

Vyvažování vertikálně se pohybujících hmot pomocí rotačního hydromotoru

autor: Ing. Štěpán Fiala, školitel: Doc. Ing. Antonín Bubák, Ph.D., školitel spec.: Ing. Lukáš Novotný, Ph.D.

obor: Konstrukční a procesní inženýrství

1. Motivace disertační práce

Využití vyvažování na obráběcích strojích přináší značnou úsporu elektrické energie, která by byla jinak využita ke kompenzaci gravitačního zatížení. To je umožněno dodáním síly k udržení břemene, například vřeteníku, na poloze jiným/levnějším způsobem. Další výhodou vyvažování, mimo úsporu elektrické energie za běhu stroje, je stabilnější chování stroje z pohledu teplotně deformačních vlastností. Pokud motorem neprotéká proud, nedochází ani k teplotnímu ovlivnění jeho okolí. Běžně užívané mechanismy vyvažování omezují výrobce strojů po stránce dosažitelných dynamických parametrů a konstrukčního provedení. Jako zdroj vyvažovací síly lze s výhodou použít rotační hydromotor, což přináší jisté výhody.

2. Cíle disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je navrhnout nový způsob vyvažování svislých os obráběcích strojů s využitím rotačního hydromotoru. Řešení přispívá zejména k lepší hospodárnosti provozu stroje a ke snížení dopadů na životní prostředí.

Dílčí cíle jsou vytyčeny takto:

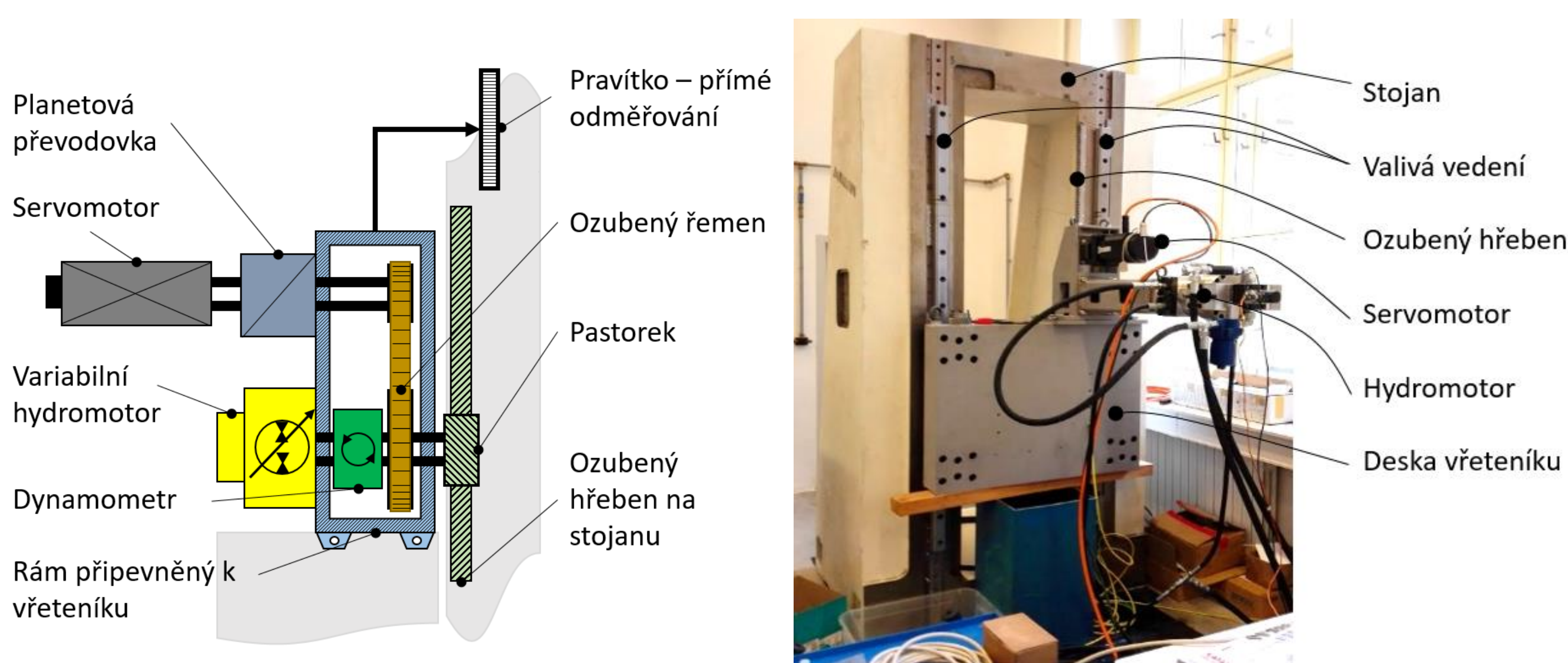
- ověřit možnosti využití rotačního hydromotoru s pevným geometrickým objemem pro vyvažování svislých os obráběcích strojů,
- ověřit možnosti využití rotačního hydromotoru s proměnným geometrickým objemem pro vyvažování svislých os obráběcích strojů,
- navrhnout způsob řízení zvolené varianty vyvažovacího hydromotoru
- aplikovat nabyté znalosti na návrh vyvažovacího mechanismu a experimentálně ověřit jeho funkci.

Prostředkem pro dosažení cílů byla stavba věrného modelového zařízení s vertikální pohybovou osou. Pro ověření dílčích závěrů a tezí sloužila menší experimentální zařízení zaměřená na konkrétní problematiku.

3. Postup řešení

Pro užití rotačního hydromotoru na obráběcím stroji bylo nutné specifikovat za jakých podmínek je možné využít rotační hydromotor s pevným geometrickým objemem. Znamé neduhy typu pulzace momentu v závislosti na natočení hřídele, pasivní odpory pístků a rotoru a rozdílný moment při generátorovém a motorovém režimu bylo nutné kvantifikovat a zobecnit. Za tímto účelem proběhlo měření radiálního pístového hydromotoru koaxiálně připojeného na servomotor s planetovou převodovkou.

Radiální i axiální pístové hydromotory trpí projevy nerovnoměrnosti chodu a v případě změny režimu provozu (motorický/generátorový) se celková účinnost projevuje v rozdílném momentu. Na základě těchto závěrů byl vytvořen koncept vyvažovacího mechanismu, který umožňuje provozovat hydromotor s pevným geometrickým objemem, nebo geometrický objem řídit (obr. 1).

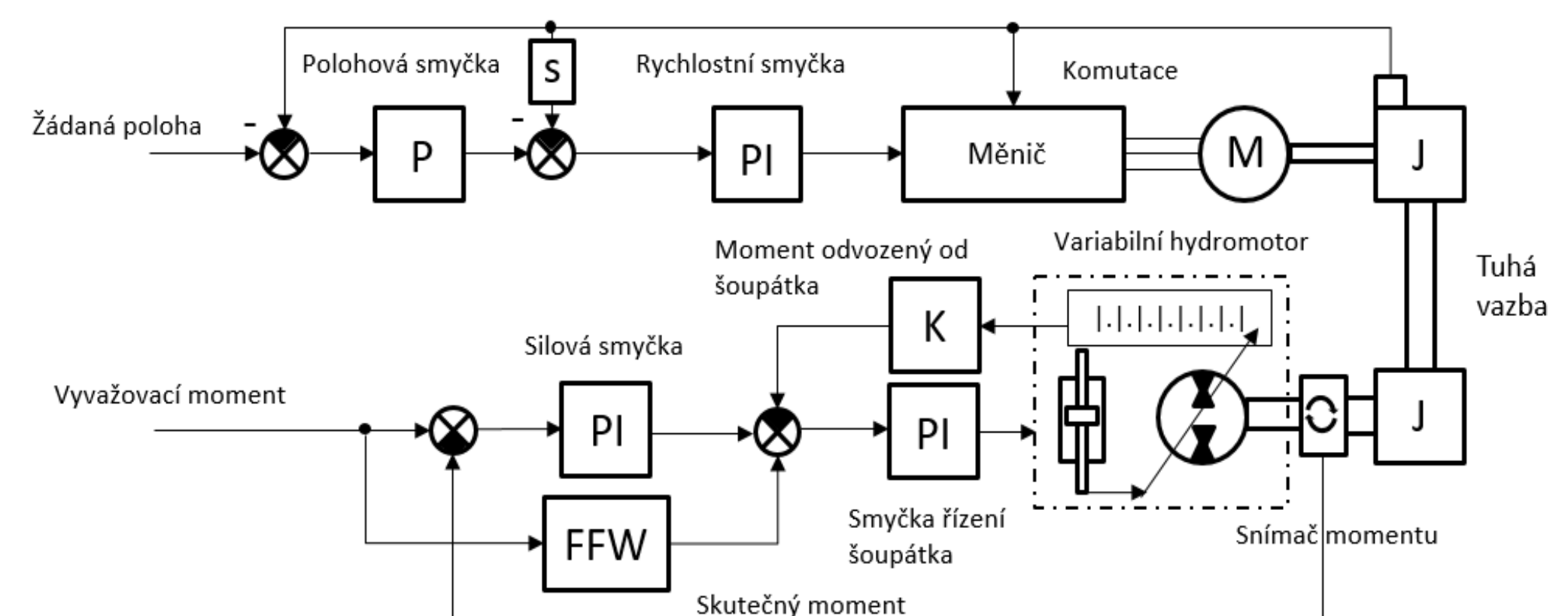


Obr.1: Koncept pohonu s vyvažovacím mechanismem (vlevo), experimentální stand vyvažování vertikálních pohybových os (vpravo)

Uzamčením naklápěcí desky hydromotoru bylo možné simulovat levný neregulační hydromotor. Experimenty byla potvrzena možnost užití takové varianty pouze pro méně přesné stroje. Silové ovlivnění pohybové osy negativně ovlivňovaly její kvalitativní parametry, tudíž bylo nutné přistoupit k řízení geometrického objemu. Výstupní moment hydromotoru je funkcí geometrického objemu a tlakového spádu.

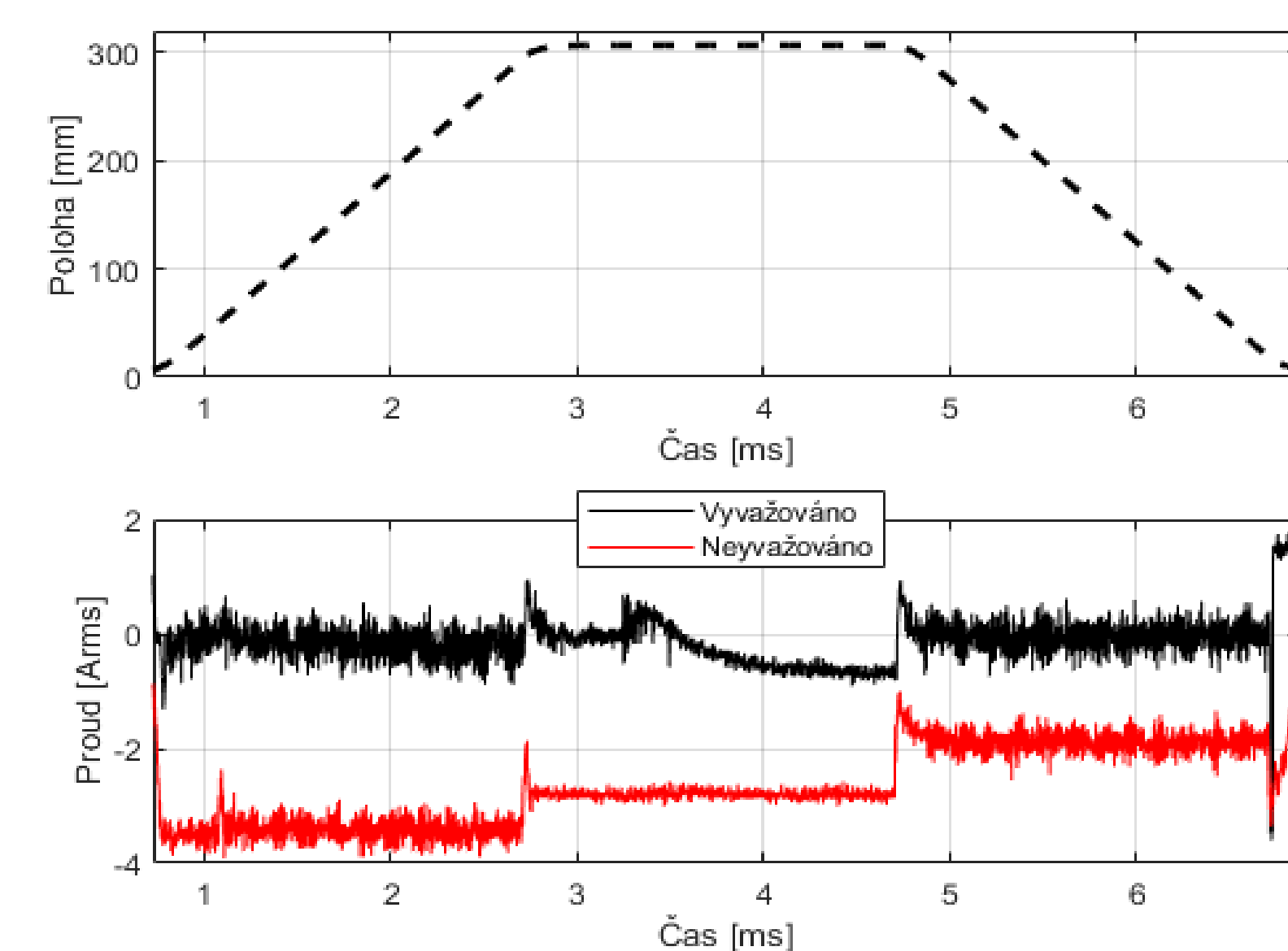
$$M_k = f(V_g, \Delta p)$$

Řízení momentu (dle regulačního schématu na obr. 2) umožňuje reagovat na negativní vlastnosti hydromotoru, tudíž je možné využít tohoto systému na vyvažovací mechanismus. Vznikl tak systém pohonu se dvěma motory, který v sobě integruje funkci přesného polohování a funkci vyvažování.



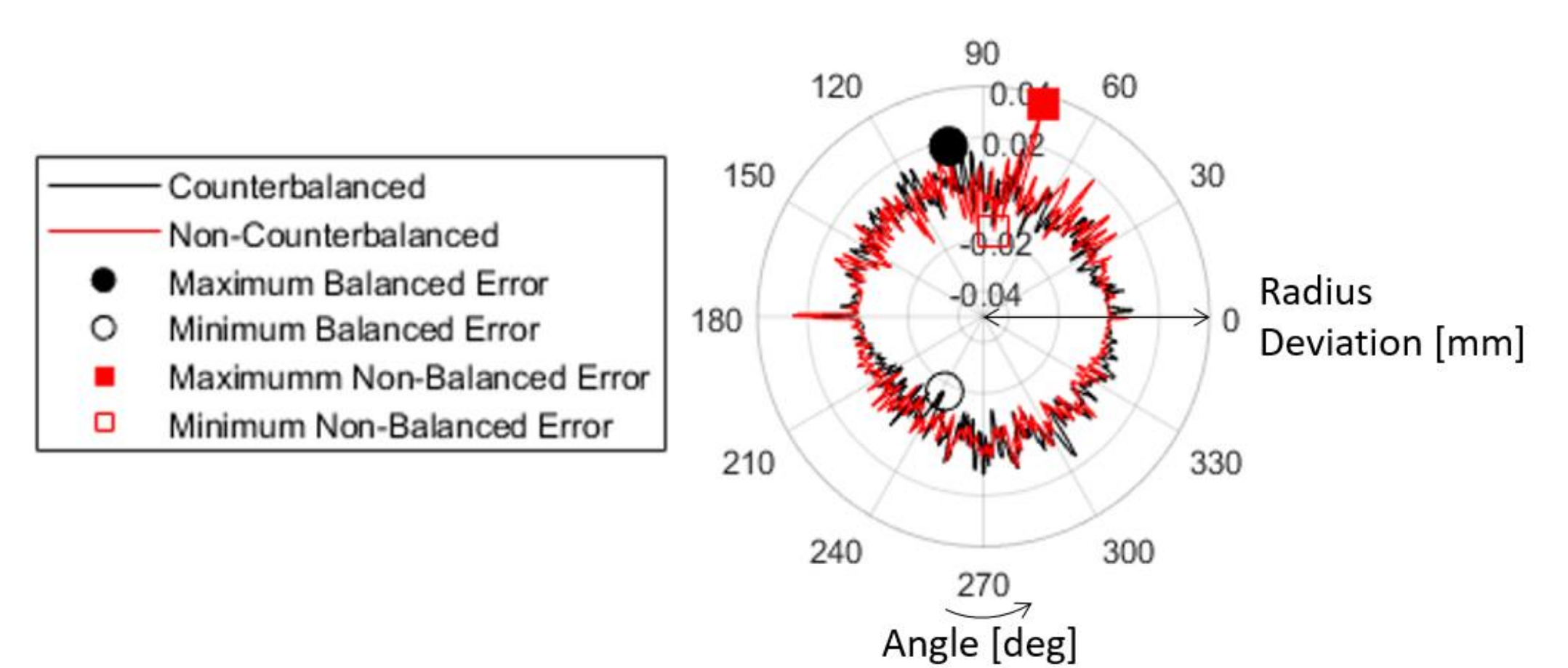
Obr. 2: Zjednodušené schéma servomotoru a hydromotoru v momentové vazbě

V závislosti na znaménku rychlosti umožnilo řízení momentu vyvažovacího hydromotoru reagovat na pasivní odpory pohybové osy. Tím se podařilo dále přiblížit hodnotu proudu při vyvažovaném stavu osy k nule. Vyvažování s kompenzací pasivních odporů je uvedeno na obr. 3.



Obr. 3: Porovnání hodnot proudu servomotoru při pohybu po rampě polohy

Vzhledem k tomu, že bylo možné hydraulické vyvažování kompletně odpojit, bylo možné porovnat i kvalitu dráhového řízení osy bez vyvažování. Za tímto účelem byl proveden test kruhové interpolace (obr. 4, tab. 1). Důležitým závěrem z tohoto testu je, že vyvažování svislé pohybové ose pomáhá a nijak neovlivňuje její přesnost.



Obr. 4: Vyhodnocení testu kruhové interpolace

Tab. 1: Porovnání číselných hodnot testu kruhovitosti stavu s vyvažováním a bez vyvažování

Stav osy	Poloměr [mm]	Maximální chyba [mm]	Minimální chyba [mm]
S vyvažováním	100	+0,0178	-0,0169
Bez vyvažování		+0,0364	-0,017

4. Zhodnocení

Práce přináší nové možnosti využití rotačních hydromotorů v oblasti obráběcích strojů v podobě vyvažovacích mechanismů vertikálních pohybových os. Navržené řešení má jisté výhody, kterými jsou: malé zástavbové rozměry s ohledem na maximální síly, snadná integrace do strojů a zejména možnost ukládat potenciální energii jako energii tlakovou. Tlaková energie je ve formě stlačeného dusíku uložena v hydraulických akumulátorech. Je spotřebovávána při pohybu osy směrem vzhůru a zpět do akumulátoru je energie vracena při pohybu směrem dolů. Hydraulické vyvažování nespotebovává energii pokud se osa nepohybuje, pouze je nutné doplňovat objemové ztráty. Vybavením pohybové osy vyvažováním dochází ke značnému snížení spotřeby elektrické energie.