

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Implementace distribuovaného MESu v Testbedu pro Průmysl 4.0
Jméno autora:	Douda Petr
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	RNDr. Jiří Vyskočil, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	CIIRC, ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Práce byla náročnější, protože zahrnovala nastudování moderního komunikačního rozhraní OPC-UA, systémů průmyslového řízení ERP, MES a SCADA, principů paralelního programování v jazyce Python a dále také vyžadovala detailní porozumění současnému fungování digitálního dvojčete a plánovače na experimentální výrobní lince v Testbedu na CIIRCu.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Všechny body zadání byly splněny.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student v průběhu řešení dodržoval všechny dohodnuté termíny, svoje návrhy průběžně aktivně konzultoval a vždy byl na konkrétní konzultaci odpovídajícím způsobem připraven.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Programátorské a analytické schopnosti studenta jsou na velmi dobré úrovni. Student v práci využívá jak doporučenou literaturu, tak přidává rešerši odborné literatury dle vlastního výběru.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Rozsah práce je lehce nadprůměrný (cca 49 stran), doplněn množstvím obrázků, diagramů a výpisy kódů. Práce je napsána v anglickém jazyce s dobrou formální a gramatickou úrovní.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Výběr zdrojů je dostatečný, literatura je citována správně.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Cílem práce byl návrh a implementace distribuovaného MESu, který bude řídit experimentální výrobní linku v Testbedu pro Průmysl 4.0 na ČVUT CIIRC. Dále bylo požadováno, aby tento MES plně využíval technologie pro linku již vyvinuté jako jsou ERP, digitální dvojče nebo plánovač výroby.

Student samostatně navrhl, implementoval a přímo na výrobní lince prakticky otestoval svoje řešení. Výsledek byl navíc úspěšně veřejně předváděn na akcích „RICAIP Conference“ a „Den otevřených NCP4.0 v Testbedu pro Průmysl 4.0“, které se konaly 28. a 29. dubna 2022.

Výsledkem práce studenta není jenom implementace distribuovaného MESu a text bakalářské práce, ale i podání článku na mezinárodní konferenci IEEE SMC 2022 (nyní ve fázi recenzního řízení), kde je student jedním ze spoluautorů.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Největším přínosem práce je praktická použitelnost implementace na experimentální výrobní lince v Testbedu. Díky dobře definovaným programátorským a uživatelským rozhraním bude možné v budoucnu snadno rozšiřovat výrobní linku o další hardwarové a softwarové komponenty v duchu vizí Průmyslu 4.0.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 26.5.2022

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Implementation of a distributed MES in Testbed for Industry 4.0
Jméno autora:	Petr Douša
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Antonín Novák
Pracoviště opONENTA práce:	Katedra řídicí techniky, FEL ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce představuje inženýrský problém obsahující integraci několika existujících komponent včetně návrhu vlastního algoritmu a uživatelského rozhraní.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Práce splňuje všechny body zadání. Nad rámec zadání student provedl testování a ověřil funkčnost svého řešení na reálném modelu výroby v Testbedu CIIRC ČVUT.	

Zvolený postup řešení	vykající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení hodnotím kladně. Autor vhodně kombinuje standardizované protokoly a existující knihovny, ke kterým přidává vlastní algoritmus na distribuované vykonávání plánu výroby.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce má dobrou odbornou úroveň. Při volbách u návrhu a použití technologií student diskutuje alternativy a jejich výhody a nevýhody. U vlastních algoritmů student zdůvodňuje jejich správnost a konečnost. Předložená implementace používá standardní protokoly a technologie, což z ní dělá lépe integrovatelnou do skutečné linky, což je také ověřeno na modelu výroby v Testbedu.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	C - dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psaná relativně slušnou angličtinou s občasnými překlepy. Typografie je ale trochu zvláštní, v PDF které mám k dispozici, je například nepochopitelně prázdná celá strana 21, občas se vyskytuje nekonzistentní značení Fig vs Figure, Alg. vs Algorithm, atd. Dále se mi zdá, že na některé obrázky nevede z textu reference. Za vysloveně nevhodné považuji velmi dlouhé odkazy mezi textem a obrázky/pseudokódy (např. ze strany 8 na stranu 28 či ze strany 18 na 40), což zhoršuje čitelnost. Dle mého názoru se také autor dopouští přílišného používání poznámek pod čarou na úkor čitelnosti textu.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Práce používá běžných citačních konvencí, s občasným excesivním použitím poznámek pod čarou vedoucí na další reference.	

Autor se odkazuje na relevantní publikace v oboru průmyslové výroby a automatizace. V některých případech je odkaz na poznámku pod čarou vysázen velkým číslem, což pak působí jako odkaz na referenci. Není jasné, podle kterého kritéria se autor rozhodl, který odkaz na URL půjde do referencí s datem přístupu a který odkaz si to nezaslouží a je přítomen jen jako poznámka pod čarou. Rezervu práce spatřuji v rozboru souvisejících prací. V úvodní kapitole je tomu věnován odstavec, který ale na mě působí rozporuplně. Zmiňuje se například, že nejlepším způsob, který respektuje dané požadavky na systém, je založený na multiagentním paradigmatu. Ale na konec se řekne, že vlastně se to lidé snaží vyvíjet už dlouho a že to pořád příliš nefunguje, protože je zde mnoho technických překážek a proto to tady budeme dělat jinak. Proto bych uvítal, kdyby autor věnoval více prostoru popisu jiných technologií distribuovaného MES, či alespoň shrnutí vlastností/schopností MESů běžně používaných v současné průmyslové praxi a jejich porovnání se schopnostmi navrženého MES.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Autor prokázal funkčnost svého řešení při akci otevírací vylepšeného Testbedu, kde jeho řešení řídilo ukázkovou konfigurovatelnou výrobu. Autor je také spoluautorem konferenčního příspěvku vycházejícího z této práce, který byl odeslán na mezinárodní indexovanou IEEE konferenci.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Otázky k obhajobě:

1. *Můžete diskutovat výhodu distribuovatelnosti u navrženého řešení MES? Dokáže např. jiná instance MESu převzít úlohy jiné instance která zhavaruje? Nebo výhoda spočívá v tom, že řízení výroby je rozděleno do logických celků, které jsou do jisté míry nezávislé? Dělá navržená distribuovatelnost celé řešení robustnější? Pokud ne, jak by se řešení dalo upravit?*
2. *Diskutujte výhodu použití DT při procesu vykonávání plánu. Proč jsou akce plánu nejdříve simulovány před jejich provedení na lince? Kdy může nastat situace, že DT zjistí že akci nelze vykonat? Může být výstup z LispPlan někdy neproveditelný? Jaká je reakce na to?*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 30.5.2022

Podpis: