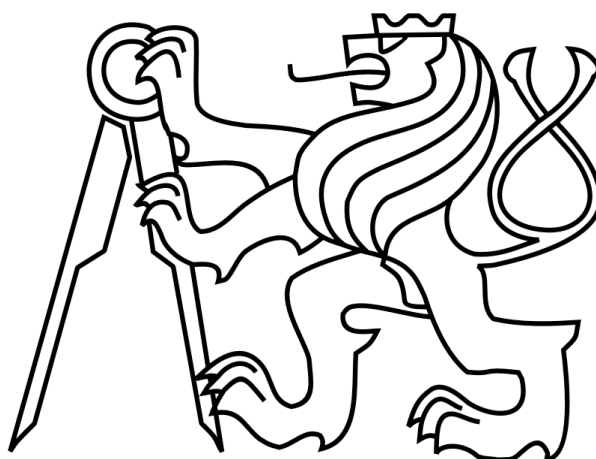


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Diplomová práce

Připojení strojů do výrobního informačního systému

2019

Bc. David Růžička



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Růžička** Jméno: **David** Osobní číslo: **419956**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní stroje a zařízení**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Připojení strojů do výrobního informačního systému

Název diplomové práce anglicky:

Connecting machines to manufacturing execution system

Pokyny pro vypracování:

Popis tématu: Propojení výrobních strojů s informačním systémem včetně výběru vhodného komunikačního rozhraní, sběr dat a vyhodnocení aktuálního stavu stroje, vizualizace stavů a interakce s uživatelem; Osnova práce: Rešerše v oblasti SW pro řízení výroby a sledování stroje, možnost připojení strojů, Návrh infrastruktury systému, komunikačního rozhraní, výběr proměnných pro vyhodnocení stavu stroje, Oživení systému a připojení vybraných strojů, Tvorba uživatelského rozhraní, Testování při reálném provozu; Rozsah grafické části: schémata a průběhy součástí textové části; Rozsah textové části: 60-80 stran.

Seznam doporučené literatury:

Dokumentace Siemens [online]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=en-CZ>; MAHNKE, W., S.H. LEITNER a M. DAMM, 2009. OPC Unified Architecture. Springer, 339 s.. ISBN-13: 978-3540688983.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jirí Švéda, Ph.D., ústav výrobních strojů a zařízení FS

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Petr Kolář, Ph.D., ústav výrobních strojů a zařízení FS

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **21.07.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2019**

Ing. Jirí Švéda, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Matěj Sulltka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

30.4.2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 21. 7. 2019

.....

Bc. David Růžička

Poděkování

Chtěl bych touto formou poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Jiřímu Švédovi, Ph.D., za cenné rady, vstřícný přístup a za čas investovaný do konzultací a do kontroly této práce.

Dále bych rád poděkoval Ing. Martinu Hurdovi za konzultace, které mi poskytl. Také bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Dubovi za to, že mi umožnil pracovat na tomto tématu.

Můj vděk patří také mým rodičům, kteří mi poskytovali podporu při celém mém studiu.

Anotace

Jméno autora:	David Růžička
Název DP:	Připojení strojů do výrobního informačního systému
Rozsah práce:	108 stran, 101 obrázků, 7 tabulek
Akademický rok:	2018/2019
Škola:	ČVUT
Ústav/Obor:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí DP:	Ing. Jiří Švéda, Ph.D.
Konzultant:	doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.
Zadavatel:	ČVUT FS
Využití:	Sběr a zobrazení aktuálních a historických dat získaných z výrobních strojů pomocí webového rozhraní.
Klíčová slova:	MES systém, Komunikace, OPC UA, Sinumerik 840d sl, KUKA, SIDAS, Excel Add-In, Tag, OEE, HDA
Anotace:	Práce se zabývá připojením výrobních strojů do MES systému. Náplní práce je připojení strojů do MES systému pomocí vhodného komunikačního rozhraní. Dále sběr vybraných dat ze strojů, jejich archivace a zobrazení pomocí webového rozhraní.

Annotation

Author:	David Růžička
Title of diploma:	Connecting machines to manufacturing execution system
Extent:	108 pages, 101 figures, 7 tables
Academic year:	2018/2019
Univerzity:	CTU – Fakulty of Mechanical Engineering
Department:	Ú12135 – Department of Production Machines
Supervisor:	Ing. Jiří Švéda, Ph.D.
Consultant:	doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.
Submitter of the Theme:	ČVUT FS
Application:	Collection and vizualisation of actual and historical data collected from production machines using a web interface
Keywords:	MES system, Communication, OPC UA, Sinumerik 840d sl, KUKA, SIDAS, Excel Add-In, Tag, OEE, HDA
Annotation:	The thesis focuses on connection of production machines with the MES systém. Part of the thesis is connection of production machines to the MES system using suitable communication interface. Next part focuses on collection of selected data from production machines, archivation of this data and visualisation of data using web interface.

Obsah

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK	10
1 ÚVOD.....	12
2 CÍL PRÁCE	14
3 VÝROBNÍ INFORMAČNÍ SYSTÉMY	15
3.1 MES SYSTÉMY	16
3.1.1 SIDAS	19
3.1.2 MES Pharis	21
3.1.3 Siemens – Simatic IT	22
3.2 PROPOJENÍ STROJŮ S MES SYSTÉMEM	24
3.2.1 Topologie sítí.....	24
3.2.2 Standardy používané pro komunikaci	25
3.2.2.1 OPC	25
3.2.2.2 MODBUS	29
3.2.2.3 PROFIBUS.....	31
3.2.2.4 Profinet.....	33
3.2.2.5 EtherCAT	35
4 NÁVRH INFRASTRUKTURY	38
4.1 VOLBA KOMUNIKAČNÍHO ROZHRANÍ A VÝROBNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU ..	38
4.2 PROPOJENÍ HISTORIANU A SIDASU	39
4.3 VÝBĚR PROMĚNNÝCH	40
4.4 STAV STROJE	42
4.4.1 Proměnné – stav stroje	43
4.4.1.1 Proměnné Siemens Sinumerik 840d sl	43
4.4.1.2 Proměnné KUKA KR C4	45

4.4.2	Proměnné – historická data.....	45
4.4.2.1	Proměnné Siemens Sinumerik 840d sl	46
4.4.2.2	Proměnné KUKA KR C4	47
5	NASTAVENÍ OPC UA KOMUNIKACE	49
5.1	SIEMENS SINUMERIK 840D SL	49
5.2	KUKA.....	52
5.2.1	Přihlášení do systému	52
5.2.2	Nastavení sítě	53
5.2.3	Propojení OPC UA serveru s klientem	55
6	IMPLEMENTACE MES SYSTÉMU.....	57
6.1	NASTAVENÍ HISTORIANU	57
6.1.1	Základní obrazovka	57
6.1.2	Instalace data kolektorů	58
6.1.2.1	Instalace prvního data kolektoru	58
6.1.2.2	Instalace následujících data kolektorů	59
6.1.3	Přidání a nastavení proměnných.....	61
6.1.4	Instalace a využití Calculation kolektoru.....	65
6.2	SIDAS.....	66
6.2.1	Navázání tagů	67
6.2.2	Přidání položek konfiguračního stromu	70
6.2.2.1	Přidání položek OEE.....	71
6.2.2.2	Přidání položek HDA.....	72
6.2.3	Konfigurace stromu OEE.....	74
6.2.4	Konfigurace HDA.....	75
6.2.5	Konfigurace a správa uživatelů	76

6.3	VIZUALIZACE.....	79
6.3.1	Základní obrazovka	79
6.3.2	Detail pracoviště.....	79
6.3.3	Detail stroje	80
6.3.4	Monitoring HDA proměnných	82
7	EXCEL ADD-IN.....	84
7.1	INSTALACE A NASTAVENÍ.....	84
7.2	FUNKCE EXCEL ADD-IN	85
7.3	VYUŽITÍ EXCEL ADD-IN	86
8	TESTOVÁNÍ PŘI PROVOZU	88
8.1	TESTOVACÍ STAND	88
8.2	KR 60-3 s ŘÍDICÍM SYSTÉMEM SIEMENS SINUMERIK 840D SL	89
8.3	WELDPRINT S ŘÍDICÍM SYSTÉMEM SIEMENS SINUMERIK 840D SL.....	91
9	ZÁVĚR.....	93
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ	102
	SEZNAM TABULEK.....	107
	SEZNAM PŘÍLOH.....	108

Přehled použitých zkratk

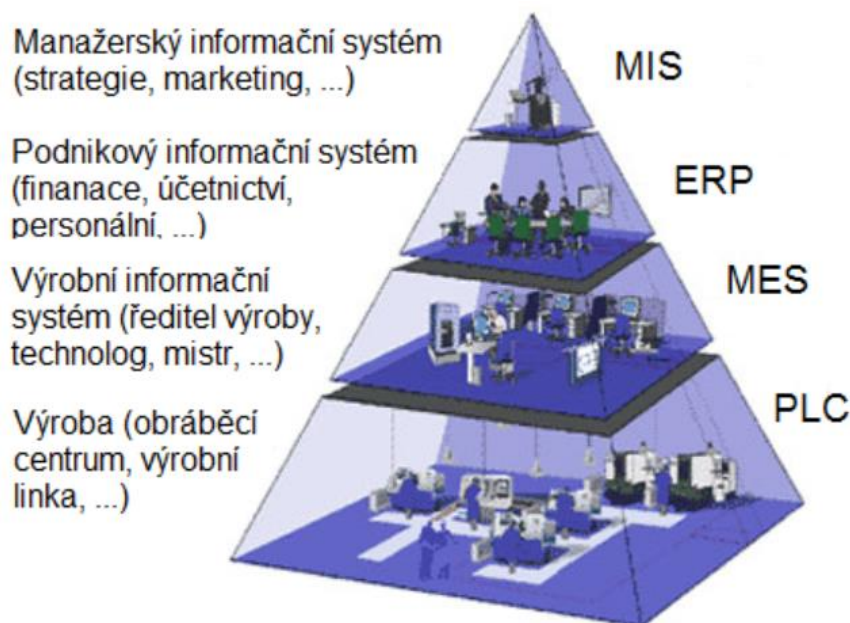
ADU	Application Data Unit
AE	Alarms and Events
CBA	Component Based Automation
CIIRC	Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky
CNC	Computer Numeric Control
COM	Component Object Model
DA	Data access
DB	Data Block
DCOM	Distributed Component Object Model
DNS	Domain Name System
ERP	Enterprise Resource Planning
HDA	History Data Access
HW	Hardware
IO	Input/Output
IP	Internet protocol
IRT	Isochronous Real Time
IT	Information technology
KLI	KUKA Line Interface
MAC	Media Access Control
MES	Manufacturing Execution System

MPI	Message Passing Interface
NC	Numeric Control
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OPC	OLE for proces control
PDU	Protocol Data Unit
PLC	Programmable Logic Controler
NCU	Numeric Control Unit
IPC	Industrial PC
RT	Real-time
ŘS	Řídicí systém
SCADA	Supervisory Control And Data Aquisition
SQL	Structured query Language
SW	Software
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UA	Unified Architecture
UDP	User Datagram Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	eXtensible Markup Language

1 Úvod

V posledních letech dochází k velkému rozvoji konceptu Průmyslu 4.0, který je spojován se čtvrtou průmyslovou revolucí. Čtvrtou průmyslovou revolucí, a tedy i Průmysl 4.0, vyvolalo především velké rozšíření vysokorychlostního internetu. Cílem Průmyslu 4.0 je celková digitalizace továren, čímž dojde k co největšímu propojení jednotlivých výrobních systémů a tím vyšší flexibilitě a efektivitě výroby, kvalitě výroby, ale i bezpečnosti [8] [15] [19].

Chod firmy může být rozdělen do čtyř oblastí (obrázek 1). Každý informační systém zastává v rámci firmy různé úkony tak, aby byl zajištěn bezproblémový chod firmy [14].



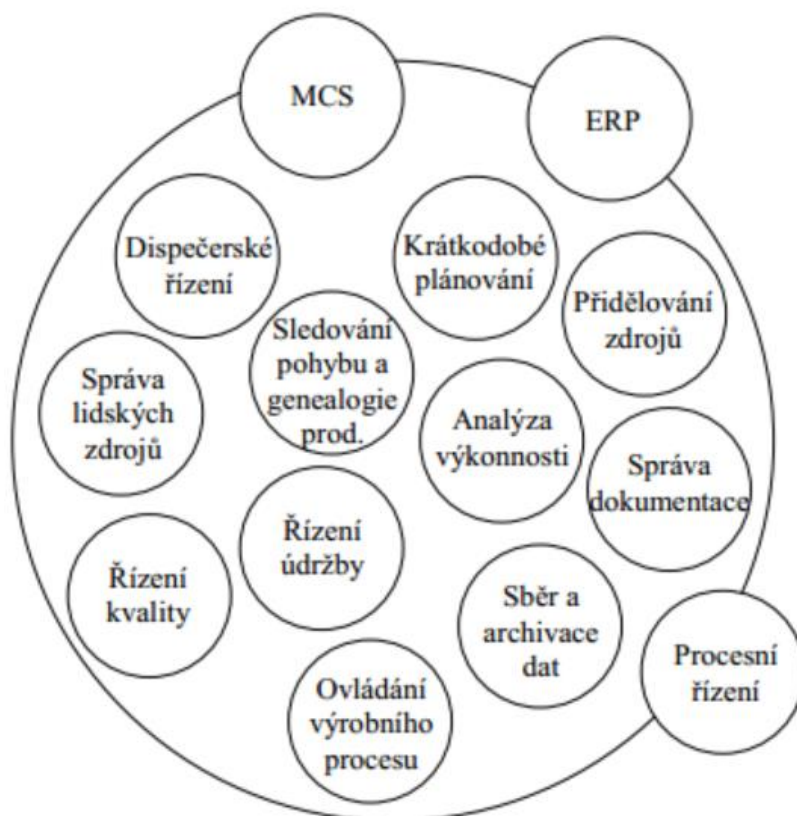
Obrázek 1: Struktura firmy dle systémů [14]

Manufacturing execution systems (dále jen „MES“) nebo také Výrobní informační systém je využíván pro komunikaci mezi výrobou (systémy automatizace výroby např. PLC) a podnikovými informačními systémy (ERP). MES systémy slouží pro plánování a řízení výroby. Jelikož tyto systémy pracují s daty v reálném čase, dokáží pružně reagovat na situace vzniklé ve výrobě [16] [17]. Zároveň dokáží operativně řešit i požadavky z obchodu a upravit tak chod výroby, aby byla co nejefektivnější.

Výhody nasazení MES systému:

- Optimalizace výrobního procesu (čas cyklu)
- Snížená doba zpracování dat
- Redukce množství kancelářské práce
- Lepší plánování
- Zlepšení služeb poskytovaných zákazníkům
- Vyšší kvalita výroby

Organizace MESA vytvořila funkční model MES systému, který pokrývá všechny funkce, které může MES systém obsahovat (obrázek 2) [18].



Obrázek 2: Funkce MES systému dle organizace MESA [18]

Pro zajištění komunikace mezi jednotlivými systémy byly různými firmami vyvinuty komunikační standardy. Tyto standardy se využívají v různých aplikacích.

2 Cíl práce

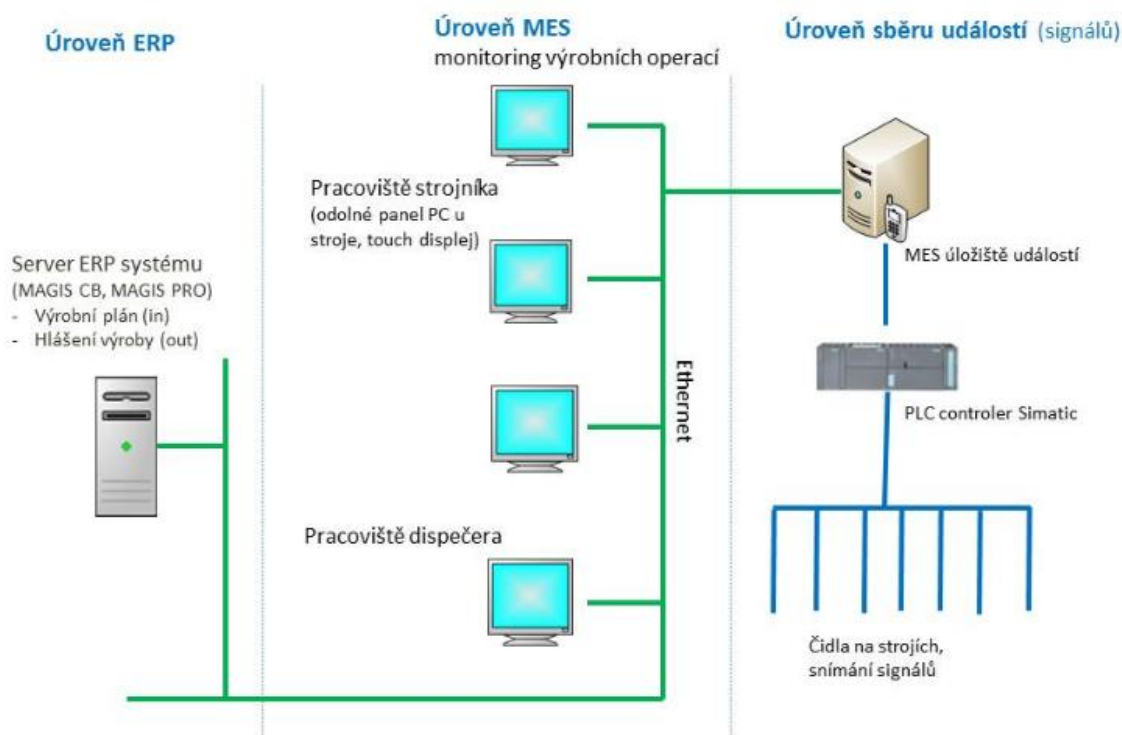
Cílem práce je propojení strojů, které se nachází v laboratoři v budově CIIRC, s nadřazeným výrobním informačním systémem. Pro naplnění cíle práce bylo nutné provést následující dílčí úkony:

- Rešerše v oblasti výrobních informačních systémů a vhodného komunikačního rozhraní pro jejich propojení s výrobou
- Vytvoření infrastruktury v rámci laboratoře a výběr vhodných proměnných pro určení stavu stroje a jeho chování
- Nastavení OPC UA serverů vybraných strojů
- Nastavení sběru dat a konfigurace vybraného MES systému
- Vytvoření webového rozhraní pro zobrazení dat
- Testování

3 Výrobní informační systémy

Firmy se v dnešní době snaží zvýšit svoji produktivitu a tím i ziskovost pomocí sběru dat ze svých strojů do cloudu (databáze). Data posbíraná do databáze se následně analyzují a vyhodnocují za pomoci různých softwarových nástrojů. Po vyhodnocení je následně možné zefektivnit a optimalizovat výrobu. Pro přenos se využívají protokoly, které zajišťují spolehlivý a zabezpečený tok dat do cloudu (server přístupný odkudkoli z internetu) nebo lokálního úložiště (server ve firmě) [9] [18].

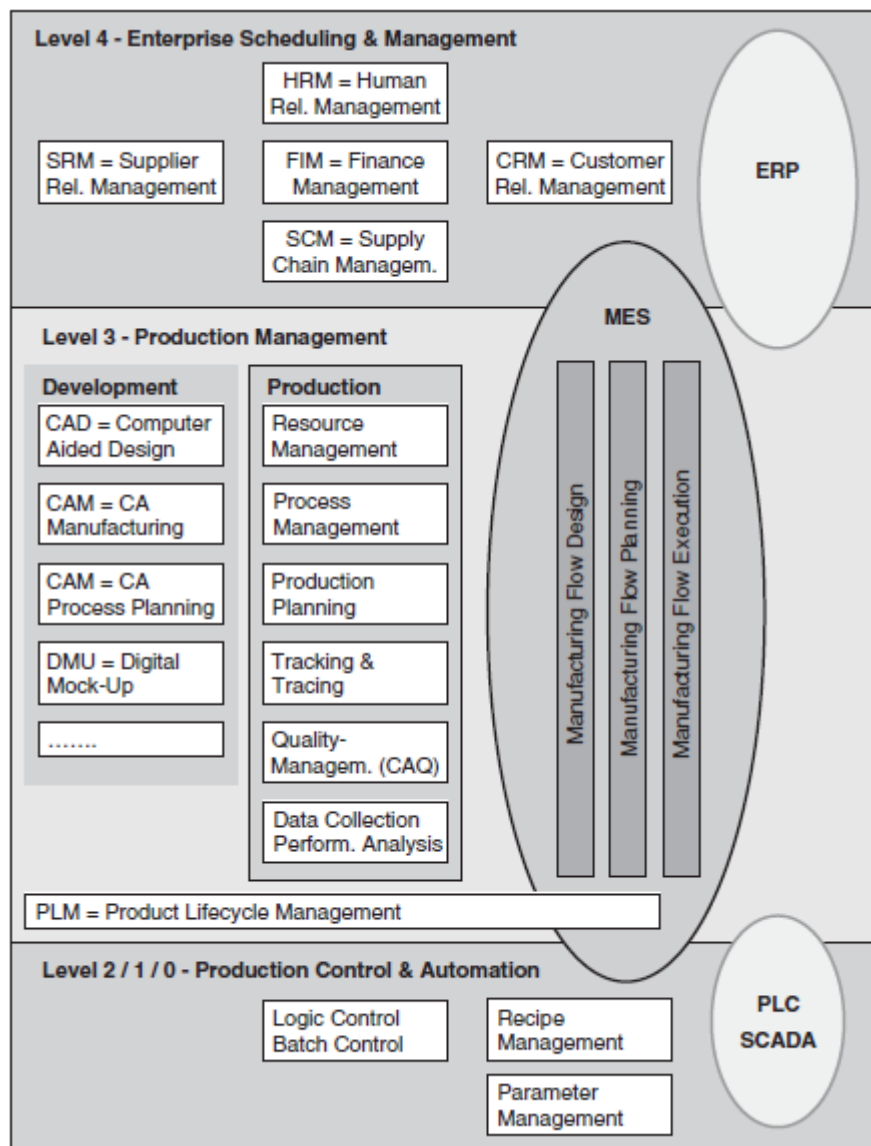
Aby byla zajištěna maximální efektivita, využívají se pro komunikaci mezi managementem firmy (ERP systém) a pracovníky firmy obsluhující jednotlivé stroje nebo pracovníky starající se o určitý úsek výroby (PLC, SCADA) takzvané MES systémy (obrázek 3) [18].



Obrázek 3: Schéma propojení MES, strojů a informačního systému [7]

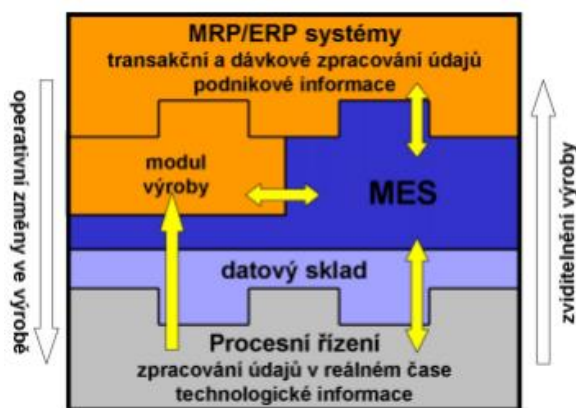
3.1 MES systémy

V dnešní době dochází ke stále většímu nárůstu digitalizace továren. S tímto nárůstem digitalizace je spojován pojem Průmysl 4.0. Jedním z důležitých stavebních kamenů pro Průmysl 4.0 je komunikace mezi podnikovým informačním systémem (ERP systém) a výrobními systémy (obráběcí stroj, výrobní linka atd.). Tuto komunikaci zajišťují takzvané výrobní informační systémy (MES systémy). Podrobná struktura firmy je vidět na obrázku 4 [8] [15] [18].



Obrázek 4: Struktura firmy – model dle ISA [1]

MES systémy pracují s daty v reálném čase sbíranými z fyzické úrovně výroby. Real-time data umožňují MES systému pružně reagovat na různé problémy, které mohou ve výrobě vzniknout i na požadavky z obchodu, které je nutné vyřídit okamžitě a zaručit tak co nejefektivnější chod výroby. Organizace MESA stanovila základní předpoklady definující funkce, které by měly MES systémy pokrývat. Při realizaci systému nemusí být obsaženy všechny funkce nebo se některé mohou překrývat (obrázek 5) [14] [18].



Obrázek 5: Zařazení MES systému ve struktuře firmy [18]

Funkcionality MES systému dle organizace MESA:

Krátkodobé plánování – jedná se o jednodenní až dvoudenní plánování výroby. Program naplánuje a rozvrhne jednotlivé výrobní operace mezi jednotlivá výrobní stanoviště nebo osoby tak, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům a efektivita výroby byla stále co nejvyšší. Plán se upravuje ze získaných dat a dokáže zohlednit např. naplánované opravy zařízení, rozbití jedné části linky atd.

Přidělování zdrojů a kapacit – zajišťuje, aby všechny zdroje potřebné k výrobě byly dostupné po celou dobu výroby. Jde o kontrolu materiálu, pracovních nástrojů a strojů, pracovních sil a další.

Dispečerské řízení výrobních jednotek – podle objednávek a vytvořených rozvrhů koordinuje výrobu na jednotlivých pracovištích a zajistí vše potřebné pro výrobu. Současně sleduje aktuální stav výroby pracovišť.

Správa dokumentace – obsahuje databázi všech dokumentů týkajících se výroby. V databázi jsou uložena schémata, výrobní postupy, výkresy, receptury atd. Zahrnuje také informace o průběhu a výsledcích výroby a jejich porovnání se zadáním.

Sledování pohybu a genealogie produktu – uchovává informace o průběhu výroby výrobku. Obsahuje data o operacích, materiálech, ale i podmínky, při kterých byl výrobek vyroben (např. teplota).

Analýza výkonnosti – porovnává aktuálně získaná data s historickými daty. Dokáže predikovat určitá chování stroje a upozornit na ně. Vypočítává požadované výrobní ukazatele.

Správa lidských zdrojů – obsahuje informace o zaměstnancích podniku. Vypočítává časy pro jednotlivé pracovní úkony a přiděluje jednotlivým pracovníkům činnosti. Zahrnuje i informace o kvalifikaci zaměstnanců.

Řízení údržby – uchovává data potřebná pro plánování a řízení údržby pracovišť tak, aby nedocházelo ke zbytečným odstávkám výroby vlivem poruch a všechna zařízení se udržovala v provozuschopném stavu.

Ovládání výrobního procesu – umožňuje operátorům výroby řídit výrobní proces.

Řízení kvality – zpracovává real-time data z vybraných senzorů. Pokud zachytí odchylku od požadované kvality výrobku, informuje o tom obsluhu. Díky tomu je možné opravit problém včas. Do výroby lze zařadit také off-line data získaná z jiných měřicích pracovišť.

Sběr a archivace dat – jedna z nejdůležitějších funkcí MES systému. Během výroby dochází k nepřetržitému ukládání dat např. do cloudu. V cloudu se data archivují a následně je možné data zpracovávat. Tato data je dále možné využít k analýze výrobního procesu. Data lze zobrazovat pomocí webových stránek nebo aplikací [16] [17] [18].

Vzhledem k velkému rozvoji automatizace výrobních procesů vzniklo mnoho firem, které se zabývají problematikou MES systému a nabízí svá řešení MES

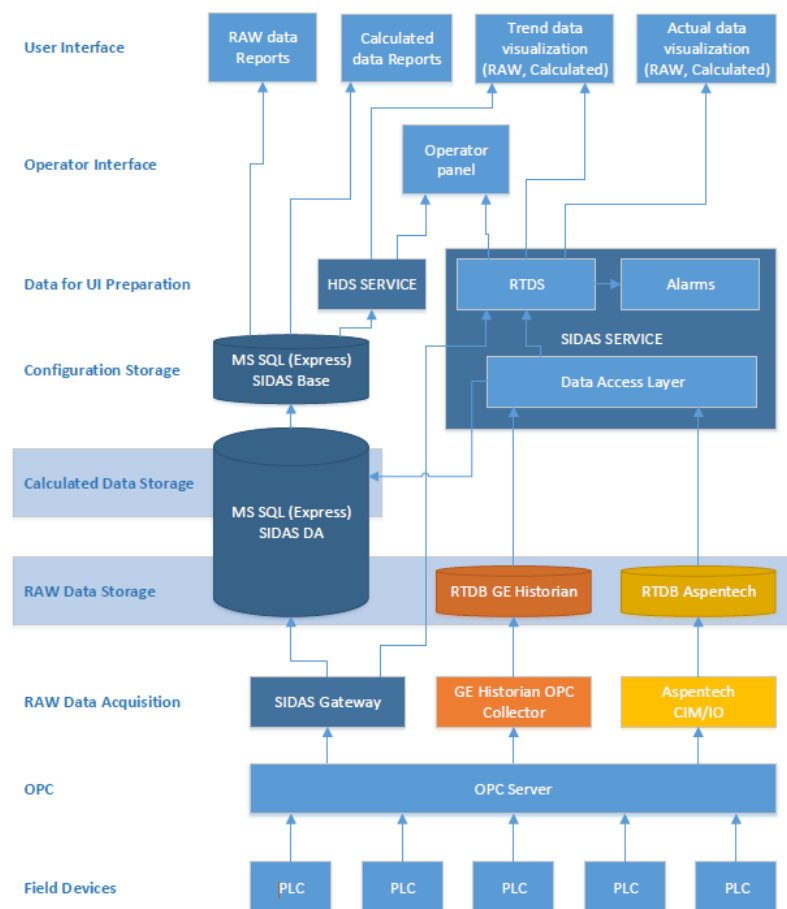
systémů. V následujícím textu bude uvedeno několik příkladů MES systémů od českých i zahraničních výrobců.

3.1.1 SIDAS

MES systém poskytovaný firmou SIDAT nabízí dvě varianty řešení. Jednou variantou je platforma OEE, která se zaměřuje na úlohy sledování výroby a vyhodnocování výrobních ukazatelů pro zjištění efektivity výroby [42]. Druhá platforma se zaměřuje na monitoring a reporting spotřeby různých druhů energií. Specializuje se tedy především na sběr dat a následné výkonnostní analýzy. Jde o řešení IEM. Obě řešení jsou vhodná pro nasazení v malých i velkých podnicích ve všech průmyslových odvětvích [43].

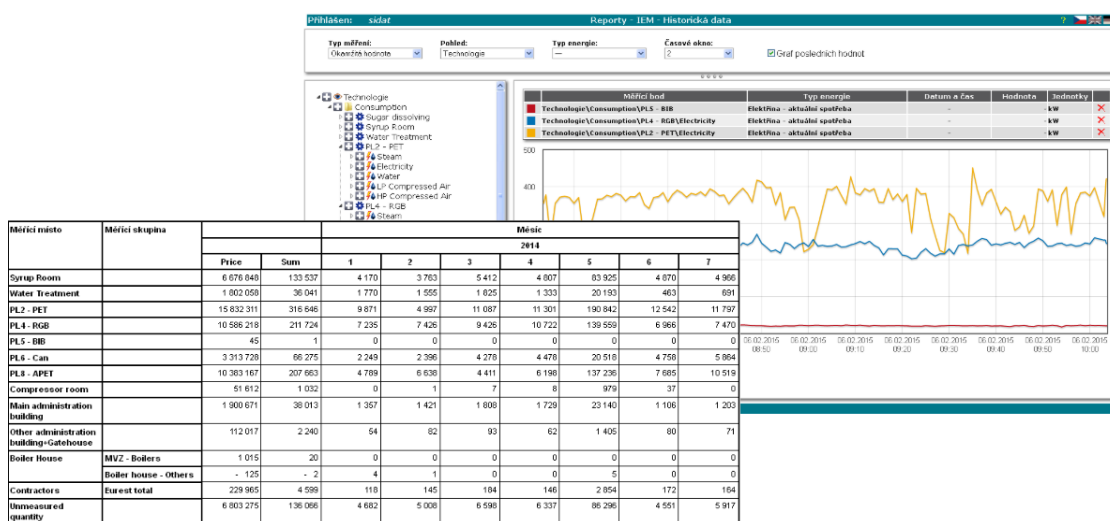
Základem systému je **MS SQL server**, který slouží k archivaci sbíraných dat. SQL server umožňuje přístup k datům prostřednictvím WWW rozhraní a zároveň umožňuje i rozlišení uživatelů. Nabízí také využití archivů z jiných platforem. Podporovanými platformami jsou např. WinCC, SimaticIT, ProLeiT a další. Jako databázi je možné využít např. SQL databázi od firmy Microsoft nebo Proficy Historian od firmy GE Digital (obrázek 6) [42] [43].

Pro zadávání dat je možné využít WWW prohlížeč, import z předdefinovaného souboru nebo mobilní zařízení využívající iOS a Android. Sběr dat využívá OPC rozhraní, díky čemuž je možné získat data ze všech zařízení podporujících OPC rozhraní [42] [43].



Obrázek 6: Struktura systému SIDAS [20]

Výstup dat je možný dvěma způsoby. Prvním je sledování **aktuálního stavu výroby** v prohlížeči nebo aplikaci. Druhým výstupem jsou **reporty**, které zobrazují vybrané ukazatele výroby v požadovaných časových intervalech (obrázek 7). Data je možné dle potřeby filtrovat. Reporty jsou exportovány do různých formátů (xml, xcsv ...) [42] [43].

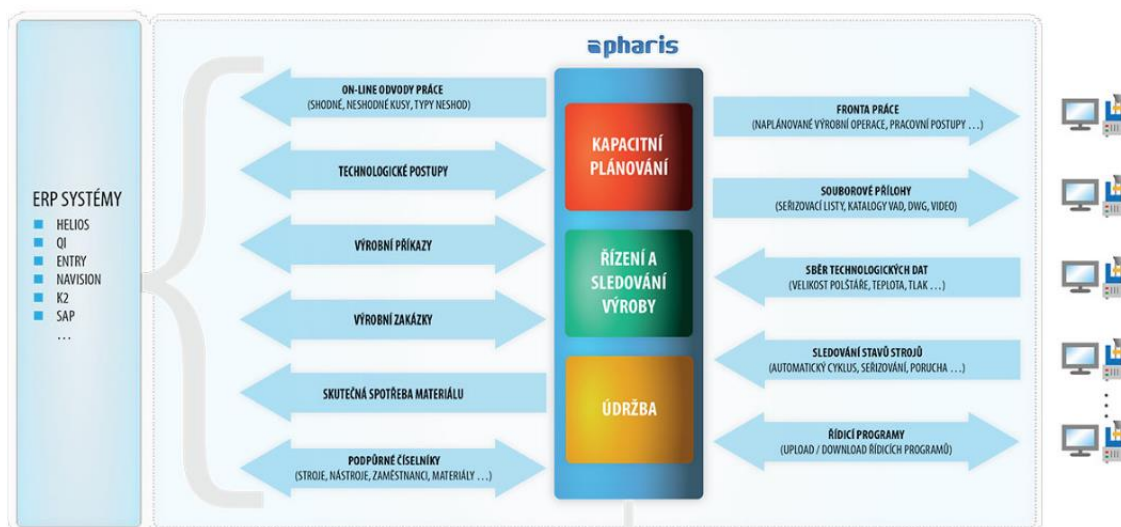


Obrázek 7: Ukázka webového rozhraní a reportu

3.1.2 MES Pharis

Tento výrobní systém je vhodný pro komunikaci jak s ERP systémem, tak i s jednotlivými výrobními pracovišti. Specializuje se především na lisování plastů a kovů, automotive, kovoobrábění a montážní linky a je vhodný pro jakkoli velký podnik. Jedná se o **modulární systém**, který nabízí až 35 modulů (obrázek 8). Jedná se např. o moduly pro pokročilé plánování výroby, sběr dat, řízení výroby a kvality a další [44].

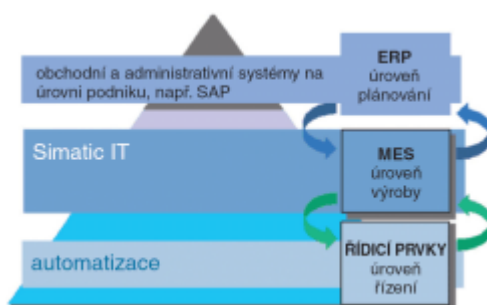
MES Pharis podporuje připojení k ERP systémům SAP, HELIOS, QI a další. Pokud firma nedisponuje ERP systémem, může MES Pharis běžet autonomně. Systém podporuje velké množství standardů používaných pro komunikaci s jednotlivými zařízeními ve výrobě. Pro připojení lisů, CNC strojů a jejich periferií je možné využít OPC UA, Euromap 63 a 77 a jiné [44].



Obrázek 8: Struktura systému MES Pharis [44]

3.1.3 Siemens – Simatic IT

Firma Siemens nabízí MES systém Simatic IT v různých variantách. Každá varianta se liší svým zaměřením. Struktura zapojení Simatic IT v rámci firmy je znázorněno na obrázku 9 [13].



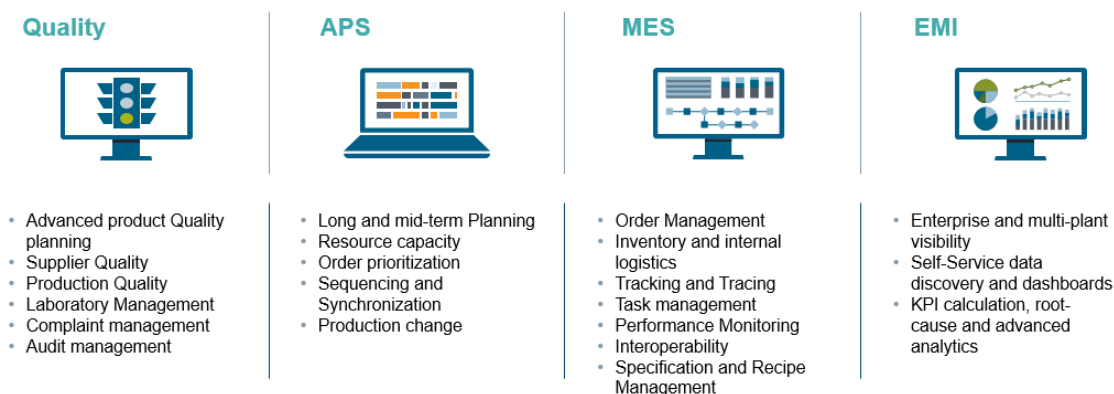
Obrázek 9: Začlenění Simatic IT do struktury firmy [9]

Koncepce Simatic IT:

Dříve byly MES systémy vytvořeny jako celek pro jeden specifický výrobní podnik. Požadavky na systém jsou nastaveny v programu, který je později těžké měnit. Nelze tedy tento systém pouze upravit a využít u jiného zákazníka. Firma Siemens se se svým řešením snaží vytvořit systém, který by byl flexibilní a dokázal pokrýt co nejširší škálu aplikací [9]. K tomuto účelu byl vytvořen systém s názvem Simatic IT UA, který by měl spojovat všechny funkce do jednoho systému. Zároveň má zajistit, aby bylo možné využít stávající systémy,

kteřé jsou již ve firmě využívány, a dokázat je začlenit do svého systému. Tím dojde k ušetření nákladů při digitalizaci továrny [13].

Siemens ve svém portfoliu nabízí čtyři základní typy systémů. Tyto systémy dokáží zajistit celkovou digitalizaci továrny a optimalizovat tak výrobní proces (obrázek 10) [13].



Obrázek 10: Základní typy systémů nabízených firmou Siemens [13]

Nabízená řešení MES systémů:

- Simatic IT eBR

Jedná se o verzi systému, která se specializuje na farmaceutický průmysl. Tento systém umožňuje výrobu bez papírování s elektrickou evidencí [45].

- Simatic IT R&D Suite

Systém vytvořený pro firmy, které se zabývají procesním průmyslem. Umožňuje jim zvýšit výzkumný a vývojový potenciál, přičemž nabízí vysokou flexibilitu. Slouží k zefektivnění a optimalizaci výroby [46].

- Opcenter Execution Discrete

Poskytuje výrobní funkce zajišťující flexibilitu a efektivitu. Zároveň nabízí nástroje pro úplnou integraci regulačních a kvalitativních požadavků. Zajišťuje viditelnost prodejny, díky čemuž se zvýší kvalita a efektivita továrny z hlediska dodavatelství [11].

- Opcenter Execution Process

Umožňuje tvorbu interaktivních panelů pro analýzu výrobních dat, přičemž se zaměřuje především na plánování a kvalitu výroby. Dále umožňuje transformaci receptů pro plánování a provádění zakázek [12].

- Opcenter Execution Electronics

Platforma vytvořená speciálně pro elektronický průmysl. Obsahuje speciální knihovny definované pro elektronický průmysl, čímž zaručí rychlejší změnu výroby. Tím dochází ke zrychlení a zefektivnění výroby [10].

3.2 Propojení strojů s MES systémem

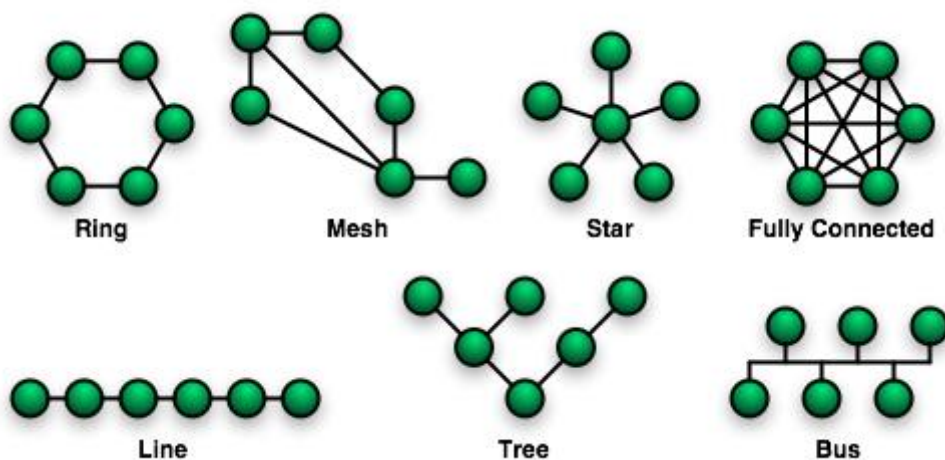
Pro zapojení MES systému v rámci infrastruktury firmy je možné využít dva způsoby získávání dat. Prvním z nich je připojení MES systému s pomocí **vizualizace**. Vizualizace je již ve většině případů ve firmě využívána, tudíž je připojení snadnější a levnější. Avšak při použití vizualizace pro získávání dat je možné přenést jen malé množství dat, způsobuje vyšší dobu odezvy systému a menší bezpečnost. Ve druhém připojení probíhá propojení napřímo s **řídícím systémem s využitím adaptéru**, který je speciálně navržen pro přenos dat do MES systému. Výhodou adaptéru je, že umožňuje přenos mnohem většího množství dat při nižší době odezvy a zároveň s vyšší úrovní zabezpečení [1].

3.2.1 Topologie sítí

Propojení strojů může probíhat pomocí kabelu nebo bezdrátově s využitím routeru. Při použití bezdrátového připojení dochází ke snížení rychlosti přenosu dat, proto se nejčastěji využívá propojení strojů pomocí kabelu. Pomocí kabelů lze vytvořit různé struktury sítí (obrázek 11) [40]. Pro fyzickou vrstvu sítě se v převážné většině sítí využívá ethernet. Jako kabel se nejčastěji využívá kroucená dvojlinka nebo optický kabel. Pro připojení do HW je využit konektor RJ – 45. Existuje velké množství protokolů, které využívají jako fyzickou vrstvu ethernet. Patří mezi ně např. TCP/IP, UDP, Profinet EtherCAT a další [38] [39].

Mezi nejčastěji využívané typy topologie patří:

- Kruh
- Hvězda
- Strom
- Lineární struktura
- Sběrnice (BUS)



Obrázek 11: Nejpoužívanější struktury sítě využívané v komunikaci [40]

3.2.2 Standardy používané pro komunikaci

3.2.2.1 OPC

OPC standard byl poprvé vydán v roce 1996 za účelem propojení PLC, které mělo vlastní specifické protokoly (PROFIBUS, MODBUS...) s ostatními zařízeními v síti, které pomocí těchto protokolů nekomunikují. V průběhu let bylo specifikováno velké množství standardů. Je možné je rozdělit do dvou dílčích skupin – OPC Classic a OPC UA [37].

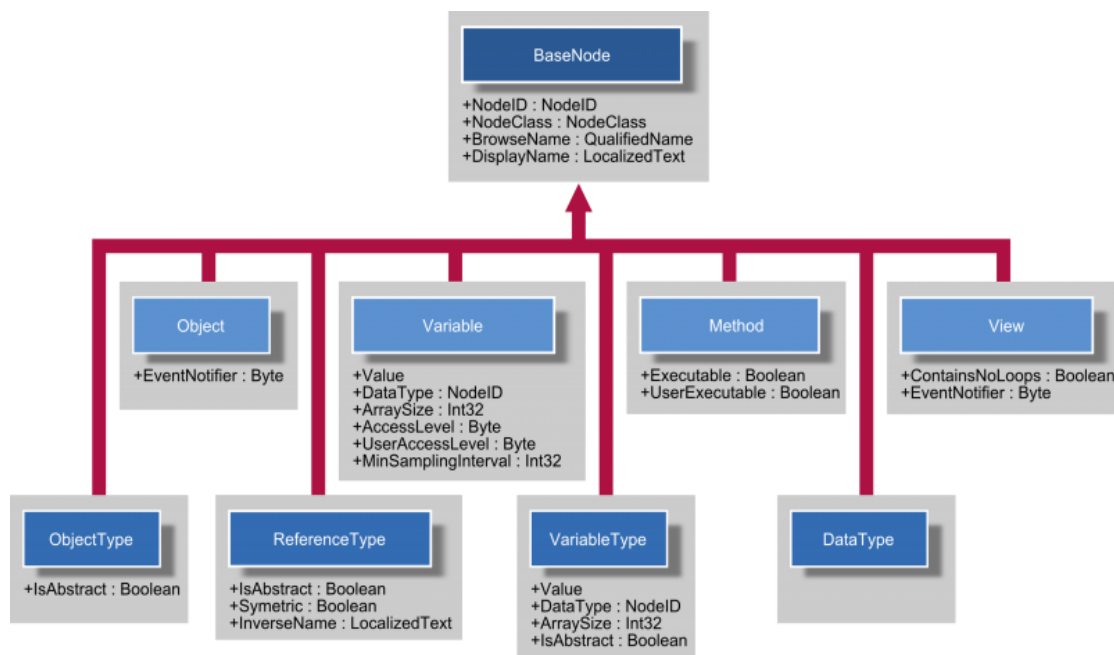
OPC Classic

- standardy tohoto typu fungují na operačním systému Microsoft Windows a používají technologii COM/DCOM pro výměnu dat. Do této skupiny patří např. OPC Data Access (OPC DA), OPC Alarms and Events (OPC AE) a další [37].

OPC Unified Architecture (OPC UA)

- tento standard byl vydán v roce 2008 a obsahuje v sobě všechny specifikace OPC Classic. Standard byl vytvořen z důvodu poptávky po jednotném standardu, který by zahrnoval všechny OPC Classic datové modely a zároveň umožnil využití OPC v systémech, které nevyužívají Microsoft Windows. Architektura OPC UA využívá protokol TCP/IP [36].

OPC UA server má nadefinovaný adresní prostor, který se zobrazuje klientovi. Adresní prostor je tvořen jednotlivými uzly (obrázek 12). Mezi uzly je možné vytvářet vazby (např. hasType) a vytvořit tak složitější objekty. Každý uzel musí mít svůj specifický identifikátor (NodeID), který musí být unikátní. Dále by měl mít jméno uzlu a jméno uzlu pro vyhledávání, které slouží pouze pro vyhledávání a nemusí být jedinečné. OPC Foundation nabízí předdefinovaný prostor, který obsahuje předdefinované prvky nutné pro provoz a další definování serveru [31] [41].

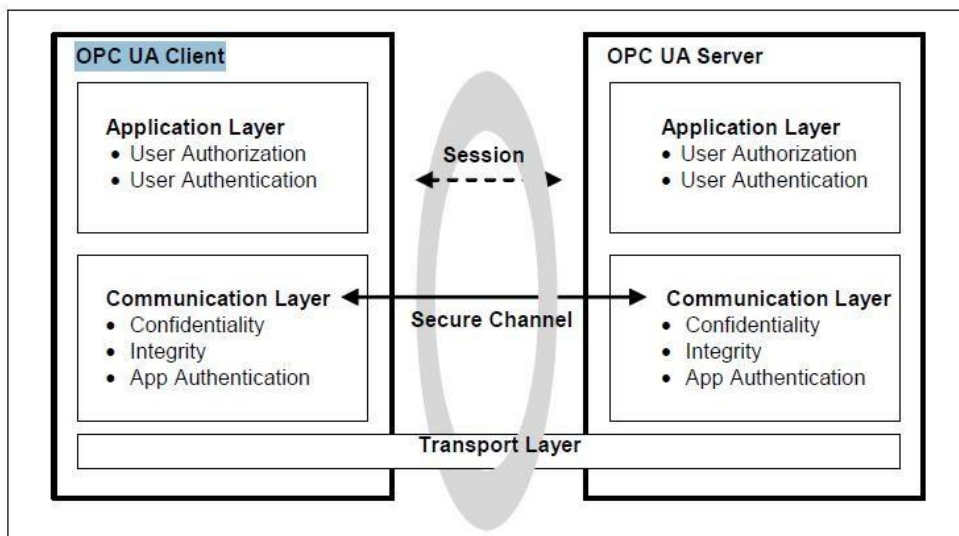


Obrázek 12: Model OPC UA serveru [47]

Zabezpečení OPC UA zahrnuje dvě vrstvy. Obsahuje autentizaci a autorizaci uživatelů. Zároveň zajišťuje šifrování dat (obrázek 13).

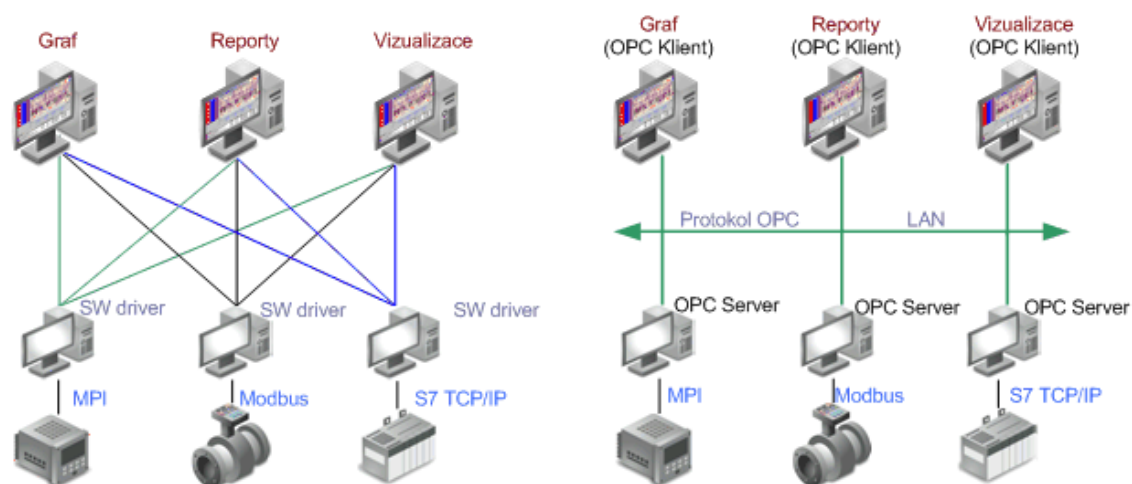
Aplikační vrstva – nabízí uživateli různé možnosti pro přihlášení k serveru. Přihlášení pomocí jména a hesla, certifikátu nebo Kerberos tokenu. Zároveň umožňuje přiřadit každému uživateli jiná práva (read, write, read/write).

Transportní vrstva – OPC UA převzalo zavedené bezpečnostní mechanismy. K ověřování se používají certifikáty x509, které jsou založeny na veřejném klíči (PKI). Ke které aplikaci je paměť certifikátů vázána, záleží pouze na vývojáři OPC UA serveru [48].



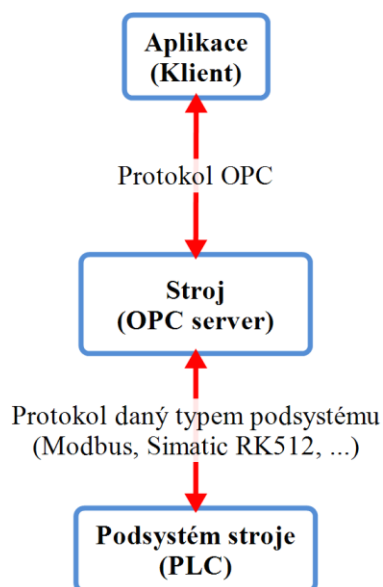
Obrázek 13: Vrstvy zabezpečení OPC UA [35]

Hlavní výhodou OPC je využití pouze jednoho komunikačního rozhraní mezi všemi systémy (HW i SW). Není tedy nutné mít pro každé zařízení ovladač. Zároveň odpadají problémy s kompatibilitou jednotlivých zařízení, operačních systémů atd. Jeden OPC server může komunikovat současně s několika klienty najednou a naopak (obrázek 14) [34].



Obrázek 14: Ukázka komunikace bez OPC UA (vlevo) a s OPC UA (vpravo) [34]

Komunikační protokol OPC funguje na principu **klient – server** (obrázek 15). OPC server umí pouze odpovídat na dotazy od klienta. Klient posílá serveru požadavky a přijímá odpovědi. OPC server komunikuje s připojeným zařízením pomocí komunikačního protokolu tohoto zařízení (např. komunikace s PLC pomocí protokolu MPI). Po získání dat je OPC server převede do vlastního formátu (OPC formát) a poskytne je softwarovým aplikacím, které je prezentují v grafické podobě nebo v podobě reportů [33] [34] [41].



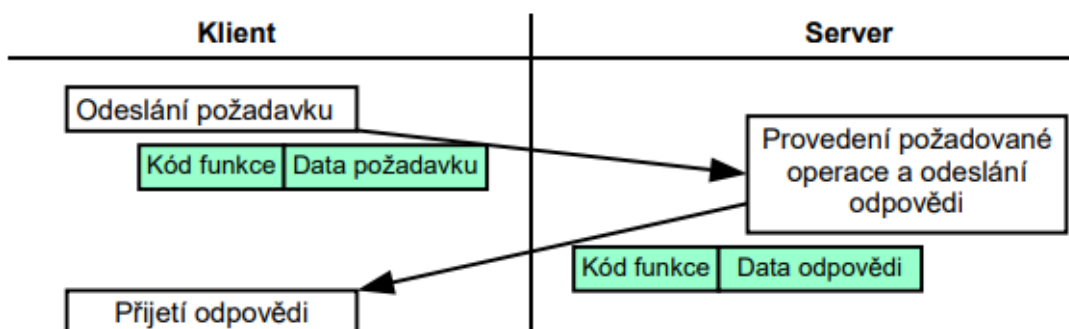
Obrázek 15: Struktura OPC UA komunikace

Dnešní doba nabízí nepřeberné množství OPC serverů. Mezi nejznámější patří servery od firmy Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi, ale existuje mnoho

dalších. OPC klient přijímá data z OPC serveru v OPC formátu a prezentuje tato data pomocí vizualizace. Mezi nejznámější OPC klienty patří InTouch, WinCC, iFix, Aspic [33].

3.2.2.2 MODBUS

MODBUS je komunikační protokol pracující na bázi **klient – server**. Komunikace využívá metodu požadavek – odpověď (obrázek 16). Umožňuje komunikaci mezi zařízeními na různých typech sběrnic a sítí [28] [29].

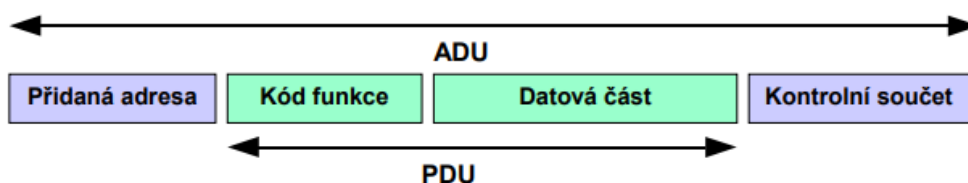


Obrázek 16: MODBUS transfer dat [30]

MODBUS podporuje komunikaci po sítích:

- TCP/IP Ethernet
- RS – 232C, RS – 422, RS – 485, optické vlákno, rádiový přenos
- Sít' MODBUS PLUS (obrázek 17) [28] [29].

PDU (Protocol Data Unit) je definován nezávisle na komunikační vrstvě. V závislosti na typu sítě, na které je následně protokol použit, jsou k PDU přidány další části. Po přidání dalších částí je získán ADU (Application Data Unit) (obrázek 17). Kód funkce určuje druh operace, která se má provést. Obsah datové části slouží k uskutečnění operace, která je určena kódem funkce [29] [30].



Obrázek 17: Tvar MODBUS protokolu [30]

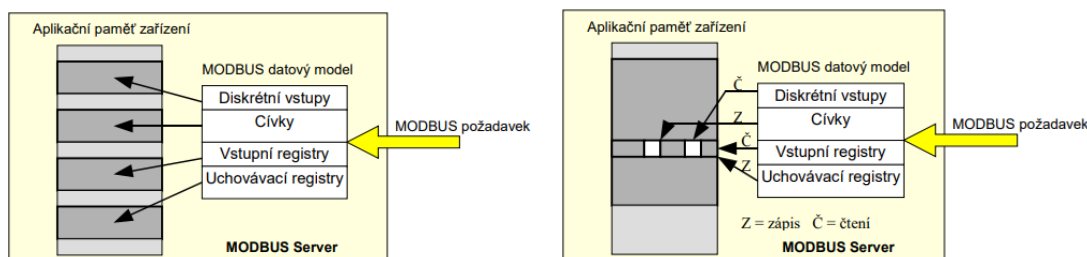
MODBUS používá datový model založený na sadě tabulek. Každá tabulka má daný význam. Základní tabulky jsou zobrazeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Tabulka datových modelů protokolu MODBUS

Tabulka	Typ položky	Přístup	Popis	Adresa (MODICON)
Diskrétní vstupy (Discrete Inputs)	1-bit	Pouze čtení	Data poskytovaná I/O systémem	10000÷19999
Cívky (Coils)	1-bit	Čtení/zápis	Data modifikovatelná aplikačním programem	0÷9999
Vstupní registry (Input Registers)	16-bitové slovo	Pouze čtení	Data poskytovaná I/O systémem	30000÷39999
Uchovávací registry (Holding Registers)	16-bitové slovo	Čtení/zápis	Data modifikovatelná aplikačním programem	40000÷49999

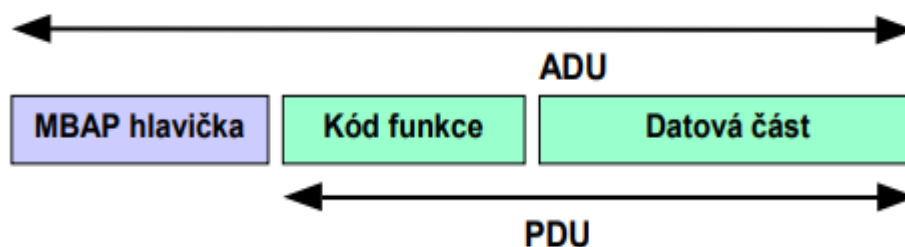
Zdroj: [30]

Existují dva možné způsoby **organizace dat** (obrázek 18). První způsob organizace dat používá zařízení, mezi jejichž tabulkami nejsou žádné vztahy. V tomto případě má každá tabulka svůj **vlastní adresní prostor**, do kterého je možné přistupovat pomocí funkcí MODBUSu. Druhou variantou je zařízení obsahující pouze **jeden datový blok**. K jednotlivým položkám se přistupuje různými funkcemi MODBUSu dle jejich výhodnosti v dané aplikaci [30].



Obrázek 18: Datový model MODBUS [30]

MODBUS standard lze implementovat na konkrétní síť nebo sběrnici. Příkladem je MODBUS TCP. Jde o implementaci MODBUSu na TCP/IP. Ukázka zprávy MODBUSu na TCP/IP je zobrazena na obrázku 19. Z obrázku je patrné, že pro identifikaci se využívá MODBUS Application Protocol Header (MBAP hlavička) [29] [30].



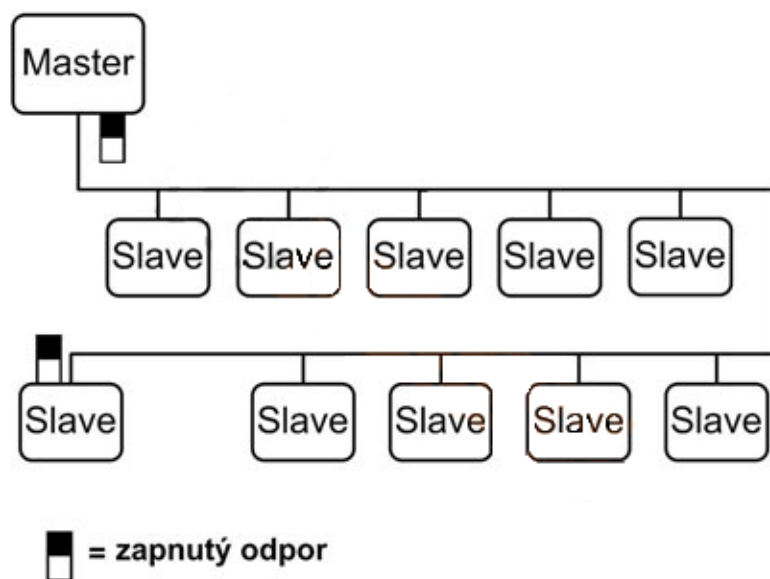
Obrázek 19: Tvar protokolu MODBUS TCP/IP [30]

3.2.2.3 PROFIBUS

PROFIBUS se využívá při automatizaci výrobních linek a řízení výroby. Existuje více variant tohoto komunikačního protokolu. Mezi nejpoužívanější varianty patří PROFIBUS DP a PROFIBUS PA [25].

Síť PROFIBUS funguje na principu **Master – Slave**. V síti může být připojena jedna řídicí stanice Master (MONO-MASTER) nebo více řídicích stanic Master (MULTI-MASTER). Stanice Master komunikuje s podřízenými zařízeními a po skončení komunikace předá řízení další stanici Master. Tento postup se opakuje, až se vytvoří kruh. Zařízením Master by měla být v síti přiřazena adresa 1, 2 atd. Stanice Slave by měla mít adresu navazující na stanici Master. Pokud tedy existují dvě stanice Master s adresami 1 a 2, pak Slave bude mít adresu 3. Je výhodné, aby zařízení měla adresy přiřazeny podle jejich umístění v síti [25] [49].

PROFIBUS využívá ke komunikaci standard RS485. Zapojení stanic je lineárně (obrázek 20) nebo do hvězdice, přičemž častěji je využíváno lineární zapojení, kde jsou stanice propojené jedna za druhou. Lineární síť je na konci zakončena odpory [25].



Obrázek 20: Ukázka zapojení lineární sítě Profibus [25]

PROFIBUS je tvořen jednotlivými segmenty, do kterých jsou připojena jednotlivá zařízení. Každý segment je zakončen zapnutým odporem. Maximální počet zařízení připojených v jednom segmentu může být až 32 a maximální počet oddělených segmentů je 9. Pro zvýšení počtu segmentů v síti nebo pro prodloužení povolené délky kabelu mezi stanicemi lze využít takzvaného repeatru. **Repeater** (obrázek 21) zajišťuje také zesílení signálů posílaných po síti a galvanické oddělení jednotlivých segmentů, aby nedocházelo k rušení signálů [25] [49].



Obrázek 21: Repeater pro síť Profibus (vlevo) a konektor s kabelem (vpravo) [25]

K propojení jednotlivých zařízení se využívá kabel (obrázek 21) skládající se z kroucené a stíněné dvojlinky. Stínění je použito zároveň také k uzemnění. Žíly kabelu jsou barevně odlišeny. Zelená žíla je označena jako linka A, červená jako linka B. V celé síti je nutné dodržet stejné uspořádání zapojení konektorů. Existují různé řady kabelů a jejich použití se liší podle provozu, ve kterém bude kabel využíván. Je možné využít např. kabel se zvýšenou odolností proti rušení, ohybu atd. Délka kabelu ovlivňuje rychlost sítě PROFIBUS (tabulka 2) [25] [49].

Tabulka 2: Rychlost sítě při dané délce segmentu

Rychlost sítě PROFIBUS	Maximální délka segmentu
9.6 kbit/s	1000 m
19.2 kbit/s	1000 m
45.45 kbit/s	1000 m
93.75 kbit/s	1000 m
187.5 kbit/s	1000 m
500 kbit/s	400 m
1500 kbit/s	200 m
3000 kbit/s	100 m
6000 kbit/s	100 m
12000 kbit/s	100 m

Zdroj: [25]

3.2.2.4 Profinet

Profinet je **protokol** založený na bázi **průmyslového ethernetu** a je možné ho využít ve všech úrovních průmyslové automatizace. Umožňuje propojení průmyslových zařízení, integraci se světem IT, bezdrátovou komunikaci a další [21].

Profinet je možné využít i ve stávající výrobě, protože nabízí integraci stávajících sběrnic, jako je např. PROFIBUS bez nutnosti změny. Výhodou Profinetu je, že využívá pro komunikaci na všech úrovních pouze jednu sběrnici a tím dochází ke zjednodušení instalace, údržby a tím i ke snížení nákladů [22] [24].

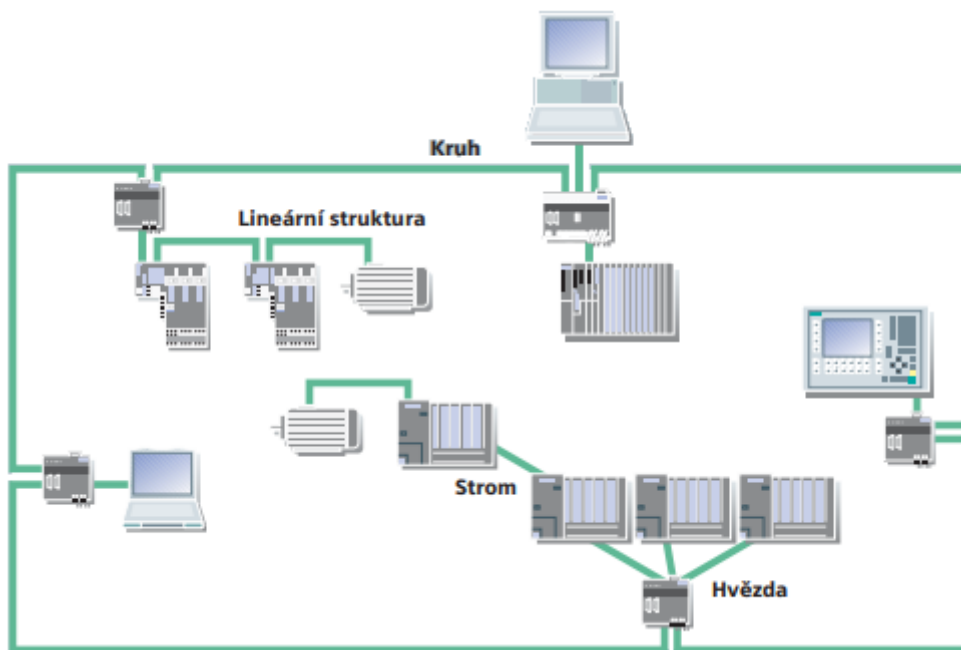
Profinet rozlišuje **tři základní typy komunikace**:

- standardní komunikace – přenosy dat pomocí protokolů TCP/IP a UDP/IP, které nejsou závislé na čase,

- komunikace pro reálný čas (RT) – přenos procesních dat, pro které je důležitá rychlá odezva. Jedná se např. o cyklická uživatelská data nebo událostmi řízená přerušení,
- izochronní reálný čas (IRT) – přenos dat určených pro taktování, např. řízení pohonu [23].

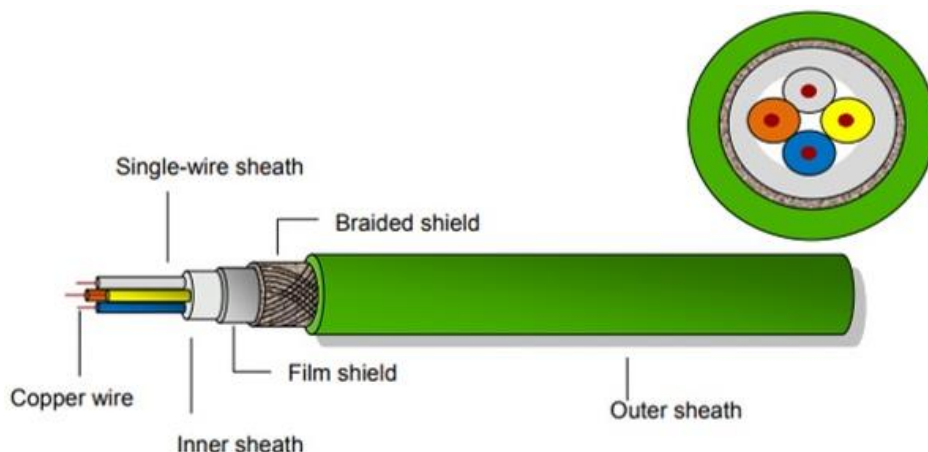
Existují dva typy aplikací Profinetu. Prvním typem je aplikace **Profinet IO**. Profinet IO slouží k propojení PLC s periferiemi stroje a přístrojovou technikou. Tato aplikace rozlišuje tři druhy zařízení. IO Controller (řídící jednotka vstupů a výstupů) pro výkon programu, IO Device (řízená jednotka) a IO Supervisor (dohlížející jednotka). Druhý typ se nazývá **Profinet CBA**, který je modulární a spojuje mezi sebou oddělené technologické moduly. Je využíván zejména pro komunikaci machine to machine [23] [24].

Topologie sítě profinet závisí na technologickém zařízení. Na obrázku 22 je zobrazeno možné zapojení zařízení do hvězdy, stromu, lineární struktury a kruhu (redundance). Každé zařízení v síti má tři charakteristické typy adres: IP adresu (např. 192.168.0.1), MAC adresu (např. 00-1C-06-0B-F2-46) a Jméno zařízení (např. PLC_1) [23].



Obrázek 22: Ukázka zapojení Profinetu při různých topologiích sítě [24]

Pro propojení jednotlivých zařízení se využívá ethernetový kabel (obrázek 23) s konektorem RJ-45. Rychlost přenosu dat může být až 1 MBit/s a délka kabelu může být až 100 metrů. Pro rozšíření sítě je možné využít průmyslové přepínače (switch) nebo průmyslové WLAN prvky bezdrátové sítě [23].

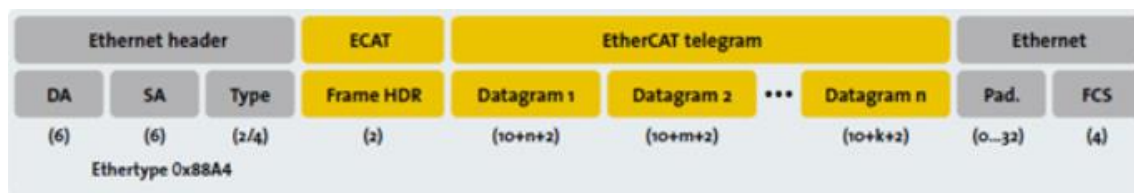


Obrázek 23: Průmyslový kabel profinet [50]

3.2.2.5 EtherCAT

EtherCAT je protokol typu **Master – Slave** založený na bázi **Ethernetu**. Využívá se zejména v oblasti komunikace řídicích systémů s distribuovanými zařízeními pro real-time komunikaci. EtherCAT lze použít pro komunikaci mezi zařízeními od různých výrobců, pokud tato zařízení podporují tento protokol [26] [27].

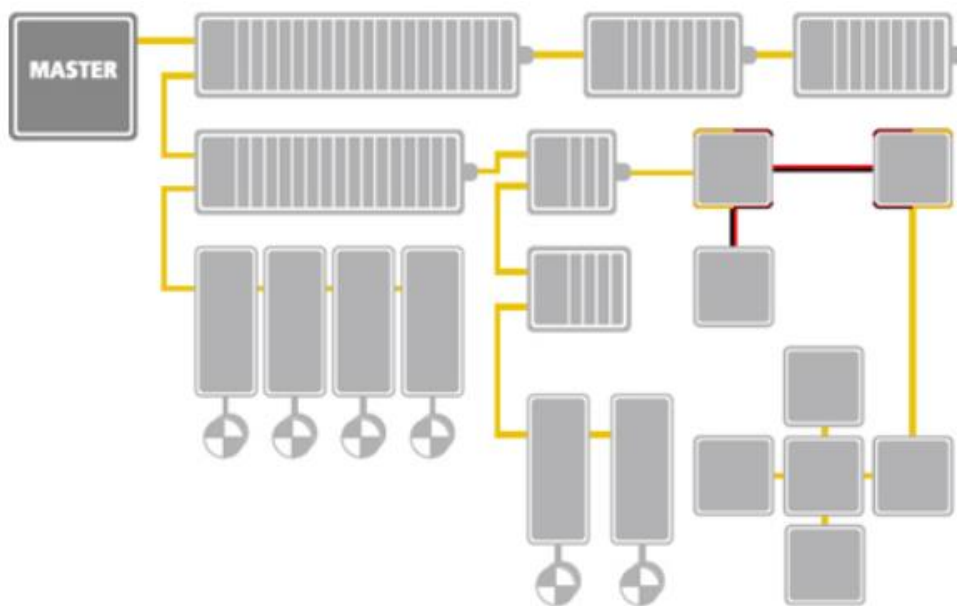
Při komunikaci mezi zařízeními Master posílá data frame, která prochází jednotlivými uzly sítě. Zařízení Slave přečte data, která jsou mu adresována za pochodu, a zároveň zapisuje svá data do rámce. Poslední zařízení Slave v řetězci posílá frame zpět do zařízení Master. Frame se skládá z Ethernet header, ECAT, EtherCAT telegram a Ethernet (obrázek 24) [27].



Obrázek 24: Protokol standardu EtherCAT [26]

EtherCAT frame může obsahovat jeden nebo více **datagramů**. Hlavička datagramu přiřazuje typ příkazu (read, write, read – write), který chce Master vykonat [26].

EtherCAT podporuje většinu topologií sítě. Mezi nejběžněji používané topologie patří line, tree, star a daisy-chain (obrázek 25) [26].



Obrázek 25: Podporované topologie sítě EtherCAT [26]

Pro přenos dat je možné využít protokolu EtherCAT nebo EtherCAP P (obrázek 26). Tyto protokoly jsou identické vzhledem ke struktuře protokolu a přenášení dat. EtherCAT P navíc umožňuje nejen přenos dat, ale i **napájení** zařízení pomocí ethernetového kabelu. EtherCAT využívá pro připojení zařízení konektory RJ-45, M12 a M8. Díky funkci čtení a zapisování dat za chodu dokáže EtherCAT přenášet data rychlostí vyšší než 100 Mbit/s [26] [27].



Obrázek 26: Ukázka podporovaných konektorů (vlevo), porovnání zapojení EtherCAT a EtherCAT P (vpravo) [26]

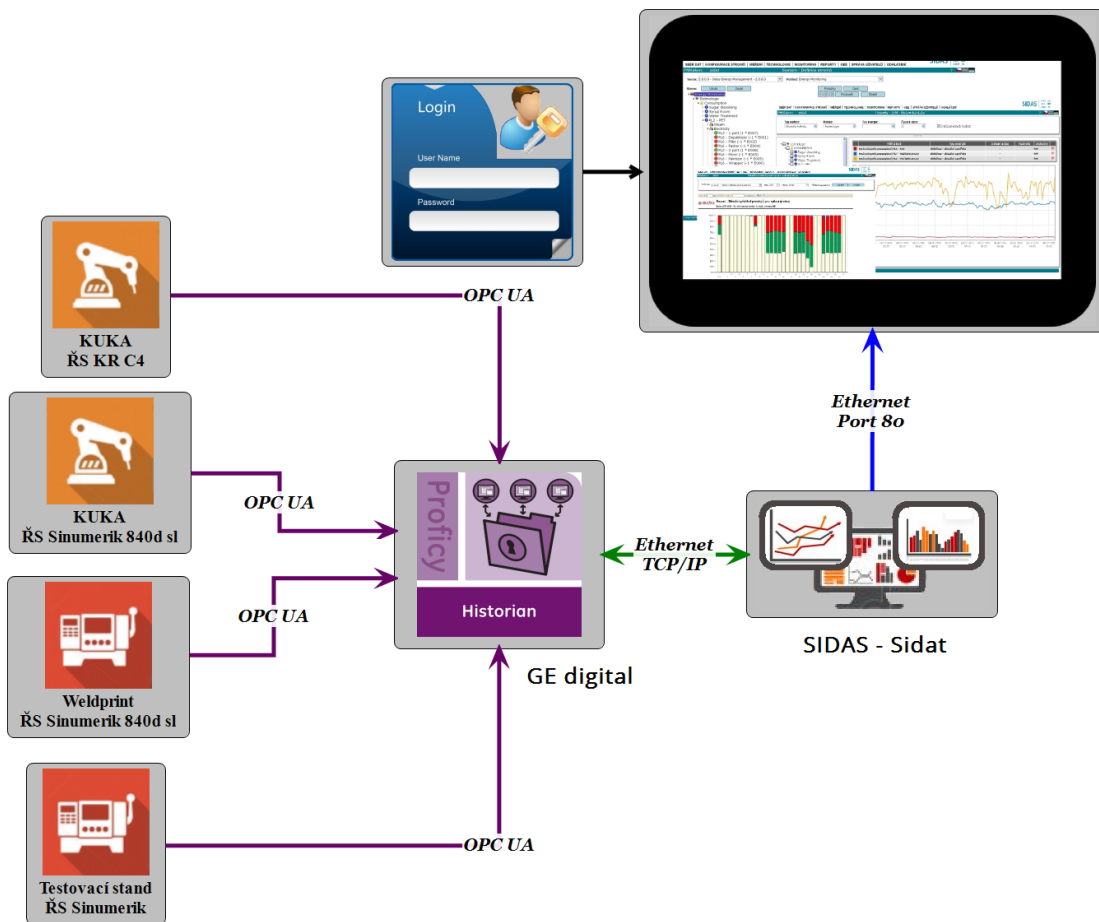
4 Návrh infrastruktury

Návrh infrastruktury (obrázek 27) byl proveden pro laboratoř, která se nachází v budově CIIRC v Dejvicích (Praha 6). Zde vzniká pracoviště s názvem Testbed, které se zaměřuje na Průmysl 4.0 [8].

4.1 Volba komunikačního rozhraní a výrobního informačního systému

S přihlédnutím k rešerši a dostupnému HW a SW byla vybrána varianta, která využívá pro komunikaci mezi jednotlivými komponentami **OPC UA**. Tento komunikační protokol byl zvolen pro svoji flexibilitu a také z důvodu, že všechny stroje, které budou připojeny do systému, jsou vybaveny OPC UA serverem. Aktuálně jsou v laboratoři zprovozněny stroje - Weldprint s řídicím systémem Siemens Sinumerik a dvakrát KUKA robot KR 60-3, z nichž v jednom případě využívá řídicí systém Sinumerik a ve druhém řídicí systém firmy KUKA.

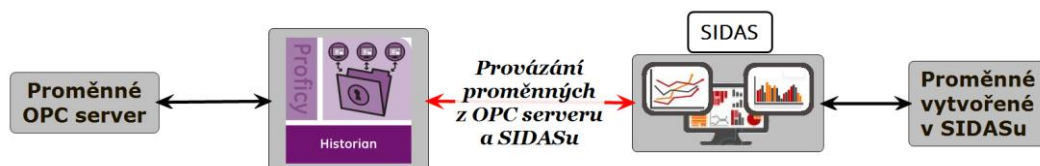
Jako MES systém byl vybrán systém od firmy **SIDAT** – SIDAS v kombinaci s databází od firmy **GE Digital** – Historian Proficy. Na obrázku 27 je vidět struktura zapojení. Z obrázku je viditelné, že pro sběr dat do databáze je využito komunikační rozhraní OPC UA. Proficy Historian a SIDAS běží na **společném serveru**, který je přístupný pomocí vzdálené plochy. Pro zobrazení dat je možné využít webové rozhraní.



Obrázek 27: Infrastruktura zapojení v laboratoři

4.2 Propojení Historianu a SIDASu

Provázání proměnných (obrázek 28) probíhá v rámci serveru, na kterém běží Historian a SIDAS. Do Historianu jsou přidány vybrané proměnné z OPC UA serveru (kapitola 6.1.3). Poté jsou v SIDASu vytvořeny proměnné (kapitola 6.2.1), na které jsou následně navázány proměnné z Historianu. Tím dojde k propojení databáze Historianu a SIDASu a je tak možné ve webové aplikaci zobrazovat vybrané proměnné.



Obrázek 28: Schéma provázání SIDASu a Historianu

Pro výpočet stavu stroje je možné využít různé varianty. První variantou je **využití PLC**, které je u každého stroje připojeno. Zde by se vytvořil program pro výpočet stavu stroje. Tato varianta je možná, protože PLC a NC si spolu vyměňují všechny proměnné a OPC server vidí jak proměnné řídicího systému Sinumerik, tak i proměnné PLC.

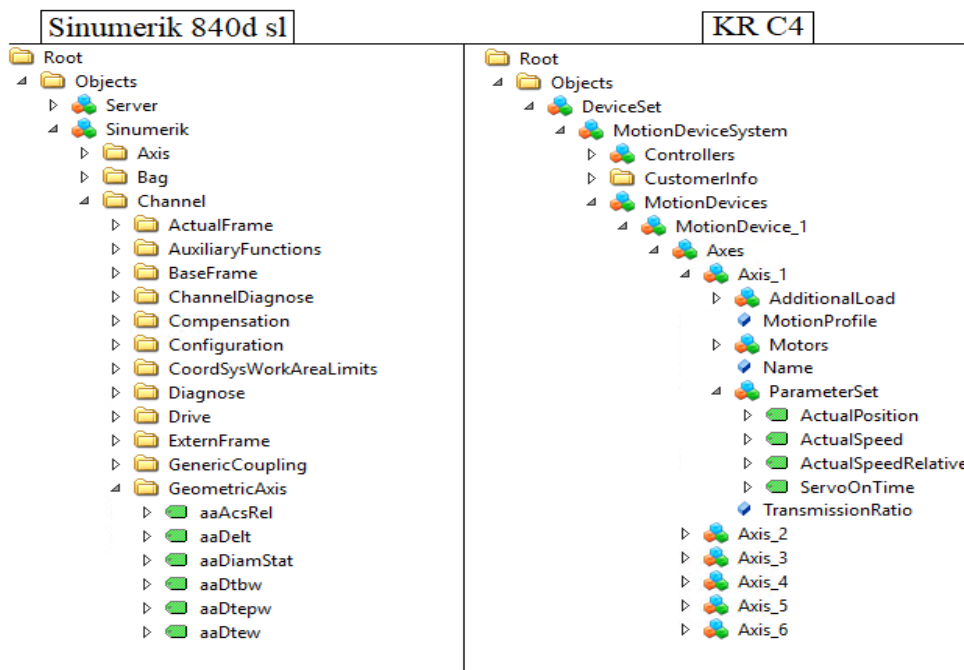
Druhou možností je využití **Calculation kolektoru** v Proficy Historianu. U této varianty se v Historianu nainstaluje kolektor, který umožňuje vytvářet jednoduché skripty. Výsledek skriptu je následně uložen do vytvořeného tagu.

Poslední variantou by byla **úprava programu SIDAS** a vytvoření skriptu pro výpočet stavu stroje přímo v kódu programu.

Ze všech tří variant vychází nejlépe varianta s využitím Calculation kolektoru. Tato varianta je nejméně náročná na provedení a zároveň i nejlevnější. Pokud by firma chtěla využít variantu s PLC, bylo by nutné zasahovat do programu PLC, který je dodán výrobcem. V případě úpravy kódu SIDASu se jedná o časově i finančně velmi nákladnou variantu.

4.3 Výběr proměnných

OPC UA server obsahuje velkou řadu proměnných. Tyto proměnné obsahují informace o stavu stroje a jeho chování. Dále mohou být v serveru zobrazeny informace o nastavení řídicího systému, informace o pohonech (výrobce, sériové číslo atd.), data z PLC, správa uživatelů a další. Každý OPC server obsahuje buď stejný, nebo velmi podobný obsah ve smyslu dostupných proměnných. Jediný rozdíl mezi servery bude v uspořádání struktury serveru a v názvech jednotlivých proměnných. Porovnání struktur serverů Siemens Sinumerik 840d sl a KUKA KR C4 je vidět na obrázku 29 a dále pak v tabulkách 3 a 4. Do tabulek byly vloženy pouze nejdůležitější tagy, které se zároveň nachází u obou serverů.



Obrázek 29: Porovnání struktur OPC UA serverů

Při výběru proměnných byly vybrány dva typy proměnných. Jedna skupina proměnných slouží k výpočtu stavu stroje (OEE), který je následně zobrazen pomocí **bar grafu ve webovém rozhraní** (kapitola 6.3.2). Ve druhé skupině jsou proměnné, které se zobrazí do **časového grafu**. V obou případech se tedy jedná o aktuální i historické zobrazení dat.

Tabulka 3: Porovnání vybraných proměnných Sinumerik 840d sl a KR C4 pro stav stroje

Proměnná	Sinumerik 840d sl	KR C4
Režim stroje	opMode	operationalMode
Stav stroje	progStatus	inMotion
Alarmy	chanAlarm	protectiveStop/emergencyStop
Hodnota override	feedRateOvr	programmedDeviceSpeed

Tabulka 4: Porovnání vybraných proměnných Sinumerik 840d sl a KR C4 pro chování stroje

Proměnná	Sinumerik 840d sl	KR C4
Název programu	progName	
Aktuální poloha	actProgPos	actualPosition
Aktuální rychlost	actFeedRate	actualSpeed

4.4 Stav stroje

Pro všechny stroje budou definovány stejné stavy stroje. Stavy stroje budou vypočteny pomocí Calculation kolektoru z vybraných proměnných (kapitola 6.1.4).

Production – stroj je v provozu a zároveň jeho override větší nebo roven 100 %.

Production low – stroj je v provozu, ale jeho override je menší než 100 %.

Ready – stroj je připraven spustit automatický režim.

Error – na stroji se objeví alarm, stroj je zastaven a obsluha musí problém vyřešit.

Power OFF – stroj je vypnutý.

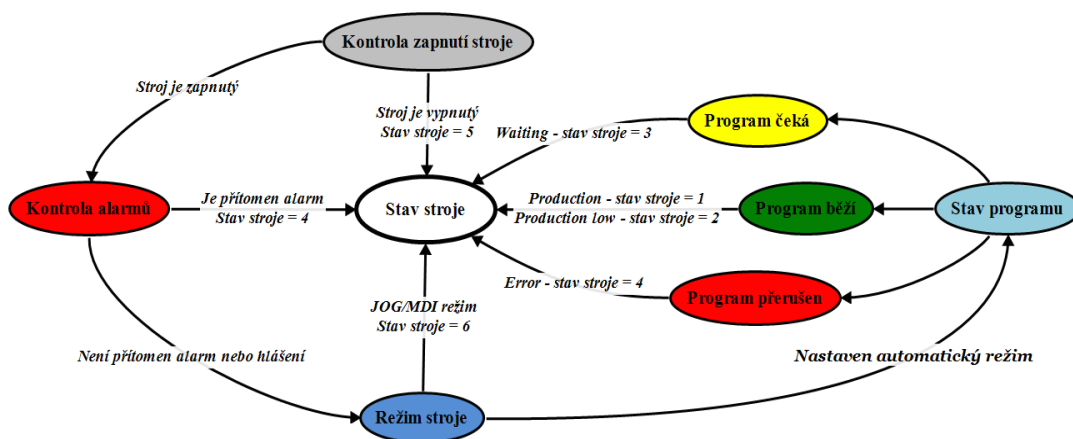
JOG/MDI – stroj je v ručním režimu.

SIDAS poskytuje ještě dva stavy, které není nutné vypočítávat v Calculation kolektoru.

Undefined state – zobrazí se, pokud je tag definující stav stroje v hodnotě, která není definovaná v SIDASu (kapitola 6.2.2.1), přičemž k tomuto stavu by nemělo nikdy dojít.

Data collection error – je použit, pokud se ztratí spojení se serverem.

Výpočet stavu stroje bude probíhat v Calculation kolektoru. V tomto kolektoru se dojde k naprogramování skriptu, který následně do vytvořené proměnné bude ukládat stav stroje vypočtený z hodnot vybraných proměnných. Diagram zobrazující postup výpočtu stavu stroje je vidět na obrázku 30.



Obrázek 30: Diagram zobrazující výpočet stavu stroje

4.4.1 Proměnné – stav stroje

Výběr proměnných byl jiný pro OPC UA server firmy Siemens a firmy KUKA. Každá firma nabízí ve svém OPC UA serveru stejné proměnné, jen jinak pojmenované.

4.4.1.1 Proměnné Siemens Sinumerik 840d sl

Proměnné byly vybrány z manuálu poskytovaného firmou Siemens:

- opMode – indikuje, zda je stroj v automatickém nebo ručním režimu, ve struktuře serveru se tato proměnná nachází Sinumerik - Bag – State a její adresa je: /Bag/State/opMode (obrázek 31),

opMode (B, S)		DB11, DBXn6.0-n6.2 (n=0,2,4,6, ...)		
Active mode				
Return value	0 = JOG 1 = MDI 2 = AUTO			
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
-	TYPE_UWORD			

Obrázek 31: Informace proměnné opMode [51]

- progStatus – ukazuje, jestli program stroje běží, je přerušen nebo čeká, proměnná se nachází ve složce Sinumerik – Channel – State a její adresa je: /Channel/State/progStatus (obrázek 32),

progStatus (C, S)		DB21-30, DBX35.0 - DBX35.4		K1
Program status				
Return value	1 = interrupted 2 = stopped 3 = in progress 4 = waiting 5 = aborted			
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
-	TYPE_UWORD			

Obrázek 32: Informace o proměnné progStatus [51]

- chanAlarm – indikuje přítomnost alarmu, proměnná se nachází pod Sinumerik – Channel – State a její adresa je: */Channel/State/chanAlarm* (obrázek 33),

chanAlarm (C, S)		DB21-30, DBX36.6 und DBX36.7		A2
NCK alarm pending				
Code whether NCK alarm pending.				
Return value	0 = no alarm in this channel 1 = alarm without stop 2 = alarm with stop			
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
-	TYPE_UWORD			

Obrázek 33: Informace o proměnné chanAlarm [51]

- feedRateOvr – udává hodnotu nastaveného overridu v procentech, proměnná se nachází pod Sinumerik – Channel – GeometricAxis a její adresa je: */Channel/GeometricAxis/feedRateOvr* [u1,1], kde u1 udává číslo kanálu a 1 osu (v případě této práce je override pro všechny osy stejný) (obrázek 34),

feedRateOvr (C, SEGA)				
Feedrate override				
Feedrate override if axis is a positioning axis. Multiplying override component which is active in addition to the override factors programmed, set via handwheel or via PLC.				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
%	TYPE_DOUBLE			

Obrázek 34: Informace o proměnné feedRateOvr [51]

- NC ready – tag, který si vyměňuje PLC s NC a indikuje připravenost ŘS. Proměnná se nachází v datovém bloku DB10 v bit 108.7 PLC stroje a jeho adresa je: */Plc/DB10.DBX108.7* [2] [51].

4.4.1.2 Proměnné KUKA KR C4

Proměnné byly vybrány pomocí manuálu poskytovaného firmou KUKA:

- emergencyStop – indikuje rozpojení kontaktu některého z total stopů, adresa proměnné je:
MotionDeviceSystem.SafetyState_1.ParameterSet.EmergencyStop,
- protectiveStop – bezpečnostní stop, pokud dojde k promáčknutí tlačítka na SmatPadu, adresa je:
MotionDeviceSystem.SafetyState_1.ProtectiveStop,
- operationalMode – indikuje, jestli je robot v automatickém nebo manuálním režimu, adresa je:
MotionDeviceSystem.SafetyState_1.OperationalMode,
- programmedDeviceSpeed - udává hodnotu nastaveného overridu v procentech, adresa je:
MotionDeviceSystem.SafetyState_1.ProgrammedDeviceSpeed,
- inMotion – ukazuje, zda je robot v pohybu nebo stojí, adresa je:
MotionDeviceSystem.MotionDevices.MotionDevice_1.ParameterSet.InMotion.

4.4.2 Proměnné – historická data

Proměnné, které neukazují stav stroje, ale lze z nich odhadnout chování stroje. Slouží např. k historickému zobrazení poloh a rychlostí jednotlivých os, zobrazení použitých programů a nástrojů atd. Každý OPC server může poskytovat trochu jiné proměnné v závislosti na tom, o jaký typ stroje se jedná a jaký ŘS využívá. Ve většině případů jsou dohledatelné ve všech serverech podobné proměnné, jen budou mít jiný název.

4.4.2.1 Proměnné Siemens Sinumerik 840d sl

Proměnné Siemens se skládají:

- progName – zobrazí název aktuálního programu, proměnná se nachází ve složce Sinumerik – Channel – ProgramInfo a její adresa je: */Channel/ProgramInfo/progName* (obrázek 35),

progName (C, SPARP)				
Program name Program name of the currently active program (or subroutine)				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
-	TYPE_STRING			

Obrázek 35: Informace o proměnné progName [51]

- ncProgEndCounter – zobrazuje počet ukončených NC programů, nachází se ve složce Sinumerik – Channel – State a adresa je: */Channel/State/ncProgEndCounter* (obrázek 36),

ncProgEndCounter (C, S)				
Counter for end of program Counter which is incremented as soon as the NCK has processed an end of program.				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:	Initial value	Minimum value:	
-	TYPE_UWORD	0	0	

Obrázek 36: Informace o proměnné ncProgEndCounter [51]

- toolIdent – zobrazí název nebo číslo aktuálního nástroje, cesta k proměnné je: Sinumerik – Tool – Data a adresa: */Tool/Data/toolIdent* (obrázek 37),

toolIdent (T, AEV)				
Tool identifier Tool identifier Meaningful and defined only in connection with "unique D numbers" function.				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
-	TYPE_STRING			

Obrázek 37: Informace o proměnné toolIdent [51]

- actProgPos – aktuální pozice osy, dá se najít ve více složkách např. Sinumerik – Channel – GeometricAxis (obrázek 38), s adresou: */Channel/GeometricAxis/actProgPos [u1,1] (adresa osy X)*,

actProgPos (C, SGA)				
Programmed position, actual value Programmed position, actual value. The physical unit is defined in the variable extUnit (in this module)				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			
mm, inch, degree, user defined	TYPE_DOUBLE			

Obrázek 38: Informace o proměnné actProgPos [51]

- actFeedRate – aktuální rychlost, nachází se ve složce Sinumerik – Channel – GeometricAxis (obrázek 39), a její adresa je: */Channel/GeometricAxis/actFeedRate [u1,1] (pro osu X) [2] [51]*.

actFeedRate (N, SEMA)				
Actual value of axis-specific feedrate Actual value of axis-specific feedrate, if the axis is a positioning axis.				
Units and value ranges				
Physical unit:	Data type:			S5
mm/min, inch/min, user defined	TYPE_DOUBLE			

Obrázek 39: Informace o proměnné actFeedRate [51]

4.4.2.2 Proměnné KUKA KR C4

Proměnné KUKA tvoří:

- actualPosition – aktuální natočení osy robota, adresa proměnné je: *MotionDeviceSystem.MotionDevices.MotionDevice_1.Axes.Axis_1.ParameterSet.ActualPosition*,
- actualSpeed – aktuální rychlost osy robota, adresa proměnné je: *MotionDeviceSystem.MotionDevices.MotionDevice_1.Axes.Axis_1.ParameterSet.actualSpeed*,
- currentProjectName – název aktuálního projektu, adresa proměnné je: *MotionDeviceSystem.Controllers.Controller_1.ParameterSet.currentProjectName*,

- `additionalLoad.Mass` – přídavné zatížení osy, adresa proměnné je:
MotionDeviceSystem.MotionDevices.MotionDevice_1.Axes.Axis_1.ParameterSet.additionalLoad.Mass,
- `flangeLoad.Mass` – zatížení příruby, adresa proměnné je:
MotionDeviceSystem.MotionDevices.MotionDevice_1.FlangedLoad.Mass.

5 Nastavení OPC UA komunikace

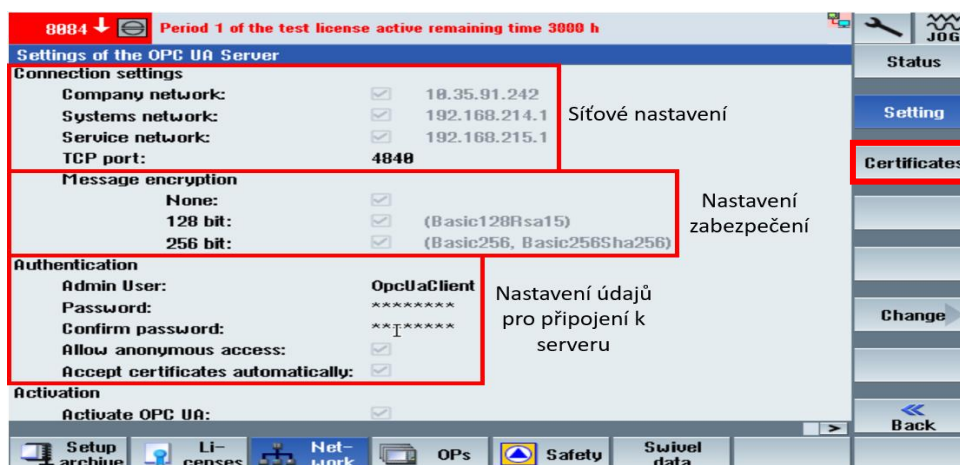
5.1 Siemens Sinumerik 840d sl

Siemens Sinumerik 840d sl může být zapojen do dvou konfigurací. První konfigurace je tvořena tak, že běží na **NCU jednotce**, do které jsou připojeny všechny komponenty (OPC UA, HMI atd.). Toto zapojení se využívá u jednodušších strojů, přičemž každá zapojená komponenta ubírá výkon, který by mohl být použit na interpolaci. Druhou variantou je využití **NCU s IPC**, kde NCU je využíváno na interpolaci a další komponenty jako je HMI, OPC UA běží na IPC a neubírají tedy výkon z NCU. Toto je řešení pro složitější stroje [3] [4].

KUKA robot se Siemens Sinumerik 840d sl využívá variantu s NCU. V NCU běží operační systém Linux a jsou zde nainstalovány všechny připojené komponenty jako HMI a OPC UA. Pro instalaci nových komponent nebo úpravu a aktualizaci starých se využívá výhradně HMI panel a prostředí Sinumerik.

Ve stroji Weldprint byla využita kombinace NCU s IPC. NCU se stará o zpracování real-time dat a IPC slouží k obsluze HMI, OPC UA a další. Pro instalaci nových komponent se využívá IPC, na kterém běží operační systém Windows.

Jak je zobrazeno na obrázku 40, do nastavení se přistupuje přes SETUP – Network – OPC UA – Settings.



Obrázek 40: Obrazovka pro nastavení OPC UA v prostředí Sinumerik

Sít'ové nastavení – nejdůležitější v sít'ovém nastavení je adresa Company network. Přes tuto adresu probíhá propojení OPC UA serveru a klientu. OPC UA server vždy využívá port 4840.

Nastavení zabezpečení – určuje úroveň zabezpečení při přenášení dat.

Autentifikace – nastavení možností přihlášení k serveru. Siemens Sinumerik podporuje tři typy autentifikace. Jde o přihlášení pomocí jména a hesla, anonymní režim a využití certifikátů.

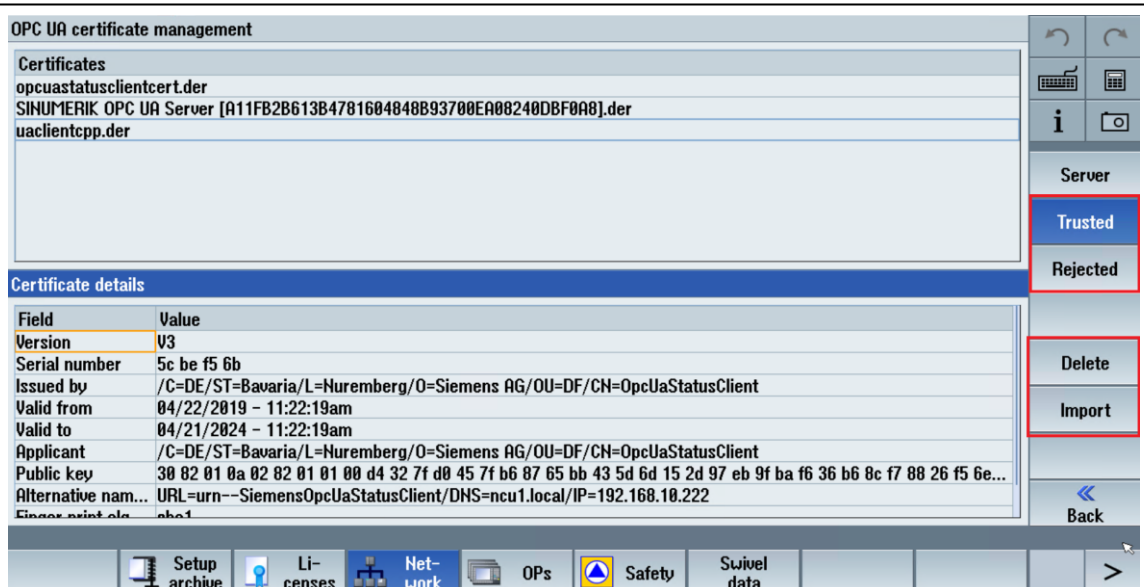
Certifikáty – přístup ke správě certifikátů.

Pro připojení OPC UA serveru a Proficy Historianu je nutné povolit možnost anonymního režimu. Po povolení tohoto režimu získá Historian přístup jako anonymní uživatel. Tímto krokem dojde ke snížení zabezpečení, neboť jako anonymní uživatel se může k serveru přihlásit kdokoliv, kdo zná IP adresu. K předejití tomuto problému je nutné deaktivovat v nastavení autentifikace automatické přijímání certifikátů. Tím je zajištěno, že pokud po připojení jako anonymní uživatel nebude certifikát daného zařízení mezi ověřenými (trusted) certifikáty, nezíská přístup k OPC serveru.

Je nutné certifikát vygenerovaný Proficy Historianem vložit mezi trusted certifikáty (obrázek 41). Tento úkol je možné provést dvěma způsoby.

1. Ve chvíli, kdy se Proficy Historian pokusí poprvé připojit k serveru, objeví se jeho certifikát automaticky mezi odmítnutými (rejected) certifikáty. Zde tedy stačí tento certifikát **označit jako trusted** a certifikát se ze složky odmítnutých přesune do složky ověřených certifikátů.
2. Pokud by z nějakého důvodu nedošlo k automatickému přenesení certifikátu, je možné certifikát vložit ručně. Pomocí tlačítka **Import** je možné vložit certifikát do ŘS např. z flash disku.

Pokud je třeba nějakému zařízení odepřít přístup, je možné certifikát tohoto zařízení smazat pomocí tlačítka Delete.

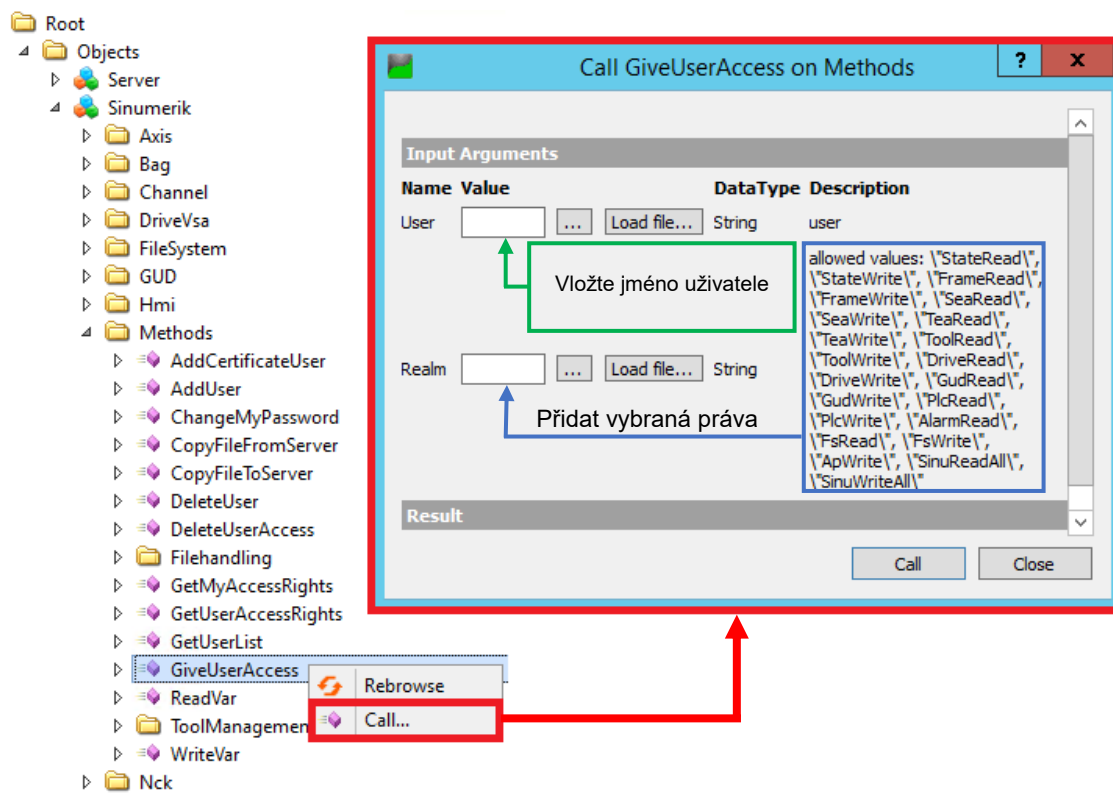


Obrázek 41: Obrazovka certifikátů v prostředí Sinumerik

Po nastavení OPC UA serveru je dále nutné nastavit ještě práva anonymního uživatele. Anonymní uživatel nemá v základu žádná práva, takže i kdyby byl OPC UA server nastaven správně, nebyl by umožněn přístup k žádným datům.

Pro nastavení práv byl využit klient od firmy Unified Automation GmbH – **UA Expert**. Pro připojení k serveru pomocí tohoto klientu byly použity přihlašovací údaje (jméno a heslo) nastavené v OPC serveru. Po přihlášení byla získána práva jako administrátor, díky čemuž je možné přiřadit práva anonymnímu uživateli.

Přiřazování práv (obrázek 42) je uvedeno ve struktuře serveru přes Objects – Sinumerik – Methods – GiveUserAccess. Server umožňuje uživateli přiřadit různá práva na čtení nebo psaní, a to jak celého serveru, tak pouze vybraných částí. V našem případě byla anonymnímu uživateli přiřazena práva SinuReadAll a může tedy číst všechny proměnné OPC serveru [2].



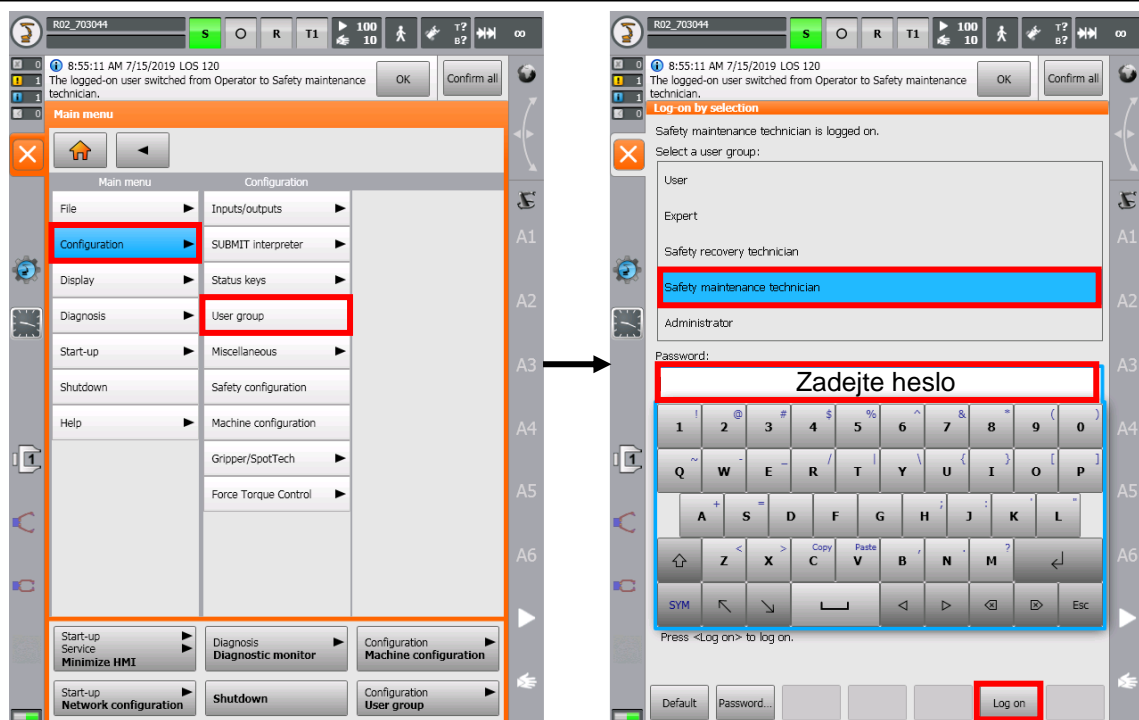
Obrázek 42: Přidání práv v programu UA Expert

5.2 KUKA

Všechna nastavení byla provedena pomocí ovladače KUKA smartPAD. Řídicí systém KR C4 běží na operačním systému Windows. Pomocí ovladače je možné upravovat nastavení v ŘS i v operačním systému.

5.2.1 Přihlášení do systému

Aby bylo možné provádět změny v nastavení, je nutné přihlásit se jako uživatel s potřebnými právy. Přihlášení lze provést pomocí smartPadu, kde se v hlavním menu vybere Configuration – User Group. Zobrazí se okno s uživateli. Pro nastavení systému je nejlépe použít uživatele Safety maintenance technician. Po zvolení uživatele je nutné vyplnit heslo a pro potvrzení zmáčknout Log On (obrázek 43).



Obrázek 43: Přihlášení v ŘS KR C4

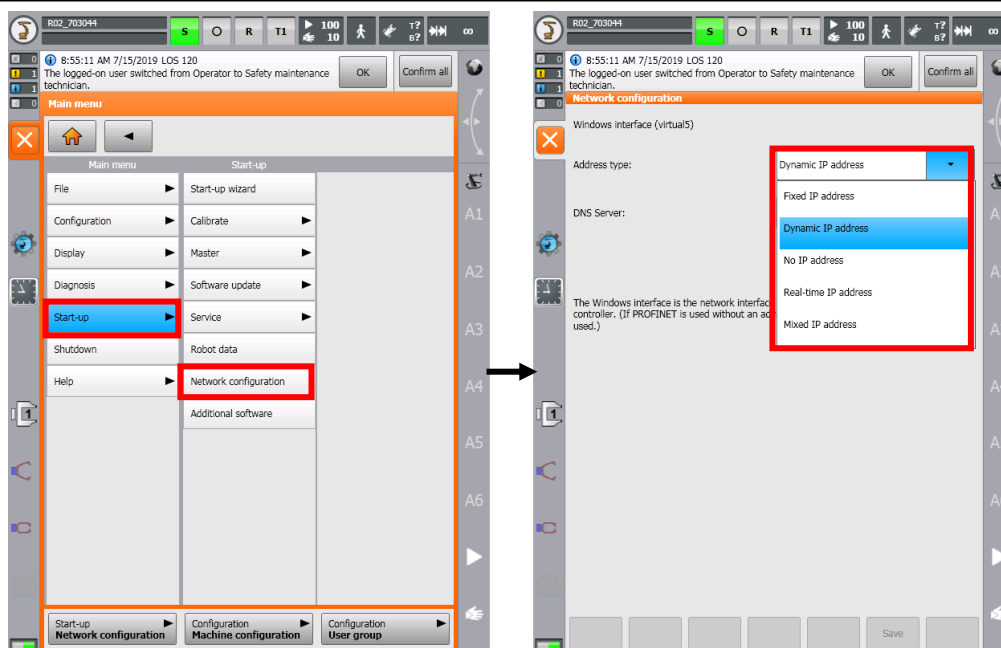
5.2.2 Nastavení sítě

Pro propojení OPC UA serveru a Historianu je zapotřebí nejprve správně nastavit síť OPC UA serveru. Je nutné nastavit IP adresu serveru a povolit port 4840, prostřednictvím kterého OPC UA server komunikuje.

Nastavení IP adresy (obrázek 44) je možné provést pomocí smartPADu. V hlavním menu je zvolena záložka Start-up – Network Configuration. Objeví se okno, kde je možné nastavit typ IP adresy a DNS server. Pro nastavení OPC UA serveru je voleno ze dvou možných typů IP adresy:

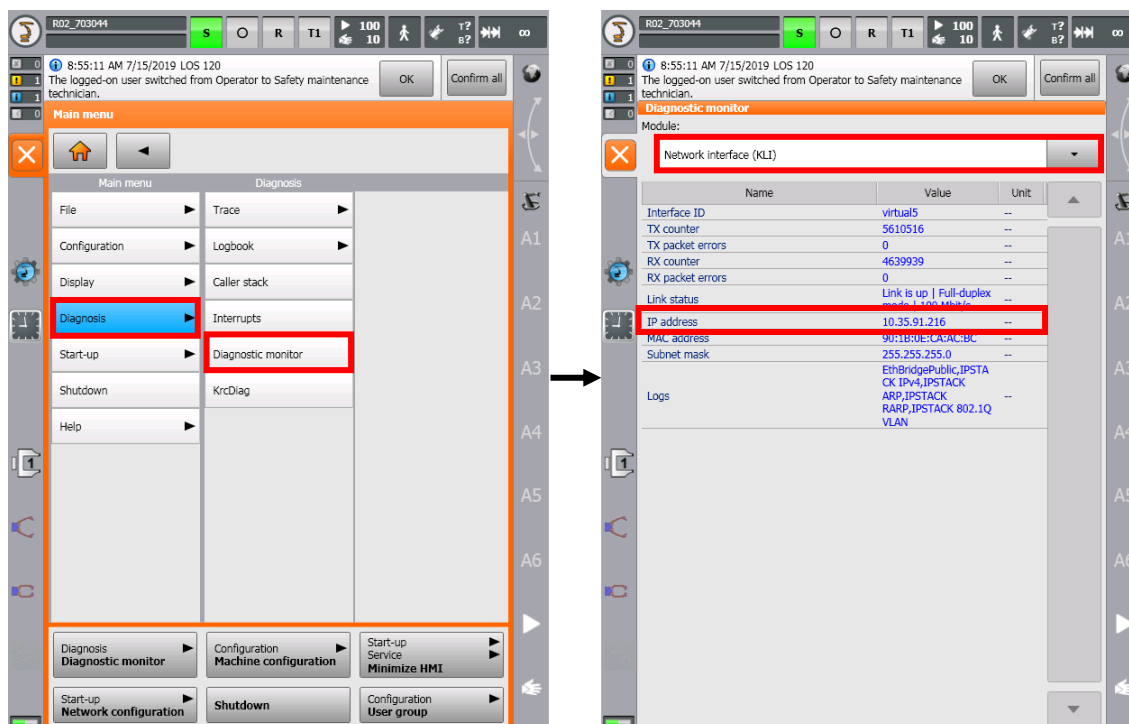
- **dynamická IP adresa** – router sám přidělí stroji volnou IP adresu z dané sítě,
- **fixní (statická) IP adresa** – je zadána manuálně IP adresa, která má být stroji přidělena.

V této práci byla zvolena varianta dynamické IP adresy. Systému byla tedy automaticky přiřazena IP adresa.



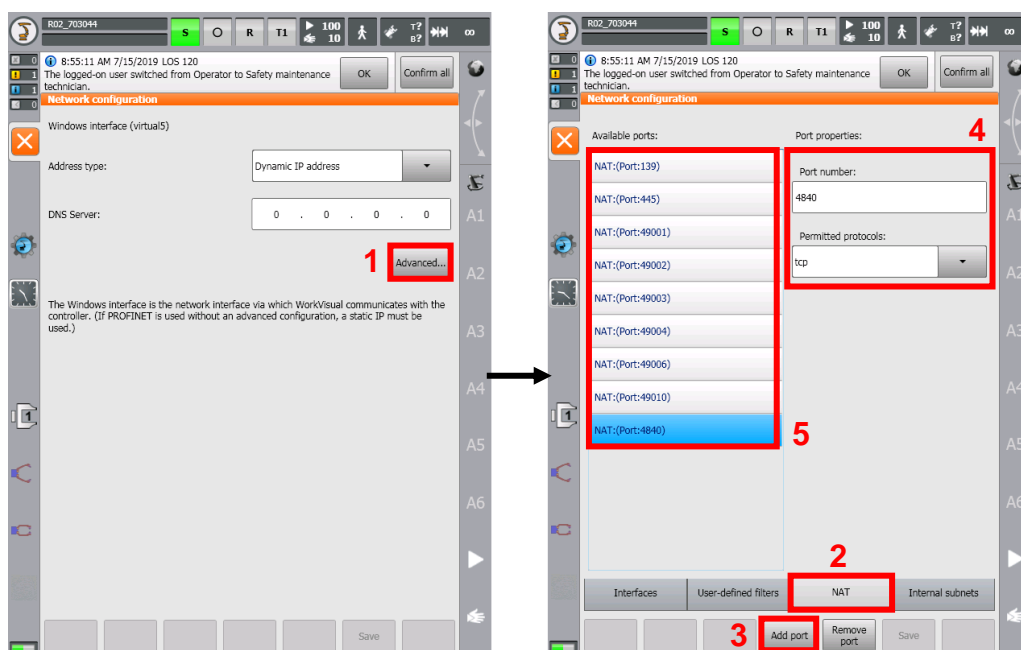
Obrázek 44: Nastavení IP adresy

Jaká IP adresa byla stroji přiřazena, je možné zjistit v **hlavním menu** pod **Diagnosis – Diagnostic monitor** (obrázek 45). V seznamu se nachází Network interface (KLI). Po rozkliknutí se zobrazí nastavení sítě včetně přidělené IP adresy.



Obrázek 45: Přehled nastavení sítě KLI

Pokud nedojde k propojení serveru a klientu, může být problém v nastavení portů. **Nastavení portů** se nachází stejně jako nastavení IP adresy pod Start-up – Network configuration (obrázek 46). V tomto bodě je možné zvolit Advanced (rozšířené) nastavení (1). Dále je vybrána záložka NAT (2), kde se zobrazí všechny povolené porty, které je možné využít. Pokud se port 4840 v seznamu (5) nenachází, je nutné ho přidat přes Add port (3). Do seznamu se přidá nový port, kterému se nastaví číslo portu (4) a zvolí se protocol TCP.



Obrázek 46: Nastavení portů

5.2.3 Propojení OPC UA serveru s klientem

OPC UA server od firmy KUKA nabízí možnost připojení pomocí jména a hesla, anonymního režimu a certifikátu. Jelikož je jako klient použit Proficy Historian, není možné využít připojení pomocí jména a hesla, Historian tuto variantu autentifikace nepodporuje. Zbývají tedy varianty připojení pomocí certifikátu nebo anonymní režim.

KUKA server nabízí v základu tři uživatele, kteří se mohou přihlásit.

Anonymous – uživatel, který vidí strukturu serveru, ale nevidí žádná data.

OpcUaObserver – vidí strukturu serveru a má přístup k datům.

OpcUaOperator – má oprávnění číst data a zapisovat.

Pokud se tedy Historian pokusí přihlásit jako Anonymous uživatel, vidí strukturu serveru, ale nezíská žádná data. KUKA oproti Sinumeriku nenabízí možnost přiřazení libovolných práv jakémukoli uživateli. Není tedy možné jako v případě Sinumeriku využít UA Expert a přiřadit uživateli Anonymous práva pro čtení dat. Z toho vyplývá, že jedinou možností propojení Historianu a serveru je využití certifikátu.

KUKA aktuálně nenabízí dokumentaci, ve které by bylo popsáno, jakým způsobem použít certifikáty pro propojení serveru a klienta. Dle informací, které se podařilo zjistit, by mělo stačit přesunout certifikát klienta (Historianu) ze složky Rejected certifikátů do složky Trusted a dále vložit certifikát serveru do Trusted certifikátů na straně klienta.

Složku trusted, rejected a vlastních certifikátů na straně serveru nalezneme v:
C:\ProgramData\Kuka\KukaOpcUaService\pki.

Na straně klienta se nachází pod:

*C:\Program Files\GE Digital\Historian OPC UA DA
Collector\Server64\[ApplicationPath]\pkiclient.*

6 Implementace MES systému

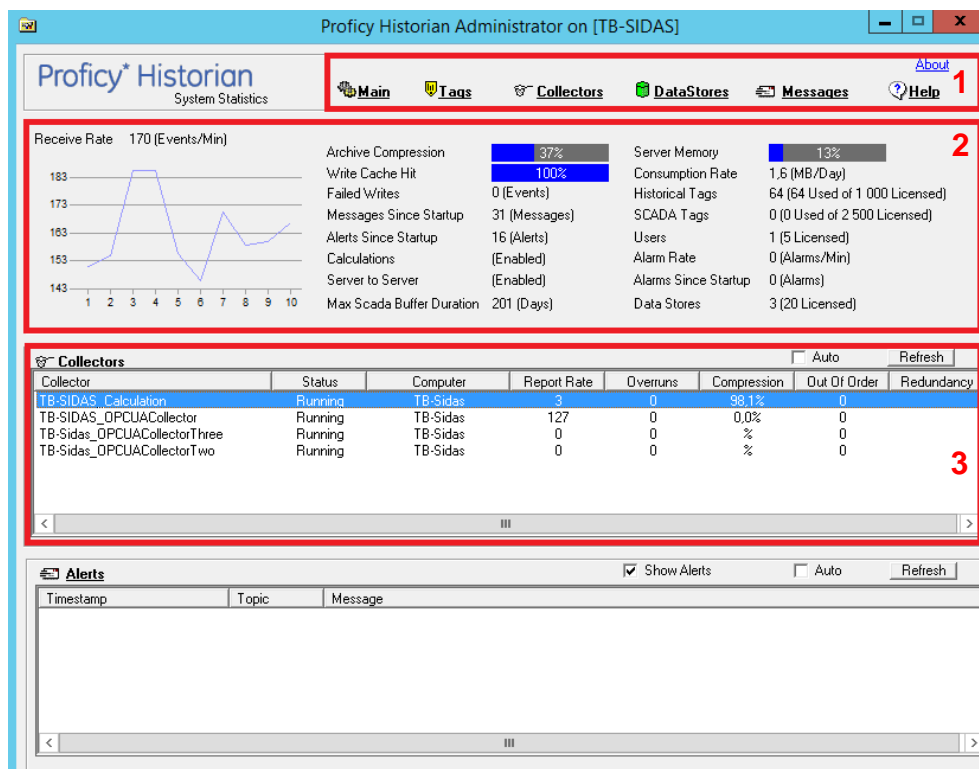
Implementace MES systému proběhla ve dvou krocích. Nejprve došlo k instalaci a nastavení databáze. Jako databáze byl použit Proficy Historian (dále jen „Historian“), který slouží k ukládání proměnných z OPC serverů. Jedná se tedy o Client, který posílá požadavky serveru a server mu na ně odpovídá. Druhou částí byla konfigurace MES systému SIDAS. Tento systém je napojen na databázi Historian a dokáže zobrazit aktuální i historická data.

6.1 Nastavení Historianu

Historian podporuje přihlášení pouze pomocí anonymního uživatele nebo certifikátu. Není tedy možné pro přihlášení k OPC serveru využít jména a hesla jako např. u aplikace UA Expert.

6.1.1 Základní obrazovka

Po instalaci Historianu, kterou lze provést dle návodu od firmy GE Digital lze otevřít program a dostat se na základní stránku Historianu (obrázek 47).



Obrázek 47: Základní obrazovka Historianu

Jak ukazuje obrázek 47, na základní stránce jsou zobrazeny základní informace jako např. využití serveru, aktivované licence atd. **Základní lišta (1)** – obsahuje položky pro konfiguraci Historianu a přidání tagů. **Informační oblast (2)** – ukazuje stav Historianu, licence, alarmy a další informace. **Collectors (3)** – ukazuje nainstalované kolektory, které je možné využít.

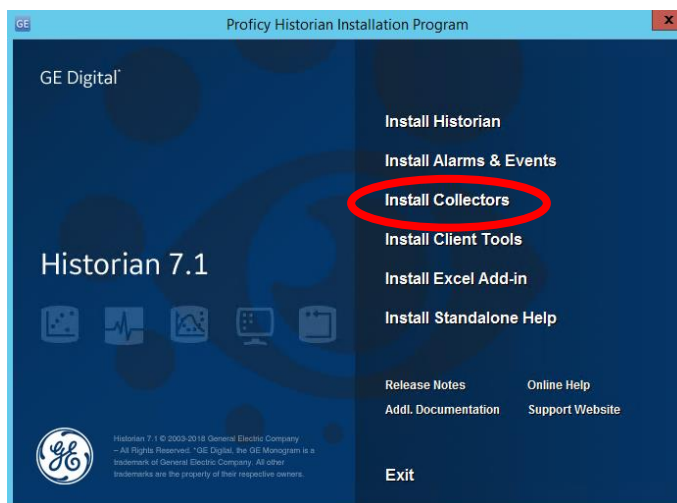
6.1.2 Instalace data kolektorů

Historian nabízí velké množství kolektorů. **OPC UA Data kolektor** slouží pro připojení k serveru a získávání dat z tohoto serveru. Kolektor je možné nainstalovat přímo při instalaci Historianu nebo později opětovným spuštěním instalace Historianu. Této možnosti lze využít, pokud při instalaci Historianu dosud není známa IP adresa serveru, ke kterému bude připojováno.

Historian neumožňuje ve své instalaci přidat více než jeden OPC UA data kolektor. Pomocí instalace lze přidat pouze jeden OPC server. Pokud má být využit Historian pro sběr dat z více serverů, je nutné přidat server manuálně.

6.1.2.1 Instalace prvního data kolektoru

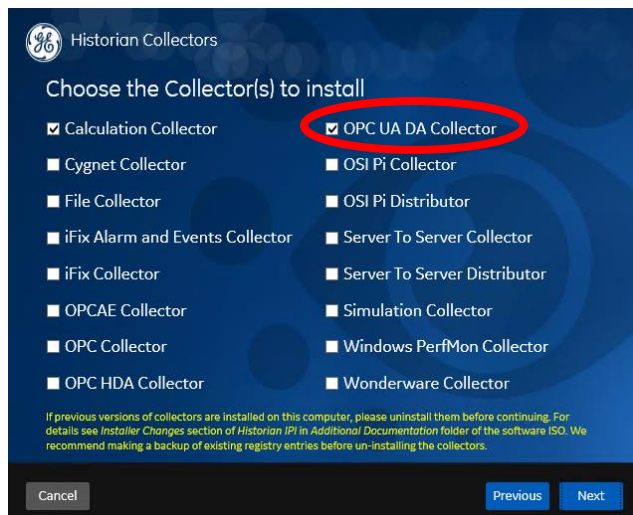
Po spuštění instalace Historianu se objeví okno s nabídkou možností (obrázek 48). Z nabídky je vybrán Install Collectors.



Obrázek 48: Základní obrazovka instalačního průvodce Historianu

Dále je postupováno dle instrukcí instalačního průvodce. Nejprve jsou odsouhlaseny podmínky výrobce, poté je vybráno místo, kam bude instalován

kolektor a data. Následně se objeví okno s nabídkou kolektorů, které lze nainstalovat (obrázek 49). Kolektory, jejichž políčka jsou zaškrtnuta, jsou již nainstalovány.



Obrázek 49: Výběr kolektorů pro instalaci

6.1.2.2 Instalace následujících data kolektorů

Pro instalaci dalšího kolektoru musí být nejprve upraveny Registry Key na přihlášeném serveru. Upravují se pouze pole zvýrazněná v obrázku 50.



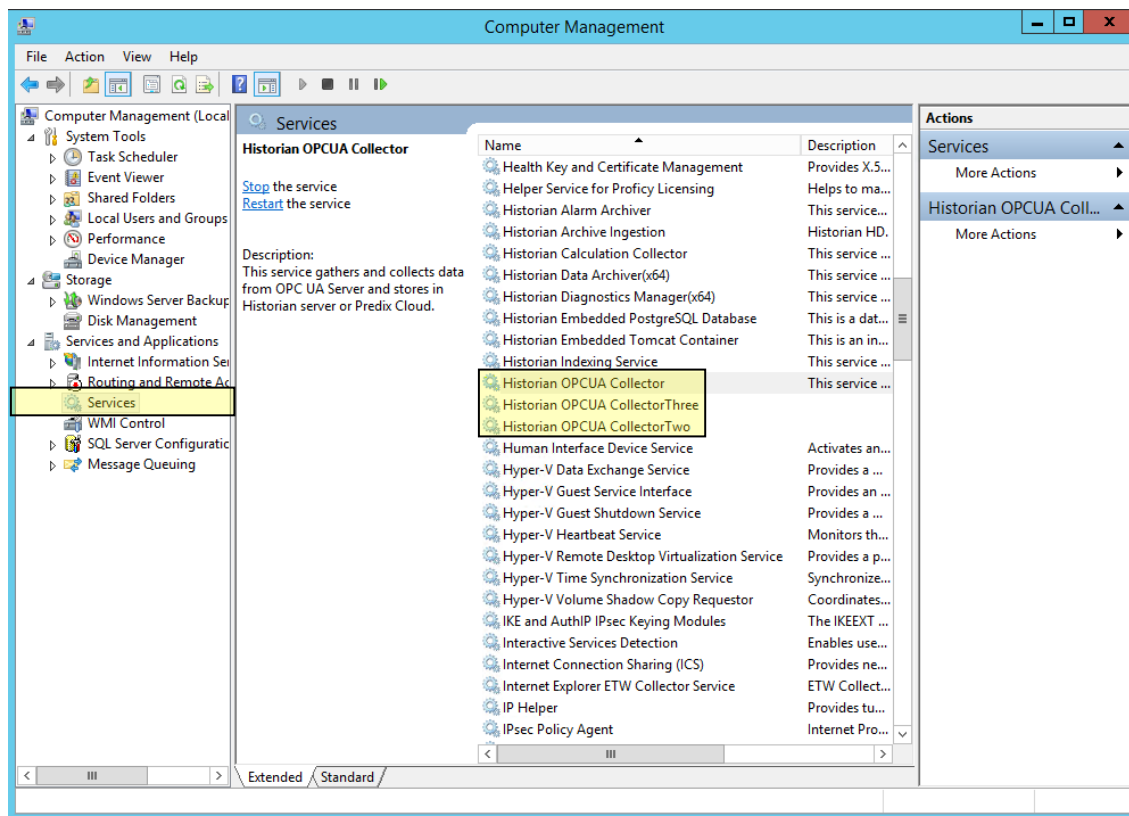
Obrázek 50: Registry key pro další kolektor

Po úpravě **Registry key** se otevře zegister, tím by mělo dojít k naimportování registru. Zda import proběhl správně, je kontrolováno ve složce

registrů. V tomto případě je to *D:\Sida\GE*. Pokud se úspěšně podařilo vytvořit register, je dále nutné vytvořit ještě service. Ta je vytvořena pomocí příkazového řádku, kde dojde k zadání:

- *CD C:\Program Files\GE Digital\Historian OPC UA DA Collector\Server64,*
- *sc create ihOPCUACollector_x64TWO binpath= "C:\Program Files\GE Digital\Historian OPC UA DA Collector\Server64\ihOPCUACollector_x64 REG=OPCUACollectorTwo" DisplayName= "Historian OPCUA CollectorTwo" type= own start= auto error= normal obj= "LocalSystem" password= "" [6].*

Pokud byla operace provedena správně, vytvoří se nová service. Kontrolu je možné provést pomocí Computer management – Services (obrázek 51). V tomto místě je umožněno také spustit nově vytvořenou service a nastavit, aby se spouštěla automaticky při spuštění. Následně dojde k ověření vytvoření kolektorů v Historianu.



Obrázek 51: Okno Computer management – nainstalované Services

6.1.3 Přidání a nastavení proměnných

Na základní liště Historianu je zvolen Tags. Objeví se okno s lištou (obrázek 52), která umožňuje přidat tagy manuálně nebo z kolektoru (OPC serveru). Dále je možné v okně vyhledávat v databázi přidané tagy a přejmenovávat je.

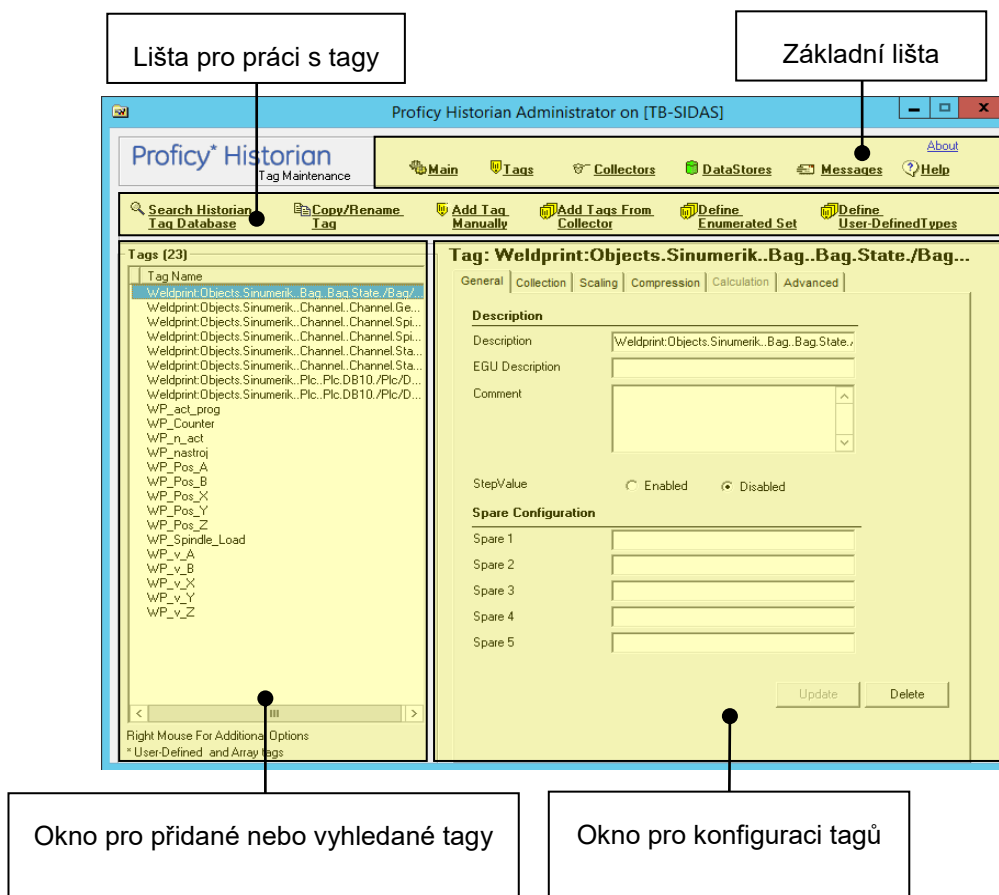
Je-li s proměnnými dále pracováno, je výhodné je po přidání přejmenovat, protože proměnné obvykle obsahují v názvu celé umístění v OPC UA serveru. Jméno proměnné je tedy zbytečně dlouhé a pro další práci nevyhovující. Díky přejmenování je získán jednoduchý název proměnné, se kterou se snadno pracuje. Příklad celého názvu proměnné

před přejmenováním:

Weldprint:Objects.Sinumerik..Tool..Tool.Data./Tool/Data/toolIdent,

po přejmenování:

WP_nastroj

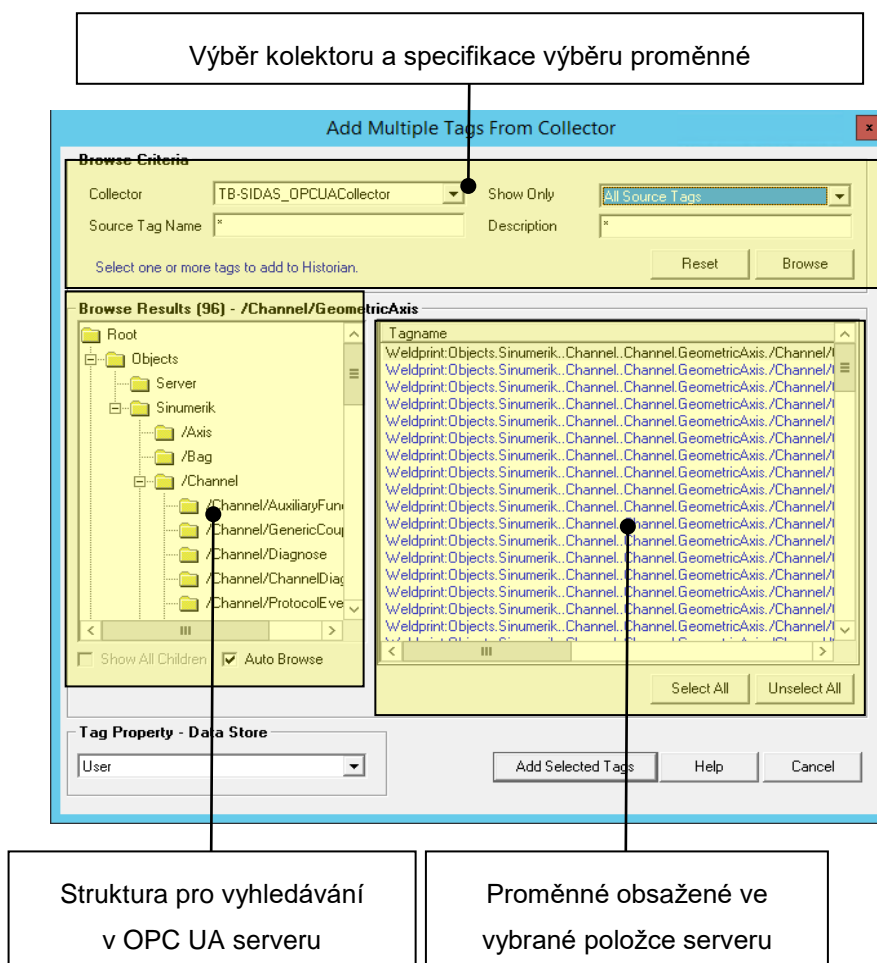


Obrázek 52: Okno Historianu pro přidávání tagů

Pro přidání proměnných je možné využít možností Add Tag Manually nebo Add Tags From Collector. Pro rychlé přidání vybraných proměnných je nejlépe využít variantu **Add Tags From Collector**.

Po vybrání Add Tags From Collector se objeví okno umožňující procházet strukturu OPC UA serveru. V rámci struktury je možné najít, vybrat a následně přidat proměnné do Historianu (obrázek 53).

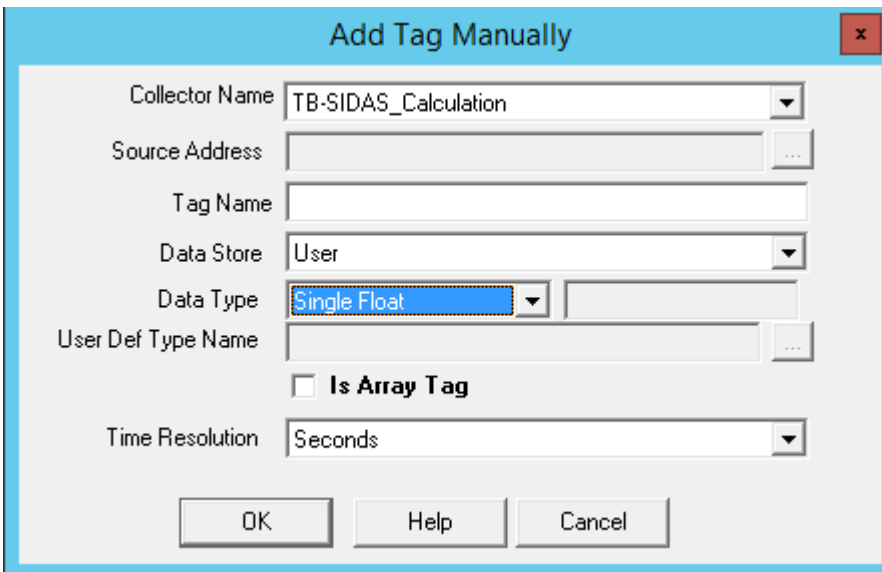
Nejprve dojde ke zvolení kolektoru, ze kterého budou získávány proměnné. Pro přidání proměnné stačí vyhledat ve struktuře serveru položku, ve které se proměnná nachází a následně ji označit v okně proměnných. Tímto způsobem je možné z jedné složky přidat i více proměnných najednou. Kde se která proměnná nachází, je uvedeno v dokumentaci OPC UA serveru, poskytnuté výrobcem serveru.



Obrázek 53: Okno pro přidání tagů z kolektoru

Po přidání proměnné zmizí okno, které se objevilo při volbě Add Tags From Collector a vybrané proměnné se objeví v okně s přidávanými proměnnými. V tomto okně jsou zobrazeny pouze dočasně, dokud nedojde k vypnutí Historianu nebo k přidání dalších proměnných, které by je nahradily. Pokud mají být zobrazeny přidávané proměnné, musí být zvolena možnost Search Historian Tag Database. Je zobrazeno okno (obrázek 54), ve kterém je specifikován výběr proměnných, která budou zobrazována. Po potvrzení se zobrazí vybrané proměnné v okně Tags.

Možnost Add Tag Manually se využívá v případě, že je známa adresa proměnné v adresním prostoru serveru, případně pokud je využíván např. Calculation kolektor. Touto volbou dojde k vytvoření **vlastního tagu**, do kterého se pak následně ukládají hodnoty vypočtené z Calculation kolektoru.



Obrázek 54: Manuální přidání tagů

Pro přidání proměnné je proveden výběr kolektoru, ke kterému se vytvořená proměnná přiřadí nebo ve kterém je možné ji nalézt.

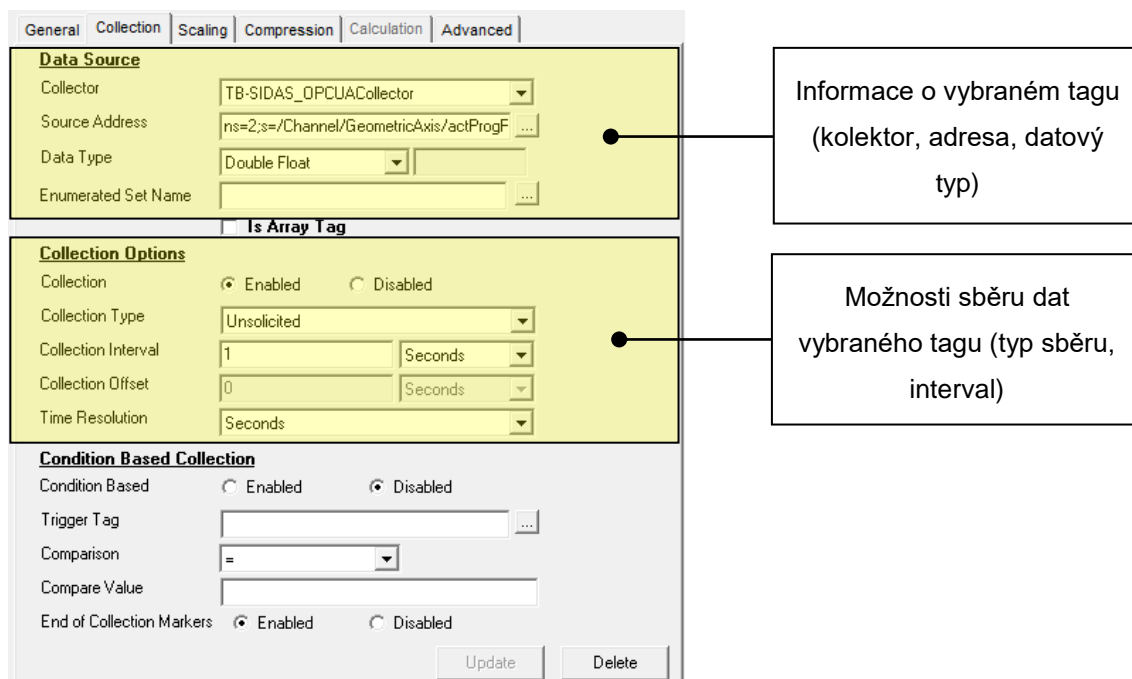
Je-li je vytvářena proměnná pro Calculation kolektor, je vytvářen nový tag a není nutné zadávat adresu. Pouze dojde k vyplnění názvu tagu, vybraní datového typu a stisknutí tlačítka OK. Tím dojde ke zformování tagu.

V případě ručního přidávání proměnné ze serveru je nutné ještě přidat adresu, kde se daná proměnná v datovém prostoru serveru nachází. Příkladem adresy je *ns=2;s=/Channel/ProgramInfo/progName*.

Nastavení tagů lze provést v okně konfigurace tagu. Nejdůležitější nastavení se nachází v záložce Collection (obrázek 55). V záložce je specifikována adresa proměnné, kolektor a datový typ. Dále je v tomto okně možné nastavit, jakým způsobem bude probíhat sběr dat proměnné a v jakém časovém intervalu. Historian nabízí dva typy nastavení sběru proměnných:

Polled – dochází k nepřetržitému sběru dat v nastaveném časovém intervalu (např. každou sekundu),

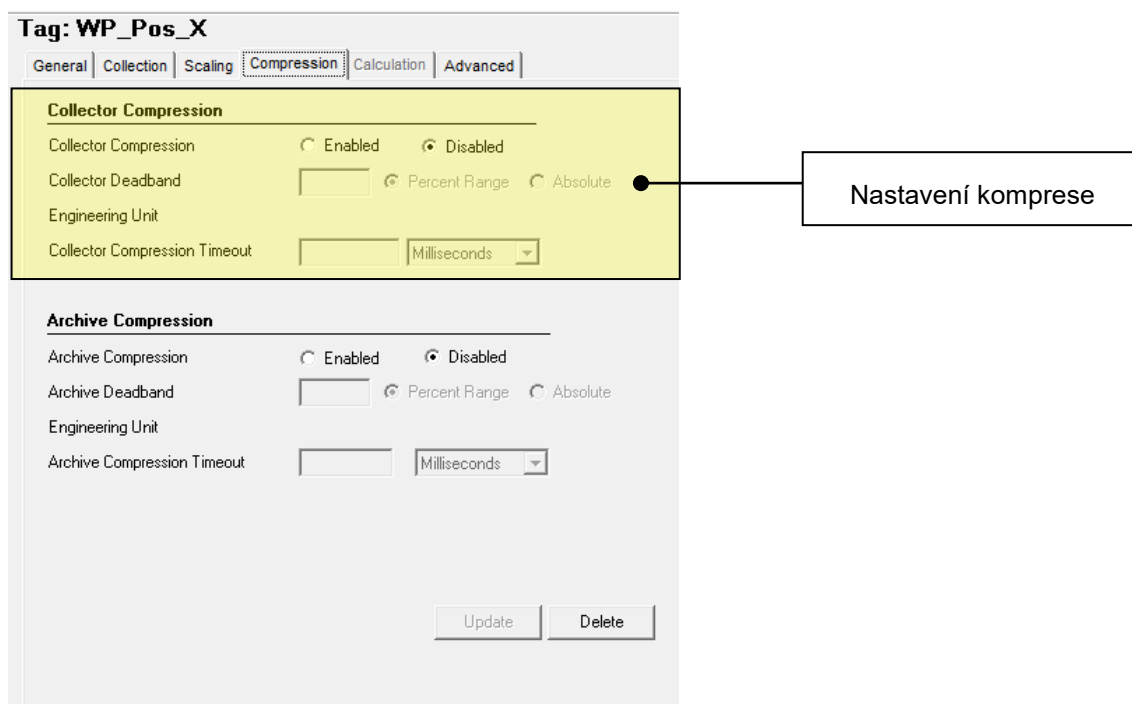
Unsolicited – interval je nastaven na každou vteřinu, ale pokud nedochází k žádné změně hodnoty, data se nesbírají.



Obrázek 55: Konfigurační okno tagů

Většina vybraných proměnných byla nastavena na typ Unsolicited s intervalem jedna sekunda. Typ Polled byl použit pouze pro proměnné z Collection kolektoru, které jsou následně využity pro zobrazení stavu stroje. Toto nastavení bylo zvoleno, aby bar graf zobrazující stav stroje v čase pracoval správně. Sběr dat byl nastaven intervalem jedna sekunda.

Program umožňuje nastavit kompresi sbíraných dat (obrázek 56) tak, aby se zmenšil počet dat, která se sbírají. Pokud je sbíráno příliš velké množství dat, může následně dojít k pomalému načítání grafů v systému SIDAS. Kompresi bylo využito pro tagy nastavené jako Polled, tedy tagy z Calculation kolektoru. Po nastavení komprese dojde ke zmenšení objemu sbíraných dat. Pokud se daná hodnota nemění, nedochází ke sběru dat. Je možné také nastavit **offset**, což znamená, že se hodnota zaznamená pouze tehdy, pokud dojde ke změně hodnoty o určitou hodnotu.



Obrázek 56: Záložka komprese tagů

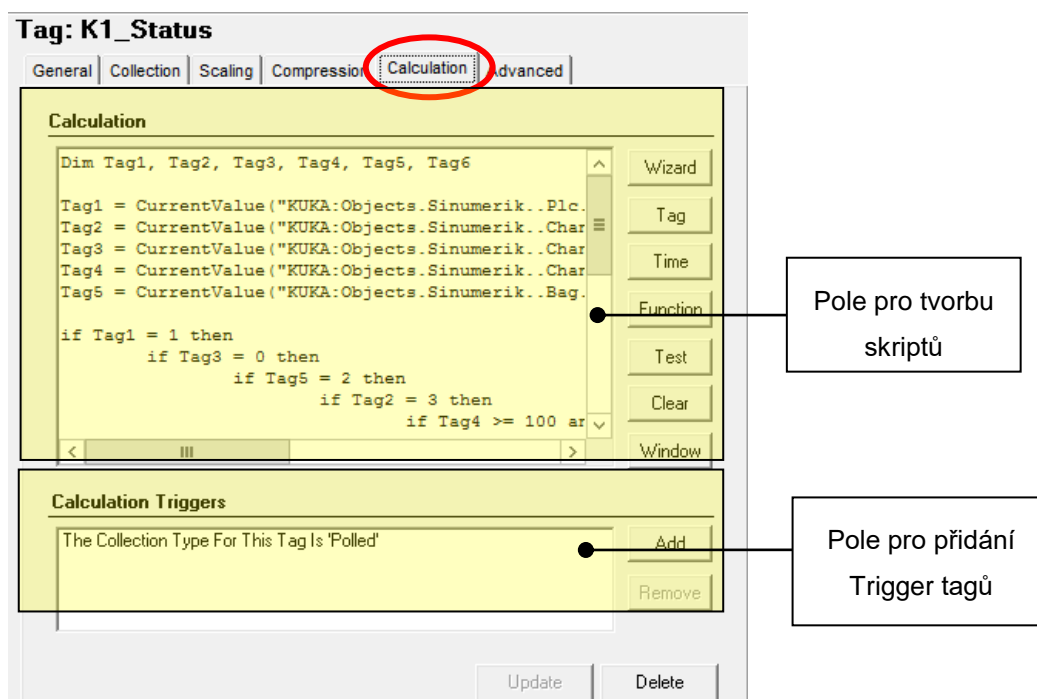
6.1.4 Instalace a využití Calculation kolektoru

Jak již bylo zmíněno, Calculation kolektor bude využit pro výpočet stavu stroje z proměnných vybraných v kapitole 4.4.

Instalace kolektoru probíhá stejným způsobem jako instalace data kolektorů, pouze na stránce s výběrem kolektorů je zvolen Calculation kolektor. Po nainstalování kolektoru Historian umožní přidat tag do Calculation kolektoru. K tomuto postupu je využita možnost Add Tag Manually (kapitola 6.1.3). Takto přidané tagy mají oproti tagům přidaným ze serveru možnost využít záložku Calculation.

Záložka Calculation (obrázek 57) nabízí možnost vytvořit **skript**, ve kterém lze vyhodnotit stav stroje prostřednictvím vybraných proměnných z OPC UA serveru daného stroje. Ve skriptu může dojít k využití všech tagů přidanych do databáze Historianu. Skript poskytuje možnost využít nejen hodnotu tagu, ale také např. jeho kvalitu nebo časovou známku. V systému je také možnost vytvořit funkce a následně je ve skriptu volat a využívat.

Obrázek 57 zobrazuje záložku s možností přidání Triggered tagů, které zajišťují, že se kalkulace spustí pouze ve chvíli, kdy dojde ke změně takto přidaného tagu.



Obrázek 57: Calculation kolektor

6.2 SIDAS

MES systém SIDAS umožňuje zobrazení dat pomocí webového rozhraní. Konfigurace dat probíhá v prostředí SIDAS web portál. Přihlášení je možné provést odkudkoliv, pokud je zajištěn přístup k internetu (obrázek 58). Stačí zadat ve webovém prohlížeči adresu: <http://IP-adresa/Sidas/Login>, čímž se zpřístupní stránka pro přihlášení.

ÚVOD | PŘIHLÁŠENÍ



Form for logging into SIDASu. It includes a label 'Jméno:' followed by a text input field, a label 'Heslo:' followed by a password input field, and a blue button labeled 'Přihlásit'.

Obrázek 58: Úvodní stránka pro přihlášení do SIDASu

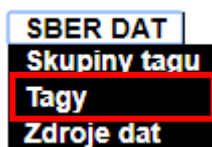
Po zadání jména a hesla budou zpřístupněny funkce prostředí SIDAS, ke kterým má přihlášený uživatel povolen přístup. Pro plný přístup je nutné přihlásit se jako administrátor. Pokud je přihlášen administrátor, zobrazí se konfigurační lišta, která je zobrazena na obrázku 59.

SBER DAT | KONFIGURACE STROMU | MĚŘENÍ | TECHNOLOGIE | MONITORING | REPORTY | OEE | SPRÁVA UŽIVATELŮ | ODHLÁŠENÍ
Přihlášen: *sidat* SIDAS web portal

Obrázek 59: Základní lišta SIDASu

6.2.1 Navázání tagů

Pro propojení Historianu a SIDASu je nejprve nutné vytvořit tagy v prostředí SIDAS a navázat je na již přidávané tagy v Historianu. Navázání tagů je zobrazeno na obrázku 61, provádí se v podskupině Tagy v záložce SBER DAT (obrázek 60).



Obrázek 60: Přístup k vytvoření tagů

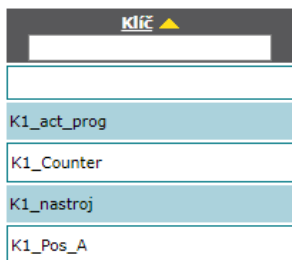
Po rozkliknutí se otevře stránka, která umožňuje vytvořit nové tagy. Celkový náhled na stránku je zobrazen na obrázku 61.

Klíč	Jméno	Typ	Zdrojový typ	DB typ	Skupina	Adresa	Přístup	Agregovaný	Aktivní	Archivovat
		Difference	Word	Batch DateTime	Hodinový puls		Čtení	Neagregovaný	Neaktivní	Nearchivní
K1_act_prog	KUKA1: Actual program	Difference, Reference Calculated	Boolean	Float	Asynchronní RTDS Scripting data		Čtení	Agregovaný	Aktivní	Archi
K1_Counter	KUKA1: Counter	Counter, Reference Calculated, Interpolated	Double	Float	Časově zadávaná produkční data		Čtení	Neagregovaný	Neaktivní	Nearchivní
K1_nastroj	KUKA1: Nastroj	Actual, Interpolated	Int	Integer	Data z Proletu		Čtení/Zápis	Pouze agregovaný	Aktivní	Archi
K1_Pos_A	KUKA1: Pos_A	Actual, Reference Calculated, Interpolated	Double	Float	DZD databáze kvality		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi
K1_Pos_B	KUKA1: Pos_B	Actual, Stepped	Double	Float	EM 1 hod		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi
K1_Pos_X	KUKA1: Pos_X	State, Stepped	Double	Float	EM 1min		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi
K1_Pos_Y	KUKA1: Pos_Y	Actual, Interpolated	Double	Float	EM 5min		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi
K1_Pos_Z	KUKA1: Pos_Z	Actual, Interpolated	Double	Float	Hodinový puls		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi
K1_Status	KUKA1: Machine_status	State, Stepped	Short	Integer	Manuální data cistemy		Čtení	Neagregovaný	Aktivní	Archi

Obrázek 61: Přehled pro vytváření tagů

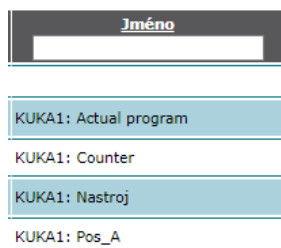
Dále jsou zobrazeny obrázky 62 - 67, ke kterým jsou přidány popisy jednotlivých sloupců:

1. Klíč – pro přehlednost použito jméno stejné jako u tagu v GE Historianu, na který bude tag navázán.



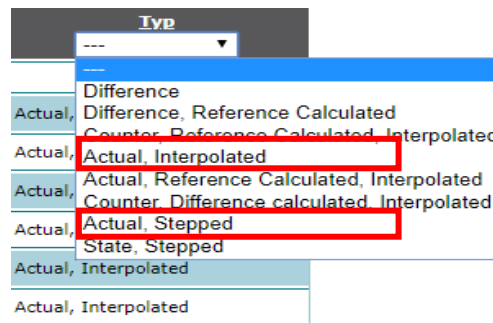
Obrázek 62: Sloupec pro zadání klíče

2. Jméno – název tagu v prostředí SIDAS.



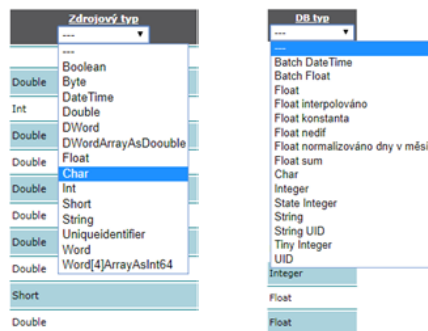
Obrázek 63: Zadání jména tagu

3. Typ – udává typ tagu (pro tuto práci jsou použity dva typy – Actual, Interpolated a State, Stepped).



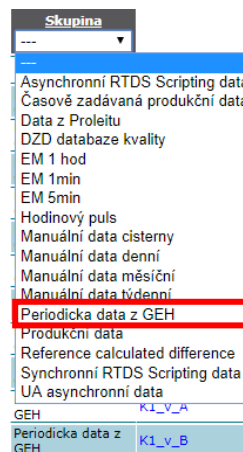
Obrázek 64: Výběr typu tagu

4. Zdrojový typ – spolu s DB typ udává datový typ tagu.
5. DB typ - spolu se zdrojovým typem udává datový typ tagu.



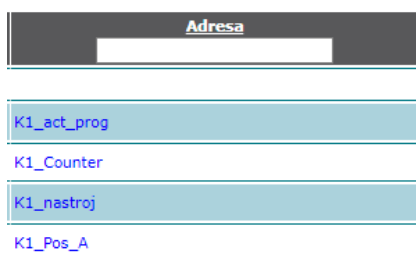
Obrázek 65: Určení datového typu

6. Skupina – je vybrána skupina Periodická data z GEH pro všechny tagy, protože data získáváme z GE Historianu.



Obrázek 66: Výběr zdroje dat

7. Adresa – vyplňuje se jméno tagu z Historianu, na který chceme tento tag navázat.

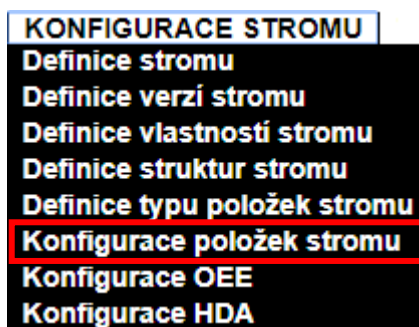


Obrázek 67: Provázání tagu s Historianem

8. Přístup – práva pro čtení, psaní nebo oboje.
9. Agregovaný
10. Aktivní – udává, zda je propojení aktivní nebo neaktivní.
11. Archivovat – volba, zda je tag archivovaný či nikoliv.

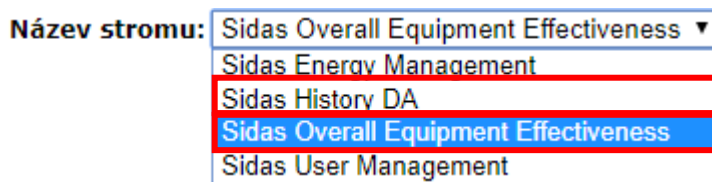
6.2.2 Přidání položek konfiguračního stromu

Přidání položek se provádí v záložce KONFIGURACE STROMU, která se nachází na hlavní liště. Po najetí na tuto záložku se objeví seznam s možnostmi (obrázek 68). Pro přidání položek konfiguračního stromu slouží položka Konfigurace položek stromu.



Obrázek 68: Položky konfigurace

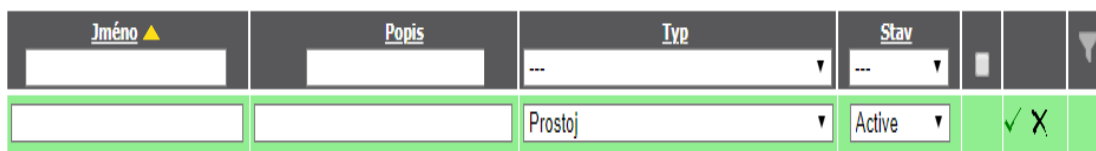
Po rozkliknutí se otevře se stránka, kde se definují jednotlivé položky stromu. Existují dva typy stromů, které se dají v SIDASu konfigurovat. Jde o **OEE** (Overall Equipment Effectiveness) a **HDA** (History Data Access). OEE se používá pro **sledování stavu výroby**, v případě této práce jde o sledování stavu jednotlivých strojů. HDA se zaměřuje na **historická data** a jejich zobrazení v grafech. Výběr stromu, který bude konfigurován, se provede v menu Název stromu (obrázek 69).



Obrázek 69: Výběr platformy

6.2.2.1 Přidání položek OEE

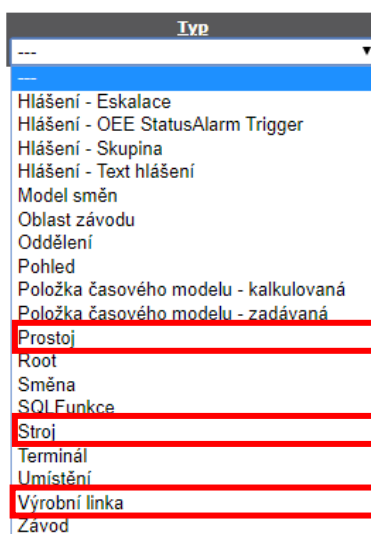
Po vybrání OEE se objeví lišta, kde je zvolena záložka Nový. Objeví se nový řádek, ve kterém se definuje položka pro strom OEE (obrázek 70). Do sloupce Jméno a Popis se zadává název a komentář k danému objektu.



Obrázek 70: Konfigurace OEE

Ve sloupci **Typ** (obrázek 71) se vybere ze seznamu položka, která definuje, jestli je přidán objekt Pracoviště (Výrobní linka), Stroj nebo Prostoj.

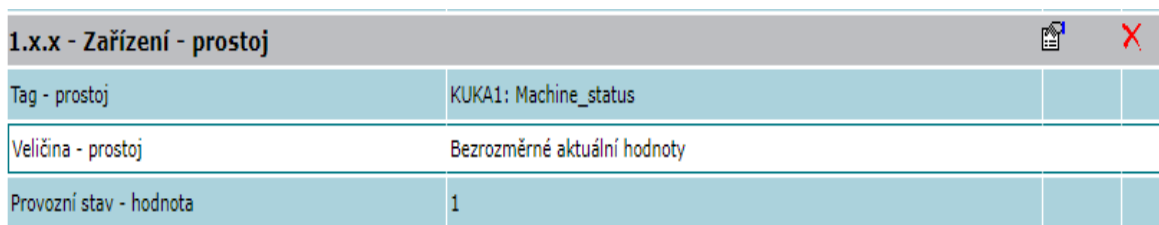
- **Výrobní linka** – nejvíce nadřazená struktura, která definuje celé pracoviště (spadá pod ní více strojů).
- **Stroj** – definuje jeden stroj.
- **Prostoj** – jeden prostoj definuje jeden stav stroje (např. Error, Power off).



Obrázek 71: Položky pro OEE

Po přidání jednotlivých položek je možné položky Stroj a Prostoj dále konfigurovat. Do konfigurace se lze dostat kliknutím na tlačítko **Detail – struktura** (v SIDASu znázorněno obrázkem klíče v řádku s objektem).

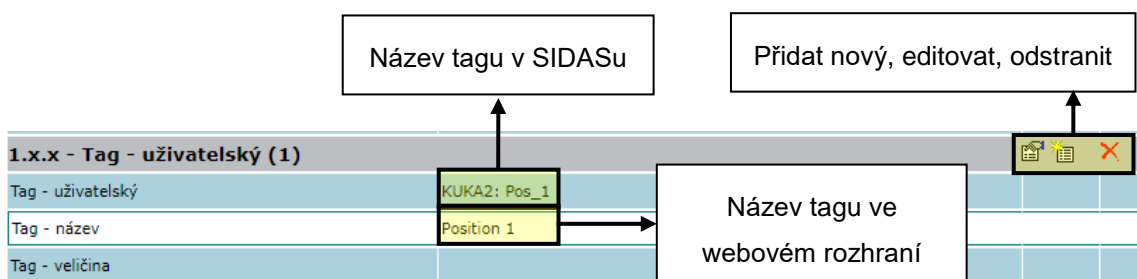
Prostoj nabízí nastavení barvy, která bude zobrazována ve webovém rozhraní pro daný stav stroje. Prostoj je v této konfiguraci definován tagem, který určuje stav stroje (obrázek 72). Jedná se o tag přidáný do SIDASu podle návodu v kapitole 6.2.1 a je tedy navázaný na tag z Historianu. V Historianu je tento tag vytvořen v Calculation kolektoru a jeho hodnota je vypočítána z tagů definovaných v kapitole 4.4.1. Provozní stav udává hodnotu vybraného tagu, při které je stroj v provozu (stav stroje – V provozu).



1.x.x - Zařízení - prostoj	
Tag - prostoj	KUKA1: Machine_status
Veličina - prostoj	Bezrozměrné aktuální hodnoty
Provozní stav - hodnota	1

Obrázek 72: Nastavení tagu stavu stroje

Dále jsou přidány Uživatelské tagy (obrázek 73). Tyto tagy budou na webovém rozhraní zobrazeny v grafech. Těchto tagů může být přidáno neomezené množství.



Obrázek 73: Přidání uživatelských tagů

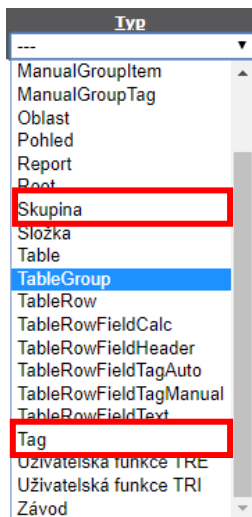
6.2.2.2 Přidání položek HDA

V této fázi činnosti budou definovány **Tagy a Skupiny** (obrázek 74). Tagy jsou opět navázaný na tagy vytvořené v SBER DAT – Tagy. Zde jsou definovány z důvodu, aby bylo možné je vložit do struktury stromu pro HDA

(obrázek 78). Oproti tomu tagy ze sběru dat slouží pro provázání Historianu a SIDASu a dále se využívají všude, kde v SIDASu navazují tagy.

Tag – je navázán na SIDAS tag, který bude následně zobrazován v grafu.

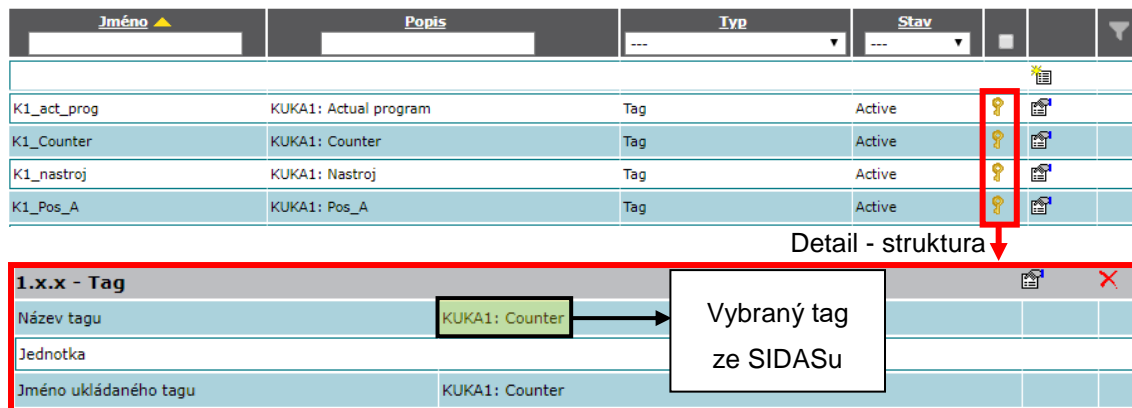
Skupina – nadřazený objekt, do kterého jsou ve struktuře přidávány tagy.



Obrázek 74: Objekty pro HDA

Při vytvoření skupiny je použit jako Jméno název stroje, před něhož je přidáno HDA (např. pro stroj Weldprint – HDA_Weldprint). Popis se shoduje s názvem stroje. Skupina se dále nekonfiguruje.

Pro přehlednost bylo zvoleno Jméno přidávaného tagu stejné jako jméno v Historianu a Popis se shoduje se jménem příslušného tagu v SIDASu. Stav je nastaven na aktivní. Dále je nutné rozkliknout políčko Detail – struktura (obrázek 75) a navázat vytvořený tag na již stávající tag v SIDASu.

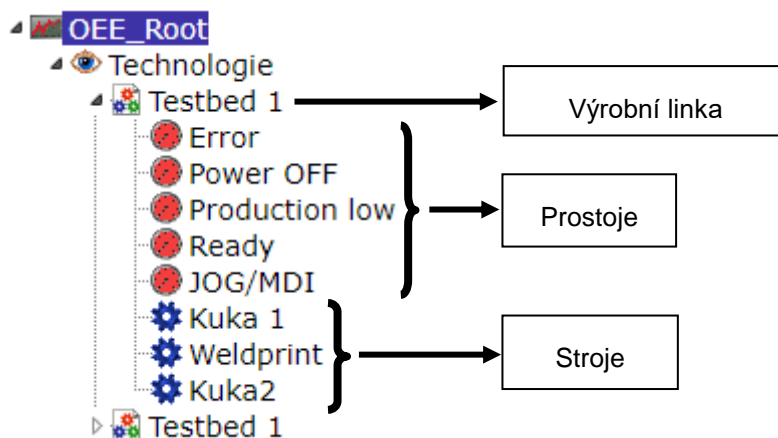


Obrázek 75: Přidání a navázání tagů do struktury HDA

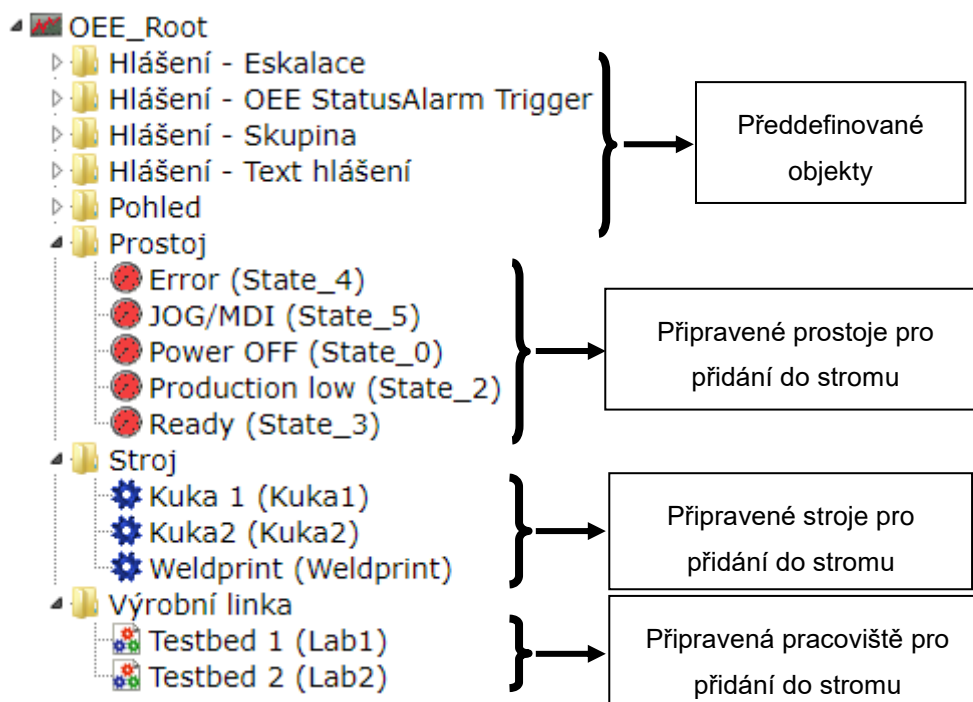
6.2.3 Konfigurace stromu OEE

Konfigurace OEE stromu je zařazena v seznamu KONFIGURACE STROMU – KONFIGURACE OEE. Po rozkliknutí se zobrazí dva sloupce. Jeden sloupec zobrazuje **konfigurační strom** (obrázek 76) a druhý **objekty** (obrázek 77), které je možné do stromu vložit. Celá konfigurace probíhá systémem **drag and drop**, což znamená, že objekty jsou přetaženy do struktury stromu. Tím je postupně vytvořena celá struktura stromu.

Objekty, které lze přetáhnout do konfiguračního stromu byly vytvořeny způsobem, který je popsán v kapitole 6.2.2.1. V této práci byla vytvořena struktura, která je ukázána na obrázcích 76 a 77. Z obrázků je patrné, že byla použita Výrobní linka s názvem Testbed 1, pod kterou jsou následně přiřazeny stroje Kuka 1, Kuka 2 a Weldprint. Dále jsou pod ní také zařazeny Prostoje reprezentující jednotlivé stavy stroje. Testbed 2 je přidán pouze jako ukázka, aby bylo vidět zobrazení dvou pracovišť ve webovém rozhraní.



Obrázek 76: Struktura OEE

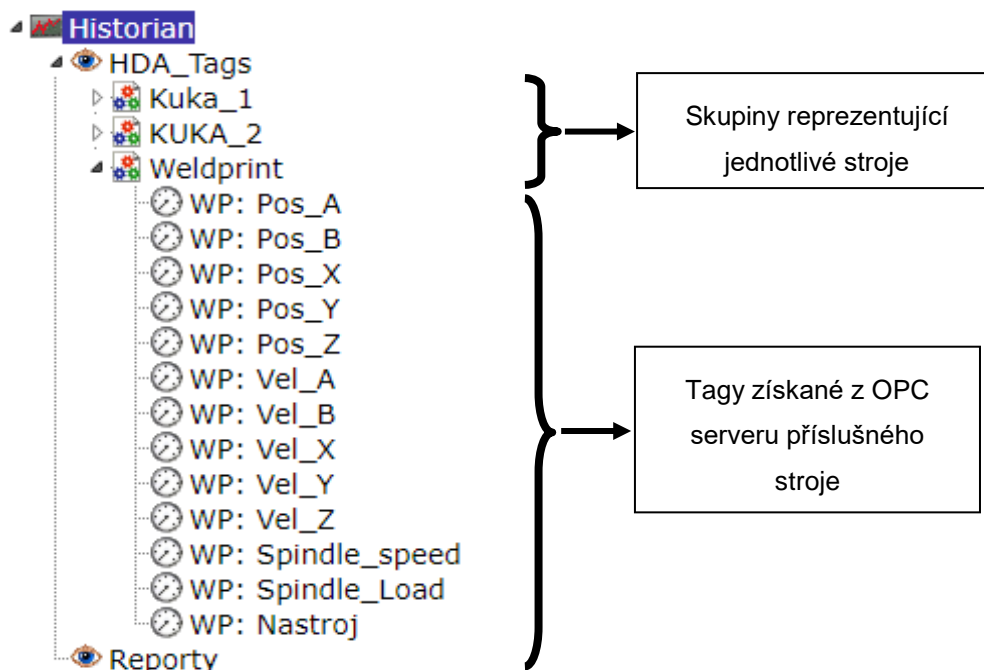


Obrázek 77: Položky pro OEE strukturu

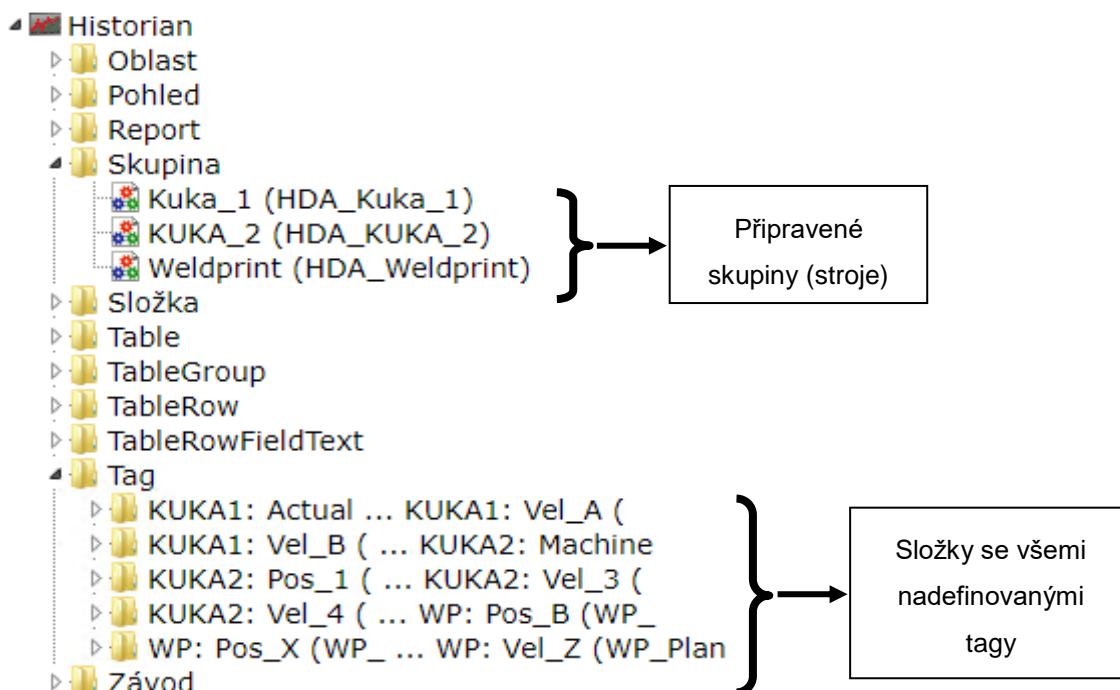
6.2.4 Konfigurace HDA

Konfigurace HDA stromu je uložena v seznamu KONFIGURACE STROMU – KONFIGURACE HDA. Po rozkliknutí se stejně jako u konfigurace OEE zobrazí dva sloupce. Jeden sloupec zobrazuje konfigurační strom (obrázek 78) a druhý objekty (obrázek 79), které je možné do stromu vložit. Konfigurace se opět provádí systémem **drag and drop**.

Objekty byly vytvořeny způsobem popsáním v kapitole 6.2.2.2. Struktura je tvořena skupinami reprezentujícími jednotlivé stroje (obrázek 78). Do každé skupiny jsou přiřazeny tagy získané z OPC UA severu odpovídajícího stroje (obrázek 78).



Obrázek 78: Struktura HDA



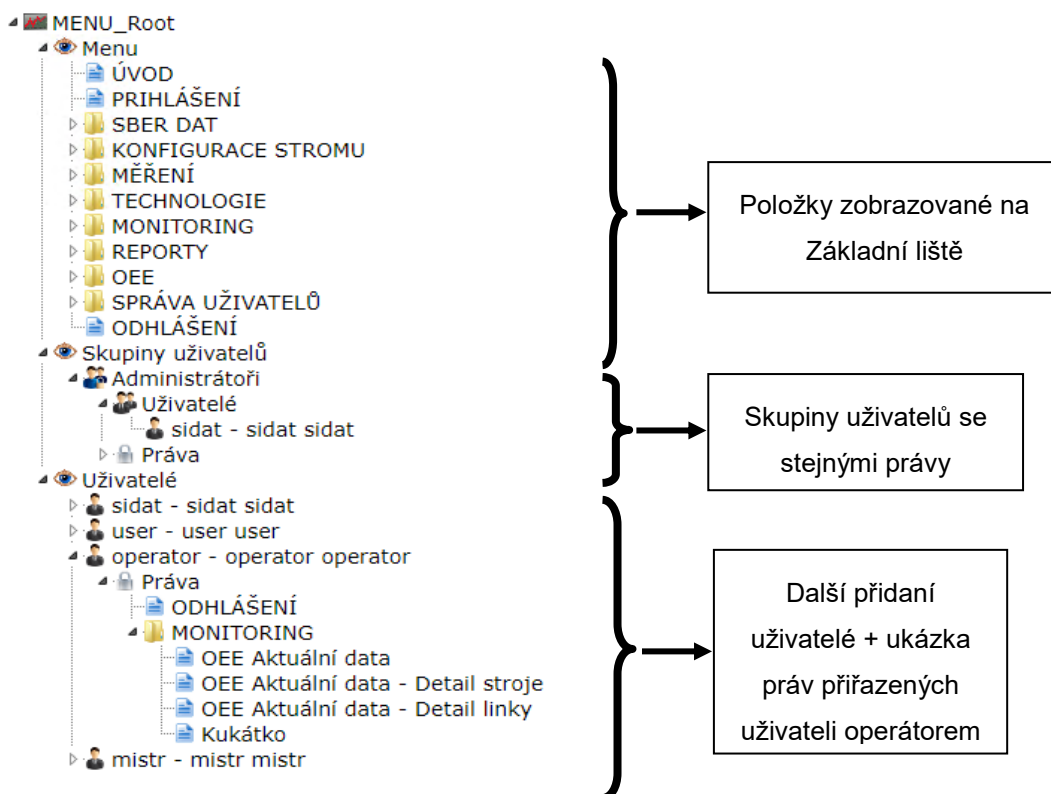
Obrázek 79: Položky pro strukturu HDA

6.2.5 Konfigurace a správa uživatelů

Pro správu uživatelů lze využít záložku SPRÁVA UŽIVATELŮ na základní liště. Ze seznamu je možné vybrat:

- správa uživatelů – poskytuje možnost vytvoření nových uživatelů, kde nejdůležitější je nastavit Login a heslo, kterými probíhá přihlášení do webové aplikace,
- správa menu a práv – umožňuje spravovat, jaké položky na hlavní liště vybraný uživatel uvidí,
- změna hesla – slouží pro změnu hesla uživatele.

Správa menu a práv uživatelů probíhá stejným systémem jako konfigurace OEE a HDA stromu. Na obrazovce jsou ukázány dva sloupce, kde v levém sloupci (obrázek 80) se nachází **struktura základní lišty** a **přidání uživatelé** s přidělenými právy. V pravém sloupci (obrázek 83) se zobrazují **objekty**, které lze přetáhnout do levého sloupce a přidat tak uživatele a jejich práva nebo upravit základní lištu. V tomto menu je možné také vytvářet skupiny uživatelů.

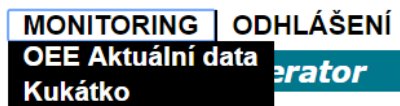


Obrázek 80: Struktura menu a uživatelů

Jak je vidět na obrázku 80 ze struktury uživatelů, v projektu byli vytvořeni dva uživatelé (mistr a operator). Tito uživatelé mají omezená práva a mohou

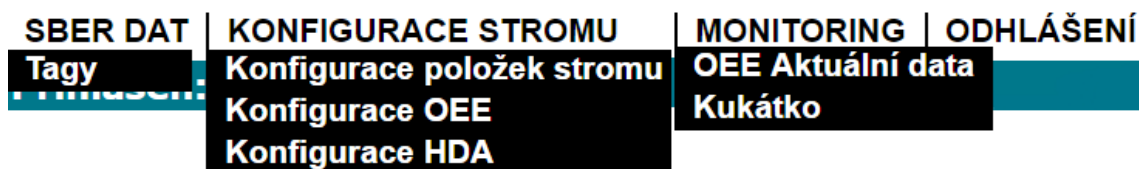
vidět na základní liště a jejich podsložkách pouze omezenou nabídku možností. Práva jednotlivých uživatelů jsou zobrazeny na obrázcích 81 a 82.

1. **Operator** – má přístup pouze k zobrazení OEE dat a Kukátku.



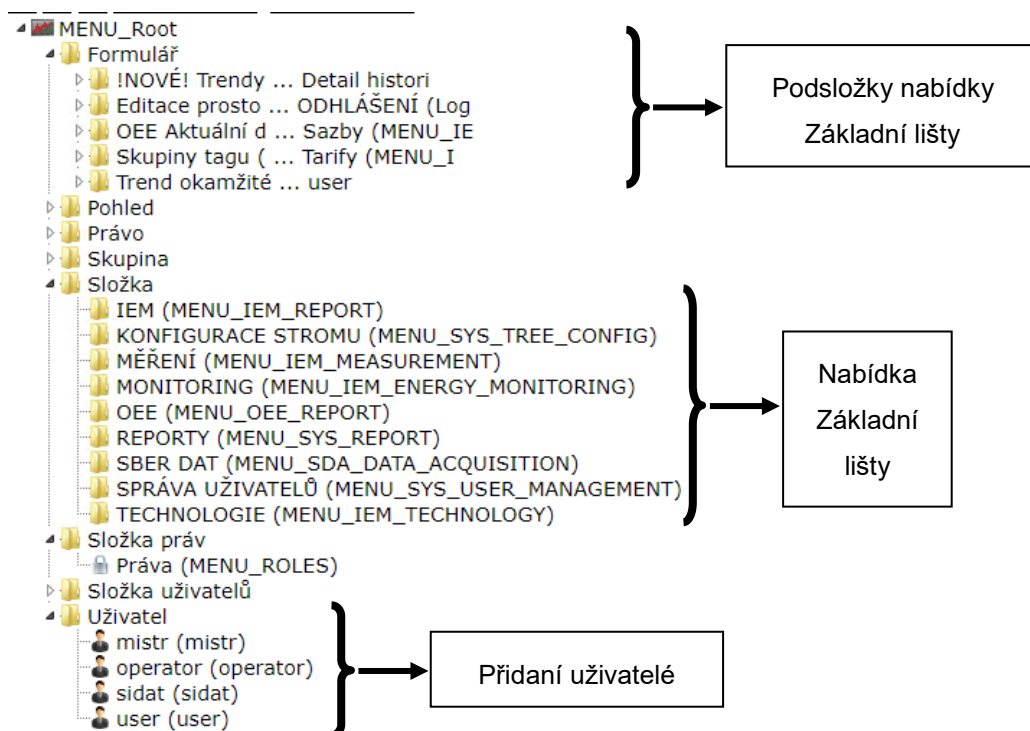
Obrázek 81: Možnosti uživatele Operator

2. **Mistr** – oproti operátorovi má navíc přístup k přidávání tagů a konfiguraci stromů.



Obrázek 82: Práva uživatele Mistr

3. **Administrator (Sidat)** – má přístup k veškerému nastavení v SIDASu.



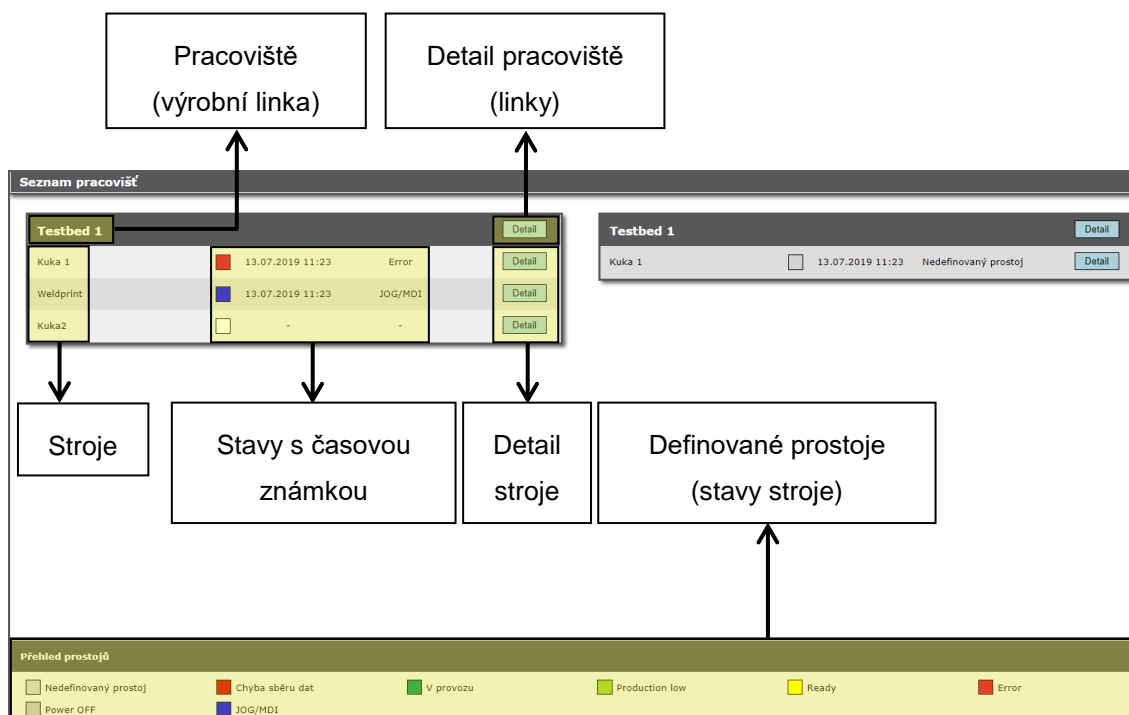
Obrázek 83: Objekty pro strukturu práv a uživatelů

6.3 Vizualizace

Všechny konfigurace provedené ve výše uvedených kapitolách jsou následně graficky zobrazeny ve webovém prohlížeči. SIDAS využívá pro zobrazení tři obrazovky, které jsou vytvořeny strukturou stromu. První úroveň je tvořena **základní obrazovkou**, která zobrazuje přehled pracovišť a pod ně spadající stroje. U každého stroje je následně zobrazen aktuální stav a čas. Druhá úroveň zobrazuje **detail** jednoho pracoviště. Ve třetí úrovni je **pohled** na jeden stroj.

6.3.1 Základní obrazovka

Zobrazení nalezneme na základní liště ve složce **MONITORING – OEE** Aktuální data. Po vstupu do tohoto adresáře se zobrazí základní obrazovka (obrázek 84). V prvních dvou úrovních jsou zobrazena pouze OEE data, ve třetí úrovni můžeme zobrazit také HDA data.

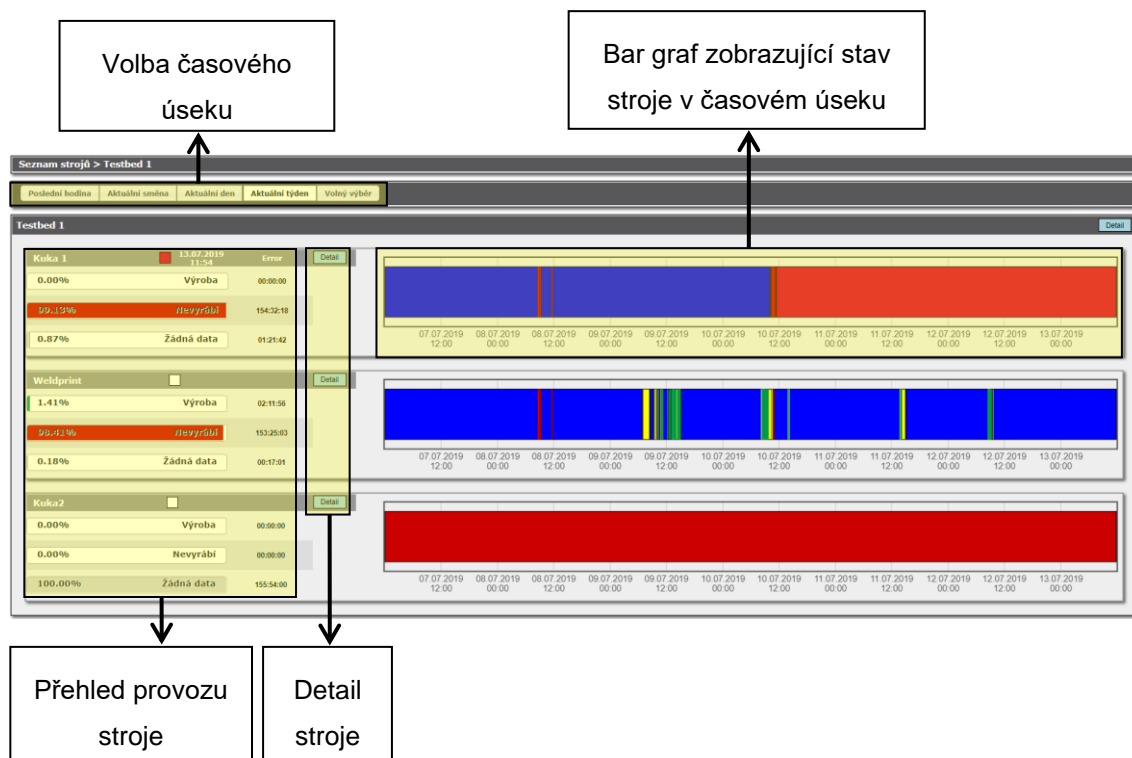


Obrázek 84: Základní obrazovka vizualizace

6.3.2 Detail pracoviště

V detailu pracoviště (obrázek 85) se nachází **bar graf** zobrazující stav stroje za zvolený časový úsek. Časový úsek je volen v liště časových úseků. SIDAS

nabízí rychlý přístup na časový úsek – poslední hodina, aktuální směna, aktuální den, aktuální týden. Dále je nabízena možnost využít volný výběr, kde si lze vybrat, za jaký časový úsek mají být požadovaná data zobrazena. U každého stroje je dále zobrazeno v procentech i čase, jak dlouho v daném časovém úseku probíhala výroba, jak dlouho byla výroba zastavena a po jakou délku časového úseku nebyla získána žádná data.



Obrázek 85: Obrázka - Detail pracoviště

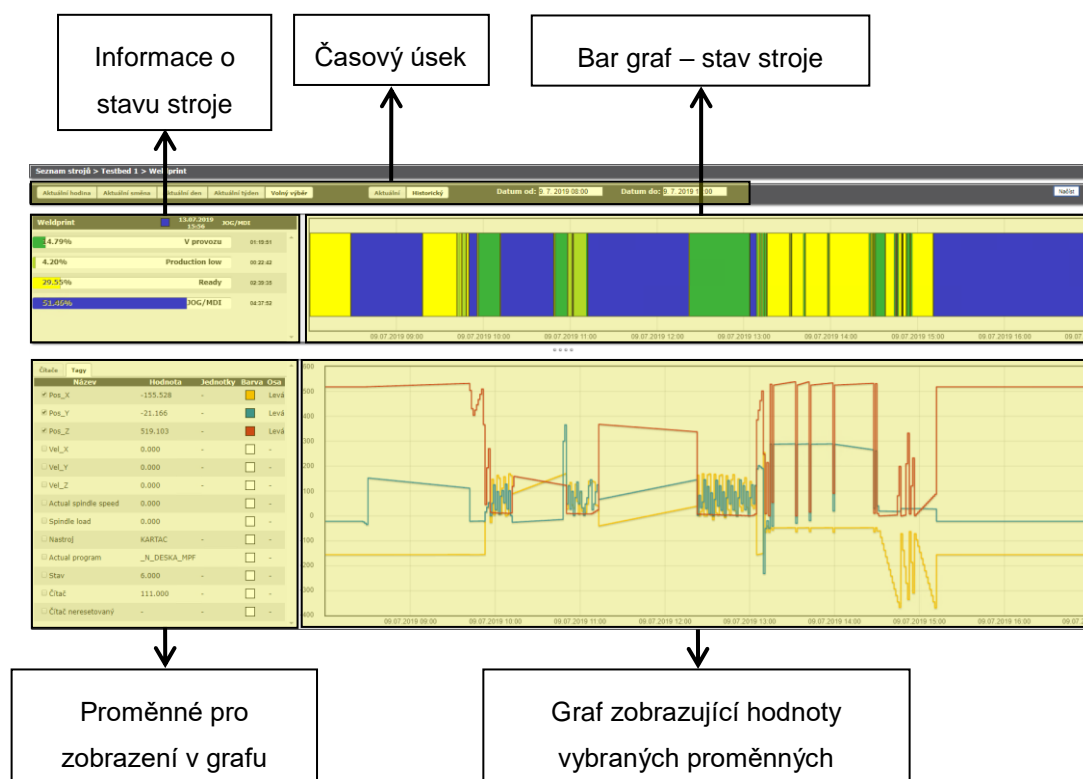
6.3.3 Detail stroje

Po rozkliknutí detailu stroje (obrázek 86) se objeví obrazovka, kde jsou zobrazeny podrobnější informace o jednotlivých stavech stroje. Z detailu stroje je také možné získat historická data uživatelských tagů, přidaných v kapitole 6.2.2.2.

Bar graf (stav stroje) – zobrazuje ve vybraném časovém úseku stav stroje (stavy jsou odlišeny barevně).

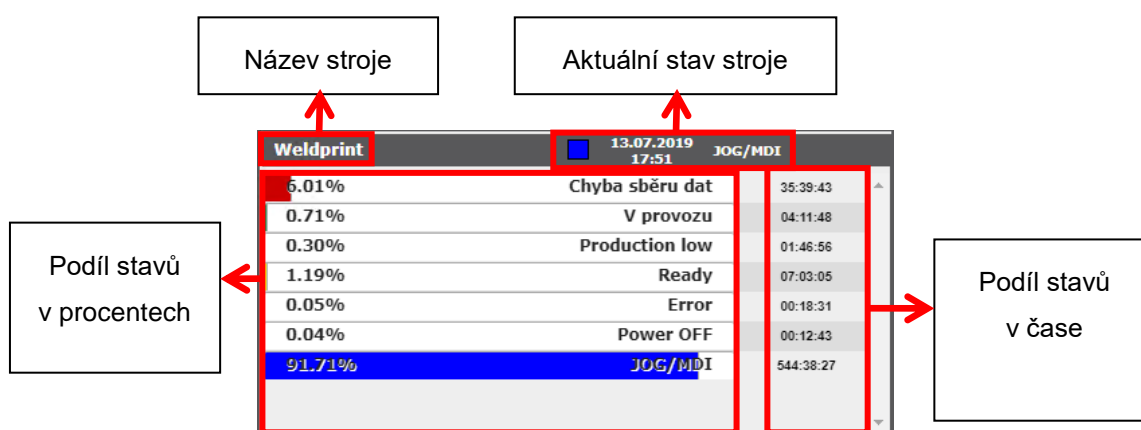
Časový úsek – udává, v jakém časovém úseku jsou data zobrazena.

Graf zobrazující hodnoty proměnných – ukazuje průběh vybraných proměnných v čase.



Obrázek 86: Obrazovka – Detail stroje

Informace o stavu stroje – zobrazuje jméno stroje, aktuální stav stroje s časovou značkou a podíl jednotlivých stavů stroje v procentech i čase z celkového vybraného časového úseku (obrázek 87).



Obrázek 87: Informace o stavu stroje

Proměnné pro zobrazení v grafu – ukazuje aktuální hodnotu proměnných a umožňuje zobrazení historických hodnot ve vybraném časovém úseku v grafu (obrázek 88).

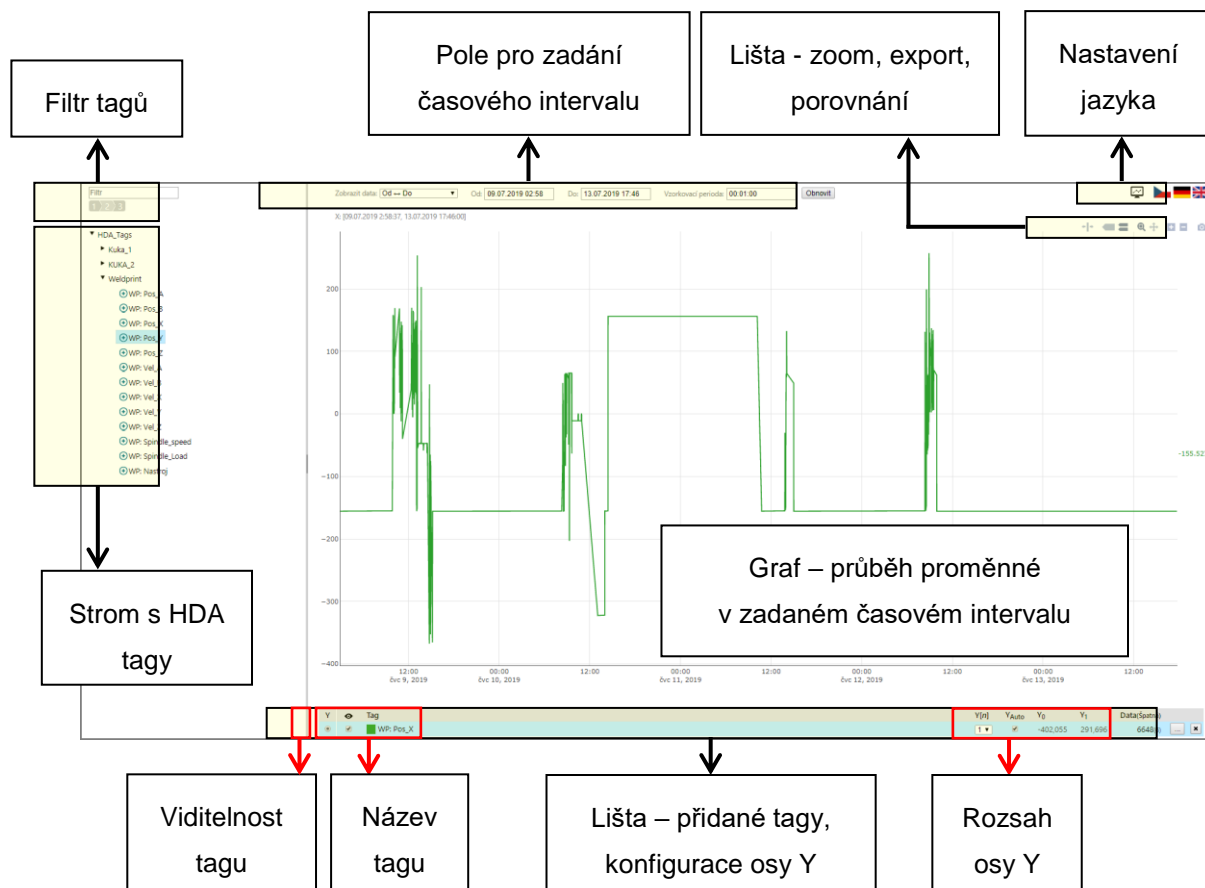
nazev	Hodnota	Jednotky	Barva	Osa
<input checked="" type="checkbox"/> Pos_X	-155.528		Yellow	Levá
<input checked="" type="checkbox"/> Pos_Y	-21.166		Blue	Levá
<input checked="" type="checkbox"/> Pos_Z	519.100		Red	Levá
<input type="checkbox"/> Vel_X	0.000			-
<input type="checkbox"/> Vel_Y	0.000			-
<input type="checkbox"/> Vel_Z	0.000			-
<input type="checkbox"/> Actual spindle speed	0.000			-
<input type="checkbox"/> Spindle load	0.000			-
<input type="checkbox"/> Nastroj	KARTAC			-
<input type="checkbox"/> Actual program	_N_DESKA_MPF			-
<input type="checkbox"/> Stav	6.000			-
<input type="checkbox"/> Čítač	111.000			-
<input type="checkbox"/> Čítač neresetovaný	-			-

Obrázek 88: HDA tagy

6.3.4 Monitoring HDA proměnných

Pro zobrazení tagů vytvořených v kapitole 6.2.2.2 v zadaném časovém úseku je možné využít aplikaci monitoringu HDA proměnných. Otevření probíhá přes **MONITORING – Kukátko** (obrázek 89). Struktura kukátka odpovídá struktuře z obrázku 78. Pro zobrazení hodnot tagu v grafu stačí pouze kliknout na plus, které se nachází u jména tagu ve vyhledávacím stromě. Tag se automaticky přidá do grafu.

V grafu je možné zobrazit více tagů najednou, porovnávat jejich hodnoty a použít zoom. Dále je možné exportovat graf do formátu JPG.



Obrázek 89: Kukátko pro zobrazení HDA tagů

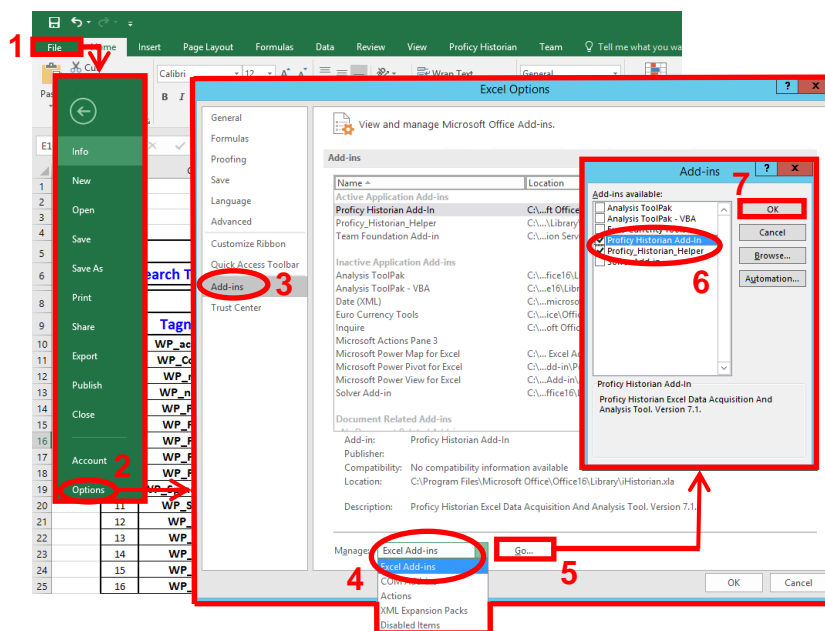
7 Excel Add-In

Excel Add-In slouží pro export dat z Historianu do Excelu. Data mohou být přidána pomocí lišty příkazů nebo vyplněním příkazů přímo do buněk Excelu.

7.1 Instalace a nastavení

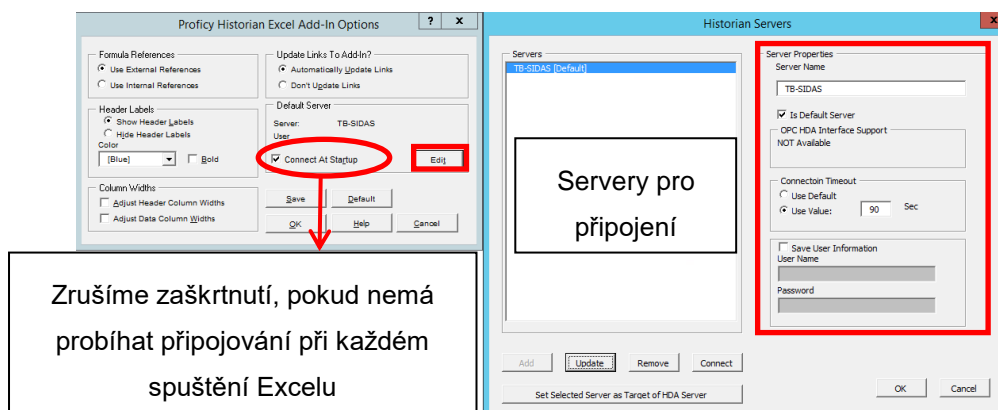
Nejprve musí být nainstalován Excel Add-In v Historianu. Tato akce je provedena obdobně jako instalace kolektorů či Historianu. Po spuštění instalační aplikace Historianu stačí vybrat Install Excel Add-In a postupovat dle průvodce instalací. Po dokončení instalace musí být funkce přidána v Excelu (obrázek 90).

Instalace a nastavení bylo provedeno pro Microsoft Excel 2016, který je kompatibilní s Proficy Historianem. Po spuštění Excelu se Excel Add-In nachází pod záložkami: File (1) – Options (2) – Add-ins (3) – Manage (Excel Add-ins – 4). Na obrazovce uživatel klikne na záložku Go (5) a objeví se okno, kde je nutné zakliknout Proficy Historian Add-In (6) a Proficy_Historian_Helper (6). Poté stačí pouze výběr potvrdit pomocí Ok (7). Po chvíli se na hlavní liště zobrazí záložka Proficy Historian.



Obrázek 90: Přidání Historian Excel Add-in

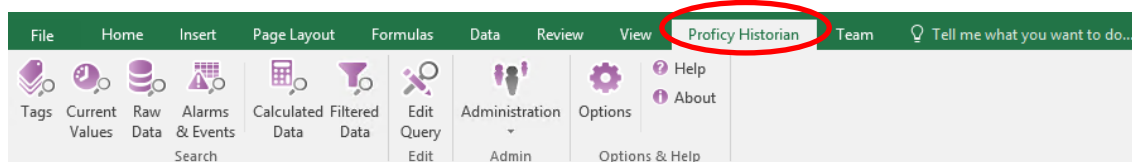
Připojení k serveru se nastaví v záložce Proficy Historian – Options – Edit (obrázek 91). V této záložce je nutné zvolit server, ze kterého budou získávána data. Současně je možné upravit další nastavení, pokud je potřeba. V případě, že Excel bude využíván i k jiným účelům, je vhodné zrušit volbu Connect at Startup (obrázek 91).



Obrázek 91: Konfigurace Historian Proficy Add-In

7.2 Funkce Excel Add-In

Po přidání Excel Add-In je možné využít položku Proficy Historian, která se nachází na hlavní liště Excelu. Po rozevření lišty lze využívat různé funkce, jak je patrné z obrázku 92, které Add-In nabízí:



Obrázek 92: Excel lišta s přidáním Add-In

- Tags – umožňuje přidat tagy uložené v databázi Historianu a zároveň k nim vyexportuje zvolené vlastnosti tagu (např. popis, datový typ, kolektor atd.),
- Current Values – přidá k vybraným tagům aktuální hodnotu, časovou známku a kvalitu,
- Raw data – přidá netříděná data z databáze pro zvolený tag, data je možné přidat za určitý časový úsek nebo určitý počet vzorků,

- Calculated data – data je možné při přidání upravit nějakou matematickou operací (např. Calculated sampling – Average), po určení časového intervalu je přidán určitý počet vzorků nebo vzorky po určitém čase (např. každých 5 minut),
- Filtered data – podobné jako Calculated data, jen ještě o trochu pokročilejší.

7.3 Využití Excel Add-In

Excel Add-In je v diplomové práci využit zejména z toho důvodu, že systém SIDAS neumí ve svém webovém rozhraní zobrazovat historická data tagů, které jsou datového typu string. Umí zobrazit pouze aktuální hodnotu. Aby bylo možné tato data získat, byl využit Excel Add-In, ve kterém byla vytvořena tabulka, která zobrazuje uvedené tagy. Jedná se o tagy zobrazující název používaných nástrojů a programů u jednotlivých strojů. Ukázka tabulky 5 zobrazuje posledních 20 záznamů, ale je možné ji rozšířit dle potřeby na více nebo méně. Pro vytvoření byla využita funkce **Raw data**.

Tabulka 5: Zobrazení použitých programů a nástrojů

Stroj			KUKA 1			Stroj			KUKA 1			Stroj			Weldprint			Stroj			Weldprint		
Tagname			Tagname			Tagname			Tagname			Tagname			Tagname			Tagname			Tagname		
K1_act_prog			K1_nastroj			WP_act_prog			WP_act_prog			WP_act_prog			WP_act_prog			WP_act_prog			WP_act_prog		
Aktuální program			Aktuální nástroj			Aktuální program			Aktuální nástroj			Aktuální program			Aktuální nástroj			Aktuální program			Aktuální nástroj		
Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality	Timestamp	Value	Quality
1	10-VII-19 13:37:57	TEST_NAVSTEVA_LOOP	Good	1	10-VII-19 13:37:57	1	Good	1	12-VII-19 09:56:04	N_DESKA_MPF	Good	1	11-VII-19 17:07:17	KARTAC	Good								
2	10-VII-19 11:21:21	TEST_NAVSTEVA_LOOP	Good	2	10-VII-19 11:21:21	1	Good	2	12-VII-19 09:55:51	MA_JOG_STEP1_M	Good	2	11-VII-19 11:37:34	KARTAC	Good								
3	10-VII-19 11:20:36	Bad	Bad	3	10-VII-19 11:20:36	Bad	Bad	3	12-VII-19 08:58:48	N_DESKA_MPF	Good	3	11-VII-19 11:08:11	KARTAC	Good								
4	10-VII-19 11:20:26	Bad	Bad	4	10-VII-19 11:20:26	Bad	Bad	4	12-VII-19 08:34:20	SEKVENCI_BODOV	Good	4	10-VII-19 10:55:52	KARTAC	Good								
5	10-VII-19 11:13:23	Bad	Bad	5	10-VII-19 11:13:23	Bad	Bad	5	12-VII-19 08:34:00	OHREV_VRETENE_N	Good	5	10-VII-19 10:55:49	Bad	Bad								
6	10-VII-19 11:13:15	Bad	Bad	6	10-VII-19 11:13:15	Bad	Bad	6	12-VII-19 08:33:52	MA_JOG_STEP1_M	Good	6	10-VII-19 10:53:01	Bad	Bad								
7	10-VII-19 11:10:35	Bad	Bad	7	10-VII-19 11:10:35	Bad	Bad	7	12-VII-19 08:28:41	OHREV_VRETENE_N	Good	7	10-VII-19 10:30:05	KARTAC	Good								
8	10-VII-19 11:10:27	Bad	Bad	8	10-VII-19 11:10:27	Bad	Bad	8	12-VII-19 08:22:51	N_OSTORE1_SYF	Good	8	10-VII-19 10:30:03	Bad	Bad								
9	10-VII-19 11:07:50	Bad	Bad	9	10-VII-19 11:07:50	Bad	Bad	9	11-VII-19 17:07:17	SEKVENCI_BODOV	Good	9	10-VII-19 10:27:32	Bad	Bad								
10	10-VII-19 11:06:20	Bad	Bad	10	10-VII-19 11:06:20	Bad	Bad	10	11-VII-19 15:00:35	SEKVENCI_BODOV	Good	10	08-VII-19 11:39:38	KARTAC	Good								
11	10-VII-19 10:59:09	Bad	Bad	11	10-VII-19 10:59:09	Bad	Bad	11	11-VII-19 15:00:23	MA_JOG_STEP1_M	Good	11	08-VII-19 11:39:35	Bad	Bad								
12	10-VII-19 10:59:01	Bad	Bad	12	10-VII-19 10:59:01	Bad	Bad	12	11-VII-19 13:57:02	SEKVENCI_BODOV	Good	12	08-VII-19 11:36:37	Bad	Bad								
13	10-VII-19 10:55:52	Bad	Bad	13	10-VII-19 10:55:52	Bad	Bad	13	11-VII-19 13:56:50	OHREV_VRETENE_N	Good	13	08-VII-19 09:13:04	KARTAC	Good								
14	10-VII-19 10:53:02	Bad	Bad	14	10-VII-19 10:53:02	Bad	Bad	14	11-VII-19 13:56:41	MA_JOG_STEP1_M	Good	14	08-VII-19 09:13:01	Bad	Bad								
15	10-VII-19 10:51:10	Bad	Bad	15	10-VII-19 10:51:10	Bad	Bad	15	11-VII-19 13:52:39	OHREV_VRETENE_N	Good	15	08-VII-19 09:10:11	Bad	Bad								
16	10-VII-19 10:51:02	Bad	Bad	16	10-VII-19 10:51:02	Bad	Bad	16	11-VII-19 13:51:59	SEKVENCI_BODOV	Good	16	08-VII-19 08:53:03	KARTAC	Good								
17	10-VII-19 10:49:07	Bad	Bad	17	10-VII-19 10:49:07	Bad	Bad	17	11-VII-19 13:51:58	MA_JOG_STEP1_M	Good	17	08-VII-19 08:53:00	Bad	Bad								
18	10-VII-19 10:48:59	Bad	Bad	18	10-VII-19 10:48:59	Bad	Bad	18	11-VII-19 13:51:50	SEKVENCI_BODOV	Good	18	08-VII-19 08:50:19	Bad	Bad								
19	10-VII-19 10:48:10	Bad	Bad	19	10-VII-19 10:48:10	Bad	Bad	19	11-VII-19 13:51:49	MA_JOG_STEP1_M	Good	19	08-VII-19 08:41:44	KARTAC	Good								
20	10-VII-19 10:48:02	Bad	Bad	20	10-VII-19 10:48:02	Bad	Bad	20	11-VII-19 13:49:30	SEKVENCI_BODOV	Good	20	08-VII-19 08:41:41	Bad	Bad								

Dále byla vytvořena tabulka 6 pro zobrazování tagů s aktuální hodnotou, časovou známkou a kvalitou. U této tabulky bylo vytvořeno pole (Search Tag), do kterého je zaneseno jméno tagu či jeho část (např. *WP*) a do tabulky se následně vyfiltrují všechny tagy, které obsahují zadaný text. Pro vytvoření byla využita funkce **Tags a Current Value**.

Tabulka 6: Filtrovaná data s aktuálními hodnotami

Aktuální data pro vybrané tagy				
Search Tag		*WP*		
Vybrané tagy				
Číslo	Tagname	Timestamp	Value	Quality
1	WP_act_prog	12.VII-19 09:56:04	N DESKA_M	Good
2	WP_Counter	12.VII-19 09:56:04	111	Good
3	WP_n_act	12.VII-19 09:33:31	0	Good
4	WP_nastroj	11.VII-19 17:07:17	KARTAC	Good
5	WP_Pos_A	14.VII-19 00:55:24	0,00028	Good
6	WP_Pos_B	14.VII-19 00:55:24	359,99995	Good
7	WP_Pos_X	14.VII-19 00:55:03	-155,52756	Good
8	WP_Pos_Y	14.VII-19 00:55:24	-21,16545	Good
9	WP_Pos_Z	14.VII-19 00:55:20	519,08994	Good
10	WP_Spindle_Load	12.VII-19 09:56:01	0	Good
11	WP_Status	14.VII-19 00:54:40	6	Good
12	WP_v_A	11.VII-19 17:07:17	0	Good
13	WP_v_B	12.VII-19 08:34:41	0	Good
14	WP_v_X	12.VII-19 09:55:56	0	Good
15	WP_v_Y	12.VII-19 09:55:56	0	Good
16	WP_v_Z	12.VII-19 09:55:52	0	Good
17				
18				
19				
20				

Poslední tabulka zobrazuje všechny tagy využívané v SIDASu. Tabulka 7 obsahuje kromě jména tagu také popis, datový typ a jméno kolektoru. Pro vytvoření tabulky byla využita **funkce Tags**.

Tabulka 7: Tagy Historianu

SIDAS tagy			
Tagname	Description	Data Type	Collector Name
K1_nastroj	KUKA:Objects.Sinu	VariableString	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_act_prog	KUKA:Objects.Sinu	VariableString	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Counter	KUKA:Objects.Sinu	UnsignedSingleInteger	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Pos_A	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Pos_B	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Pos_X	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Pos_Y	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Pos_Z	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_Status		SingleInteger	TB-SIDAS_Calculation
K1_v_A	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_v_B	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_v_X	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_v_Y	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo
K1_v_Z	KUKA:Objects.Sinu	DoubleFloat	TB-Sidas_OPCUACollectorTwo

Tabulky, které jsou v práci zobrazeny, slouží pouze pro ukázkou a nejsou přidány celé.

8 Testování při provozu

Testování bylo prováděno průběžně. Začátek testování byl proveden na testovacím standu (obrázek 93). Jako další byl testován stroj KUKA KR 60-3 (obrázek 94) s ŘS Siemens Sinumerik 840d sl. Jako poslední byl otestován stroj Weldprint (obrázek 98), který také využívá ŘS Siemens Sinumerik 840d sl.

8.1 Testovací stand

Testování bylo prováděno nejprve na testovacím standu (obrázek 93), který se nachází v mechatronické laboratoři Ústavu výrobních strojů a zařízení v Praze na Albertově. Tento stand využívá řídicí systém Siemens Sinumerik, který běží na jednotce NCU. K této jednotce je připojen HMI panel a je na ní spuštěn OPC UA server. Stand obsahuje také dva pohony pro osu X a Y. Osa Z je zprovozněna pouze virtuálně.



Obrázek 93: Testovací stand

K testování proměnných byl jako klient využit UA Expert. Pomocí tohoto klientu bylo provedeno přihlášení k OPC UA serveru pomocí jména a hesla, díky čemuž byl získán přístup ke struktuře a datům ze systému. Bylo vyzkoušeno, jaké hodnoty vybrané proměnné předávají do klientu.

Následně, co byly vybrané proměnné otestovány, bylo možné dále stanovit, jak budou použity pro výpočet stavu stroje (v případě proměnných pro OEE) a jak nastavit tagy v SIDASu, které na ně budou navázány (pro tagy OEE i HDA).

8.2 KR 60-3 s řídicím systémem Siemens Sinumerik 840d sl



Obrázek 94: Robot KR 60-3

Pro řízení tohoto robotu (obrázek 94) je využita jednotka NCU, na kterou je připojen HMI panel (obrázek 95). Zároveň je na tuto jednotku nainstalován OPC UA server od firmy Siemens. Robot využívá licencovanou verzi systému. Verze systému je V4.07 + SP04 + HF 05. Systém běží na operačním systému Linux. Ukázka zapojení systému je vidět na obrázku 95.

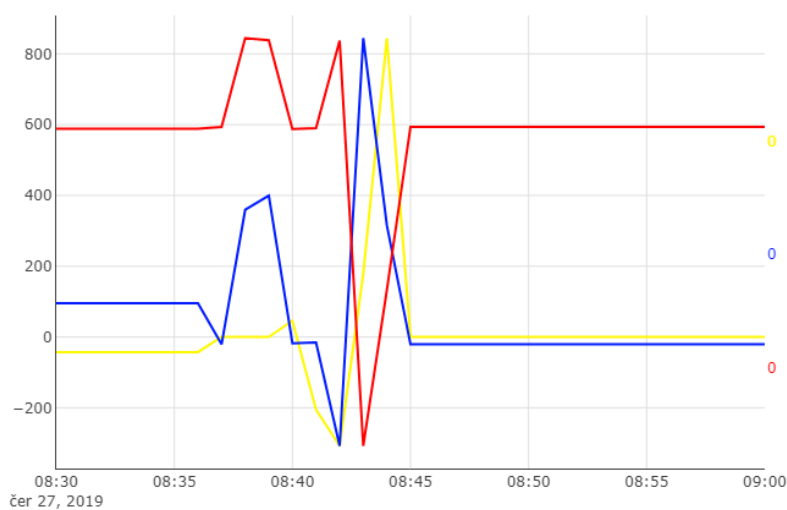


Obrázek 95: Zapojení systému robotu

Po přidání proměnných do Historianu a jejich navázání do SIDA Su proběhla konfigurace OEE a HDA. Po nakonfigurování bylo nutné otestovat, zda při spuštění stroje jsou získány správné stavy stroje a hodnoty HDA tagů. Obrázek 96 ukazuje detail stroje při spuštění programu. V horní části obrazovky je zobrazeno, že stroj zaznamenává změnu jednotlivých stavů. Z důvodu bezpečnosti byl override stroje nastaven na 50 %, a proto se v detailu stroje neobjevuje stav Production. Ve spodní části obrazovky je znázorněna změna polohy v osách X (žlutá), Y (modrá) a Z (červená). Na obrázku 97 je zobrazen graf z kukátka. Tento graf ukazuje změnu rychlosti ve stejném časovém úseku.

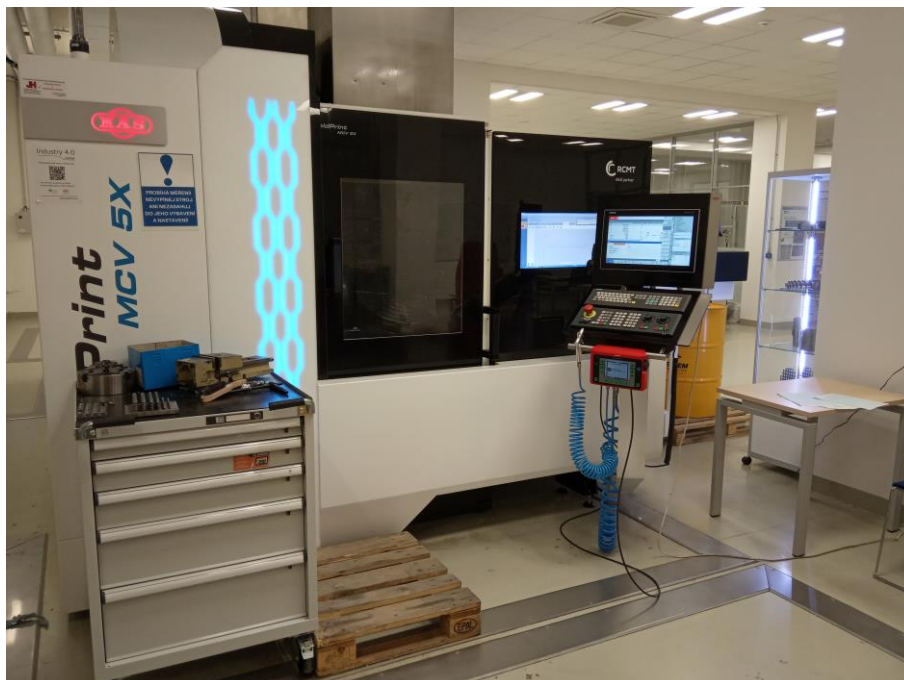


Obrázek 96: Obrazovka vizualizace při testování stroje KUKA



Obrázek 97: Rychlosti stroje KUKA při testování

8.3 Weldprint s řídicím systémem Siemens Sinumerik 840d sl



Obrázek 98: Stroj Weldprint

Řízení stroje je zajištěno kombinací NCU a IPC (obrázek 99). Na NCU je spuštěn ŘS Siemens Sinumerik 840d sl. IPC zajišťuje funkci ostatních komponent jako např. HMI nebo OPC UA. Díky této kombinaci může Sinumerik fungovat s využitím vyššího výkonu. Verze CNC softwaru je V4.08 + SP 02 + HF 03. IPC využívá operační systém Windows. Pomocné funkce stroje zajišťuje PLC.

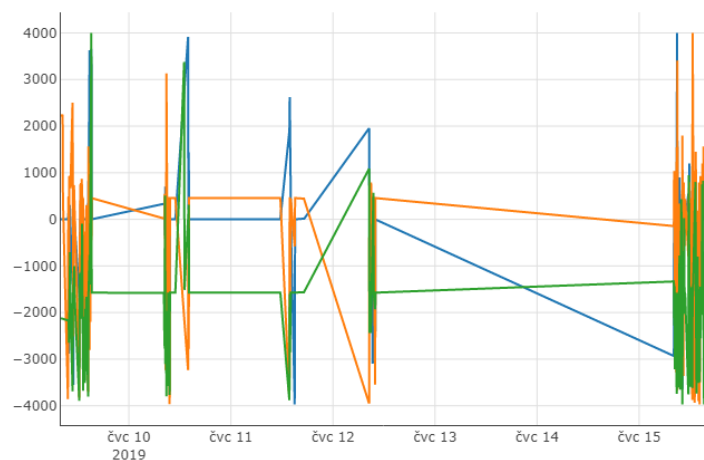


Obrázek 99: Zapojení stroje Weldprint

Testování stroje Weldprint (obrázek 98) probíhalo stejně jako u stroje KUKA. Po přidání proměnných do Historianu a jejich navázání do SIDASu proběhla konfigurace OEE a HDA struktur. Po nakonfigurování bylo nutné otestovat, zda při spuštění stroje jsou získány správné stavy stroje a hodnoty HDA tagů. Na obrázku 100 je znázorněn detail stroje při spuštění programu. V horní části obrazovky je vidět, že stroj zaznamenává změnu jednotlivých stavů. Z obrázku je patrné, že se při testování opakovaně objevily skoro všechny stavy. Jediný stav, který nebyl zaznamenán, je stav Power OFF. Ve spodní části obrazovky je znázorněna změna polohy v osách X (oranžová), Y (modrá) a Z (červená). Na obrázku 101 je zobrazen graf z kukátka. Tento graf ukazuje změnu rychlosti ve stejném časovém úseku.



Obrázek 100: Obrazovka detailu stroje při testování stroje Weldprint



Obrázek 101: Graf rychlosti stroje Weldprint při testování

9 Závěr

Cílem diplomové práce bylo připojení vybraných strojů z laboratoře v budově CIIRC do MES systému, sběr dat z těchto strojů a jejich následná vizualizace pomocí webového rozhraní.

Úvodní kapitoly diplomové práce byly věnovány rešerši systémů zaměřeným na sledování výroby a možnostem připojení strojů do těchto systémů. Z rešerše vyplynul návrh infrastruktury zapojení strojů v laboratoři v CIIRCu. V návrhu infrastruktury bylo pro komunikaci zvoleno rozhraní OPC UA. Byly vybrány proměnné obsažené v OPC UA serverech od firem Siemens a KUKA. Jako MES systém byl zvolen software SIDAS od firmy SIDAT v kombinaci s databází Proficy Historian od firmy GE Digital.

Praktická část diplomové práce byla rozdělena do tří hlavních skupin – nastavení OPC UA serveru, nastavení Proficy Historianu a nastavení SIDASu.

V části nastavení OPC UA serveru bylo popsáno, jak správně nastavit OPC UA server, aby došlo k propojení serveru a klientu. Toto nastavení bylo provedeno pro stroje s řídicím systémem Siemens Sinumerik 840d sl a KUKA KR C4.

V následující části (Proficy Historian) bylo vysvětleno, jak nainstalovat Historian, přidat kolektory pro sběr dat a výpočet stavu stroje. Dále bylo popsáno, jakým způsobem probíhá přidání tagů z OPC UA serveru do Historianu, jak nastavit sběr a kompresi dat a použít Calculation kolektor pro výpočet stavu stroje.

Poslední část se zabývala nastavením MES systému SIDAS. Nejprve bylo popsáno, jakým způsobem provázat data Historianu se SIDASem. Poté byla práce zaměřena na vytvoření objektů pro konfigurační stromy OEE/HDA a vytvoření jejich struktury a následně byla popsána správa uživatelů (vytváření a přidělování práv uživatelům) a menu.

V závěrečné části diplomové práce byla ukázána vizualizace pomocí webového rozhraní. Došlo ke znázornění grafické podoby projektu vytvořeného

v systému SIDAS. Byla vysvětlena struktura jednotlivých obrazovek a funkce kukátka. Uživatelé mohou získat návod, jak nainstalovat Proficy Historian Excel Add-In, aby mohli data uložená v databázi Historianu vložit také do Excelu. Zároveň byl popsán způsob testování při provozu jednotlivých strojů.

V diplomové práci bylo provedeno nastavení OPC UA serverů, které byly následně propojeny s klientem (Proficy Historian). Do Historianu byly přidány vybrané tagy. U tagů bylo provedeno nastavení pro sběr dat a kompresi. Došlo k provázání tagů z Historianu s tagy v systému SIDAS. V SIDASu byla provedena konfigurace OEE, HDA a správy uživatelů tak, aby bylo možné vybraná data zobrazit pomocí webového rozhraní. Na závěr bylo provedeno testování za chodu jednotlivých strojů. V průběhu práce byl nainstalován Proficy Historian Excel Add-In, který umožní importovat data do Excelu a v tomto programu je dále zpracovávat.

Řešení úkolů zadání diplomové práce je popsáno v jednotlivých kapitolách, jejichž součástí jsou i obrázky zobrazující jednotlivé postupy programování.

Seznam použitých zdrojů

- [1] MEYER, Heiko, Franz FUCHS a Klaus THIEL. *Manufacturing execution systems: optimal design, planning, and deployment*. New York: McGraw-Hill, c2009. ISBN 978-0-07-162383-4.
- [2] SINUMERIK 840Dsl/828D SINUMERIK Access MyMachine / OPC UA: Configuration Manual. *Siemens* [online]. 2018 [cit. 2019-06-05]. Dostupné z:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/318/109760318/att_960876/v1/840Dsl_OPCUA_commiss_man_0818_en-US.pdf
- [3] SINUMERIK 840D sl NCU: Manual. *Siemens* [online]. 2010 [cit. 2019-06-02]. Dostupné z:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/055/26512055/att_64215/v1/GDsl_0310_en_en-US.pdf
- [4] The More Industrial PC - Brochure · June 2012. *SIMATIC IPC* [online]. 2012 [cit. 2019-07-10]. Dostupné z:
http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/automatizace_na_bazi_pc/prumyslove_pocitace/_prospekty/brochure_simatic-pc_2012-06_en.pdf
- [5] Historian Data Collectors. *Historian* [online]. ©2017 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z:
http://help.geautomation.com/Historian55/Subsystems/iHistCollMaster/content/ihdc_cover.htm
- [6] How to create multiple instance of OPC UA Collector?. *Customer center* [online]. 2018 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z:
https://digitalsupport.ge.com/communities/en_US/Article/KB0024431

- [7] MAGIS MES - Monitoring výroby v reálném čase. *DATA software* [online]. Praha, ©2019 [cit. 2019-07-10]. Dostupné z:
<https://www.datasw.cz/index.php/cs/produkty-a-sluzby/mes-monitoring-vyroby>
- [8] Testbed pro Průmysl 4.0. *ČVUT - Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky* [online]. Praha [cit. 2019-06-10]. Dostupné z:
<https://www.ciirc.cvut.cz/cs/teams-labs/testbed/>
- [9] Simatic IT – nadčasové řešení úrovně MES. *AUTOMA - časopis pro automatizační techniku* [online]. ©2016 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z:
http://automa.cz/cz/casopis-clanky/simatic-it-nadcasove-reseni-urovne-mes-2003_10_28944_601/
- [10] Shortening innovation cycles, while improving productivity and product quality in electronics and mechanical manufacturing. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/camstar-electronics-suite.html>
- [11] Manufacturing Execution for complex assembly and job-shop environments. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/simatic-it-unified-architecture-discrete-manufacturing.html>
- [12] Increase manufacturing efficiency, flexibility, and ensure perfect quality. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/simatic-it-unified-architecture-process-industries.html>

- [13] Siemens Opcenter. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/>
- [14] Co je MES - Výrobní informační systém. *MES centrum* [online]. 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/comes/72-co-je-mes>
- [15] Průmysl 4.0 Digitalizace v průmyslové výrobě. *Siemens* [online]. Praha, ©2019 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/>
- [16] MES Systémy ve strojírenství – část 3. *MES centrum* [online]. 2014 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/comes/152-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-3>
- [17] MES Systémy ve strojírenství – část 2. *MES centrum* [online]. 2014 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/comes/139-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-2>
- [18] MES Systémy ve strojírenství – část 1. *MES centrum* [online]. 2013 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/comes/131-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-1>
- [19] Průmysl 4.0. *SIDAT Automation-informatics* [online]. Praha, ©2011 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://www.sidat.cz/integracni-projekty-a-prumysl-4-0/prumysl-4-0/>
- [20] SIDAT automation-informatics [online]. Praha, ©2011 [cit. 2019-07-16]. Dostupné z: <https://www.sidat.cz/ke-stazeni/>
- [21] Principy komunikace a diagnostika sítí Profinet. *Automa* [online]. 2013 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z:
http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/10377.pdf

- [22] PROFINET. *Siemensx* [online]. 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>
- [23] PROFINET System Description: System Manual. *Siemens* [online]. 2008 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiote_kniikka/teollinen_tiedonsiirto/PROFINET/man_pnsystem_description.pdf
- [24] Automate with the leading Industrial Ethernet standard and profit now: PROFINET. *Siemens* [online]. NÜRNBERG, 2010 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf>
- [25] Základní informace o průmyslové sběrnici PROFIBUS. *Automatizace.hw* [online]. 2010 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-informace-o-prumyslove-sbernici-profibus>
- [26] EtherCAT - the Ethernet Fieldbus. *EhterCAT Technology Group* [online]. [cit. 2019-07-16]. Dostupné z: <https://www.ethercat.org/en/technology.html>
- [27] EtherCAT Automation Protocol. *Automatizace.hw* [online]. 2017 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ethercat-automation-protocol.html>
- [28] MODBUS. *Automatizace.hw* [online]. 2004 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2004082301>
- [29] MODBUS. *Automatizace.hw* [online]. 2004 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2004070701>
- [30] Přehled protokolu MODBUS. *Protokol MODBUS* [online]. 2005 [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>

- [31] Úvod do OPC Unified Architecture. *Informační a řídicí systémy I.* [online]. Plzeň [cit. 2019-06-13]. Dostupné z:
https://vendulka.zcu.cz/Download/Free/IRS1/IRS1_12_OPC_UA.pdf
- [32] SINUMERIK 840Dsl/828D SINUMERIK Access MyMachine / OPC UA: Configuration Manual. *Siemens* [online]. 2018 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/318/109760318/att_960876/v1/840Dsl OPCUA commiss_man_0818_en-US.pdf
- [33] OPC KOMUNIKACE PRO SBĚR, ARCHIVACI A VYHODNOCOVÁNÍ DAT. *FOXON* [online]. Liberec, ©2019 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z:
<https://www.foxon.cz/produkty/opc-komunikace>
- [34] CO JE OPC? OPC SERVER? OPC KLIENT?. *FOXON* [online]. Liberec, ©2019 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z:
<https://www.foxon.cz/blog/prakticka-teorie/159-co-je-opc-opc-server-opc-klient>
- [35] File:SecurityLayers.jpg. *OPC Foundation* [online]. 2015 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z:
<http://wiki.opcfoundation.org/index.php/File:SecurityLayers.jpg>
- [36] Unified Architecture. *OPC Foundation* [online]. Scottsdale, ©2019 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>
- [37] What is OPC?. *OPC Foundation* [online]. Scottsdale, ©2019 [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- [38] Ethernet. *IT Slovník* [online]. Wien [cit. 2019-05-30]. Dostupné z:
<https://it-slovník.cz/pojem/ethernet>
- [39] Fyzická vrstva. *Wikipedie* [online]. San Francisco, 2017 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fyzick%C3%A1_vrstva

- [40] Topologie sítí. *Wikipedie* [online]. San Francisco, 2019 [cit. 2019-06-16].
Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Topologie_s%C3%ADt%C3%AD
- [41] MAHNKE, Wolfgang, Stefan-Helmut LEITNER a Matthias DAMM. *OPC unified architecture* [online]. Berlin: Springer, c2009 [cit. 2019-07-08].
ISBN 978-3540688983.
- [42] Modulární systém SIDAS: Platforma OEE. *SIDAT* [online]. Praha [cit. 2019-07-14]. Dostupné z: https://www.sidat.cz/download/sidat_sidas-oe DL_6_2017_c.pdf
- [43] Modulární systém SIDAS: Platforma IEM. *SIDAT* [online]. Praha [cit. 2019-07-14]. Dostupné z: https://www.sidat.cz/download/sidat_sidas-iem_DL_6_2017_d.pdf
- [44] Ukázka nasazení výrobního informačního systému v lisovně plastů. *Pharis - výrobní informační systém* [online]. Brno [cit. 2019-06-02].
Dostupné z: <https://www.pharis.cz/cs/o-systemu>
- [45] Enabling Paperless Manufacturing and Full Electronic Batch Recording in the Pharmaceutical Industry: SIMATIC IT eBR. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/simatic-it-ebr.html>
- [46] Driving Innovation Efficiency in Formulated Product Development. *Siemens* [online]. ©2019 [cit. 2019-07-17]. Dostupné z:
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/simatic-it-r-d-suite.html>
- [47] OPC UA Data Model. *Ascolab GmbH - automation systems communication laboratories* [online]. Kalchreuth [cit. 2019-07-14].
Dostupné z: <http://www.ascolab.com/en/technology-unified-architecture/meta-model.html>

- [48] Security. *OPC Foundation* [online]. 2015 [cit. 2019-07-02]. Dostupné z: <http://wiki.opcfoundation.org/index.php/Security>
- [49] Základní informace o průmyslové sběrnici PROFIBUS, část 1. *BLAJA automation portal* [online]. 2010 [cit. 2019-06-02]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/archiv-clanku/zakladni-informace-o-prumyslove-sbornici-profibus-cast-1.html>
- [50] Elektrische Kabel. *PROFINET Handbuch* [online]. [cit. 2019-06-02]. Dostupné z: https://www.profinet.felser.ch/elektrische_kabel.html
- [51] SINUMERIK 840D sINC variables and interface signals: List Manual. *Siemens* [online]. 2018 [cit. 2019-06-02]. Dostupné z: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/239/109763239/att_971146/v1/840Dsl_ncvar_plc_sig_lists_man_1218_en-US.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1: Struktura firmy dle systémů	12
Obrázek 2: Funkce MES systému dle organizace MESA	13
Obrázek 3: Schéma propojení MES, strojů a informačního systému	15
Obrázek 4: Struktura firmy – model dle ISA	16
Obrázek 5: Zařazení MES systému ve struktuře firmy	17
Obrázek 6: Struktura systému SIDAS	20
Obrázek 7: Ukázka webového rozhraní a reportu	21
Obrázek 8: Struktura systému MES Pharis	22
Obrázek 9: Začlenění Simatic IT do struktury firmy.....	22
Obrázek 10: Základní typy systémů nabízených firmou Siemens	23
Obrázek 11: Nejpoužívanější struktury sítě využívané v komunikaci	25
Obrázek 12: Model OPC UA serveru	26
Obrázek 13: Vrstvy zabezpečení OPC UA.....	27
Obrázek 14: Ukázka komunikace bez OPC UA (vlevo) a s OPC UA (vpravo) .	28
Obrázek 15: Struktura OPC UA komunikace	28
Obrázek 16: MODBUS transfer dat.....	29
Obrázek 17: Tvar MODBUS protokolu	29
Obrázek 18: Datový model MODBUS	30
Obrázek 19: Tvar protokolu MODBUS TCP/IP.....	31
Obrázek 20: Ukázka zapojení lineární sítě Profibus.....	32
Obrázek 21: Repeater pro síť Profibus (vlevo) a konektor s kabelem (vpravo)	32
Obrázek 22: Ukázka zapojení Profinetu při různých topologiích sítě	34
Obrázek 23: Průmyslový kabel profinet.....	35

Obrázek 24: Protokol standardu EtherCAT	35
Obrázek 25: Podporované topologie sítě EtherCAT	36
Obrázek 26: Ukázka podporovaných konektorů (vlevo), porovnání zapojení EtherCAT a EtherCAT P (vpravo)	37
Obrázek 27: Infrastruktura zapojení v laboratoři	39
Obrázek 28: Schéma provázání SIDASu a Historianu	39
Obrázek 29: Porovnání struktur OPC UA serverů	41
Obrázek 30: Diagram zobrazující výpočet stavu stroje	43
Obrázek 31: Informace proměnné opMode	43
Obrázek 32: Informace o proměnné progStatus	44
Obrázek 33: Informace o proměnné chanAlarm	44
Obrázek 34: Informace o proměnné feedRateOvr	44
Obrázek 35: Informace o proměnné progName	46
Obrázek 36: Informace o proměnné ncProgEndCounter	46
Obrázek 37: Informace o proměnné toolIdent	46
Obrázek 38: Informace o proměnné actProgPos	47
Obrázek 39: Informace o proměnné actFeedRate	47
Obrázek 40: Obrazovka pro nastavení OPC UA v prostředí Sinumerik	49
Obrázek 41: Obrazovka certifikátů v prostředí Sinumerik	51
Obrázek 42: Přidání práv v programu UA Expert	52
Obrázek 43: Přihlášení v ŘS KR C4	53
Obrázek 44: Nastavení IP adresy	54
Obrázek 45: Přehled nastavení sítě KLI	54
Obrázek 46: Nastavení portů	55
Obrázek 47: Základní obrazovka Historianu	57

Obrázek 48: Základní obrazovka instalačního průvodce Historianu.....	58
Obrázek 49: Výběr kolektorů pro instalaci.....	59
Obrázek 50: Registry key pro další kolektor.....	59
Obrázek 51: Okno Computer management – nainstalované Services.....	60
Obrázek 52: Okno Historianu pro přidávání tagů	61
Obrázek 53: Okno pro přidání tagů z kolektoru.....	62
Obrázek 54: Manuální přidání tagů	63
Obrázek 55: Konfigurační okno tagů.....	64
Obrázek 56: Záložka komprese tagů	65
Obrázek 57: Calculation kolektor	66
Obrázek 58: Úvodní stránka pro přihlášení do SIDASu	67
Obrázek 59: Základní lišta SIDASu.....	67
Obrázek 60: Přístup k vytvoření tagů	67
Obrázek 61: Přehled pro vytváření tagů.....	68
Obrázek 62: Sloupec pro zadání klíče	68
Obrázek 63: Zadání jména tagu.....	68
Obrázek 64: Výběr typu tagu.....	69
Obrázek 65: Určení datového typu.....	69
Obrázek 66: Výběr zdroje dat.....	69
Obrázek 67: Provázání tagu s Historianem.....	70
Obrázek 68: Položky konfigurace.....	70
Obrázek 69: Výběr platformy.....	71
Obrázek 70: Konfigurace OEE	71
Obrázek 71: Položky pro OEE	71
Obrázek 72: Nastavení tagu stavu stroje	72

Obrázek 73: Přidání uživatelských tagů	72
Obrázek 74: Objekty pro HDA.....	73
Obrázek 75: Přidání a navázání tagů do struktury HDA.....	73
Obrázek 76: Struktura OEE.....	74
Obrázek 77: Položky pro OEE strukturu	75
Obrázek 78: Struktura HDA.....	76
Obrázek 79: Položky pro strukturu HDA	76
Obrázek 80: Struktura menu a uživatelů	77
Obrázek 81: Možnosti uživatele Operator	78
Obrázek 82: Práva uživatele Mistr	78
Obrázek 83: Objekty pro strukturu práv a uživatelů	78
Obrázek 84: Základní obrazovka vizualizace	79
Obrázek 85: Obrazovka - Detail pracoviště.....	80
Obrázek 86: Obrazovka – Detail stroje	81
Obrázek 87: Informace o stavu stroje	81
Obrázek 88: HDA tagy	82
Obrázek 89: Kukátko pro zobrazení HDA tagů	83
Obrázek 90: Přidání Historian Excel Add-in	84
Obrázek 91: Konfigurace Historian Proficy Add-In	85
Obrázek 92: Excel lišta s přidaným Add-In	85
Obrázek 93: Testovací stand	88
Obrázek 94: Robot KR 60-3.....	89
Obrázek 95: Zapojení systému robotu	89
Obrázek 96: Obrazovka vizualizace při testování stroje KUKA.....	90
Obrázek 97: Rychlosti stroje KUKA při testování	90

Obrázek 98: Stroj Weldprint	91
Obrázek 99: Zapojení stroje Weldprint.....	91
Obrázek 100: Obrazovka detailu stroje při testování stroje Weldprint.....	92
Obrázek 101: Graf rychlosti stroje Weldprint při testování	92

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka datových modelů protokolu MODBUS	30
Tabulka 2: Rychlost sítě při dané délce segmentu.....	33
Tabulka 3: Porovnání vybraných proměnných Sinumerik 840d sl a KR C4 pro stav stroje.....	41
Tabulka 4: Porovnání vybraných proměnných Sinumerik 840d sl a KR C4 pro chování stroje.....	42
Tabulka 5: Zobrazení použitých programů a nástrojů	86
Tabulka 6: Filtrovaná data s aktuálními hodnotami.....	87
Tabulka 7: Tagy Historianu	87

Seznam příloh

Elektronické přílohy jsou (na CD):

- Vlastní text práce - DP_2019_David_Růžička.pdf
- Projekt UA Expert - CIIRC_Testbed.uap
- Certifikáty pro OPC UA klienty a servery strojů
- Registry key pro instalaci kolektoru - OPCUA_Collector_2.reg
- Textový dokument se seznamem použitých IP adres - IP_adresy.txt
- Vytvořenými tabulkami pro využití Proficy Historian Add-In - Data.xlsx