

EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ DYNAMICKÉHO CHOVÁNÍ RADIÁLNÍHO VODNÍHO ČERPADLA

Ing. Petr Chvojka, Ph.D.

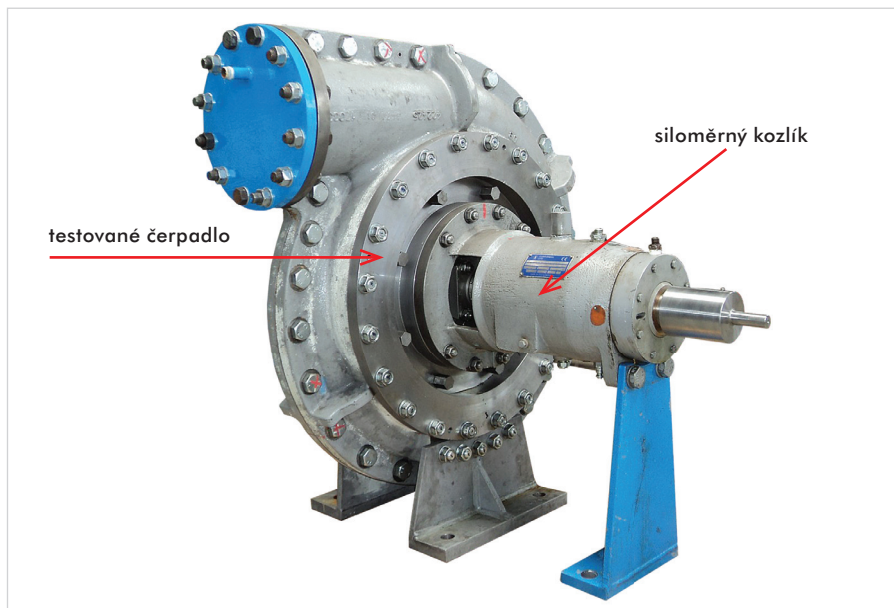
RCMT při Fakultě strojní ČVUT v Praze

Součástí nabídkového řízení velkých vodních čerpadel je i přijímací test zmenšeného modelu čerpadla, na němž jsou zákazníkovi předvedeny jeho hydraulické charakteristiky a současně jsou testovány reakční síly v čerpadle. Tyto údaje jsou velmi důležité pro finální dimenzování stavby vodního díla.

Měření | www.mmspektrum.com/171132

naklápění domečků ložisek v místech upevnění táhel siloměrů. Většinou táhla snímače síly do domečku může způsobit vznik momentu, který je přenášen do ostatních čidel. Proto je třeba ve všech těchto upevňovacích bodech zajistit kloubové spojení pro eliminaci zmíněných momentů. Současně je třeba dbát na bezvůlové řešení instalace siloměrů. Jakékoli vůle v kloubech způsobují snížení tuhosti uložení hřídele kozlíku a vznik nebezpečí přidření hřídele v těsnici štěrbině čerpadla. Navíc by v případě změny směru silového zatížení docházelo k negativním hysterezím. V radiálním směru je využito kulových čepů na obou stranách táhel siloměrů, přičemž vůle v kloubech je vymezena vzájemným předpětím dvojic snímačů proti sobě (při změně/reverzaci silového zatížení se tedy stále pohybujeme v oblasti předpětí snímačů a táhel). V axiálním směru toto řešení použít nelze. Namísto jednoduchých táhel s vůlemi v kulových zakončeních musejí být použity bezvůlové klouby speciální konstrukce. Každý takový čep je tvořen malým naklápěcím soudečkovým ložiskem, které je předepnuto přes

ČVUT v Praze, Ústav výrobních strojů a zařízení Fakulty strojní, spolupracuje s firmou Sigma Group, a. s., na vývoji tzv. siloměrného kozlíku – zařízení, jež slouží pro měření reakčních sil a vibrací na čerpadle a dále pro měření radiální polohy hřídele v simulovaném provozu. Kozlík musí zajistit spolehlivé měření pro otáčky až do 3 000 min⁻¹, axiální sílu 22 kN a radiální síly 11 kN. Při zmíněných testech se provozní síly rozkládají na oběžném kole, vedou přes hřídel a ložiska čerpadla do rámu – siloměrného kozlíku. Konstrukce tohoto zařízení musí být navržena tak, aby byly jednotlivé radiální a axiální síly spolehlivě zachyceny bez vzniku parazitních silových cest a momentů, které mohou vzniknout např. při naklápění hřídele či špatném ustavení. Prvotní verze kozlíku je vidět na obr. 1 – zde byly měřeny pouze axiální síly, nepřímo, přes změnu tlaku ve dvou oddělených komůrkách před a za axiálním ložiskem. Tato koncepce nebyla spolehlivá, proto bylo rozhodnuto navrhnout zařízení na jiném principu a současně rozšířit o měření radiálních reakčních sil.

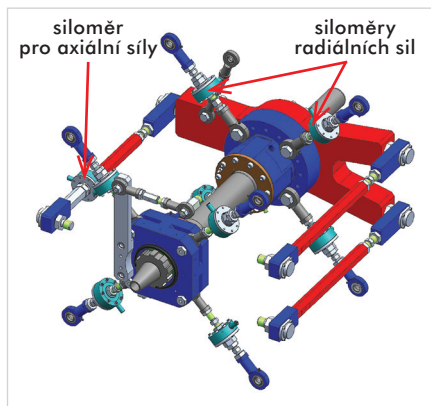


Obr. 1. Model radiálního čerpadla s původním siloměrným kozlíkem

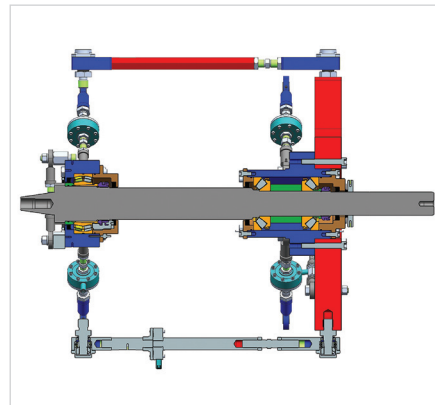
Koncepce měření sil

Nová koncepce měření využívá nakupovaných jednoosých tenzometrických snímačů sil umístěných v jednotlivých táhlech zajišťujících pouze jednoosou napjatost. Hřídel tedy není uložena v žádném tubusu, ale v soustavě táhel s kulovými čepy. Principiálně je tato koncepce zobrazena na obr. 2. Radiální reakční síly se měří na přední i zadní ložiskové skupině pomocí vzájemně předepjatých dvojic siloměrů umístěných ve dvou na sebe kolmých směrech. Axiální síla se měří pomocí soustavy tří táhel, přičemž v jednom z nich je instalován siloměr s možností měření parazitních klopných momentů.

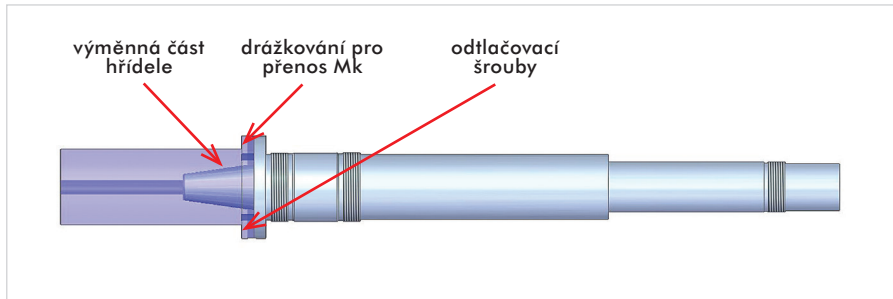
Jak je vidět na obr. 2, aby tok sil přes tenzometrické snímače síly probíhal nezkresleně, bez parazitních silových toků, je třeba umožnit



Obr. 2. Koncepce měření radiálních a axiálních sil



Obr. 3. Možnost naklápění ložiskových domečků



Obr. 4. Prodloužení hřídele siloměrného kozlíku přes kuželový svěrný spoj

kuželové pouzdro vnitřního kroužku. Takto by nemělo docházet k parazitnímu silovému toku přes siloměr, což je při montáži v axiálním směru kontrolováno snímačem s rozšířenou funkcionalitou – kontrolou klopných momentů zatěžujících snímač.

Konstrukce kozlíku

Obdobně hřídel musí být v obou ložiskových skupinách uložena tak, aby nezpůsobovala parazitní momenty sil. Oba domečky, kde jsou uložena ložiska hřídele, musejí umožňovat naklonění osy hřídele bez současného silového zatížení táhel radiálních snímačů síly. Proto jsou použita naklápěcí ložiska v obou ložiskových skupinách, jak je vidět na obr. 3. Přední skupina zachycuje pouze radiální síly, zadní ložiska jsou radiálně axiální.

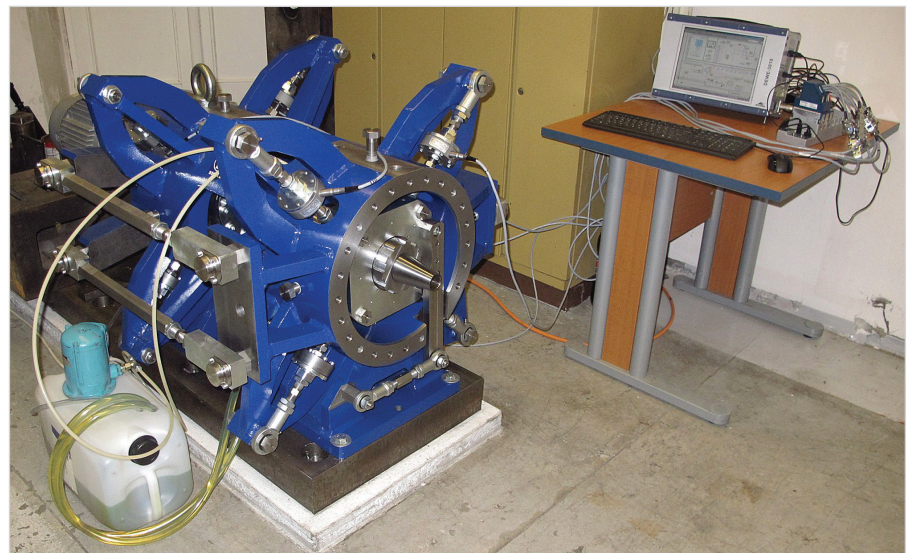
Protože kozlík je koncipován jako víceúčelové zkušební zařízení pro více typů a velikostí čerpadel s různým axiálním a radiálním zatížením a s odlišnou konstrukcí oběžného kola, je třeba v rámci přípravy kozlíku na konkrétní testy vyměnit hřídel, jejíž dimenzování, délka a tvar zakončení odpovídají konstrukci zkoušeného čerpadla. Tato výměna byla historicky realizována výměnou celé hřídele, což odpovídalo de facto kompletní demontáži kozlíku a následnému seřízení všech snímačů. Nově je demontována pouze přední část hřídele, jak je vidět na obr. 4.

Obě části hřídele jsou spojeny přes kuželový svěrný spoj. Kužel slouží k centrování a přenosu krouticího momentu. Přenos momentu je současně zajištěn i rovnobokým drážkováním. Spoj je pojištěn šroubem v ose hřídele. Při finální montáži tento osový šroub slouží také pro axiální fixaci polohy oběžného kola čerpadla (přenos krouticího momentu zajišťuje hřídelové pero). Před započítím testů je nutné provést kontrolu otáčení hřídele ve zkoušeném čerpadle (zda nehrozí nebezpečí přidírání) a případné odchylky eliminovat doseřizováním v táhlech kozlíku. Na obr. 5. je vidět zkompletovaný siloměrný kozlík bez testovaného čerpadla na testech dynamických vlastností na ČVUT v Praze.

Provozní kalibrace siloměrného kozlíku

Před instalací zkoušeného čerpadla je třeba provést vždy kontrolní justáž všech tenzometrických snímačů siloměrného kozlíku, a to ideálně nejen staticky (tj. bez otáčení hřídele), ale také za rotace hřídele. Za tímto účelem byl konstruován přípravek pro provozní kalibraci silo-

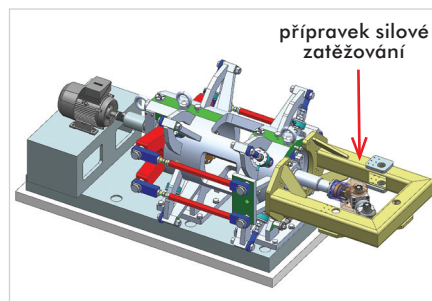
měrů. Na obr. 6 je přípravek upevněn na čelní přírubě kozlíku. Zařízení umožňuje zatěžování v radiálním i axiálním směru a také kombinované zatížení pod úhlem 45°. Pootočením (nutná demontáž) přípravku v ose rotace kozlíku (např. o 45° nebo o 90°) lze realizovat zatěžování v dalších radiálních směrech.



Obr. 5. Siloměrný kozlík při testování dynamických vlastností

Další použitá senzorka

Pro dynamické měření polohy hřídele kozlíku za provozu čerpadla jsou na testovacím zařízení instalována bezkontaktní čidla výchylky. Snímače mají ukázat, jak se pohybuje střednice hřídele v průběhu zatěžování čerpadla a eventuálně odhalit oblasti (nastavení parametrů čerpadla), kde by mohlo dojít k nebezpečí přidírání oběžného kola. V ideálním případě je vhodné



Obr. 6. Přípravek pro provozní kalibraci siloměrného kozlíku

umístit čidla přímo do oblasti těsnící štěrbině čerpadla. To je však technicky obtížné vzhledem k IP krytí snímače i vzhledem ke zhoršení těsnících vlastností štěrbině při narušení válcovitosti obou funkčních ploch. Proto bylo rozhodnuto umístit tyto snímače až za ucpávky do suchého prostoru kozlíku, který je v meziprostoru distanční příruby zvané slangově „lucerna“. Zde snímače upevněné do konstrukce příruby cílí na speciálně upravenou válcovou plochu na výměnném konci hřídele kozlíku. Plocha je broušena a leštěna.

Dalšími čidly patřícími do komplexní sensoriky siloměrného kozlíku jsou akcelerometry a teploměry. Měří absolutní vibrace a teploty na statových částech zkoušeného čerpadla, případně na potrubí testovacího okruhu.

Statická a dynamická data ze všech senzorů jsou zpracovávána převodníky platformy Dewetron, vizualizace naměřených dat je provedena

v prostředí Dewesoft a LabView. Takto šlo pouze o rozšíření stávající měřicí ústředny pro záznam měření při hydraulických testech.

Závěr

V současné době probíhají přípravy na finální testování siloměrného kozlíku s instalovaným modelovým čerpadlem. V konstrukci jsou distanční příruby pro další typ modelového čerpadla. ■

TENTO ČLÁNEK VZNIKL ZA PODPORY GRANTU MPO TA0401157 „NEINVAZIVNÍ EXPERIMENTÁLNÍ METODY VE VÝZKUMU ČERPADEL“.

