

**Projekt do programu výzkumu a vývoje MPO TRIO,
č. projektu FV10299**

**„Technologie pro integraci průmyslových robotů do výrobních systémů dle
standardu Industry 4.0“**

Věcná náplň projektu – Etapy řešení:

Číslo etapy	Název etapy/Řešitel/Přehled činností v etapě	Orientační zajištění řešení etap (organizace)	Orientační termín ukončení etapy
1	Příprava a sestavení experimentálních pracovišť v laboratořích řešitelů Cíle: Hlavním cílem etapy bude příprava a zprovoznění prvotní podoby testovacích pracovišť pro experimentální činnost, návrhy a výroba nezbytných přípravků a komponent, zajištění potřebných periférií apod. pro následné testování vyvíjené technologie. Nosnými prvky testovacích pracovišť budou především průmyslové roboty KUKA různých velikostí a nosností (viz kap. 4.4) a další periferie. Vzniknou celkem tři testovací pracoviště – viz kap. 3.1. Rizika: Tato dílčí etapa nepředstavuje téměř žádná rizika. Z hlediska výše uvedených nosných prvků včetně hardwaru je etapa zajištěna. Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT Brno; konzultace s ČVUT 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. Dalším výstupem bude technická dokumentace	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	03/2017

	experimentálních pracovišť. Dokument bude obsahovat specifikace navržených experimentálních pracovišť s roboty KUKA, popis pracovišť a použitých periférií. Termín dosažení výstupu: 03/2017.		
2	Příprava simulačních virtuálních modelů experimentálních pracovišť v SW Process Simulate Cíle: Cílem této etapy bude příprava detailních virtuálních modelů pracovišť z předchozí etapy v SW Tecnomatix Process Simulate. Rizika: Tato dílčí etapa nepředstavuje téměř žádná rizika. Z hlediska SW vybavení a potřebných znalostí je etapa zajištěna. Řešitel: Blumenbecker Prag a ČVUT v Praze; VUT v Brně zajistí potřebné 3D modely v rámci svého pracoviště. Výstupy: Výstupem budou funkční simulační modely v SW Process Simulate. Termín dosažení výstupu: 04/2017.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze	04/2017
3	Specifikace/analýza uživatelských požadavků (požadavky návrháře robotické buňky) Cíle: Cílem této etapy je v návaznosti na další etapy podrobně analyzovat obecné možnosti návrháře při vývoji robotické buňky, resp. jaká data lze poskytnout pro účely následné optimalizace. Pozice robotu a pracovní prostor bude víceméně daný, ale bude možné např. dopspecifikovat pořadí operací, případně rychlosti pohybu robotu. Rizika: Tato dílčí etapa nepředstavuje téměř žádná rizika. Jistým rizikem může být skutečnost, že zadavatel – zákazník bude mít např. z technologických důvodů přesně dané pořadí operací apod., které nebude možné měnit, a vstupní proměnné pro optimalizační nástroje tak budou omezené.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	11/2016

	Řešitel: Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně Výstupy: Výstupem bude dokument - podrobná analýza možností návrháře robotické linky a specifikace dílčích proměnných, které mohou vstupovat do optimalizačního procesu. Termín dosažení výstupu: 11/2016.		
4	Problematika časové a energetické optimalizace robotických pracovišť – analýza připravovaných pracovišť a stanovení rámcových postupů pro integraci navrhovaných řešení do SW Process Simulate Cíle: V této etapě bude provedena analýza již vytvořených testovacích pracovišť s roboty KUKA a budou navrženy možné postupy pro integraci navrhovaných řešení (časové a energetické optimalizace) přímo do SW Process Simulate. Rizika: Jelikož se jedná o návrhovou fázi řešení projektu, nejsou v této etapě téměř žádná rizika. Dílčí riziko může spočívat v omezené možnosti integrace navrhovaných řešení do SW Process Simulate, které se však eliminují právě v této návrhové etapě. Řešitel: Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně Výstupy: Výstupem bude Výzkumná zpráva č. 1: Problematika časové a energetické optimalizace robotických pracovišť. Dokument bude obsahovat analýzu připravovaných pracovišť a stanovení rámcových postupů pro integraci navrhovaných řešení do SW Process Simulate. Termín dosažení výstupu: 09/2017.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	09/2017
5	Monitoring vnitřních stavů robotů – SW rozhraní pro zajištění vybraných procesních dat robotu a možnosti pro integraci online dat (informace z externích snímačů) do SW Process Simulate	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	09/2017

	Cíle: V této etapě bude proveden návrh SW rozhraní, který bude zajišťovat klíčová procesní data robotů (poloha: v osovém či kartézském prostoru, rychlost, zrychlení, proudová zátěž na jednotlivých pohonech) v reálném čase v taktu 4ms. K tomuto účelu bude využita dostupná SW knihovna KUKA RSI (Robot Sensor Interface). Klíčová data budou případně použity pro identifikaci, resp. návrh modelů spotřeby robotů. Dále budou řešeny možnosti pro integraci online dat do SW Process Simulate. Rizika: Vyhodnocení procesních dat bude realizováno prostřednictvím externího PLC systému. V tomto ohledu žádná rizika nejsou, jedná se o oblast, s níž mají řešitelé bohaté zkušenosti. Dílčí riziko je tedy spíše na straně integrace do SW Process Simulate, což by ale tato etapa měla vyřešit. Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT v Brně, ČVUT v Praze Výstupy: Výstupem bude Výzkumná zpráva č. 2: Monitoring vnitřních stavů robotů. Dokument bude obsahovat popis SW rozhraní, které bude zajišťovat vybraná procesní data robotu a možnosti pro integraci online dat (informace z externích snímačů) do SW Process Simulate. Termín dosažení výstupu: 09/2017		
6	Návrh modelů spotřeby robotu a návrh algoritmů pro optimalizaci spotřeby zohledňující takt linky (sestavených experimentálních pracovišť) Cíle: Jedná se o klíčovou vývojovou etapu projektu týkající se samotného návrhu modelů spotřeby robotů a návrhu algoritmů pro optimalizaci spotřeby uvažující i takt linky. V této fázi se využijí data získaná v předchozí etapě, které budou využity pro návrh modelů spotřeby robotů.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	06/2018

	Rizika: Riziko lze v této etapě spatřovat v rychlosti výpočtů, resp. v možnosti aplikace na velké výrobní celky s velkým množstvím robotů. Toto riziko bude eliminováno vhodným návrhem samotných algoritmů, případně uplatněním tzv. paralelizace výpočtu. Řešitel: Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně Výstupy: Výstupem bude Výzkumná zpráva č. 4: Návrh modelů spotřeby robotu a návrh algoritmů pro optimalizaci spotřeby zohledňující takt linky. Dokument bude obsahovat popis algoritmů s ohledem na sestavené pracoviště. Termín dosažení výstupu: 06/2018.		
7	Problematika kalibrace výrobní linky – analýza možností a navržení postupů, resp. tvorba SW rozhraní pro kalibraci virtuálního modelu s reálným pracovištěm na základě externího měření Cíle: Cílem etapy je vytvořit funkční SW rozhraní, které zajistí kalibraci virtuálního modelu s realitou, resp. zajistí přesnou kalibraci (řádově v setinách mm) souřadných systémů robotů KUKA, jako jsou tzv. Base Frame (\$Base), Tool Frame (\$Tool), World Frame (\$World) a případně Robroot (\$Robroot). Výstupem kalibrace bude přesná poloha robotů a poloha všech robotů vůči sobě, dále bude známa přesná poloha nástrojů (koncových efektorů) a tzv. bází. Rizika: Riziko lze v této etapě spatřovat v omezení použitelnosti systému laser tracker pro pracoviště s velkým množstvím robotů. Laser tracker bude umístěn v jedné statické poloze (libovolné) vyžadující přímou viditelnost na roboty. U větší linky toto nemusí být na první pohled proveditelné, nicméně vhodnou změnou polohy měřicího zařízení (trackeru) a následnou transformací souřadných systémů lze řešit/kalibrovat libovolné množství robotů.	Blumenbecker Prag, VUT v Brně	05/2018

	Řešitel: Blumenbecker Prag, VUT v Brně Výstupy: Výstupem bude Výzkumná zpráva č. 3: Problematika kalibrace výrobní linky. Dokument bude obsahovat popis měření se systémem Laser Tracker, naměřená data a způsob vyhodnocení dat vedoucí ke kalibraci virtuálního modelu s realitou. Termín dosažení výstupu: 05/2018.		
8	Integrace navržených řešení do SW Process Simulate Cíle: Cílem této hlavní implementační etapy je integrace navržených řešení do SW Process Simulate. Vstupní softwarové knihovny budou realizovány v jazyce C++/C#. Rizika: Riziko může v této etapě spočívat v jistém omezení samotného softwaru Poces Simulate, nicméně zásadní problémy zde řešitelé na základě svých dosavadních zkušeností nepředpokládají. Řešitel: Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně Výstupy: Výstupem budou softwarové knihovny integrované do SW Process Simulate. Nebude se však jednat o výsledek typu Software. Vyvinuté SW knihovny zůstanou součástí know-how řešitelů. Termín dosažení výstupu: 10/2018.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	10/2018
9	Verifikace a optimalizace navržených postupů a metod – ladění technologie v rámci sestavených experimentálních pracovišť Cíle: V této hlavní experimentální a verifikační etapě budou propojeny výsledky všech předchozích etap s cílem dokončit vyvíjenou technologii do aplikovatelné podoby. Co se samotné optimalizace týče, předpokládá se dosažení	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	05/2019

	úspor v rozmezí cca 20% (úspory v oblasti zrychlení taktu linky a/nebo v oblasti snížení energetické náročnosti). V této etapě tedy budou porovnány parametry experimentálních pracovišť získaných na začátku řešení projektu (etapa 1+2) a po dokončení této etapy, což bude dosažená zlepšení kvantifikovat. Rizika: Vyvinutý systém bude pracovat s nižší než očekávanou efektivitou. Řešitel: Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně Výstupy: Výstupem bude odladěná technologie, která bude ověřena v rámci testovacích pracovišť u hlavního uchazeče (Blumenebcker Prag s.r.o.) a dalšího účastníka řešení projektu (FSI VUT v Brně). Termín dosažení výstupu: 05/2019.		
10	Závěrečné ladění a ověřování technologie na reálných objektech a prezentace konečných výstupů projektu Cíle: V této závěrečné fázi budou dále výstupy z předchozích etap ověřeny na konkrétních objektech zákazníka, případně dojde k ověření přímo v provozu v rámci testovacího režimu u konkrétního koncového uživatele, který poskytl testovací objekty. Následovat bude postupné uplatňování výsledků projektu v průmyslové praxi a prezentace konečných výsledků ve vědecké komunitě a odborných průmyslových fórech a veletržních akcích. Zásadním výstupem je zde ověřená technologie, uplatněná v databázi RIV. Dílčím výstupem je dále závěrečná zpráva, resp. Výzkumná zpráva č. 5: Závěrečná výzkumná zpráva o stavu řešení projektu a dosažených výsledcích. Termín dosažení výstupu: 08/2019.	Blumenbecker Prag, ČVUT v Praze, VUT v Brně	08/2019