném rozdělení zatížení, bude výst. signál

$$U_0 = F / 1 + 0,33\alpha + 0,33\beta + 0,33\gamma /$$

Bude-li v jiném případě zatížení na členy rozděleno např. takto- 44%, 28%, 28%, výst. signál bude

$$U = F / 1 + 0,44\alpha + 0,28\beta + 0,28\gamma /$$

Vzniklý rozdíl $\Delta U = U - U_0 = F/0,11\alpha - 0,05\beta - 0,05\gamma /$

Pro $\beta = \gamma = -\alpha$ bude $\Delta U = 0,22 F \cdot \alpha$

2.2.2. Vliv nestejnosti výstupních odporů

Pro získání názoru na velikost chyby, způsobenou nestejností výst. odporů při nerovnoměrném zatížení uvažujeme pro jednoduchost pouze dva systémy. Pro ně platí, že výsl. měřicí signál je roven

$$U = \frac{U_1 \cdot R_2 + U_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

Vidíme, že podmínka $U = \frac{U_1 + U_2}{2}$ je splněna pouze při rovnosti výst. odporů R_1 a R_2 .

Bude-li např. $R_2 = R_1/1+\omega$, výsledný signál bude při zanedbání výrazů s ω^2 -

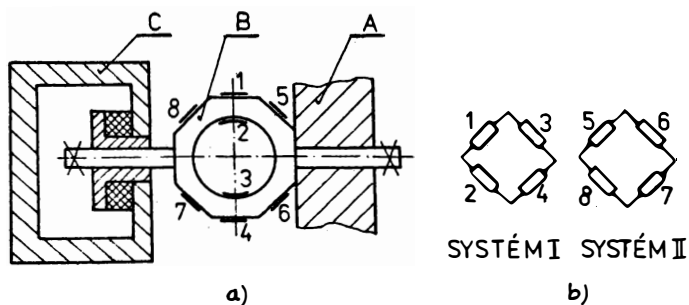
$$U \approx \frac{U_1 + U_2}{2} + \frac{\omega}{4} / U_1 - U_2 /$$

Pak platí např. pro $R = 240 \Omega \pm 12 \Omega$ $\omega = 0,1$

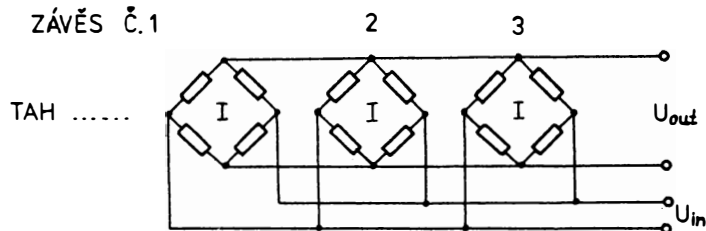
a měřicí signál bude při zatížení jednoho systému o 30% vyšším a druhého systému o 30% nižším ovlivněn chybou 0,75%.

3. Závěr

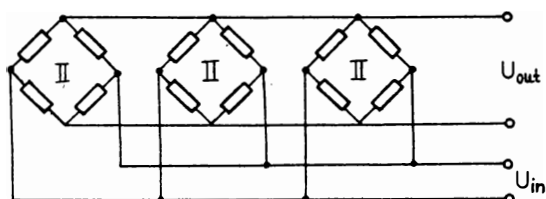
Při navrženém způsobu měření tahu a kroutícího momentu motoru není nutné respektovat pouze uvedené vlivy, ale dále i interferenci obou systémů. Jeden způsob jejího zmenšení je naznačen na obr.1. Konkrétní hodnoty budou uvedeny během přednášky.



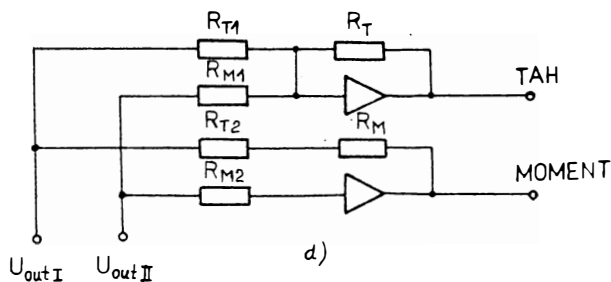
ZÁVĚS Č.1



MOMENT



c)



d)