

Experimentální zařízení pro testování ozubených převodů v kosmických aplikacích

Tadeáš Volf
Ústav Konstruování



MOTIVACE ŘEŠENÍ A CÍL PRÁCE

Robotické rameno ISS

Cykloidní převodovka

Harmonická převodovka

Hubbleův teleskop

Poruchy ozubení v kosmických aplikacích

Kontaktní únava Abrazivní opotřebení Adhezivní opotřebení

→ Nutnost Relevantního testování

Hlavní cíl diplomové práce

✓ **Konstrukce experimentálního zařízení pro testování materiálů a maziv ozubených převodů v podmínkách simulující vesmírné prostředí z pohledu tlaků a teplot**

Max. rozsah teplot: **-50 až 100°C** Min. provozní tlak: **10⁻⁴ Pa** Zást. prostor: **ø 194 x 395 mm**

KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

1 Koncepty uložení okruhu

Monolitická klec Modulární klec Upínací deska

2 Koncepty zátěžného systému

Dvojice pák Posuvné soukolí

3 Koncepty systému měření momentu

Konvenční měřič Fóliové tenzometry Dvojice enkodérů

Uložení okruhu Mazivo Testované soukolí Systém měření momentu Zátěžný systém (torzní předepnutí) Systém změny velikosti soukolí Doplnkové soukolí

→ Uzavřený testovací okruh typu „Back-to-back“

MATEMATICKÝ MODEL

Vakuová komora (-50 až 100°C, 10⁻⁴ Pa)

Pohonný systém

1 Návrh parametrů testování

Výpočet zatížení pro pitting	Výpočet zatížení pro scuffing	Výpočet zatížení pro abrazi
✓ ČSN 6336	✓ Block theory	✓ Archard model
≈ 8 Nm	≈ 5,5 Nm	≈ 0,5 Nm

2 Ověření konstrukčních uzlů

Zkrtný člen Zkušební člen

→ Ověření hřídel a torzní analýza tuhosti

- Analýza vlastních frekvencí
- Analýza teplotních roztažností
- Analýza třecích ztrát
- Analýza únosnosti ložisek

✓ **Výpočet parametrů testování** (parametry metodiky experimentů)

✓ **Výpočtová kontrola důležitých uzlů** (hřídele, ložiska, spojky, vlastní frekvence, teplotní roztažnosti...)

Analyticky + MKP

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Výsledná sestava

1 Hnaná větev

Uložení pasivní Pružné spojky Posuvná deska Měřič momentu Posuvný domek

2 Měřič momentu

Radialní ložiska Elastomer Zkušební člen Těleso měřiče

3 Hnací větev

Uložení kola Dvojice pák Pružné spojky Zkušební člen Zátěžný systém

REALIZACE A OVĚŘENÍ

1 Sestavení a ověření okruhu

- ✓ **Očištění a sestavení** (funkce ve vakuu - očištění)
- ✓ **Rozměrová kontrola** (Kinematicky významné rozměry)
- ✓ **Ověření dynamických funkcí** (Zatížení, frekvence otáčení)

1 Sestavení měřiče momentu

- ✓ **Sestavení a oživení** (Montáž a elektroinstalace)
- ✓ **Kalibrace** (Citlivost 0,001 Nm)
- ✓ **Aplikace pro práci s daty** (Rozhraní v prostředí Matlab pro práci a export dat)

1 Zapojení elektroinstalace

- ✓ **Elektroinstalace rozvaděče** (Oživení a kontrola)
- ✓ **Návrh FW pro čtení dat** (FW v jazyce C)
- ✓ **Ověření stability čtení** (Ověření funkce v atmosféře)

VALIDAČNÍ EXPERIMENTY

1 Výsledná podoba pracoviště

- ✓ **Testy ozubení v podmínkách vesmírného prostředí** (-50 až 100°C, vysoké vakuum)
- ✓ **Rozsah zátěžného momentu** 0 až 6 Nm
- ✓ **Rozsah frekvence otáčení** 0 až 1500 rpm
- ✓ **Rozsah osové vzdálenosti (pro změnu soukolí)** 42,5 až 62,5 mm

1 Ověření pomocí validačních experimentů

1 Analýza měřených veličin (měřič momentu)

— Moment [Nm] — Otáčky [rpm] — Teplota [°C]