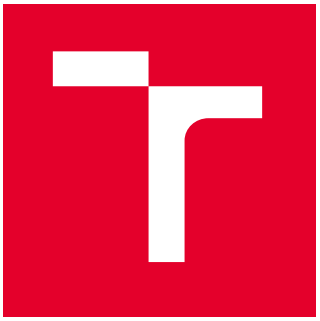


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SBĚR PROCESNÍCH DAT A JEJICH PREZENTACE V CLOUDOVÉM PROSTŘEDÍ

PROCESS DATA COLLECTION AND THEIR PRESENTATION IN CLOUD ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Šimon Prasek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Baštán

BRNO 2023

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Šimon Prasek ***ID:*** 230159

Ročník: 3 ***Akademický rok:*** 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Sběr procesních dat a jejich prezentace v cloudovém prostředí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvořit demonstrátor pro sběr procesních dat a jejich následnou prezentaci v cloudovém systému AVEVA insight.

1. Seznamte se s prostředím AVEVA insight a jeho možnostmi.
2. Navrhněte vhodnou koncepci demonstrátoru tak, aby co nejlépe prezentoval možnosti systému AVEVA insight.
3. Na základě navržené koncepce navrhněte řešení demonstrátoru a vytvořte technickou dokumentaci.
4. Realizujte HW a implementujte SW demonstrátoru.
5. Řešení otestujte a zhodnoťte dosažené výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Interní dokumentace zadavatele.

Termín zadání: 6.2.2023 ***Termín odevzdání:*** 22.5.2023

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Baštán

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá využitím průmyslových informačních platforem v prostředí cloudu. Cílem práce je vymyslet demonstrátor pro platformu AVEVA Insight, vytvořit k němu technickou dokumentaci, zprovoznit jeho hardwarové a softwarové zapojení a následně toto řešení otestovat.

KLÍČOVÁ SLOVA

AVEVA Insight, cloud, data, HMI, PLC, IoT, IIoT, gateway, demonstrátor

ABSTRACT

This thesis deals with the use of industrial information platforms in a cloud environment. The aim of the work is to create a demonstrator for the AVEVA Insight platform, to prepare technical documentation for it, to make its hardware and software integration operational and afterwards to test the solution.

KEYWORDS

Překlad klíčových slov AVEVA Insight, cloud, data, HMI, PLC, IoT, IIoT, gateway, demonstrator

Vysázeno pomocí balíčku `thesis` verze 4.07; `http://latex.feec.vutbr.cz`

PRASEK, Šimon. *Sběr procesních dat a jejich prezentace v cloudovém prostředí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2023, 59 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Ondřej Baštán

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora:	Šimon Prasek
VUT ID autora:	230159
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2022/23
Téma závěrečné práce:	Sběr procesních dat a jejich prezentace v cloudovém prostředí

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno ....

podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Ondřeji Baštánovi, za odborné vedení, cenné rady a podnětné nápady při vedení práce.

Obsah

Úvod **10**

1 Cloudové prostředí AVEVA Insight **11**
1.1 Zabezpečení AVEVA Insight . . . 11
1.2 Základní popis webového rozhraní AVEVA Insight . . . 12
1.2.1 Tag . . . 12
1.2.2 Prvky menu . . . 13
1.3 Co jsou to procesní data a jejich vlastnosti . . . 15
1.4 Cloud computing . . . 15
1.4.1 Distribuční model . . . 16
1.4.2 Typy cloud computingu . . . 17
1.5 Poskytovatelé Cloudu pro AVEVA Insight . . . 18
1.5.1 Microsoft Azure . . . 18
1.5.2 Amazon Web Services . . . 18
1.6 Zdroje dat pro AVEVA Insight . . . 18
1.6.1 Sběr dat pomocí bezdrátových čidel IIoT . . . 18
1.6.2 Sběr dat pomocí protokolu MQTT . . . 20
1.6.3 Software vyvíjený společností AVEVA . . . 21
1.7 Umělá inteligence a strojové učení . . . 21
1.7.1 Automated Analytics . . . 22
1.7.2 Guided Analytics . . . 22
1.7.3 Condition-Based Rules . . . 23
1.7.4 Advanced Analytics . . . 23
1.7.5 BI Gateway . . . 23
1.8 Konkurenční platformy . . . 24
1.8.1 Siemens MindSphere . . . 24
1.8.2 GE Predix Platform . . . 24
1.8.3 Rockwell Automation ThingWorx IIoT Platform . . . 24
1.8.4 Srovnání platforem . . . 25
1.9 Open Data Protocol . . . 25

2 Koncepce demonstrátoru **26**
2.1 Blokové schéma demonstrátoru . . . 26
2.2 Sběr dat a jejich odesílání do cloudu . . . 27
2.2.1 Modbus TCP . . . 28
2.2.2 OPC UA . . . 28
2.3 Popis jednotlivých komponentů demonstrátoru . . . 28

2.3.1 PLC Modicon M262 29
2.3.2 Frekvenční měnič Altivar ATV930 30
2.4 HMI Harmony ST6 31
2.5 HMI STM6 Gateway Box 32
2.6 Napájecí zdroj Modicon 33
2.7 Modicon Switch 33
2.8 Gateway Chester 34

3 Technická dokumentace demonstrátoru 35
3.1 Schéma zapojení PLC 35
3.2 Schéma zapojení frekvenčního měniče a motoru 36
3.3 Schéma zapojení HMI STM6, Switch 5TX a STM6 Gateway Box . . 36
3.4 Označení jednotlivých komponent ve schématech 37

4 Realizace hardwaru a softwaru demonstrátoru 38
4.1 Hliníková konstrukce 38
4.2 Konfigurace PLC 39
4.2.1 Program demonstrátoru 39
4.3 Konfigurace frekvenčního měniče 40
4.3.1 Seznam změněných parametrů 41
4.4 Konfigurace HMI 42
4.5 Konfigurace HMI STM6 Gateway Box 44
4.6 Konfigurace IoT Gateway Chester 44

5 Ověření funkčnosti 46
5.1 Naměřená data a jejich zobrazení v cloudu 46
5.1.1 Naměřená data - Ecostruxure Machine Scada Expert 47
5.1.2 Naměřená data - IoT Gateway Chester 48

Závěr 49

Literatura 50

Seznam symbolů a zkratek 55

A Přílohy 56

Seznam obrázků

1.1 Hlavní stránka AVEVA Insight. 12
1.2 Rozbalovací menu v AVEVA Insight. 13
1.3 Zobrazení aktiva ve městě Auckland. 14
1.4 Topologie přenosu dat pomocí protokolu LoRaWAN (upraveno)[15]. . 19
1.5 Způsob odesílání dat pomocí NB-IoT (upraveno, přeloženo)[20]. . . . 20
1.6 Zobrazení změn proměnných v News Feedu.[1] 22
2.1 Blokové schéma demonstrátoru. 26
2.2 Blokové schéma demonstrátoru - zapojení bez HMI STM6 Gateway Box. 27
2.3 Programovatelný logický automat Modicon M262[38] 29
2.4 Frekvenční měnič Altivar ATV930.[41] 31
2.5 Řada HMI panelů ST6.[44] 32
2.6 HMI STM6 Gateway Box.[46] 32
2.7 Napájecí zdroj Modicon [47] 33
2.8 Průmyslová IoT brána Chester.[49] 34
3.1 Elektrické schéma zapojení PLC a zdroje napětí. 35
3.2 Elektrické schéma zapojení frekvenčního měniče a motoru. 36
3.3 Elektrické schéma zapojení HMI, switche a Gateway Boxu. 37
4.1 Hliníková konstrukce 38
4.2 Vývojový diagram pro automatické ovládání motoru 40
4.3 Úvodní obrazovka HMI 42
4.4 Obrazovka zapnutí automatického režimu 43
4.5 Obrazovka manuálního ovládání 43
5.1 Finální podoba zapojeného demonstrátoru 46
5.2 Souhrn naměřených dat z elektromotoru zobrazených na stavové obrazovce 47
5.3 Souhrn naměřených dat z elektromotoru na spojnicovém grafu 47
5.4 Zobrazení hodnot na spojnicovém grafu 47
5.5 Souhrn naměřených dat IoT Gateway Chester, naměřené hodnoty teplot a jejich průměr 48
5.6 Změna chování zaznamenaná pomocí Automated Analytics 48

Úvod

Průmyslové informační platformy využívají cloudových služeb pro sbírání, zpracování, ukládání a vizualizaci dat z různých zdrojů, včetně programovatelných logických automatů, senzorů či strojů. Obecným cílem těchto platforem je zefektivnit průmyslové procesy, a to tím, že používají na sesbíraná data analytické nástroje - umělou inteligenci ve formě strojového učení. Mezi další výhody patří využívání vizualizačních nástrojů, které data zobrazují ve formách různých grafů či tabulek, a taktéž možnost propojení těchto platforem například s dalšími systémy, vyvinutými společnostmi provozující tyto platformy.

Cílem této práce je uvést problematiku sběru procesních dat do průmyslové informační platformy AVEVA Insight. Toto pojednává o základních vlastnostech této platformy, a to jak vůbec funguje, popis rozhraní, její zabezpečení, možné zdroje dat a s tím související komunikační protokoly, uvedení možností umělé inteligence a porovnání s konkurenčními platformami. K dalším cílům se řadí vymyšlení demonstrátoru, který bude tento systém vhodně prezentovat, vytvořit k němu technickou dokumentaci, zprovoznit softwarové i hardwarové zapojení a následně toto řešení otestovat.

První část této práce pojednává o průmyslové informační platformě AVEVA Insight. Je v ní probráno, na jakém principu funguje, popis jejího webového rozhraní, využití umělé inteligence a strojového učení, možnosti zabezpečení či zdroje dat.

Druhá část se věnuje samostatné koncepci demonstrátoru. Jsou zde rozebrány dva možné způsoby řešení, vysvětleno jaké bude použito a také popsány jednotlivé komponenty, zařízení a jejich propojení díky průmyslovým komunikačním protokolům.

Třetí část je zaměřena na technickou dokumentaci zvoleného řešení. Schémata nacházející se v příloze popisují, jak byly jednotlivé komponenty propojeny a také se zde nachází tabulka s označením jednotlivých komponent ve schématech.

Čtvrtá část popisuje hardwarovou a softwarovou konfiguraci jednotlivých komponent. Obsahuje konfiguraci průmyslového logického automatu s popisem programu, frekvenčního měniče - například nastavení parametrů motoru či analogových vstupů. Dále taktéž konfiguraci a popis jednotlivých obrazovek HMI, nastavení gateway pro odesílání dat do cloudu a taktéž nastavení druhé IoT Gateway.

V poslední, páté, části je vyobrazena celková podoba zapojení demonstrátoru a taktéž zhodnocení naměřených dat, a to od obou zdrojů.

1 Cloudové prostředí AVEVA Insight

Jedná se zabezpečenou průmyslovou informační platformu, využívající cloudové prostředí pro shromažďování, zpracovávání a zobrazování dat. Je to komplexní platforma, která je kombinací vyvinutých technologií společností AVEVA. Historizační/databázový systém zajišťuje AVEVA Historian, který využívá cloudové platformy Microsoft Azure či případně Amazon Web Services (AWS), což jsou přední světoví dodavatelé cloudových služeb. Tím, že je AVEVA Insight provozována na cloudu, který spravuje sama společnost AVEVA, je velkou výhodou, že se k této platformě dá připojit pomocí webového rozhraní, bez nutnosti instalace počítačové aplikace. [1][2]

Mezi hlavní přínosy patří především okamžitá aplikovatelnost na již zavedené průmyslové linky, kdy je po konfiguraci a výběru způsobu komunikace zajištěna publikace, archivace a analýza obdržených dat. Tato data jsou v Insight zobrazovány v reálném čase a mohou se tam publikovat z různých zdrojů, jak lokálních, včetně průmyslových programovatelných automatů (PLC), tak i z čidel průmyslového internetu věcí (IIoT), či přímo z aplikací společnosti AVEVA.[1]

Další výhodou je integrovaná umělá inteligence - a to strojové učení, které analyzuje chování dat. Poradí si i s identifikací neobvyklých stavů zařízení a dokáže včasně varovat, kdy může nastat problém.[1]

1.1 Zabezpečení AVEVA Insight

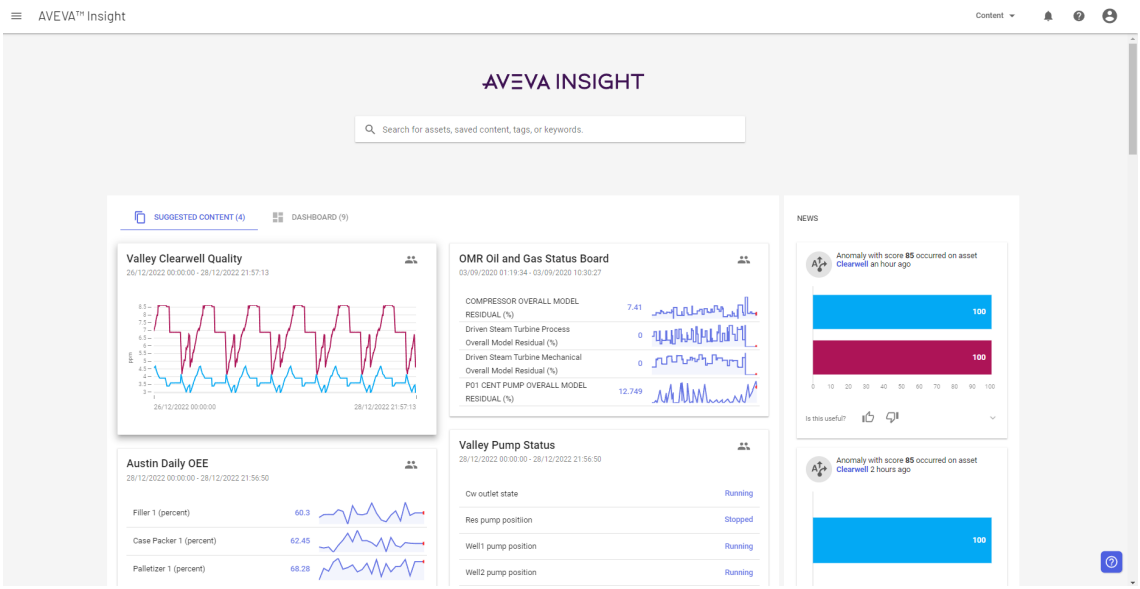
Jak již bylo zmíněno, AVEVA Insight běží na cloudovém prostředí Microsoft Azure nebo Amazon Web Services (AWS). Tito poskytovatelé cloudových služeb jsou odpovědní za bezpečnost a ochranu dat. Jak Microsoft Azure, tak Amazon Web Services mají tím pádem mnoho bezpečnostních funkcí určených k ochraně dat a aplikací. Tyto bezpečnostní funkce mohou být fyzické, environmentální - zabezpečení sítě, ochrana osobních údajů a bezpečnostní kontroly. Bezpečnostních funkcí je dosaženo pomocí dodržování norem, a to včetně ISO 27001/27017/27018 a AICPA SOC 2 spolu se standardy transparentní implementace zabezpečení řízení. [2]

Aby bylo docíleno zabezpečení aplikací AVEVA Insight, řídí se společnost AVEVA modelem sdílené odpovědnosti. Tento model funguje tak, že poskytovatel cloudových služeb je odpovědný za bezpečnost cloudové infrastruktury, společnost AVEVA je zodpovědná za zabezpečení aplikací, sítí, dat a zákazník je odpovědný za nastavení oprávnění, rolí a ochranu svých účtů.[2]

Společnost AVEVA dále využívá několik oddělených cloudových prostředí pro vývoj, testování a produkci, aby bylo zajištěno, že vývojové a provozní činnosti jsou odděleny. [2]

1.2 Základní popis webového rozhraní AVEVA Insight

Hlavní stránka webové aplikace obsahuje vyhledávací pole, podrobnosti o obsahu, se kterým se dá pracovat, seznam uložených dashboardů a novinky o datech (News Feed). Ve vyhledávacím poli se dá vyhledat například zařízení, **tag** (značka) či klíčová slova. Vyhledání se dá upřesnit pomocí různých filtrů, například názvu, umístění či jednotky fyzikální veličiny. Na obrázku 1.1 je zobrazena hlavní stránka s jejím možným rozvržením.



Obr. 1.1: Hlavní stránka AVEVA Insight.

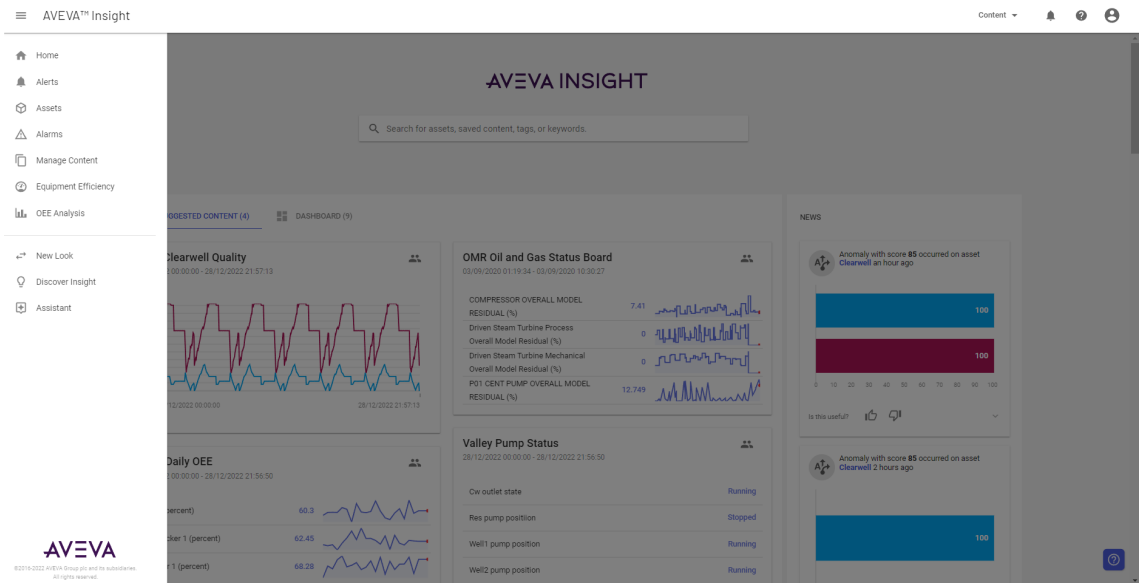
V levé části hlavní stránky je rozbalovací menu, které obsahuje jednotlivé prvky, a to upozornění, aktiva, alarmy, správa obsahu, efektivita zařízení a OEE analýza. V pravé horní části jsou prvky upozornění, nápovědy a výběru profilu.

1.2.1 Tag

Základním dílem AVEVA Insight je proměnná, nazývající se tag. Tato proměnná obsahuje pro určitý čas naměřené hodnoty. Tyto hodnoty mohou být analogové, diskrétní či řetězcové, ale pro každý tag mohou být pouze stejného datového typu. Tag může například obsahovat hodnoty rychlosti otáček motoru.[5]

1.2.2 Prvky menu

Rozbalovací menu webového rozhraní AVEVA Insight se nachází na levé straně. Obsahuje jednotlivé prvky - Alerts, Assets, Alarms, Manage Content, Equipment Efficiency a OEE Analysis. Dále se v něm dá překliknout na novou verzi, která se nyní nachází ve vývoji, obsahuje nové možnosti, ale na druhou stranu ji chybí pár věcí ze staré verze. Rozbalovací menu a jeho prvky lze vidět na obrázku 1.2.



Obr. 1.2: Rozbalovací menu v AVEVA Insight.

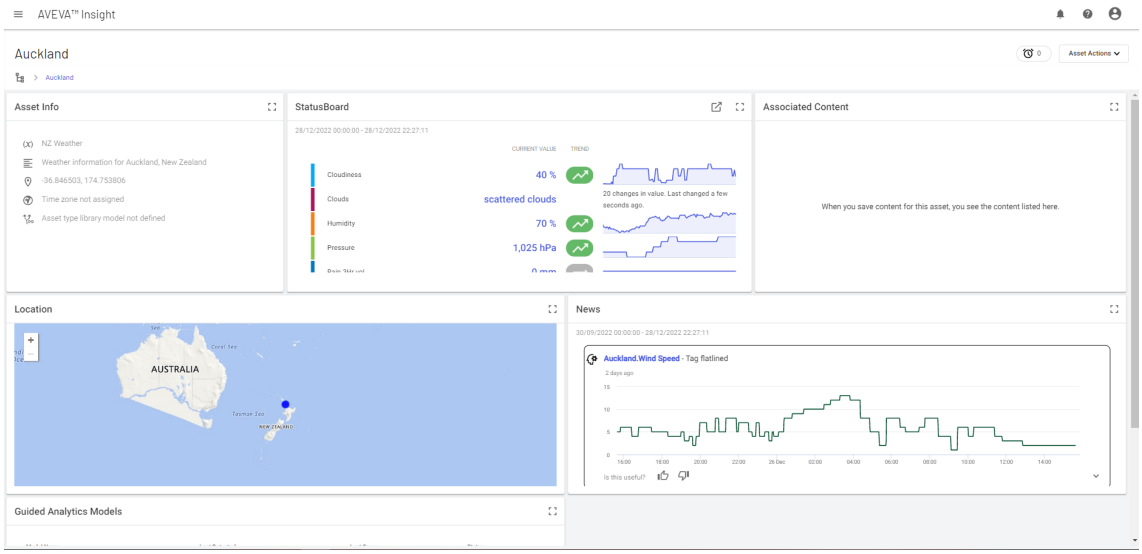
Alerts (Upozornění)

Po otevření se na stránce zobrazí seznam již nastavených upozornění, pokud nějaké nastavené jsou, a možnost přidat další upozornění. Tato stránka úzce souvisí s kapitolou 1.7.3, která se věnuje sledování podmínek.[5]

Assets (Aktiva)

Mezi aktiva se řadí fyzické místo (město, lokalita, kraj apod.) nebo fyzický objekt, který je součástí zařízení(dopravní pás, čerpadlo, spínač apod.). Každá z těchto částí může obsahovat k ní podřízená aktiva a tím tvořit hierarchii. Tyto hierarchie jsou v této kategorii zobrazeny.[5]

Například, uvažujme o meteorologické stanici na Novém Zélandu ve městě Auckland. Tato stránka obsahuje základní informace o tomto aktivu - označení, souřadnice této stanice, časová zóna, popisek apod. Dále obsahuje mapu s vyznačenou lokací, stavovou tabulku, kde jsou jednotlivé tagy a jejich hodnoty, news feed či případné analytické modely strojového učení. Na obrázku 1.3 je vidět, jak takové aktivum může v AVEVA Insight vypadat. [5]



Obr. 1.3: Zobrazení aktiva ve městě Auckland.

Alarms (Alarmy)

Stránka obsahující alarmy aktiv, které se dají filtrovat dle časového rozsahu a aktiva.[5]

Manage Content (Správa Obsahu)

Obsah označuje objekt, jenž může vizuálně reprezentovat data, což jsou grafy a mapy. Tyto objekty se mohou skládat až ze 100 tagů. Obsah se vytváří tak, že se označí tagy, které mají být součástí obsahu a zvolí se z možností vytvořit nový obsah.[5]

Equipment Efficiency (Efektivita Zařízení)

Stránka s vizualizací modelu výrobní linky, ukazující stav zařízení, řízení výroby a údaje o výrobě. Taktéž je zde OEE analýza dané linky. Vlastnosti OEE analýzy se musí předem nastavit.[5]

OEE Analysis (Analýza OEE)

Data se dělí podle tabulek na analýzu využití, která obsahuje grafy s dostupností zařízení, celkovým počtem odstávek, střední dobu opravy zařízení (MTTR) a střední dobu mezi poruchami (MTBF). Analýza OEE obsahuje čtyři grafy, a to celkovou hodnotu OEE, dostupnost, výkon a kvalitu.[5]

1.3 Co jsou to procesní data a jejich vlastnosti

Procesní data jsou taková data, která jsou generována mnoha procesy, jenž probíhají například ve výrobních závodech. Skládají se z tzv. časových řad dat, což je typ dat, shromažďující se v průběhu času o určitém zařízení. Sbírají se velkým množstvím senzorů na průmyslových přístrojích, zařízeních a prostředků průmyslového internetu věcí (IIoT). Ve velké většině případů se jedná o fyzikální veličiny. Tato data jsou poté ukládána v historizačním systému, který data automaticky shromažďuje ze všech napojených zařízení, komprimuje a připravuje k dalšímu zpracování. Díky umělé inteligenci, využívající strojového učení k analýze těchto dat, se dá z procesních dat získat jejich maximální potenciál - optimalizovat provoz, zvýšit efektivitu strojů a jejich produktivitu. [6]

V případě AVEVA Insight jsou data ukládána v systému AVEVA Historian, který využívá relační databáze s kombinací systémů Microsoft SQL Server a optimalizacemi od firmy AVEVA. Zpracování dat probíhá v reálném čase a v případě síťového výpadku není problém nahrát uložená data se zpožděním.

1.4 Cloud computing

Zjednodušeně řečeno, je to technologie zabývající se poskytováním výpočetních služeb či programů prostřednictvím internetu. Mezi jeho hlavní předpoklady patří stále se zvyšující rychlost internetového připojení, rychlost procesorů, výpočetního výkonu serverů, kapacita operačních pamětí RAM a v neposledním případě snižující se cena diskových úložišť a jejich zvyšující se kapacita. Z toho vyplývá, že služby, jako je poskytování serverů, datových úložišť, databází, programovacích nástrojů a dalších služeb, jsou součástí cloud computingu. Uživatelé proto mohou k těmto službám přistupovat na dálku pomocí webového prohlížeče.[7][8]

1.4.1 Distribuční model

Existují tři základní druhy distribučního modelu. A to infrastruktura jako služba, platforma jako služba a software jako služba. Níže jsou jednotlivě popsány vlastnosti a způsoby použití modelu.

Infrastruktura jako služba (IaaS)

Taktéž anglicky označována jako infrastructure as a service, ze kterého vyplývá zkratka IaaS, je schopnost poskytování infrastruktury klientům. Do ní se řadí poskytování ukládání dat do úložiště, výpočetního zpracování pomocí procesorů, sítě a dalších nezbytných výpočetních zdrojů. Na této infrastruktuře poté může klient nasadit jakýkoliv software, operační systém či aplikace. Nejtypičtějším využitím tohoto konceptu jsou virtuální počítače.[8]

Platforma jako služba (PaaS)

Schopnost modelu, anglicky označujícího se platform as a service, spočívá v poskytování cloudového serveru, na kterém uživatel může provozovat své vlastní nebo získané aplikace, vytvořené pomocí programovacích jazyků, služeb, knihoven a nástrojů, které nabízí poskytovatel. Uživatel se tedy nestará o provoz cloudové infrastruktury, ale stará se pouze o použité aplikace a jejich nastavení pro běh na síti. Jedná se tedy o vývojářské prostředí, které má usnadnit a urychlit vývoj aplikací.[8]

Software jako služba (SaaS)

Tento model poskytuje uživatelům možnost využít aplikace, které jsou dostupné od poskytovatele a běžící na cloudové infrastruktuře. Tyto aplikace jsou přístupné z různých zařízení uživatelů, a to například z webového prohlížeče, programového rozhraní pro počítače, mobilní telefony a tablety. Uživatel se tedy nestará o provoz aplikací ani o provoz cloudové infrastruktury. [8]

1.4.2 Typy cloud computingu

Existuje více možností cloud computingu a každý je vhodný na určité potřeby. Je nutné si vybrat, jaký bude použit distribuční model a typ nasazení. [7][8]

Veřejný cloud

Při tomto typu cloudu jsou servery a úložiště dat, které se používají ke zpracování transakcí přes internet, ve vlastnictví poskytovatele cloudových služeb. Mezi tyto dodavatele patří například Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS), Oracle Cloud, IBM Cloud a Google Cloud Platform.[7][8]

Soukromý cloud

Cloudovou infrastrukturu privátního cloudu využívá výlučně samotná organizace či jeden podnik. Tyto organizace mají možnost si privátní cloud předplácet u poskytovatelů třetích stran (AWS, MS Azure, Google...), nebo si mohou tento cloud umístit fyzicky ve svém datovém centru, jenž si organizace sama spravuje. Ve výsledku jde o cloud, který poskytuje služby i infrastrukturu v soukromé síti.[7][8]

Hybridní cloud

Jedná se o kombinaci soukromého a veřejného cloudu. Tyto cloudy jsou propojeny pomocí metodiky zvané Public Infrastructure as a Service platform (LaaS), která zajišťuje přesun dat a aplikací.[9] Model hybridního cloudu se využívá, protože nabízí větší flexibilitu, více možností nasazení, přispívá k optimalizaci jejího zabezpečení, dodržování předpisu a celkově stávající infrastrukturu. A z těchto důvodů je oblíbenější než privátní cloud.[7][8]

1.5 Poskytovatelé Cloudu pro AVEVA Insight

Mezi poskytovatelé cloudové infrastruktury pro AVEVA Insight se řadí primárně Microsoft Azure, ale lze využívat i služeb Amazon Web Services (AWS).

1.5.1 Microsoft Azure

Microsoft Azure je veřejná cloudová platforma, umožňující přístup ke cloudovým službám a prostředkům od společnosti Microsoft. Tyto služby ukládají, spravují a přeměňují data dle požadavků zákazníka. Jelikož je Microsoft Azure jeden z předních zprostředkovatelů cloudových služeb, má výhodu v počtu datových center. Po celém světě existuje 42 těchto datových center a Microsoft plánuje tento počet zvyšovat. Azure nabízí přes 200 cloudových služeb, rozdělených do 18 kategorií - výpočetní technika, sítě, úložiště, internet věcí, umělá inteligence, zabezpečení a další. Mezi služby výpočetní techniky poté řadíme například virtuální stroje a cloudové služby.[10]

1.5.2 Amazon Web Services

Stejně jako u Microsoft Azure se jedná o veřejnou cloudovou platformu, s více než 200 cloudovými službami, zahrnující výpočetní techniku, sítě, úložiště a databáze, strojové učení, internet věcí a další. AWS podporuje 98 bezpečnostních standardů a certifikací s možností šifrování dat. Dle nezávislého analytika měla AWS v prvním čtvrtletí roku 2021 podíl na trhu přes 30 % a Microsoft Azure 20 %. [11]

1.6 Zdroje dat pro AVEVA Insight

Pro sběr a posílání dat do AVEVA Insight existuje více variant, které se mohou použít. Mohou se použít bezdrátové IIoT čidla, která využívají nízkoenergetické přenosové sítě, dále pomocí komunikačního protokolu MQTT či pomocí softwarových řešení společnosti AVEVA.[12]

1.6.1 Sběr dat pomocí bezdrátových čidel IIoT

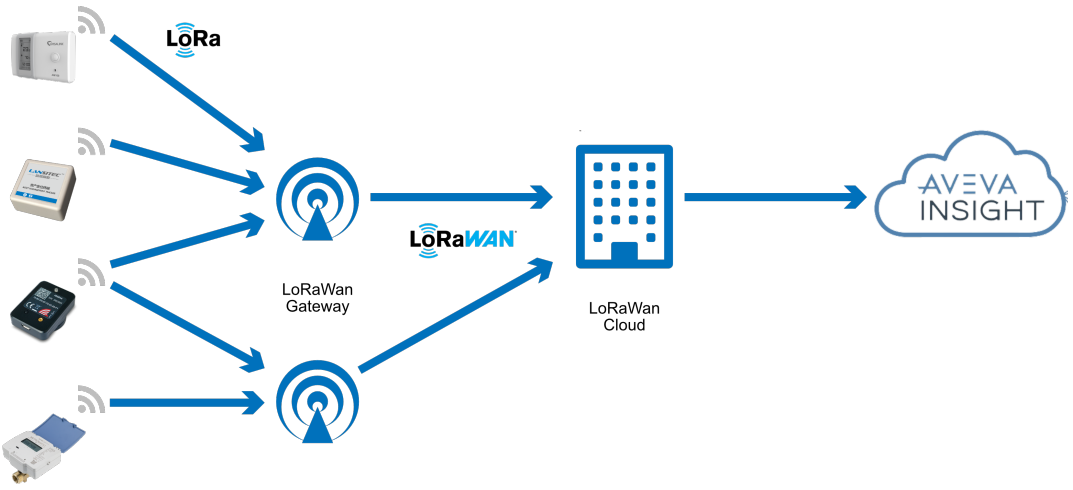
Mezi nejznámější protokoly, na kterých pracují nízkoenergetické přenosové sítě, které využívají IoT či IIoT čidla, se řadí LoRaWAN, Sigfox a NB-IoT. Každý z těchto protokolů má své plusy i mínusy, proto jsou níže popsány vlastnosti, výhody i nevýhody.

LoRaWAN

Je komunikační protokol, který funguje na technologii LoRa (Long Range). Tato technologie umožňuje komunikaci na velké vzdálenosti - v praxi až jednotky kilometrů, v přívětivém počasí až 16 km. Průchodnost signálu budovami je také příznivá, v případě hustě zastavěné městské oblasti je dosah signálu až 5 km. Díky malé spotřebě je životnost zařízení využívající LoRaWAN 10 až 15 let.[13][14]

Pro Českou republiku poskytují veřejnou síť České Rádiokumunikace a.s. Tento poskytovatel ukládá všechna komunikovaná data na cloudové úložiště, ze kterého lze odesílat data do libovolné aplikace AVEVA.[14]

Obrázek 1.4 zobrazuje sběr dat ze snímačů využívající komunikační protokol LoRaWAN, a to od samotného odeslání dat přes LoRaWan bránu do jejich cloudu a následné odeslání do AVEVA Insight, dejme tomu například pomocí REST API callbacku.



Obr. 1.4: Topologie přenosu dat pomocí protokolu LoRaWAN (upraveno)[15].

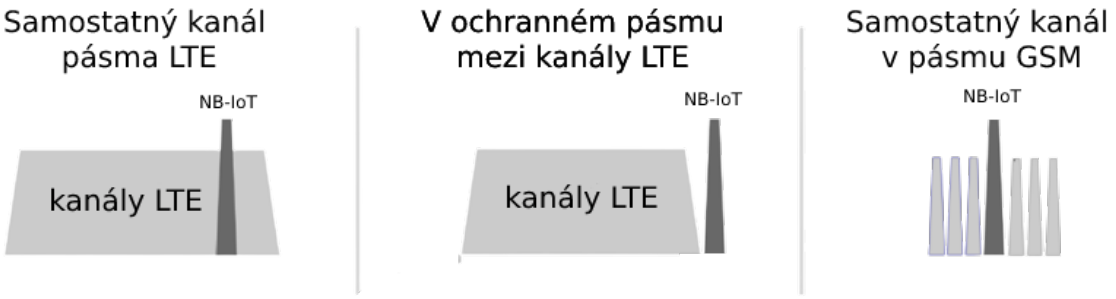
Sigfox

Komunikační protokol, využívající bezlicenční pásmo (868/915 MHz) a používá obousměrný přenos dat optimalizovaný pro IoT aplikace. Data ze senzorů jsou pomocí mobilního operátora přenesena na tzv. Sigfox cloud. Ten funguje také jako webové rozhraní, ze kterého lze odesílat data do libovolné aplikace AVEVA. Jeho dosah je typicky 5-10 km v nezastavěných oblastech. [16][17]

NB-IoT

Oproti protokolům LoRaWAN a Sigfox, protokol NB-IoT používá již existující infrastrukturu sítí mobilních operátorů. Signál NB-IoT se může vysílat skrz dnes již moc nevyužívané pásmo standartu GSM, jako samostatný kanál pásma LTE či v ochranném pásmu mezi kanály LTE. V České republice poskytuje NB-IoT mobilní operátor Vodafone. Čidla, která NB-IoT využívají musí používat SIM kartu.[18][19]

Obrázek 1.5 znázorňuje všechny tři možnosti, jenž se využívají pro odesílání dat.



Obr. 1.5: Způsob odesílání dat pomocí NB-IoT (upraveno, přeloženo)[20].

1.6.2 Sběr dat pomocí protokolu MQTT

Zkratka MQTT znamená Message Queuing Telemetry Transport. Jedná se o asynchronní protokol, který je plně duplexní, lehký a využívající návrhový vzor publisher/subscriber. Přenos dat probíhá pomocí TCP, kde využívá pátou až sedmou vrstvu v referenčním modelu OSI. V roce 2014 se protokol oficiálně stal otevřeným OASIS standardem. Díky malé velikosti dat se dá využít pro IoT/IIoT či taktéž v komunikaci mezi M2M (stroj se strojem). [21] [22]

1.6.3 Software vyvíjený společností AVEVA

Mezi ostatní zdroje dat patří software, který je vyvíjený společností AVEVA. Řadí se zde AVEVA Edge HMI, AVEVA Communication Drivers: AVEVA InTouch HMI a AVEVA System Platform / Historian.

AVEVA Edge HMI

Jedná se o HMI softwarově vhodný pro vizualizační, vestavěné či IIoT Edge aplikace. Tento software má velmi rozsáhlé komunikační možnosti, především díky více než 250 nativních ovladačů (driverů) řídících systémů PLC, IIoT snímačů, průmyslových robotů apod. Podporuje průmyslové komunikační protokoly jako MQTT, OPC UA apod. Data, která tento software zpracuje se mohou dále publikovat do řešení AVEVA Insight. [12] [24]

AVEVA InTouch HMI

AVEVA InTouch HMI je oproti předešlé možnosti komplexnější, jelikož kromě vizualizace je vhodná k monitorování a operátorskému řízení technologických a výrobních procesů. Jedná se tedy o software kategorie HMI / SCADA. Samozřejmostí je podpora průmyslových komunikačních protokolů MQTT, Modbus a OPC UA. Jestliže nastane nutnost připojit atypické zařízení s jiným komunikačním rozhraním, než je běžné, je pro vývojáře možné si napsat vlastní komunikační server díky AVEVA Server Toolkit. [12] [25]

AVEVA System Platform / Historian

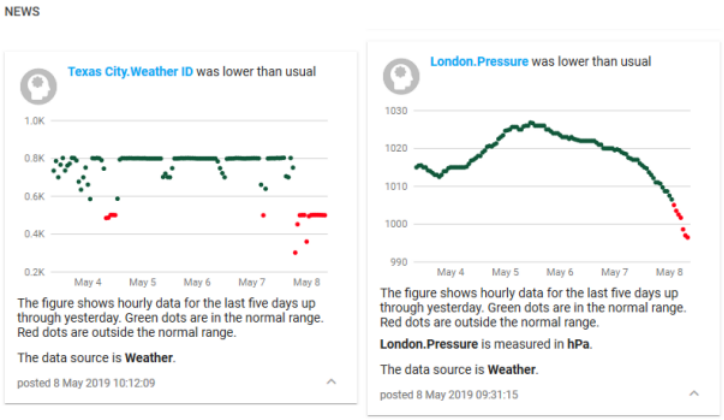
Je to softwarová průmyslová platforma sloužící pro sběr, historizaci, vizualizaci a řízení technologických i výrobních procesů v kombinaci s průmyslovým internetem věcí (IIoT). Data jsou ukládána v historizační softwaru AVEVA Historian Server. Tento software je úzce vázán s cloudovým prostředím AVEVA Insight. Data z AVEVA Historian Serveru jsou poté snadno odesílány do AVEVA Insight.[12] [26]

1.7 Umělá inteligence a strojové učení

AVEVA Insight využívá strojového učení primárně pro zdokonalení spolehlivosti, výkonu a bezpečnosti. Nezbytnou součástí jsou zahrnuté funkce **Automated Analytics**, **Condition-Based Rules** a **Guided Analytics**. Mezi další funkce, které nejsou součástí licence, jsou **Advanced Analytics** a **BI Gateway**.[1]

1.7.1 Automated Analytics

Automated Analytics je algoritmus strojového učení, který vyhodnocuje a zobrazuje na hlavní stránce webového rozhraní nejnovější změny proměnných. Tyto změny jsou poté zobrazovány v News feed.[1] Příklad, jak se tento algoritmus zobrazuje na hlavní stránce AVEVA Insight, je možné vidět na obrázku 1.6.



Obr. 1.6: Zobrazení změn proměnných v News Feedu.[1]

1.7.2 Guided Analytics

Jedná se o strojové učení s učitelem, kdy uživatel učí algoritmus rozpoznávat provozní režimy a anomálie. Často se využívá pro jednodušší modely, s předem připravenými vzory chování daných zařízení (motory, čerpadla, aj.). [1]

Při vytváření tohoto modelu se vyberou tagy, které s daným zařízením souvisí, vybere se čas, jak dlouho bude algoritmus učen - nejkratší doba učení je 7 dní, dále 30 či 90 dní, případně možnost vlastního časového úseku (s minimální dobou 7 dní). Po nastavení těchto základních parametrů se spustí učení a uživatel musí definovat referenční časové období, kdy se zařízení chová normálně. Uživatel dále v nastaveném časovém období konfiguruje, kdy bylo zařízení v provozu, a kdy má jaký provozní režim - například nízká, střední či vysoká rychlost. Čím více učitel tento algoritmus naučí, tím lépe poté dokáže odhalovat případné anomálie.[1]

1.7.3 Condition-Based Rules

Každý uživatel si může nastavit vlastní podmínky, kde jsou hlídány mezní hodnoty, a v případě, že se podmínka splní, odešle se upozornění o této informaci jako notifikace v mobilním klientovi, webové aplikaci, či případně na email. Podmínky si uživatel může nadefinovat zcela sám či využít uživatelsky přívětivější možnost, a to zvolit si hodnoty z grafického zobrazení.[1]

1.7.4 Advanced Analytics

Mezi placené řešení, které není implementováno přímo v AVEVA Insight, se řadí AVEVA Advanced Analytics. Pomocí strojového učení bez učitele, které se učí na základě historických a současných dat, vyhodnocuje odchylky, které mohou nastat mezi aktuálními a predikovanými hodnotami sledovaných signálů.[28]

Existuje šest možných případů použití, každý pro specifickou část v průmyslu. První tři se řadí mezi procesně orientovanou provozní analytiku, mezi kterou patří **předvídatelná výkonnost zařízení** - sledující aktuální výkonnost zařízení a upozorní při poklesu, **spolehlivost jakosti produktu** - predikuje problémy s kvalitou produktu a tímto eliminuje případné zmetky, a **energická účinnost**, která sleduje spotřebu elektrické energie a dokáže pomoct odhalit případné skryté náklady.[29]

Další tři se věnují části analýzy údržby zařízení. Tyto části pojednávají o **předvídatelné době provozuschopnosti zařízení** - predikující optimální čas údržby zařízení, **snížení doby odstávek** - sloužící k identifikaci možných poruch zařízení, čímž se minimalizují výrobní ztráty a zvyšuje se produktivita výroby, a **předvídatelné životnosti zařízení**, které předpovídají délku životního cyklu zařízení.[29]

K této predikci se využívá patentovaný algoritmus OPTiCS, jenž v kombinaci strojového učení a pokročilého rozpoznávaní vzorů umožňuje včasnou detekci odchylek.[28]

1.7.5 BI Gateway

Toto řešení se využívá k syntetizaci podnikových dat a umožňuje odhalit ty souvislosti, které by jinak zůstaly prakticky přehlédnutelné. Skládá se ze dvou částí, ze serveru a klientu. Server získává a agreguje data, ze kterých je vytvořen informační model, který je vhodný pro snadné reportování, analýzu i vizualizaci například v AVEVA Insight.[30]

1.8 Konkurenční platformy

Tato část se zaobírá porovnáním ostatních průmyslových platforem, využívajících cloud computingu. Budou stručně shrnuty a porovnány platformy **SIEMENS MindSphere**, **GE Predix Platform** a **Rockwell Automation ThingWorx IIoT Platform**.

1.8.1 Siemens MindSphere

Průmyslová platforma pro internet věcí (IoT), shromažďující, ukládající a analyzující real time data ze senzorů a programovatelných automatů (PLC). Pomocí neupravených surových dat lze vytvořit digitální dvojčata strojů, a díky tomu je využívat k optimalizaci výrobků a výrobních procesů. MindSphere může být provozován na cloudových platformách Microsoft Azure, Amazon Web Services, Alibaba Cloud, ba dokonce i ve vlastním cloudu, u kterého je nutné nainstalovat vlastní infrastrukturní služby, nad které bude MindSphere umístěn. Data, která jsou do této platformy odesílána, jsou zpracována hotovými aplikacemi od společnosti Siemens, případně vlastními aplikacemi. Tyto aplikace poté provádějí různé analýzy.[31]

1.8.2 GE Predix Platform

Platforma sdružující aplikace společnosti GE Digital, jako jsou Asset Performance Management a Operations Performance Management, fungující na principu IoT edge-to-cloud. Predix Platform se dá rozdělit na tři části. A to na Predix Edge, což je softwarová vrstva sbírající data z průmyslových zařízení a odesílající je do cloudu. Druhá část je Predix Services, což jsou služby k vytváření, testování a provozování aplikací průmyslového internetu věcí (IIoT). Třetí část je Predix Cloud, což je cloudová infrastruktura, jejímž poskytovatelem je Amazon Web Services (AWS).[32]

1.8.3 Rockwell Automation ThingWorx IIoT Platform

Je to průmyslová plaftorma pro průmyslový internet věcí, zpracovávající data ze senzorů a zpracovávající je do podoby upravených a analyzovaných informací. Data se upravují pomocí analytických nástrojů, které se v reálném čase zpracovávají a vyhodnocují. Ačkoliv je samostatná platforma model PaaS, existuje i možnost, tak jako u Siemens MindSphere, provozovat ThingWorx na cloudu. ThingWorx lze nainstalovat na jakoukoliv cloudovou platformu, ale primárně, díky partnerství, se instaluje na Microsoft Azure.[33]

1.8.4 Srovnání platforem

Porovnávat tyto platformy je poměrně složité, jelikož každá ze společností vyvíjí své platformy poměrně odlišně. V tabulce 1.8.4 jsou proto porovnány alespoň základní vlastnosti.

Tab. 1.1: Srovnání průmyslových informačních platform

	AVEVA Insight	Siemens MindSphere	GE Predix Platform	ThingWorx IIoT Platform
Model platformy	SaaS	PaaS / SaaS	SaaS	PaaS / SaaS
Virtuální dvojče	Ne	Ano	Ne	Ano
Vlastní API	Ano	Ano	Ano	Ne
Status cloudu	Ano	Ne	Ne	Ne
Microsoft Azure	Ano	Ano	Ne	Ano
Amazon Web Services	Ano	Ano	Ano	Ano
Zkušební verze zdarma	Ano	Ne	Ano	Ne
24/7 podpora	Ano	Ne	Ano	Ne

1.9 Open Data Protocol

Open Data Protocol, zkráceně OData, je standard OASIS schválený organizací ISO/IEC, využívající se k výměně dat na webu a slouží ke zlepšení interoperability mezi systémy. Toto funguje díky standardizovaným technologiím HTTP a REST. Protokol funguje na aplikační vrstvě, kde skrz rozhraní RESTful pracuje s daty. Data se publikují a upravují pomocí jednotného identifikátoru zdroje (URI) a jsou odesílána jednoduchými zprávami HTTP.[34]

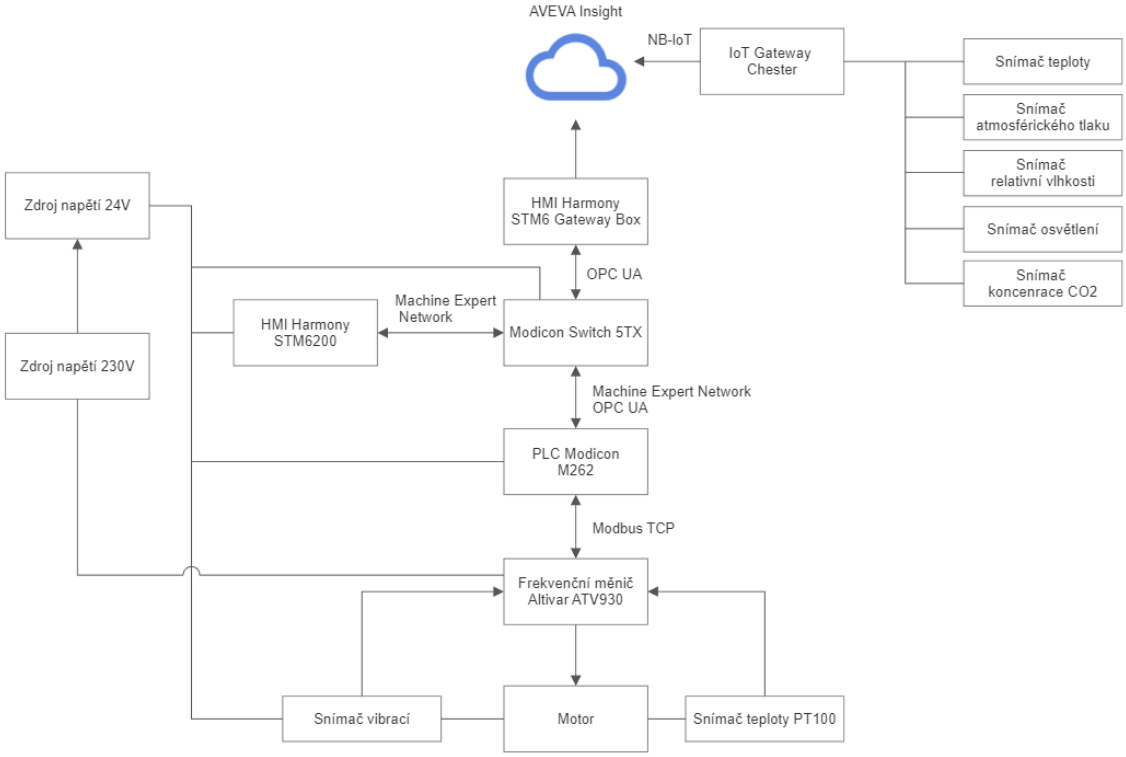
AVEVA Insight tento protokol využívá například pro úpravu, vytváření či mazání tagů, kdy se uživatel dostane do webového rozhraní Microsoft Excel a zde může s jednotlivými tagy dále pracovat.

2 Koncepce demonstrátoru

V této kapitole bude rozebrána koncepce a popis prvků demonstrátoru pro propojení se systémem AVEVA Insight. Demonstrátor se bude skládat primárně z produktů společnosti Schneider Electric, která zajistila PLC, frekvenční měnič, HMI, HMI Gateway Box, zdroj napětí, switch a potřebné licence. Dále IoT gateway Chester s čidly, jež jsou od české firmy Hardwario.

2.1 Blokové schéma demonstrátoru

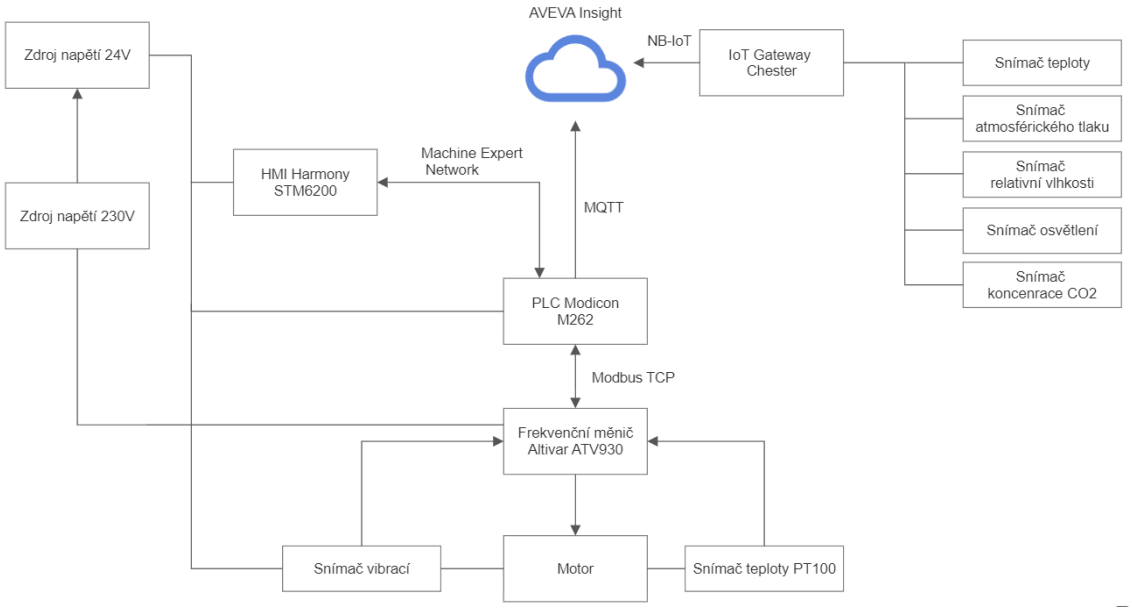
Blokové schéma obsahuje dvě různé možnosti zapojení, jelikož s platformou AVEVA Insight dokáže komunikovat více komponent. Demonstrátor se bude realizovat podle možnosti první - 2.1.



Obr. 2.1: Blokové schéma demonstrátoru.

Na blokovém schématu 2.1 lze vidět, jak bude realizováno zapojení. Pokud bude pominuto napájení jednotlivých komponent, lze na tomto schématu vidět propojení jednotlivých komponent, vyjma cloudu a IoT Gateway Chester, a to pomocí ethernetového kabelu CAT 5E, s použitými komunikačními protokoly. Budou využity tyto komunikační protokoly: Modbus TCP, k propojení frekvenčního měniče a programovatelného logického automatu, Machine Expert Network k spojení PLC a HMI,

a jako poslední, bude využito OPC UA k propojení PLC a HMI STM6 Gateway Box, ze kterého jsou poté data odesílány do cloudu. IoT Gateway Chester odesílá svá data do cloudu pomocí komunikačního protokolu NB-IoT.



Obr. 2.2: Blokové schéma demonstrátoru - zapojení bez HMI STM6 Gateway Box.

Byť blokové schéma 2.2 nebude využito, je vhodné alespoň jej popsat. Oproti schématu použitém se liší právě ve způsobu odesílání dat do cloudu. Programovatelný logický automat využíván pro demonstrátor dokáže pracovat s protokolem MQTT, a tím existuje možnost propojit cloud tímto komunikačním protokolem a vyhnout se tak použití HMI STM6 Gateway Box.

2.2 Sběr dat a jejich odesílání do cloudu

Existuje mnoho komunikačních protokolů, vyvíjených různými společnostmi, které slouží ke komunikaci mezi zařízeními průmyslových aplikací. Každý z těchto protokolů má své určité vlastnosti, výhody a i nevýhody. Lišit se můžou zejména dle architektury, její rychlosti přenosu dat a funkčnosti.

V případě demonstrátoru se bude využívat komunikace pomocí průmyslového Ethernetu, OPC UA a případně bezdrátový protokol MQTT. V závislosti na použitých komponentách, které nedisponují možnými rozšiřujícími kartami s dalšími průmyslovými komunikačními protokoly, bylo možné vybírat mezi Modbus TCP či Ethernet/IP. Pro demonstrátor byla zvolena možnost první, a to použití protokolu Modbus TCP.

2.2.1 Modbus TCP

Aby bylo možné popsat, jak tento průmyslový protokol funguje, je třeba znát protokol Modbus RTU, ze kterého tento protokol vzešel.

Modbus RTU je průmyslový komunikační protokol fungující na architektuře leader-follower, využívající asynchronní sériovou komunikaci po rozhraní RS-485 a RS-232. Jeho zpráva se skládá z adresy daného zařízení (followerID), kódu funkce, speciálních dat a kontrolního součtu (CRC). Adresa daného zařízení může nabývat hodnot 0 až 247. Kód funkce může být například: 01 (0x01) a v tomto případě se jedná o čtení stavu cívky.[35][36]

Modbus TCP oproti Modbus RTU využívá rozhraní Ethernet, kdy jako adresu zařízení používá IP adresu. Dalším rozdílem je ten, že zpráva Modbus TCP neobsahuje kontrolní součet CRC.[35][36]

2.2.2 OPC UA

OPC Unified Architecture je průmyslový komunikační standard vyvíjený organizací OPC Foundation. OPC UA se vyvinul z původního protokolu OPC, jenž byl navrhnut pouze pro operační systém Windows, což je značné omezení. Na rozdíl od původního protokolu se OPC UA stalo multiplatformním standardem, sloužící ve své podstatě jako univerzální komunikační standard, zjednodušující propojení zařízení od různých výrobců. Data se mezi zařízeními předávají pomocí architektury Server-Klient.[37]

V případě demonstrátoru se komunikace OPC UA bude využívat mezi PLC a HMI Gateway Box, který v sobě obsahuje aplikaci EcostruXure Machine SCADA Expert, která bude ukládat data do AVEVA Historian, který bude propojen s cloudem AVEVA Insight. OPC UA server bude samotné PLC M262 a HMI Gateway Box bude klient.

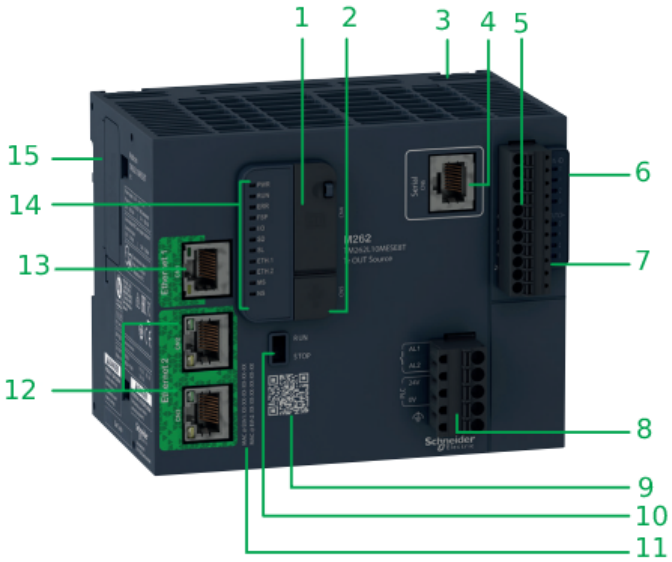
2.3 Popis jednotlivých komponentů demonstrátoru

Demonstrátor se bude skládat z PLC M262, frekvenčního měniče Altivar ATV930, HMI Harmony STM6, HMI STM6 Gateway Box, napájecího zdroje Modicon, switche Modicon 5TX, IoT Gateway Chester, třífázového asynchronního motoru se zabudovaným teplotním snímačem PT100 a snímačem vibrací.

2.3.1 PLC Modicon M262

Kontrolér Modicon M262 je určen pro logické řízení a servopohony. Jedná se o první PLC společnosti Schneider Electric, které má integrované protokoly pro průmyslový internet věcí (IIoT), včetně šifrované komunikace TLS. Jeho součástí jsou tedy protokoly jako je MQTT, OPC UA server klient a server, Modbus TCP, EtherNet/IP a Sercos, které obsahují pouze modely určené pro servopohony, a díky tomu lze vytvořit bezpečnostní řešení až do úrovně SIL 3. Obsahuje také dvě na sobě nezávislé ethernetové sítě, označené jako Eth1 a Eth2.[38]

V demonstrátoru bude použit model s označením TM262L10MESE8T. Ten lze vidět na obrázku 2.3 a obsahuje:



Obr. 2.3: Programovatelný logický automat Modicon M262[38]

1. Slot na SD Kartu (max 32GB) - označení CN4
2. Rozhraní mini USB-B pro programování - označení CN5
3. Zámek pro uchycení na 35mm DIN lištu
4. Sériová linka pro RS232/RS485 - označení CN6
5. Odnímatelný pružinový konektor pro I/O - označení CN8
6. LED pro stav I/O
7. Odnímatelný pružinový konektor pro napájení a alarmové relé - označení CN7
8. QR kód s sériovým číslem a odkaz na stránku technické dokumentace
9. Spínač pro zapnutí a vypnutí PLC
10. MAC adresa PLC

11. ETH2 s rychlostí 1Gbit/s, s možností řetězení a RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) - označení CN2 a CN3
12. Eth1 s rychlostí 100Mbit/s - označení CN1
13. LED pro stavy PLC
14. Konektor chytré komunikační sběrnice[38]

Toto PLC obsahuje pouze rychlé digitální vstupy a výstupy. Má 4 vstupy, které reagují na událost za méně než 20 µs, 4 výstupy, které se dokáží sepnout za méně než 3 µs. [38]

K programování slouží softwarová aplikace EcoStruxure Machine Expert, taktéž známa jako SoMachine. Je to prostředí shrnující možnosti vývoje, konfigurace a uvádění strojů do provozu, do jednoho softwarového prostředí. Podporuje všechny programovací jazyky IEC 61131-3 a obsahuje knihovny pro průmyslový internet věcí (IIoT) - MQTT, HTTP, JSON, pro propojení s webovým rozhraním na cloudu - EcoStruxure Machine Advisor, AVEVA Insight.[39]

Pomocí tohoto softwaru se programují krom řady PLC M262 i řady M241, M251, PacDrive LMC Eco a LMC Pro2.[39]

2.3.2 Frekvenční měnič Altivar ATV930

Frekvenční měnič navržen tak, aby dokázal využívat průmyslového internetu věcí. Jedná se o řadu frekvenčních měničů Altivar Process ATV900, která nabízí frekvenční měniče v rozsahu od 0,75kW až 2600kW. Využívá vestavěné komunikační protokoly Ethernet/IP a Modbus TCP, avšak po dokoupení rozšiřujících karet podporuje i protokoly CANopen, PROFINET, Profibus DP V1, EtherCAT, DeviceNet a PowerLink. Samostatný frekvenční měnič je na obrázku 2.4.[40]

K programování se používá software SoMove, což je konfigurační program pro zařízení řad Altivar, Altistart, TeSys a Lexium od Schneider Electric. Software nabízí nastavení zařízení - přípravu konfigurace, testování a uvedení do provozu a údržbu. Program, například s frekvenčním měničem lze propojit na přímo ethernetovým kabelem, bezdrátově přes Wifi (webserver) či přes Bluetooth.[42]

V případě demonstrátoru je použit frekvenční měnič Altivar ATV930 s označením ATV930U07M3. Tento měnič je vhodný pro motory do výkonu 0,75kW při normálním výkonu, a 0,37 kW při těžkém provozu. Na měnič budou přivedeny snímače z motoru, a to teplotní čidlo a snímač vibrací. Pro výměnu informací s PLC bude využit komunikační protokol Modbus TCP.

Obr. 2.4: Frekvenční měnič Altivar ATV930.[41]

2.4 HMI Harmony ST6

Panely Harmony ST6 jsou vyráběny ve velikostech od 4"do šířky 15". Mají kvalitní obrazovku s vysokým rozlišením a až 16M barev. Tato řada se dělí na základní HMI s označením ST6, modulární STM6 a na webové HMI STW6. Existuje také STM6 HMI Box, který bude popsán samostatně. Panely obsahují 2x port Ethernet, jenž má duální IP adresu, USB port či 2x COM port (krom 4"modelu). Tyto HMI (krom STW6) obsahují předinstalovaný software EcoStruxure Secure Connect Advisor, což je software pro vzdálenou údržbu HMI a k němu připojených zařízení.[43]

Programují se v softwarovém programu EcoStruxure Terminal Expert, který slouží k vytváření a upravování vizualizačních aplikací.[43]

Pro demonstrátor byl použit HMI STM6200, což je 4"modulární panel. Propojení s PLC bude pomocí komunikačního protokolu od Schneider Electric, a to Machine Expert Network. Toto HMI je zvýrazněno červenou šipkou na obrázku 2.5.

Obr. 2.5: Řada HMI panelů ST6.[44]

2.5 HMI STM6 Gateway Box

Jedná se o HMI bez obrazovky, které v sobě má integrován software EcoStruxure Machine SCADA Expert. Tento software slouží k vývoji projektů HMI vizualizací, SCADA, OEE a Dashboardů. Machine SCADA Expert má přes 250 nativních komunikačních ovladačů, podporuje OPC UA i MQTT. Harmony Gateway Box se díky Machine SCADA Expert stává bránou pro sdílení dat pro cloud, jako je třeba EcoStruxure Machine Advisor a AVEVA Insgiht. Na obrázku 2.6 lze Gateway Box vidět. [43][45]

Obr. 2.6: HMI STM6 Gateway Box.[46]

I když PLC M262 umí protokol MQTT a mohlo by se samo stát bránou pro odesílání dat do cloudu AVEVA Insight, tak je v demonstrátoru využívám Gateway Box z toho důvodu, že v průmyslové praxi se PLC M262 nevyužívá pro sběr procesních dat, ale hlavně pro OEM stroje.

2.6 Napájecí zdroj Modicon

Jedná se o regulované spínané napájecí zdroje, existují ve třech typech ABLM Modulární, ABLS Optimalizované a ABL8RP/WP Univerzální. Obsahují integrovanou ochranu proti zkratu, přepětí, podpětí a přetížení. Tyto zdroje poskytují stabilizované stejnosměrné výstupní napětí, které má přesnost okolo méně než 3 %. Použitý zdroj je na obrázku 2.7.[47]

Obr. 2.7: Napájecí zdroj Modicon [47]

Pro demonstrátor byl vybrán zdroj napětí ABLS1A24050 - 24V 5A, který je jednofázový, optimalizovaný.

2.7 Modicon Switch

V demonstrátoru bude použit neřízený switch Modicon 5TX - MCSESU053FN0, který podporuje rychlost 10/100Mbps. Podporuje stíněnou kroucenou dvoulinku CAT 5E pro měděný kabel. Maximální vzdálenost kabelu mezi jednotlivými zařízeními může být maximálně 100 m.[48]

2.8 Gateway Chester

Průmyslová IoT brána od české firmy Hardwario, vhodná pro aplikace Průmyslu 4.0, vzdálených odečtů atp. Pomocí technologie LPWAN - s podporou komunikačních protokolů LoRaWAN, NB-IoT či LTE-M. Napájení je řešeno pomocí baterií, případně bránu lze napájet i na přímo 24V DC, nebo ze sítě 230V AC. Chester podporuje průmyslové teplotní senzory, senzory pro zjištění kvality vody, lineární snímače, snímače kvality ovzduší atp.[49]

V demonstrátoru je tato brána hlavně k ukázání, že IoT a cloud je vzájemně propojen. Demonstrátor bude obsahovat set snímačů kvality ovzduší, obsahující snímač teploty okolí, vlhkosti, koncentrace CO2 a atmosférický tlak. Dále obsahuje snímač pohybu, čítač stisknutí a snímač nadmořské výšky.

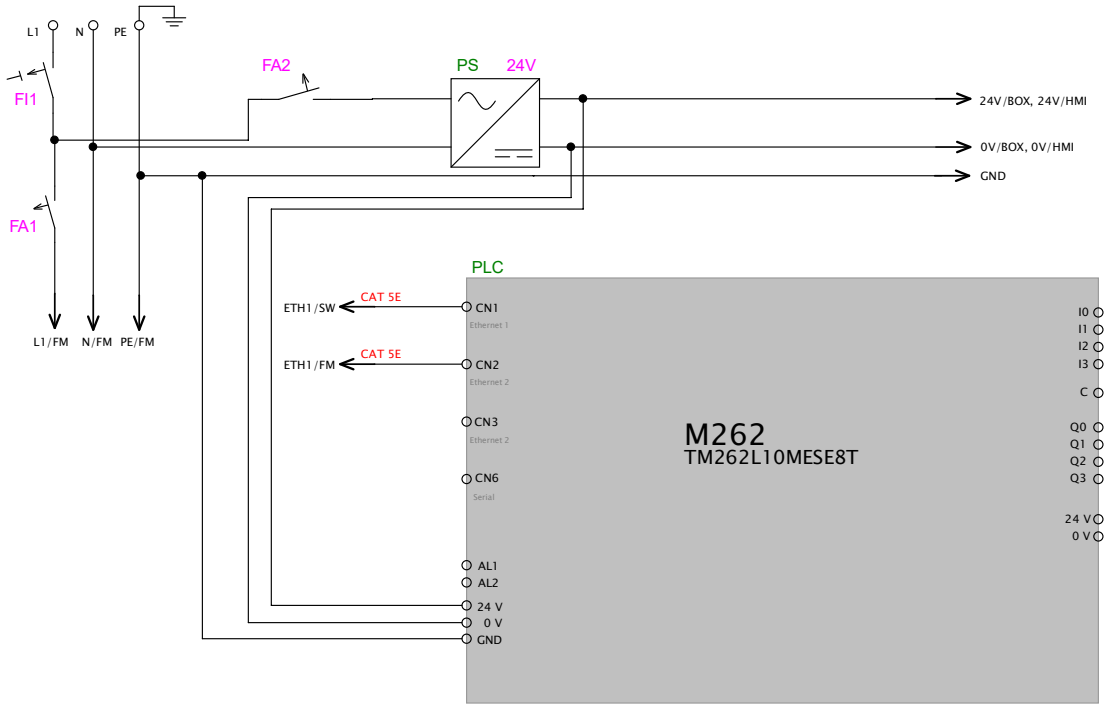
Obr. 2.8: Průmyslová IoT brána Chester.[49]

3 Technická dokumentace demonstrátoru

Kapitola se věnuje technické dokumentaci demonstrátoru. Nacházejí se zde zapojení elektrických schémat PLC, frekvenčního měniče, HMI, Gateway Boxu, IoT Gateway Chester a schéma zapojení svorkovnice motoru.

3.1 Schéma zapojení PLC

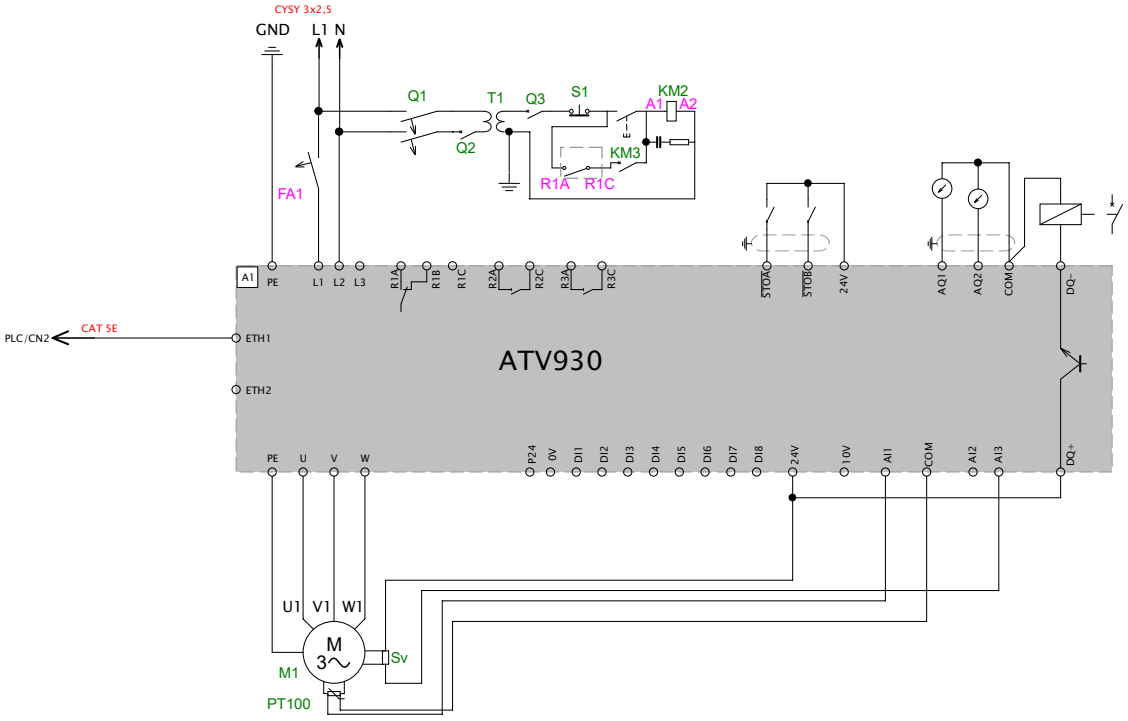
Na obrázku 3.1 se nachází zapojení PLC M262 a zdroje stejnosměrného napětí 24V Modicon. Do PLC vstupuje ethernetový kabel CAT 5E, z frekvenčního měniče, který je zapojen do konektoru s označením CN2. Z konektoru CN3 poté vede ethernetový kabel CAT 5E do switche.



Obr. 3.1: Elektrické schéma zapojení PLC a zdroje napětí.

3.2 Schéma zapojení frekvenčního měniče a motoru

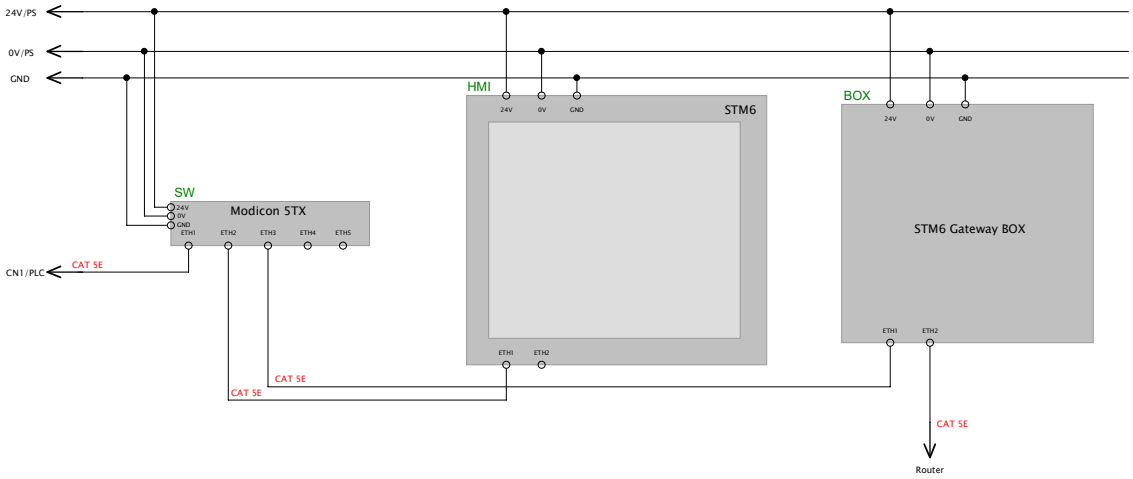
Obrázek 3.2 obsahuje schéma zapojení frekvenčního měniče Altivar ATV930, na který je napojen třífázový motor. Motor obsahuje teplotní snímač PT100, který je napojen na analogový vstup AI3. Na analogový vstup AI1 je poté napojen snímač vibrací od firmy Wilcoxon. Tento snímač vibrací měří efektivní hodnoty v rozsahu 0-12.8 mm/s. Jedná se o model s označením PC420VR-05.



Obr. 3.2: Elektrické schéma zapojení frekvenčního měniče a motoru.

3.3 Schéma zapojení HMI STM6, Switch 5TX a STM6 Gateway Box

Na obrázku 3.3 se nachází zapojení HMI STM6, switche 5TX a STM6 Gateway Boxu. Jednotlivé komponenty jsou mezi sebou propojené ethernetovým kabelem CAT 5E. Napájení je zajištěno ze stejnosměrného zdroje, který se nachází na schématu 3.1.



Obr. 3.3: Elektrické schéma zapojení HMI, switche a Gateway Boxu.

3.4 Označení jednotlivých komponent ve schématech

V seznamu se nachází označení jednotlivých komponent v elektrických schématech.

Tab. 3.1: Seznam použitých komponent

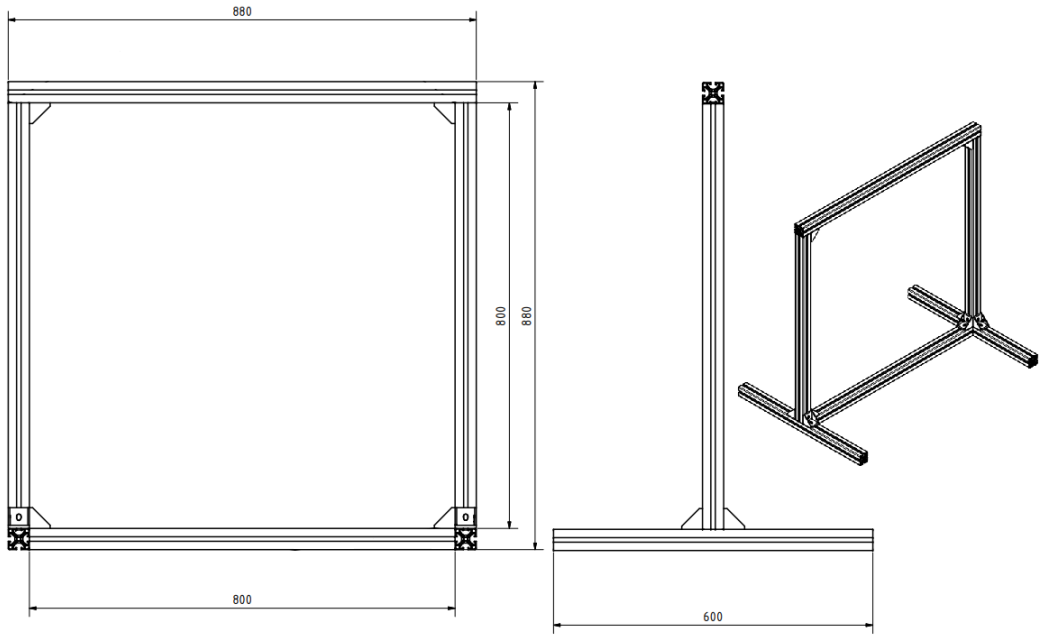
Označení ve schématu	Použitá komponenta
PLC	PLC Modicon M262
FM	Frekvenční měnič Altivar ATV930
PS	Regulovaný zdroj napětí Modicon
HMI	HMI STM6200
BOX	STM6 Gateway Box
SW	Switch Modicon 5TX
M1	3f asynchronní motor
Sv	Snímač vibrací motoru
PT100	Snímač teploty motoru

4 Realizace hardwaru a softwaru demonstrátoru

Kapitola zabývající se celkovou realizací demonstrátoru jako celku. Je zde probráno, v jakých softwarech se jednotlivé komponenty nastavují, programují a propojují s ostatními komponenty.

4.1 Hliníková konstrukce

Všechny komponenty budou umístěny na děrovaném plechu, jenž je uchycen k hliníkové konstrukci. Tato konstrukce se skládá z hliníkových profilů rozměru 40x40mm s drážkou 8mm. Na obrázku 4.1 je zleva vidět nárys, bokorys a 3D vizualizace. Na konstrukci bude také přišroubovaná deska a na té bude umístěn samostatný motor se snímači.



Obr. 4.1: Hliníková konstrukce

4.2 Konfigurace PLC

Pro konfiguraci PLC byl použit program EcoStruxure Machine Expert, který sloužil pro propojení i možné nastavení frekvenčního měniče, nastavení OPC UA serveru, pro komunikaci s HMI STM6 Gateway Box, a vytvoření programu.

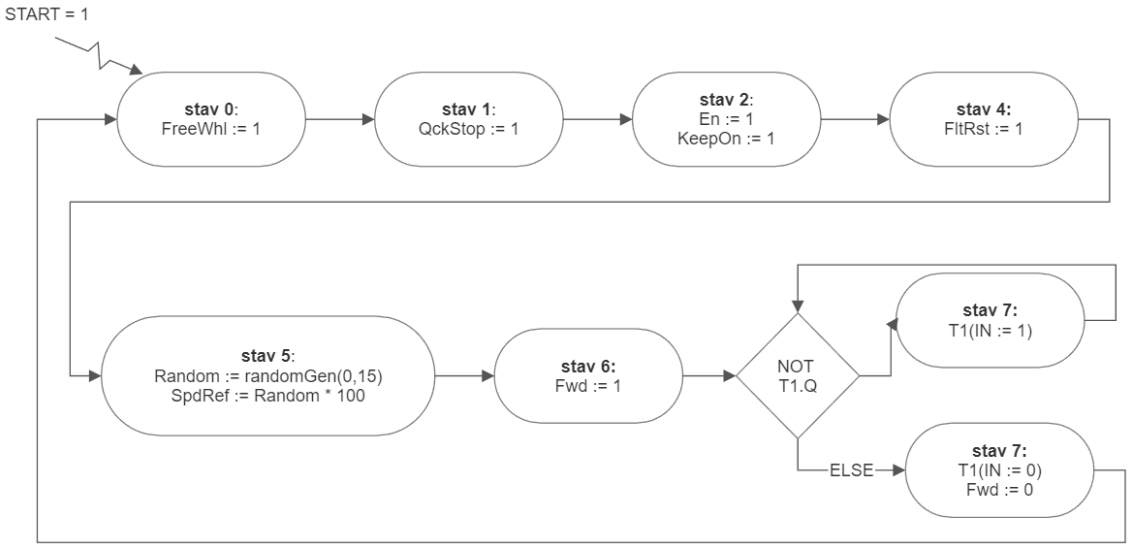
Propojení PLC s frekvenčním měničem bylo nastaveno pomocí ModbusTCP IO Scanner, přes který byl vybrán daný frekvenční měnič, nastavena jeho IP adresa a nakonec byla do projektu nahrána jeho konfigurace. Samostatný frekvenční měnič se poté ovládal pomocí funkčního bloku fbControlATV, který je přímo určen pro jeho ovládání.

Dále byl v parametrech PLC zapnut a nastaven OPC UA server. Připojení na tento server bylo nastaveno jako anonymní, bez zabezpečení.

4.2.1 Program demonstrátoru

Aby šlo vhodně demonstrovat možnosti AVEVA Insight byl vytvořen program, ovládající frekvenční měnič. Stručněji řečeno, nastavuje otáčky motoru a spouští jeho chod. Program se skládá z části manuálního a automatického režimu. Na začátku programu se nainicializuje nastavení generátoru pseudonáhodných čísel. Pokud je bit Manual v nule, je zapnut automatický režim, který se ještě musí dodatečně zapnout aktivováním bitu START. V moment, kdy je bit START aktivován, začne se v jednotlivých stavech instrukce case vykoná sekvence nastavení jednotlivých bitů fbControlATV - uvolní se hřídel elektromotoru, vypne se QuickStop, aktivuje se měnič, nastaví se otáčky pomocí vygenerovaného pseudonáhodného čísla a jako poslední se vybere směr otáčení hřídele, a tím se začne otáčet. Z tohoto stavu se přesune do posledního stavu, který reaguje na časovač, který po uplynutí doby resetuje bit směru otáček a celý cyklus se opakuje, dokud se nevypne bit START či nebude aktivován bit Manual. Na obrázku 4.2 lze vidět vývojový diagram, znázorňující, co se stane, pokud START je roven 1.

Na pozadí se v PLC taktéž provádí čtení analogových hodnot z měniče a jejich škálování.



Obr. 4.2: Vývojový diagram pro automatické ovládání motoru

4.3 Konfigurace frekvenčního měniče

V konfiguračním programu pro frekvenční měniče od Schneider Electric - SoMove, bylo nastaveno mimo základní parametry motoru - jmenovitého výkonu, napětí, proudu, frekvence a rychlosti, i ovládání frekvenčního měniče pomocí ethernetové komunikace, pomocí protokolu Modbus TCP. Taktéž bylo nutné nastavit jednotlivé analogové vstupy, kdy vstup AI1 slouží pro měření proudové smyčky 4-20mA snímače vibrací, a vstup AI3 pro měření odporu teplotního snímače PT100. Po konfiguraci měniče byl proveden i autotuning k zjištění ostatních parametrů motoru. Nastavení jednotlivých parametrů je zvýrazněno v tabulkách v podkapitole 4.3.1.

4.3.1 Seznam změněných parametrů

V tabulkách 4.1 a 4.2 se nachází velká část nastavovaných parametrů frekvenčního měniče.

Tab. 4.1: Seznam nastavených parametrů, jejich hodnoty a logické adresy

Kód	**Označení**	**Hodnota**	**Logická adresa**
BFR	Motor Standard	50Hz motor frequency	3015
NPR	Nominal motor power	0.12 kW	9613
UNS	Nominal motor voltage	230 V	9601
NCR	Nominal motor current	1.15 A	9603
FRS	Nominal motor frequency	50 Hz	9602
NSP	Nominal motor speed	1360 rpm	9604
COS	Motor 1 Cosinus Phi	0.71	9606
TCC	2/3-wire control	2-wire control	11101
TFR	Max frequency	50 Hz	3103
STUN	Tune selection	Default	9617
ITH	Motor Thermal current	1.15 A	9622
AI1T	Configuration of AI1	Current	4402
CRL1	AI1 current scaling parameter of 0%	4 mA	4432
AI3T	Configuration of AI3	PT100	4404
FR1	Configuration reference frequency 1	Embedded Ethernet	8413
IPL	Input Phase Loss assignment	Ignore	7002

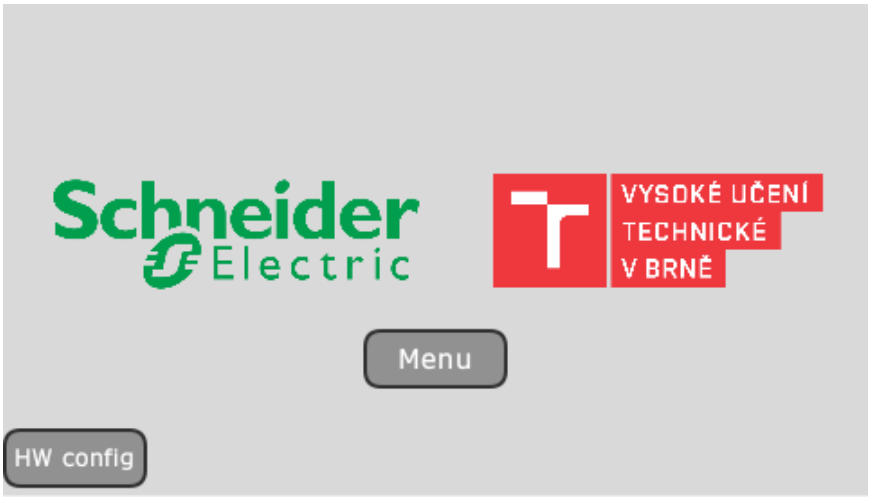
Tab. 4.2: Seznam parametrů odesílaných mezi PLC a frekvenčním měničem

Použitý komunikační protokol			
Ethernet Protocol	Modbus TCP		
Vstupy (Frekvenční měnič do PLC)			
Kanál	**Kód**	**Označení**	**Logická adresa**
Channel 1	ETA	Status Register	3201
Channel 2	RFRD	Output Velocity	8604
Channel 3	LCR	Motor current	3204
Channel 4	RFR	Motor frequency	3202
Channel 5	UOP	Motor voltage	3208
Výstupy (PLC do frekvenčního měniče)			
Channel 1	CMD	Command register	8501
Channel 2	LFRD	Speed setpoint	8602

4.4 Konfigurace HMI

Vizualizace pro ovládání demonstrátoru byla vytvořena v programu EcoStruxure Terminal Expert 3.3. Skládá se ze tří obrazovek, první obrazovka je pouze úvodní a dá se z ní dostat pouze do menu či na hardwarové nastavení HMI, ve kterém bylo nutné nastavit IP adresu ethernetového portu. Druhá obrazovka se využívá pro spouštění automatického režimu programu a sledování změn proměnných - například napětí a proud motoru. Třetí obrazovka slouží k zapnutí a ovládání motoru pomocí manuálního módu.

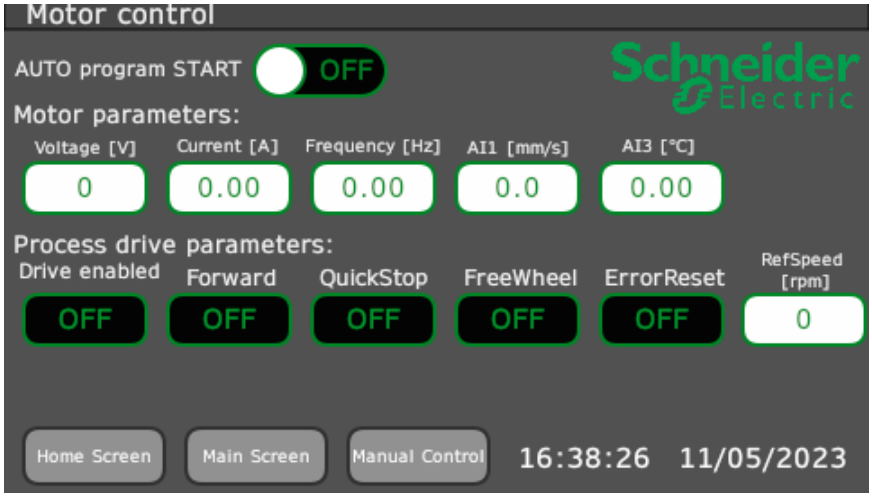
První z obrazovek lze vidět na obrázku 4.3, na kterém lze vidět úvodní obrazovku s dvěma tlačítky. Tlačítko v levé spodní části přesune uživatele na hardwarovou konfiguraci HMI a druhé na hlavní obrazovku, jenž je na obrázku 4.4. Tato obrazovka obsahuje tlačítko pro spuštění automatického režimu programu, ve spodní části obrazovky aktuální datum a čas a tři tlačítka, které uživatele přesunují na jednotlivé obrazovky. Pokud uživatel zmáčkne tlačítko s názvem "Manual Control", změní se obrazovka na tu, kterou lze vidět na obrázku 4.5. Na této obrazovce se nachází ovládání frekvenčního měniče pomocí manuálního ovládání. Nastavují se zde jednotlivé parametry měniče, a to například zapnutí měniče, rychlost otáčení motoru a směr otáčení.



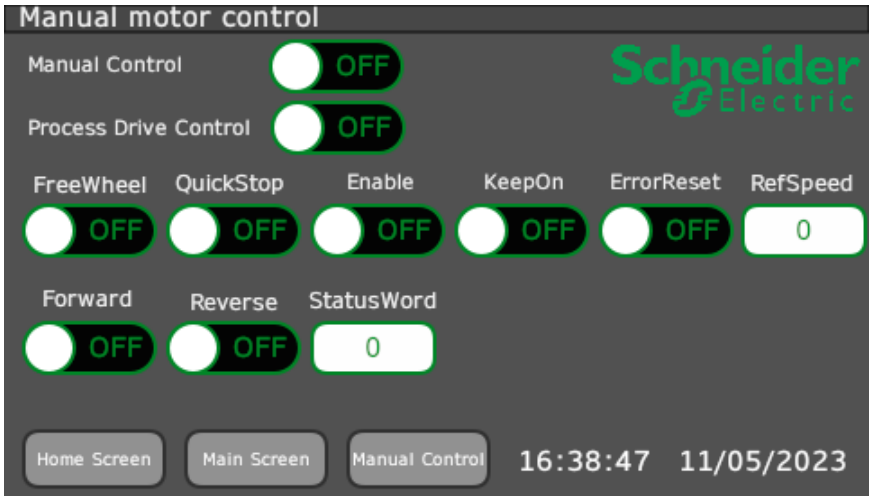
Obr. 4.3: Úvodní obrazovka HMI

Propojení mezi PLC a HMI je nastavena přes komunikační protokol Machine Expert Network. Tento protokol je vyvíjen společností Schneider Electric a využívá komunikaci přes ethernetovou síť. Aby propojení mezi PLC a HMI fungovalo správně, bylo v PLC programu nastaveno generování tzv. symbol linku, ten se vygeneruje po zapnutí programu a uloží se jako XML soubor. Tento soubor se poté

nahraje do programu Ecostruxure Terminal Expert do části, kde jsou uložené proměnné. Potom je nutné nakonfigurovat samotnou komunikaci, ta se nastavuje přes část systémové architektury, kde se přidá driver a vybere se tento komunikační protokol. V samostatném nastavení protokolu je poté nutné zvolit, jak se bude HMI k PLC připojovat, jestli pomocí NodeName či IP adresy. V případě demonstrátoru bylo nastaveno připojování se pomocí NodeName. Dále bylo nutné nastavit přihlašování se k PLC. Toto bylo docíleno přidáním přihlašovacího jména a hesla v nastavení komunikace.



Obr. 4.4: Obrazovka zapnutí automatického režimu



Obr. 4.5: Obrazovka manuálního ovládání

4.5 Konfigurace HMI STM6 Gateway Box

Aby bylo možné odesílat data do cloudu AVEVA Insight, bylo nutné vytvořit aplikaci v Ecostruxure Machine Scada Expert. Jelikož pro demonstrátor není nutné využívat jednu z jejich předních funkcí - SCADA vizualizace, byla vytvořena taková aplikace, která slouží hlavně pro propojení PLC a Gateway Boxu jako takového pomocí OPC UA, připojení internetové sítě, pro odesílání dat do cloudu a samostatné propojení s AVEVA Insight.

Po připojení se ke Gateway Boxu a jejímu webovému rozhraní, bylo nutné nastavit IP adresu ethernetového portu č.1, sloužícímu k připojení se k PLC pomocí switche. Druhý ethernetový port je od výrobce vypnutý a bylo jej tak nutné povolit a nastavit mu automatickou IP adresu, pro připojení k internetovému připojení. Dalším krokem bylo nastavit Gateway Box tak, aby se do něj dala stáhnout samotná aplikace. Po tomto nastavení nezbývalo nic jiného, než aplikaci vytvořit a nahrát ji do Gateway Boxu.

V aplikaci Ecostruxure Machine Scada Expert bylo po vytvoření projektu navázáno spojení s PLC, a to pomocí připojení se k OPC UA serveru. Tento OPC UA server je samostatné PLC M262. Po nastavení komunikace byly vytvořeny lokální proměnné, které se propojily s proměnnými z PLC. Pro otestování, jestli komunikace mezi PLC a aplikací funguje, byla vytvořena jednoduchá obrazovka, na které bylo spojení ověřeno.

Jedním z posledních kroků bylo nastavit propojení mezi aplikací a cloudem AVEVA Insight. To bylo nastaveno tak, že se vytvořil trend logger, ve kterém bylo toto spojení vytvořeno. Spojení s cloudem je realizováno pomocí REST API, využívající metodu POST, a ta odesílá CSV soubor s daty. Trend logger samotný nabídl již předvyplněné nastavení pro odesílání dat, stačilo si jen AVEVA Insight vygenerovat bearer token a ten nahrát do kolonky Authorization. Po tomto nastavení stačilo jen nahrát aplikaci do Gateway Boxu a ověřit, že vše funguje.

4.6 Konfigurace IoT Gateway Chester

Naměřená data pomocí IoT Gateway Chester jsou do AVEVA Insight odesílaná pomocí REST API. Využívá metodu POST, která na URL adresu pro Insight odesílá data ve formátu JSON. Aby bylo možné tyto data odesílat, v AVEVA Insight bylo nutné vygenerovat Bearer token, který slouží k autentizaci tohoto zdroje. Tento token se poté nastaví jako HTTP Header v cloudu od IoT Gateway, a tím se nastaví odesílání dat do Insight. Taktéž bylo nutné správně naformátovat odesílanou JSON zprávu, jelikož AVEVA Insight dokáže tyto zprávy zpracovat pouze ve specifickém formátování.

Do Insight se z Hardwario Cloudu odesílají tyto data - hodnoty teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku, koncentrace CO2, intenzita osvětlení, počet zmáčknutí tlačítka, počet zaznamenaného pohybu a nadmořská výška.

Method	POST
HTTP Header	
Name	**Value**
Authorization	Bearer xxxx
Overwrite	true

Tab. 4.3: Nastavení REST API pro odesílání dat do AVEVA Insight

Odesílané data	**Transformované data**
{	{
data: [	"data": [
{	{
temperature: data.iaq_sensor.temperature,	"temperature": 25.94,
press_count: data.iaq_sensor.press_count,	"press_count": 60,
motion_count: data.iaq_sensor.motion_count,	"motion_count": 6294,
humidity: data.iaq_sensor.humidity,	"humidity": 31.9,
illuminance: data.iaq_sensor.illuminance,	"illuminance": 60,
altitude: data.iaq_sensor.altitude,	"altitude": 242,
pressure: data.iaq_sensor.pressure,	"pressure": 98444,
co2_conc: data.iaq_sensor.co2_conc	"co2_conc": 405
}	}
]	]
}	}

Tab. 4.4: Odesílaná data ve formátu JSON

V tabulce 4.3 se nachází jednotlivé parametry, až na URL adresu, které bylo nutno nastavit. Tabulka 4.4 zobrazuje odesílaná data ve formátu JSON a jejich transformované zobrazení s reálnými daty.

5 Ověření funkčnosti

Po umístění jednotlivých komponent na hliníkovou konstrukci bylo provedeno zapojení všech elektrických částí a hned poté následovalo prvotní spuštění a postupné konfigurování komponent a propojování mezi sebou pomocí komunikačních protokolů. Zapojený demonstrátor se všemi komponenty se nachází na obrázku 5.1.

Obr. 5.1: Finální podoba zapojeného demonstrátoru

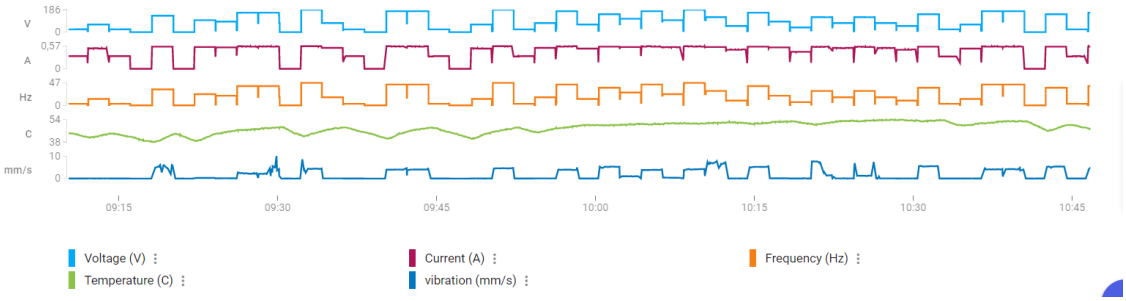
5.1 Naměřená data a jejich zobrazení v cloudu

V prostředí AVEVA Insight byly nastaveny dva zdroje dat. Jeden z IoT Gateway Chester od firmy Hardwario a druhý z aplikace Ecostruxure Machine Scada Expert.

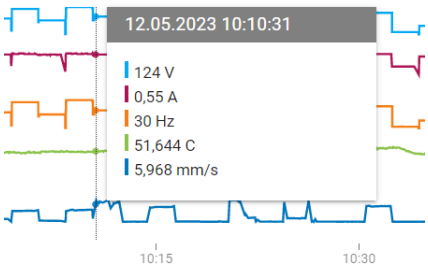
5.1.1 Naměřená data - Ecostruxure Machine Scada Expert

Cílem bylo naměřit data z třífázového motoru - napětí, proud, frekvenci, teplotu vinutí a efektivní vibrace. Obrázek 5.2 obsahuje zobrazení naměřených dat, na stavové obrazovce, za jednu hodinu běhu automatického režimu, kdy se, co dvě minuty měnily otáčky motoru. Obrázek 5.3 zachycuje stejná data, ale na spojnicovém grafu. Obrázek 5.4 vyobrazuje naměřená data v tabulce, kde lze vidět, že pro frekvenci 30 Hz, která odpovídá 900 otáček za minutu, je teplota motoru po cca hodině běhu 51,64 °C a senzor vibrací zaznamenal hodnotu 5,968 mm/s.

Obr. 5.2: Souhrn naměřených dat z elektromotoru zobrazených na stavové obrazovce



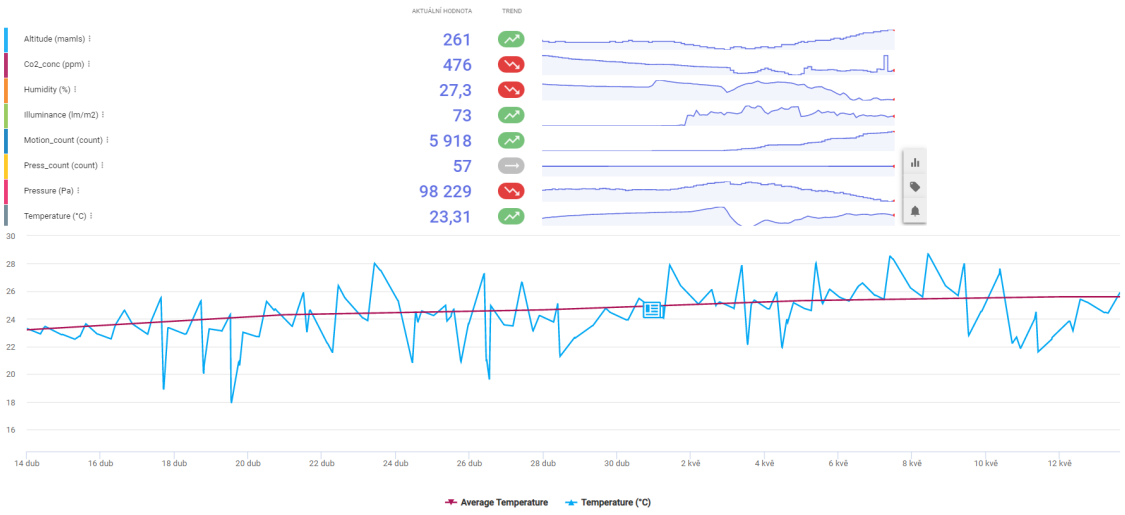
Obr. 5.3: Souhrn naměřených dat z elektromotoru na spojnicovém grafu



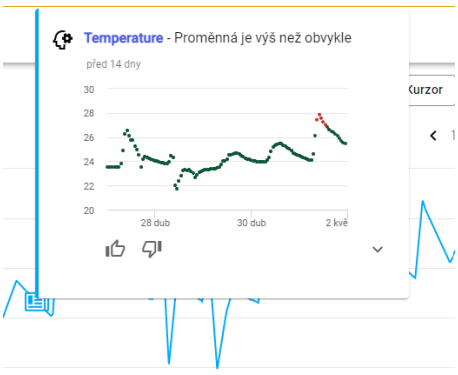
Obr. 5.4: Zobrazení hodnot na spojnicovém grafu

5.1.2 Naměřená data - IoT Gateway Chester

V případě demonstrátoru měřila a sbírala data z místnosti, kde se demonstrátor nachází. A to především teplotu, atmosférický tlak, vlhkost, koncentraci oxidu uhličitého a intenzitu osvětlení. Tato i další data lze vidět na obrázku 5.5, který obsahuje i další měřené hodnoty, a to nadmořskou výšku, počet zmáčknutí tlačítka či počet zaznamenaného pohybu. Spodní část obrázku zobrazuje dvě křivky. Modrá křivka vyobrazuje hodnoty naměřených teplot za 30 dní a červená průměrnou hodnotu teplot. Na obrázku je možné si také všimnout ikonky na modré křivce. Ta značí změnu chování, zaznamenanou pomocí Automated Analytics. Tuto změnu lze vidět na obrázku 5.6.



Obr. 5.5: Souhrn naměřených dat IoT Gateway Chester, naměřené hodnoty teplot a jejich průměr



Obr. 5.6: Změna chování zaznamenaná pomocí Automated Analytics

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo seznámit se s průmyslovou informační platformou AVEVA Insight, navrhnout vhodný koncept demonstrátoru, vytvořit k němu technickou dokumentaci, zprovoznit hardwarové a softwarové zapojení a otestovat jeho funkčnost.

První bod práce se soustředil na teorii věnující se principům fungování cloud computingu a jeho modelům, které je možné využívat pro průmyslové informační platformy. Z tabulky 1.8.4, věnující se porovnání platformy AVEVA Insight s konkurencí, lze vyčíst, že nejvíc vhodný je model SaaS. Dále se práce zaměřuje na teoretický úvod platformy AVEVA Insight, se kterou bude vytvářený demonstrátor propojen.

Druhý a třetí bod se zaměřoval na návrh konceptu a technickou dokumentaci demonstrátoru. Byly zde popsány použité komponenty společnosti Schneider Electric (PLC, FM, HMI atd...) a komponenta firmy Hardwario - IoT Gateway Chester. Popis každé komponenty obsahuje i způsob a důvod využití v demonstrátoru. K těmto komponentům byla vypracována technická dokumentace, která se skládá z elektrických schémat a tabulky 3.1, který obsahuje seznam označení ve schématu.

Čtvrtý bod se věnoval realizaci zapojení demonstrátoru a propojení jednotlivých komponent pomocí průmyslových komunikačních protokolů. Bylo zde vysvětleno, jakým protokolem se jednotlivé komponenty propojily, co vše se muselo nastavit a jak.

Poslední kapitola se věnuje zhodnocení naměřených dat, která byla odeslána do cloudové platformy AVEVA Insight. Data jsou prezentována jako souhrn ve stavové obrazovce, ve které lze vidět aktuální trend a poslední hodnota, toto lze vidět na obrázku 5.2, nebo jako spojnicový graf, kde jde lépe vidět samotný průběh. Spojnicový graf lze vidět na obrázku 5.3.

Literatura

[1] *AVEVA Insight: Průmyslová informační platforma v prostředí cloudu.* Pantek [online]. Hradec Králové, c2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/Aveva-Insight_2021.pdf

[2] *AVEVA Trust Center.* AVEVA [online]. c2020-2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.aveva.com/en/legal/trust/security/

[3] *AVEVA Insight.* AVEVA [online]. c2020-2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.aveva.com/en/products/insight

[4] *AVEVA Insight.* AVEVA [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://online.wonderware.com/explore

[5] *AVEVA Insight Help.* AVEVA [online]. [cit. 2022-12-26]. Dostupné z: https://online.wonderware.com/Help/#/home/878759/10/11

[6] *Process Data* Precog [online]. [cit. 2022-11-24]. Dostupné z: https://www.precog.co/glossary/process-data/#

[7] *What is cloud computing.* Microsoft [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: https://azure.microsoft.com/en-in/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-cloud-computing/#benefits

[8] *SOKOL, Annie a Michael HOGAN. NIST Cloud Computing Standards Roadmap.* NIST Special Publication 500-291, Version 2 [online]. 2013 [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=913661.

[9] *Hybridní cloud: Co to je? Jak to funguje? Výhody a další.* Postposmo [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z:https://www.postposmo.com/cs/hybridn%C3%AD-cloud/

[10] *What is Azure.* Simplilearn [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://www.simplilearn.com/tutorials/azure-tutorial/what-is-azure

[11] *What Is Amazon Web Services and Why Is It So Successful?.* Investopedia [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://www.investopedia.com/articles/investing/011316/what-amazon-web-services-and-why-it-so-successful.asp

[12] *Zdroje dat pro AVEVA Insight.* Pantek [online]. Hradec Králové, c2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.pantek.cz/aveva-insight-zdroje-dat/

[13] *LoRaWAN*. LoRa Alliance [online]. c2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://lora-alliance.org/about-lorawan/

[14] *IOT Technologie: LoRa a LoRaWAN (3/5)*. Eman [online]. 2019 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.eman.cz/blog/iot-technologie-lora-a-lorawan-3-5/

[15] *LoRa topology*. In: Netmetrics [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://www.netmetrics.co.uk/wp-content/uploads/2021/10/LoRa-topology-980x694.png

[16] *What is Sigfox 0G technology?*. Sigfox [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://build.sigfox.com/sigfox#starting-your-sigfox-project

[17] *IOT Technologie: Sigfox (4/5)*. Eman [online]. 2019 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.eman.cz/blog/iot-technologie-sigfox-4-5/

[18] *NB-IoT explained: a complete guide to Narrowband-IoT*. I-scoop [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/lpwan/nb-iot-narrowband-iot/

[19] *NB-IoT - Vodafone.cz. Vodafone* [online]. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: https://www.vodafone.cz/podnikatele/internet-veci/nb-iot1/

[20] *NB-IoT bands image*. In: Linkap [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://www.linkap.net/wp-content/uploads/2018/09/NB_IoT_Blog_Graphic_1_PNG.png

[21] *MQTT & MQTT 5 Essentials*. [online]. 1. Landshut, Germany: HiveMQ, 2020 [cit. 2022-11-05]. ISBN 978-3-00-067913-1. Dostupné z: https://www.hivemq.com/download-mqtt-ebook/

[22] *Co je MQTT a k čemu slouží ve IIoT? Popis protokolu MQTT*. Ipc2u [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://ipc2u.cz/blogs/news/mqtt-protokol

[23] *MQTT protocol*. In: Bevywise [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.bevywise.com/wp-content/uploads/2020/01/mqtt-protocol.png

[24] *AVEVA Edge* [online]. 2021 [cit. 2022-12-07]. DostupnÃľz:https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/AVEVA-Edge_2021.pdf

[25] *AVEVA InTouch HMI* [online]. 2021 [cit. 2022-12-07]. DostupnÃľz:https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/AVEVA_InTouch_HMI_2021-1.pdf

[26] *AVEVA System Platform* [online]. 2021 [cit. 2022-12-07]. DostupnÃľz:https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/AVEVA-System-Platform_2021_web.pdf

[27] *AVEVA Historian* [online]. 2021 [cit. 2022-12-07]. DostupnÃľz:https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/AVEVA-Historian_2021.pdf

[28] *AVEVA Predictive Analytics*. AVEVA [online]. [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: https://www.pantek.cz/wp-content/uploads/docs/AVEVA%20Predictive%20Analytics_2021.pdf

[29] *AVEVA Insight / Advanced Analytics* . AVEVA [online]. [cit. 2022-12-25]. Dostupné z:https://www.aveva.com/en/perspectives/blog/insight-advanced-analytics/

[30] *AVEVA BI Gateway* . AVEVA [online]. [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: https://www.aveva.com/en/products/business-intelligence-gateway/#overview

[31] *MindSphere Basics*. Siemens [online]. [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: https://documentation.mindsphere.io/MindSphere/concepts/index.html

[32] *What is Predix Platform?*. GE [online]. [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: https://www.ge.com/digital/documentation/edge-software/c_what_is_predix_platform.html

[33] *ThingWorx IIoT Platform*. PTC [online]. [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: https://www.ptc.com/en/products/thingworx/

[34] *OData*. Microsoft [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://learn.microsoft.com/en-us/odata/overview

[35] *Podrobný popis protokolu Modbus TCP s příklady příkazů*.Ipc2u [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://ipc2u.cz/blogs/news/podrobny-popis-protokolu-modbus-tcp-s-priklady-prikazu

[36] *What Is Modbus TCP Protocol? Introduction To ModbusTCP*.Plcynergy [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://plcynergy.com/modbus-tcp-protocol/

[37] *Průmyslová komunikace OPC UA - 1.díl - popis protokolu*. Automatizace.hw.cz [online]. 22. Červenec 2020 - 23:41 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/prumyslova-komunikace-opc-ua-1dil-popis-protokolu.html

[38] *Catalog M262*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalog+Modicon+M262+Logic+Motion+controller-IIoT+ready+for+performance+machines_June+2022.pdf&p_Doc_Ref=DIA3ED2180503EN

[39] *EcoStruxure Machine Expert*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=DIA3ED2180701EN

[40] *Altivar ATV900*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: ttps://www.se.com/cz/cs/product-range/63124-altivar-process-atv900/12641955868-produkty/?selected-node-id=12641955962#overview

[41] *ATV930*. In: Sonepar [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://res.cloudinary.com/sonepar-fr/image/upload/s--G2CPoiK---/c_pad,dpr_auto,f_auto,h_900,w_900/v1/products/1887/ATV930U07N4_PHOTOBD_1.jpg

[42] *SoMove*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=DIA2ED2140801EN

[43] *Harmony ST6*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DIA5ED2181202EN.pdf&p_Doc_Ref=DIA5ED2181202EN

[44] *ST6*. In: Vanegmond [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.vanegmond.nl/sites/default/files/styles/sm_image/public/2021-03/5.jpg?h=d1cb525d&itok=3p6-TE5U

[45] *Machina SCADA Expert*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.se.com/ww/en/product-range/63734-ecostruxure-machine-scada-expert/#overview

[46] *HMI Box*. In: Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.se.com/us/en/product/HMISTM6BOX/basic-hmi-gateway-box-stm6-for-faceless-hmi-application/?node=41970177092-basic-modular-hmi&range=65770-harmony-st6&selected-node-id=41970177092

[47] *Modicon Power Supply*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=

Catalog&p_File_Name=Catalog+Modicon+Power+Supply+for+industrial+use+-+rail+mounting.pdf&p_Doc_Ref=DIA3ED2170401EN

[48] *Modicon 5TX*. Schneider Electric [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.se.com/cz/cs/product/MCSESU053FN0/modicon-ne%C5%99%C3%ADzen%C3%BD-switch-5tx-10-100mbps/

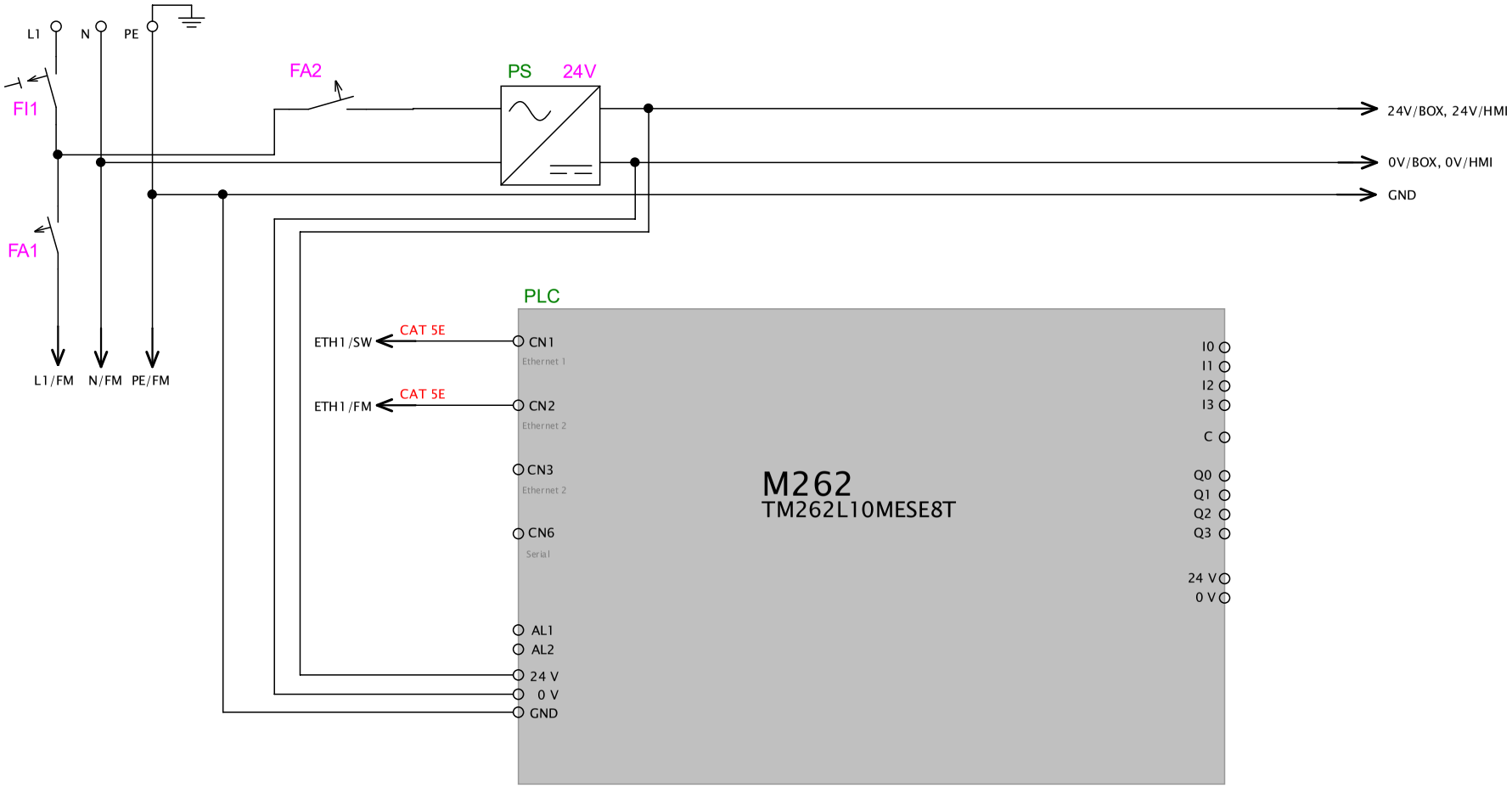
[49] *Průmyslová IoT brána Chester*. Hardwario [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.hardwario.com/cs/chester/

Seznam symbolů a zkratek

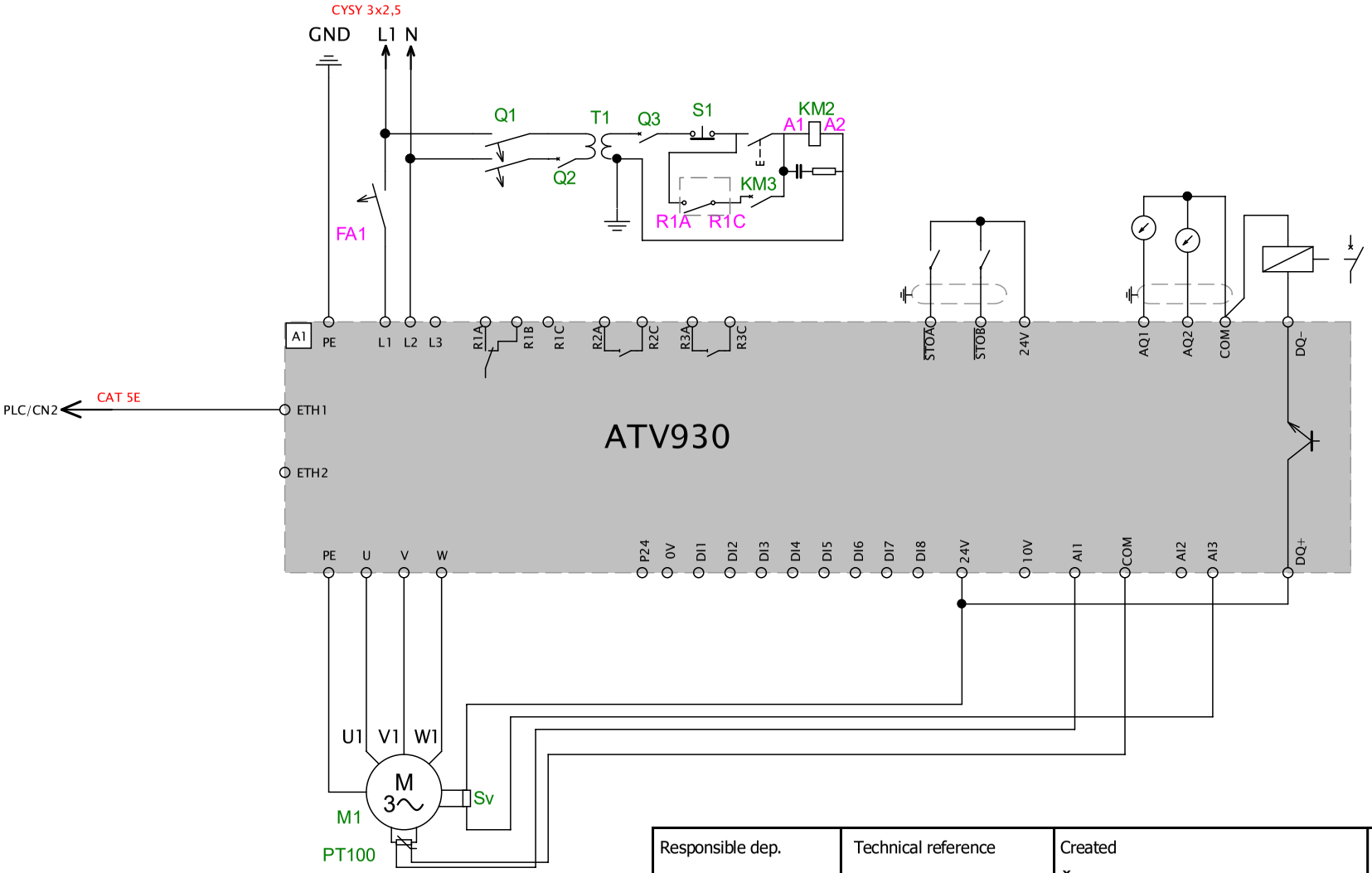
AWS	Amazon Web Services
PLC	Programmable logic controller
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
OEE	Overall Equipment Effectiveness
IaaS	Infrastructure as a Service
PaaS	Platform as a Service
SaaS	Software as a Service
LaaS	Public infrastructure as a Service
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
LoRa	Long Range
LPWAN	Low Power Wide-Area Network
HMI	Human Machine Interface
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
OEE	Overall Equipment Effectiveness
RAM	Random Access Memory
MS	Microsoft
OPC UA	Object Linking and Embedding for Process Control - Unified Architecture

A Přílohy

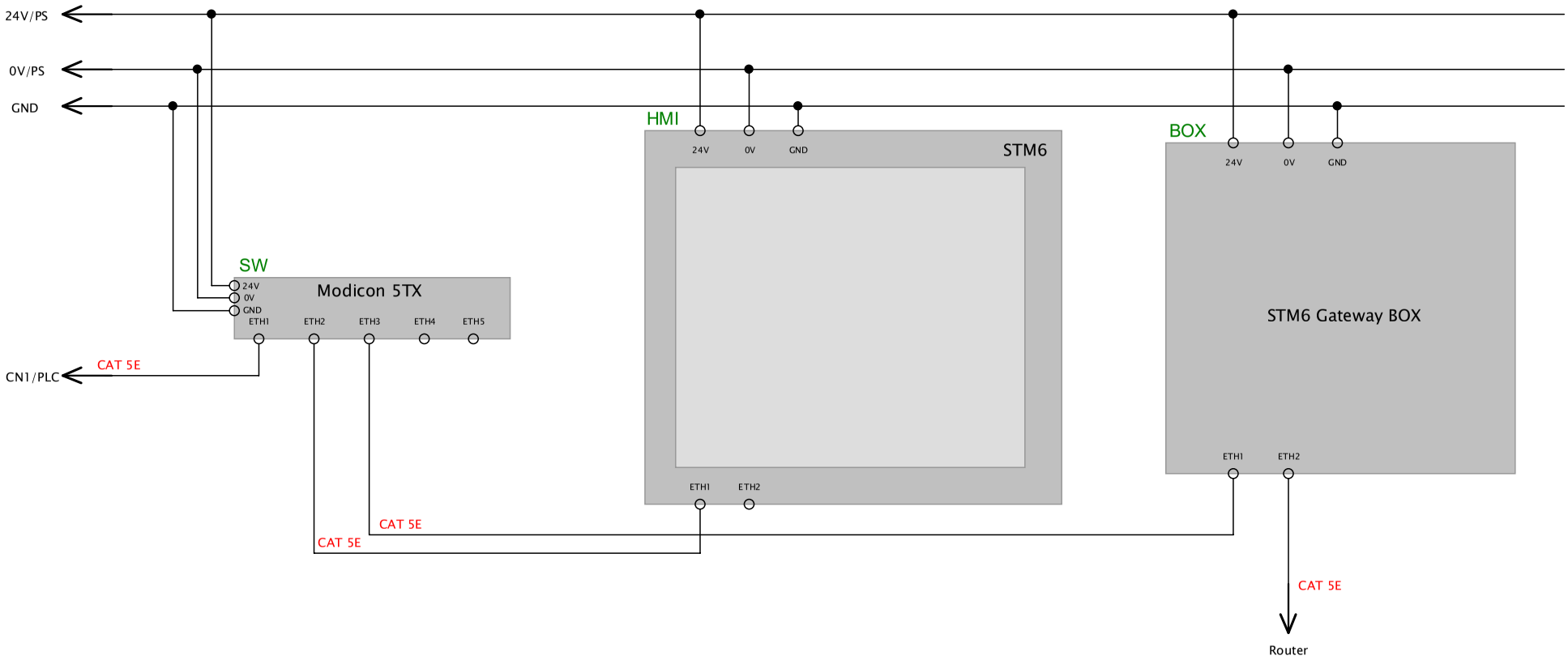
Přílohy obsahují stránky s elektrickými schématy pro PLC, frekvenční měnič a HMI.



Responsible dep.	Technical reference	Created	Approved	
VUT FEKT		**Šimon Prasek**		
profiCAD		Document type: **Elektrické schéma**	Document status	Rev.: **v1.0**
		Title, supplementary title: **PLC + Zdroj 24V**		Scale
			Date of issue: **03/01/2023**	Lang. / Sheet: **1/1**



Responsible dep.	Technical reference	Created **Šimon Prasek**	Approved	
profiCAD		Document type **Elektrické schéma**	Document status	Rev. **V1.0**
		Title, supplementary title **Frekvenční měnič + motor**	Scale	
			Date of issue **03/01/2023**	Lang. / Sheet **1/1**



Responsible dep. **VUT FEKT**	Technical reference	Created **Šimon Prasek**	Approved
profiCAD		Document type **Elektrické schéma**	Document status / Rev. **v1.0**
		Title, supplementary title **HMI + BOX + SWITCH**	Scale
			Date of issue **03/01/2023** / Lang. / Sheet **1/1**