

**Projekt do programu výzkumu a vývoje MPO TRIO,
č. projektu FV10412**

„Zvyšování přesnosti polohování průmyslových robotů pro obráběcí aplikace“

Věcná náplň projektu – Etapy řešení:

Číslo etapy	Název etapy/Řešitel/Přehled činností v etapě	Orientační zajištění řešení etap (organizace)	Orientační termín ukončení etapy
1	<p>Problematika obrábění průmyslovými roboty, zajištění testovacích prvků vhodných k obrábění s průmyslovými roboty</p> <p>Cíle: Hlavním cílem etapy je volba vhodné kompenzační metody pro jednotlivé typy objektů/vzorků. Půjde zejména o strategie pasivní/aktivní kompenzace chyb polohování průmyslového robotu a přesné vedení nástroje na základě absolutního měření polohy externím měřicím systémem. Podmiňujícím dílčím cílem je příprava a zajištění počátečních reálných objektů/vzorků pro testování, dodaných potenciálními koncovými uživateli (zákazníky) výsledků projektu, jejich analýza a stanovení základních možných přístupů a postupů kompenzačních metod vzhledem k charakteru obráběcího procesu. V další fázi bude zajištění co možná největšího počtu různých vzorků/objektů pro testování. Výběr vzorků pak bude v průběhu projektu rozšiřován na základě aktuálních poptávek. V průběhu etapy bude dále zpracována analýza, resp. revize aktuálních trendů a stavu techniky v dané oblasti s cílem aktualizovat a revidovat přístup k řešení projektu, a to na základě analýzy aktuálních/nových patentů a odborných článků publikovaných až v průběhu řešení projektu, neboť se jedná o velmi dynamicky se rozvíjející oblast.</p> <p>Rizika: Nízká použitelnost zvolené kompenzační metody</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	12/2016

	<p>na některou specifickou skupinu vzorků.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p> <p>Výstupy: Výstupem budou dokumenty: „Současný stav kompenzačních metod pro chyby polohování průmyslových robotů během obráběcích operací“ a „Seznam a specifikace vzorků vhodných pro obrábění s průmyslovými roboty“ (tento seznam bude v průběhu projektu nadále rozšiřován v závislosti na aktuálních poptávkách z průmyslové praxe).</p>		
2	<p>Příprava a sestavení testovacích pracovišť</p> <p>Cíle: Hlavním cílem etapy bude příprava a zprovoznění prvotní podoby testovacích pracovišť pro experimentální činnost, návrhy a výroba nezbytných přípravků a komponent, zajištění potřebných periferií apod. pro následné testování vyvíjené technologie. Nosnými prvky testovacích pracovišť budou především průmyslové roboty (PR) KUKA různých velikostí a nosností (např. KR 3, KR 6 sixx, KR 16, KR 60 HA atd.), obráběcí elektrovřeteno JÄGER, pneumatické vřeteno SCHUNK, silo-momentové senzory SCHUNK a externí hardware pro vyhodnocování a zpracování dat ze snímačů (PLC systémy Siemens, Beckhoff). Dalším cílem etapy bude i odladění základních programových rutin pro vyhodnocování dat ze senzorů a pro komunikaci mezi dílčími systémy a průmyslovým robotem na jednoduchých úlohách. Komunikace v reálném čase bude založena na sběrnici EtherCAT.</p> <p>Rizika: Tato dílčí etapa nepředstavuje téměř žádná rizika. Z hlediska výše uvedených nosných prvků včetně hardwaru je etapa zajištěna. Může pouze dojít k nízké variabilitě dodaných vzorků, popř. může být u některých vzorků požadována vyšší přesnost obrábění, než bude i s použitím kompenzačních metod technicky možná.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	12/2016

	<p>Výstupy: Výstupem budou plně funkční testovací pracoviště, která budou umístěna v laboratořích uchazeče (Blumenbecker Prag s.r.o.) a dalšího účastníka projektu (FSI VUT v Brně). Výsledky počátečního testování v rámci těchto pracovišť bude popsáno v dílčí zprávě o stavu řešení projektu za rok 2016.</p>		
3	<p>Přímé měření výchozích chyb polohování průmyslového robotu během obráběcích operací</p> <p>Cíle: Cílem bude prostřednictvím přímého měření přesnosti polohování robotu (s využitím systémů jako je např. Ballbar, Laserinterferometr, Laser Tracer či Laser Tracker) zjistit výchozí velikost chyb bez jakéhokoliv druhu kompenzace a identifikovat nejdůležitější zdroje těchto chyb během obráběcího procesu. Pro uvedená měření bude vytvořena metodika měření, určená specificky pro kinematiku 6DOF robotu. Tuto metodiku měření bude možné do budoucna nabízet jako samostatnou službu (opci) pro proměření robotu přímo u zákazníka včetně stanovení či navržení vhodného druhu kompenzace chyb pro konkrétní aplikaci.</p> <p>Rizika: Pro provedení samotného měření, nejsou žádná rizika řešitelům známa. Členové řešitelského týmu (na straně spolupříjemce) mají s měřením s uvedenými systémy bohaté zkušenosti v oblasti obráběcích strojů. Měření může prokázat existenci chyb, které budou náhodného charakteru, a nebude možné je dostatečně potlačit některou navrženou kompenzační metodou.</p> <p>Řešitel: VUT Brno, Blumenbecker Prag</p> <p>Výstupy: Výstupem etapy bude samostatný dokument, který bude obsahovat naměřená data, resp. protokoly z měření včetně vyhodnocení naměřených dat. Dalším výstupem bude navržená metodika měření pro 6DOF roboty, která představuje</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	03/2017

	významný aplikační potenciál.		
4	<p>Návrh a realizace funkčních vzorků částí HW a SW řešení řídicího systému</p> <p>Cíle: Hlavním cílem etapy bude návrh, realizace, ověření a uplatnění funkčních vzorků řídicího systému.</p> <p>Výstupy: Výstupy etapy budou následující funkční vzorky, jejichž účelem bude experimentální ověřování technologie na reálných objektech:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Systém pro pasivní kompenzaci geometrických chyb průmyslového robotu na základě měření reálných kinematických parametrů robotu. - Systém pro aktivní kompenzaci systémových chyb robotu a chyb způsobených vlastnostmi obráběcího procesu na základě vyhodnocování kontaktních sil a momentů (vznikajících mezi nástrojem robotu a obráběným objektem). - Systém pro přesné vedení nástroje s využitím absolutního měření polohy průmyslového robotu s využitím externího měřicího systému. <p>Dalšími výstupy budou další dílčí periferie/funkční vzorky ve formě technologických hlavic pro různé obráběcí aplikace (elektrovřeteno, pneumatické vřeteno, brusná hlava apod.), případně koncové efekторы pro uchopování objektů robotem pro případy, kdy je obráběcí nástroj umístěn fixně mimo přírubu průmyslového robotu (tzv. externí nástroj).</p> <p>Veškerá dokumentace k funkčním vzorkům bude doložena v dílčí zprávě o řešení projektu za rok 2017.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	12/2017
5	<p>Optimalizace procesu řízení průmyslového robotu vzhledem k různým typům kompenzačních metod</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	12/2017

	<p>Cíle: Hlavním cílem této etapy, která je nosnou experimentální částí projektu, a která bude probíhat v podstatě paralelně s etapou 2.1, bude vytvoření programových rutin a jejich ověření na reálných objektech během reálných obráběcích operací. Z toho plynoucí náplní bude zejména volba kompenzačních metod s přihlédnutím k charakteru obráběcího procesu, ladění a optimalizace zpětných a dopředných vazeb pro aktivní kompenzaci chyb. Pro návrh regulačních smyček v souvislosti s různými dodanými vzorky bude využito simulační modelování (v prostředí Matlab/Simulink) pro testování a ladění parametrů řízení. Řešení řídicích algoritmů bude z počátku založeno na PID regulátorech, poté budou testovány jeho rozšířené varianty a další pokročilé řídicí struktury. Regulátor bude obecně řešit eliminaci odchylek od žádaného stavu (žádaná hodnota regulované veličiny) na základě informací ze senzorů a bude určovat velikost akčního zásahu pro korekci dráhy robotu. Z praktického hlediska se bude jednat o poměrně široký rozsah aplikací, např. frézování, broušení, odjehlování apod.</p> <p>Rizika: Nedostatečná stabilita řízení celého systému.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p> <p>Výstupy: Výstupem bude dokument: „Optimalizace procesu řízení průmyslového robotu vzhledem k různým typům kompenzačních metod“ zahrnující soubor protokolů, výsledky měření, průběhy řízení (řízení polohy PR) a dalších experimentálně zjištěných dat.</p>		
6	<p>Přímé měření dosažené přesnosti polohování průmyslového robotu s kompenzací chyb</p> <p>Cíle: Cílem bude prostřednictvím přímého měření přesnosti polohování robotu (s využitím systémů jako je např. Ballbar, Laserinterferometr, Laser Tracer či Laser Tracker) zpřesnit identifikaci parametrů robotu, což bude použito pro další</p>	VUT v Brně	12/2017

	<p>optimalizaci řízení celého řetězce.</p> <p>Rizika: V realizaci samotného měření, nejsou žádná rizika řešitelům známa. Členové řešitelského týmu mají s měřením s uvedenými systémy bohaté zkušenosti v oblasti obráběcích strojů.</p> <p>Řešitel: VUT Brno</p> <p>Výstupy: Výstupem etapy bude samostatný dokument, který bude obsahovat naměřená data, resp. protokoly z měření včetně vyhodnocení naměřených dat.</p>		
7	<p>Funkční systém</p> <p>Cíle: Hlavním cílem etapy bude realizovaný a ověřený funkční systém definovaný v cílech projektu, aplikovatelný na celou řadu obráběcích procesů prostřednictvím průmyslových 6DOF robotů s požadavkem na vysokou přesnost výsledných produktů. Tohoto cíle bude dosaženo odladěním a optimalizací celé technologie, vytvořením uživatelského rozhraní a modulárním propojením výsledků všech předchozích etap.</p> <p>Rizika: Vyvinutý systém nebude dostatečně robustní a nebude pracovat s dostatečnou spolehlivostí v některých konkrétních aplikacích.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p> <p>Výstupy: Výstupem bude odladěný soubor algoritmů ve formě dílčích softwarových modulů. Specifikace pro uživatelské rozhraní bude popsána v samostatném dokumentu.</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	10/2018
8	<p>Ochrana duševního vlastnictví, ověřená technologie, prezentace výsledků projektu.</p> <p>Cíle: Hlavním cílem etapy je ověření technologie</p>	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	12/2018

	<p>v rámci objektů poskytnutých potenciálními zákazníky a postupné uplatňování výsledků projektu v průmyslové praxi.</p> <p>Dalšími cíli je uplatnění ochrany duševního vlastnictví na úrovni užitého vzoru a prezentace výsledků projektu ve vědecké komunitě a odborných a průmyslových fórech a veletržních akcích.</p> <p>Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno</p> <p>Výstupy: Zásadními výstupy budou přihláška a registrace užitého vzoru (ÚPV ČR) a ověřená technologie, uplatněná v databázi RIV. Dalšími výstupy bude prezentace výsledků projektu formou příspěvků na mezinárodních konferencích či v časopisech a prezentace na výstavách (např. MSV v Brně).</p>		
--	--	--	--