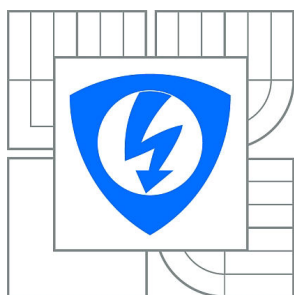


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ**
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO INFRAZÓNU

CONTROL SYSTEM FOR INFRARED HEATER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

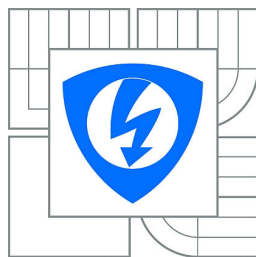
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN BIS

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV JIRGL

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Jan Bis

Ročník: 3

ID: 151775

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém pro infrazónu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je seznámení se technologií výrobní linky s infrazónou a dále návrh a realizace řídicího systému a HMI.

1. Seznamte se s technologií výrobní linky s infrazónou.
2. Seznamte se s jednotlivými komponentami infrazóny a prvky řídicího systému a popište je.
3. Navrhněte a implementujte řídicí algoritmus pro PLC SIMATIC S7-1200.
4. Navrhněte a vytvořte vizualizaci pro daný proces.
5. Ověřte funkčnost.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Martinásková M., Šmejkal L.: Řízení programovatelnými automaty, vydavatelství ČVUT, Praha, 2004

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Jirgl

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

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 popisem infrazóny, tvorbou řídicího algoritmu pro PLC a tvorbou vizualizace pro ovládání infrazóny pomocí dotykového panelu. První část obsahuje popis kaširovací linky, infrazóny a její části. Jsou zde také stanoveny požadavky na ovládání infrazóny. Na základě těchto požadavků je pak v druhé části práce popsána tvorba řídicího algoritmu pro PLC a vizualizace pro ovládání infrazóny pomocí dotykového panelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Infrazóna, kaširovací linka, PLC, HMI, vizualizace, řídicí systém

ABSTRACT

This thesis describes an infrared heater, creation of control algorithm for PLC and visualization of controlling of the infrared heater using the touch panel. The first part contains a description of the laminating production line, the infrared heater and its parts. There are also the requirements for controlling of the infrared heater. Based on these requirements the second part describes the creation of the control algorithm for PLC and visualization of controlling the infrared heater using the touch panel.

KEYWORDS

Infrared heater, laminating production line, PLC, HMI, visualization, control system

BIS, Jan *Řídicí systém pro infrazónu*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2015. 67 s. Vedoucí práce byl Ing. Miroslav Jirgl,

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Řídicí systém pro infrazónu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miroslavu Jirglovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Také bych rád poděkoval zadavateli této práce firmě Phatec s.r.o., že mi umožnila práci na toto téma vytvořit a prakticky zrealizovat.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	11
1 Kašírovací linka	12
2 Infrazóna	14
2.1 Popis infrazóny	14
2.2 Zapojení sekcí infrazóny	16
2.3 Požadavky na ovládání infrazóny	17
2.4 Silové komponenty	18
2.5 Řídicí komponenty	20
2.5.1 Programovatelný automat	20
2.5.2 HMI panel	22
2.5.3 Snímače	22
2.5.4 Budič pro krokový motor	25
3 Řídicí algoritmus pro PLC	26
3.1 Tia portal	26
3.2 Postup při vytváření programu	27
3.2.1 Založení projektu	27
3.2.2 Hardwarová konfigurace	28
3.2.3 Zkušební program	28
3.2.4 Nahrání programu do PLC	29
3.2.5 Online komunikace	30
3.3 Algoritmus	31
3.3.1 Rychlost linky	31
3.3.2 Ovládání sekcí infrazóny	31
3.3.3 Zdvih infrazóny	35
3.3.4 Skenování teploty	36
3.3.5 Poruchy	45
4 Vizualizace	47
4.1 Program EasyBuilder Pro	47
4.2 Návrh a tvorba vizualizace	48
4.2.1 Komunikace s PLC a kopírování tagů	48
4.2.2 Ovládání sekcí infrazóny	49
4.2.3 Ovládání zdvihu infrazóny a zobrazení rychlosti linky	50
4.2.4 Skenování teploty	51
4.2.5 Poruchy	53

5	Realizace a funkčnost infrazóny	56
6	Závěr	57
	Literatura	58
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	60
	Seznam příloh	61
A	Obrázky infrazóny	62
B	Obsah CD	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Kalandrovací válce na kaširovací lince	12
2.1	Infrazóna	14
2.2	Nepohyblivá část infrazóny	15
2.3	Pohyblivá část infrazóny	16
2.4	Krajní polohy infrazóny	17
2.5	Sekce infrazóny	17
2.6	Blokové schema řídicího systému	19
2.7	Infračervená halogenová lampa	20
2.8	PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200	21
2.9	HMI panel Weintek mTV-100	23
2.10	Dotykový monitor ELO 1937L	23
2.11	Budič pro krokový motor RTA PAVIA A-NDC 06.V	25
3.1	TIA portal - úvodní obrazovka	26
3.2	Pracovní obrazovka	27
3.3	Hardwarová konfigurace	28
3.4	Tabulka tagů	29
3.5	Zkušební program	30
3.6	Rychlost linky	32
3.7	Nastavení pulsního generátoru	33
3.8	Násobení tagů strida číslem 10	34
3.9	Ovládání PWM	34
3.10	Spínání sekce 1.1	35
3.11	Vypínání sekcí při vypnutí hlavní sekce	36
3.12	Vypínání sekcí při poruše	36
3.13	Ovládání zdvihu	37
3.14	Nastavení objektu Axis_1	38
3.15	Nastavení rampy krokového motoru_1	39
3.16	Instrukce MC_Power	39
3.17	Instrukce MC_Home	40
3.18	Inicializace referenčního bodu	41
3.19	Manuální ovládání	41
3.20	Krokový motor při poruše	42
3.21	CommandTable - instrukce pro krokový motor	43
3.22	Automatický režim	44
3.23	Porucha jističe	46
3.24	Celková porucha	46
4.1	Prostředí programu EasyBuilder PRO	47

4.2	Návrh vizualizace v programu EasyBuilder PRO	48
4.3	Návrh vizualizace sekcí infrazóny	49
4.4	Hlášení - infrazóna se nachází v horní poloze	51
4.5	Návrh vizualizace zdvihu infrazóny a rychlosti linky	51
4.6	Návrh vizualizace skenování teploty	51
4.7	Nastavení Data sampling objektu	52
4.8	Vizualizace poruchy	53
4.9	Nastavení poruchy	55
A.1	Infrazóna při výrobě	62
A.2	Infračervené halogenové lampy na infrazóně	62
A.3	Infrazóna umístěná na kaširovací lince - v horní poloze	63
A.4	Infrazóna umístěná na kaširovací lince - v dolní poloze	64
A.5	Vyzařovací strana infrazóny	64
A.6	Pojezd pyrometru	65
A.7	Zapnutá infrazóna při provozu	65
A.8	Rozvaděč infrazóny	66

SEZNAM TABULEK

2.1	Požadavky pro vstupy a výstupy PLC	21
2.2	Parametry snímače Balluff BES0068	24
2.3	Parametry snímače Optris OPTCSTCLT15	24

ÚVOD

Zvyšování produkce výroby při současném zachování nebo zvyšování její kvality je cílem mnoha výrobců. Výrobní linky jsou však konstrukčně uzpůsobeny pro práci do určité rychlosti. Při vyšších rychlostech tak některá část linky nestačí provádět na výrobku daný úkon nebo ho provádí nekvalitně, čímž klesá kvalita celého výrobku.

V této práci se tento problém týká kašírovací linky, která spojuje netkanou textilii s plastovou folií. Spojení se provádí stlačením mezi dvěma vyhřívanými válci. Při vysoké rychlosti se textilie v krátkém průchodu mezi válci nestihne dostatečně prohrát, vzniklý spoj je tak méně kvalitní a výrobce je nucen výrobek prodávat levněji nebo zpomalit výrobu.

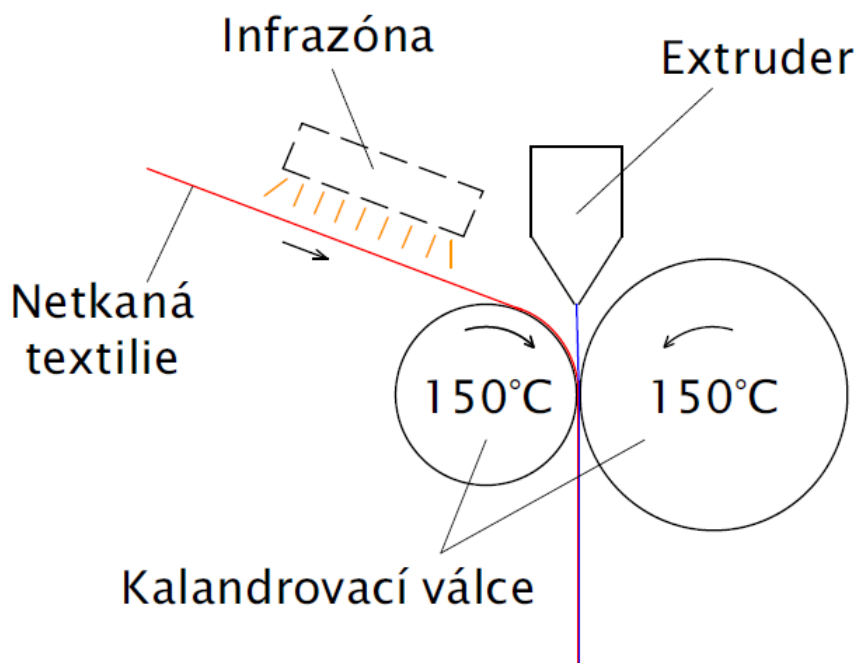
Řešením tohoto problému je umístění infrazóny před válce, aby předehrávala textilii a docházelo k lepšímu spojování obou materiálů. Hlavním předmětem této práce je tedy infrazóna, jejíž návrh, realizaci a montáž provádí firma Phatec s.r.o., která se zabývá vývojem, konstrukcí a výrobou úpravárenských strojů především pro textilní průmysl a je zadavatelem této práce.

Cílem této práce je seznámit se s technologií kašírovací linky, popsat konstrukci infrazóny, její jednotlivé komponenty a stanovit požadavky na ovládání. Na základě těchto požadavků následně vytvořit program pro řízení infrazóny pomocí PLC a vytvořit vizualizaci pro ovládání infrazóny pomocí HMI panelu. Infrazónu pak zprovoznit a vyzkoušet přímo v provozu na kašírovací lince tak, aby mohla být zapojena do procesu výroby.

1 KAŠÍROVACÍ LINKA

Při výrobě některých druhů textilií je potřeba spojit více vrstev dohromady nebo textilií spojit s jiným materiálem. Toto spojení se provádí na kašírovací lince. V tomto případě se spojuje netkaná textilie s plastovou fólií. Netkaná textilie je vyrobena z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, která k sobě drží třením a nejčastěji jsou vyrobena z PP nebo PES. [1]

Celá kašírovací linka se skládá z několika na sebe navazujících částí, z hlediska infrazóny je však nejdůležitější část s kalandrovacími válci. Tato část je zobrazena na obr. 1.1 a zde dochází ke spojování materiálů. Textilie je znázorněna červenou barvou a mezi kalandrovací válce vstupuje z levé strany. Nad kalandrovacími válci je umístěn extruder, což je stroj, který z granulátu vytváří plastovou folii. Ze zásobníku odebírá granulát a šnekem ho tlačí do extruzní hlavy. Vlivem tlaku, který vyvíjí šnek, a topných těles umístěných kolem ústrojí se šnekem se granulát roztaví. V této podobě proteče do extruzní hlavy, která se rozšiřuje a ústí úzkou štěrbinou stejně dlouhou, jako je šířka linky. Z této štěrbiny pak roztavený plast v podobě fólie (na obrázku modrá barva) vytéká mezi kalandrovací válce.



Obr. 1.1: Kalandrovací válce na kašírovací lince

Textilie i folie jsou vtahovány mezi kalandrovací válce, kde se k sobě stlačí a spojí se. Pro dobré spojení obou materiálů jsou válce vyhřívány na 150°C. Tento mecha-

nizmus však stačí materiály dostatečně dobře spojit jen do určité rychlosti linky. Při vyšších rychlostech se textilie na krátkém úseku spojování mezi válci nestihne dostatečně prohřát a spoj obou materiálů není kvalitní. Řešením tohoto problému je předehtřívání horní strany textilie zdrojem tepelného záření - infrazónou. Ta se umístí nad textilií před kalandrovacími válci a natavuje její povrch.

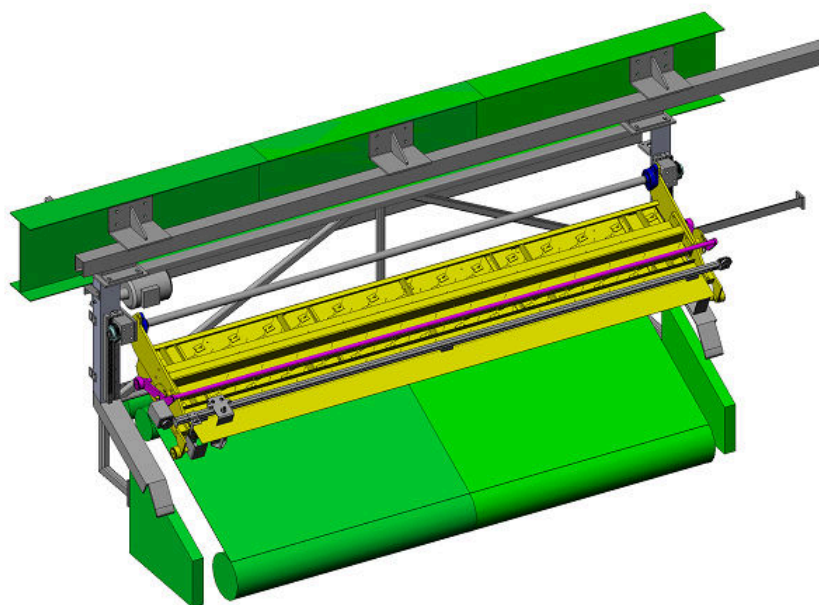
Materiály používané na výrobu netkané textilie, nejčastěji PP a PES, nejlépe absorbují záření o vlnových délkách v oblasti středních vln infračerveného záření. Aby tedy docházelo k co nejlepšimu pohlcení záření textilií, jsou pro ohřev nejlepší infračervené středovlnné zářiče. Na infrazóně jsou jako tyto zářiče umístěny halogenové lampy, které mají při maximálním výkonu teplotu vlákna 1700K a nejvíce vyzařují infračervené záření v oblasti mezi středními a krátkými vlnami. Při snížení výkonu lamp klesne i teplota vlákna a maximum vyzařování se posune do oblasti středních vlnových délek infračerveného záření.

2 INFRAZÓNA

2.1 Popis infrazóny

Infrazóna je zařízení, které ohřívá a natavuje procházející netkanou textilií. V tomto konkrétním případě je infrazóna umístěna na kaširovací lince těsně před kalandrovacími válci, kde dochází ke spojování materiálů.

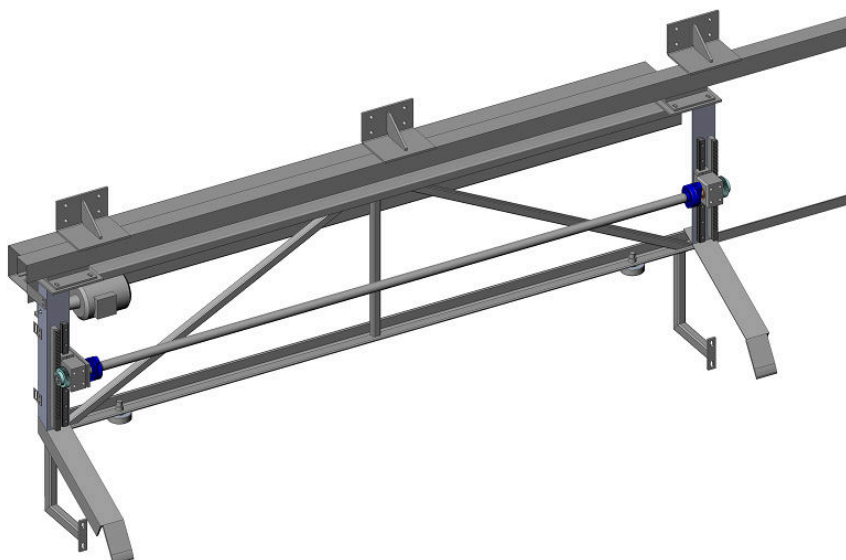
Infrazóna se skládá ze dvou hlavních částí a to pevné a pohyblivé. Pevná část je tvořena rámem zavěšeným na dvou vozících, které jezdí v kolejnici profilu C orientované kolmo na směr kaširovací linky. Tato kolejnice je přichycena k traverze, jenž je součástí linky, a umožňuje pohybovat infrazónou kolmo do strany vůči lince. V případě, že infrazóna není potřeba a mohla by se plést při jiných úkonech, je možno ji odjistit a přejet s ní do strany mimo linku. Tento pohyb se však provádí ručně a ačkoliv je tedy celá infrazóna z technického hlediska pohyblivá do stran, z hlediska řízení nemá tento pohyb žádný význam a jako hlavní poloha se uvažuje poloha pracovní, kdy je infrazóna umístěná nad linkou. Zmíněný rám tedy lze z hlediska řízení považovat za nepohyblivý. Celá sestava infrazóny je na obr. 2.1, kde zelenou barvou jsou vyznačeny části kaširovací linky před namontováním infrazóny.



Obr. 2.1: Infrazóna [2]

Na obr. 2.2 je zobrazen nepohyblivý rám, který má tvar svisle orientovaného obdélníku (kratší strana je svislá), z jehož spodních dvou rohů vystupují ve směru

běhu linky rovnoběžně s probíhající textilií dva L profily. Na obou svislých stranách rámu je umístěn ozubený hřeben a kolejnice lineárního vedení. Na pravé straně rámu (bráno od směru běhu textilie) je umístěn asynchronní motor pohybující přes převodovku se šroubovicí. Pouzdro s vnitřním závitem pasujícím na šroubovici je spojeno s vozíkem lineárního vedení a při otáčení šroubovice jím pohybuje nahoru a dolů.

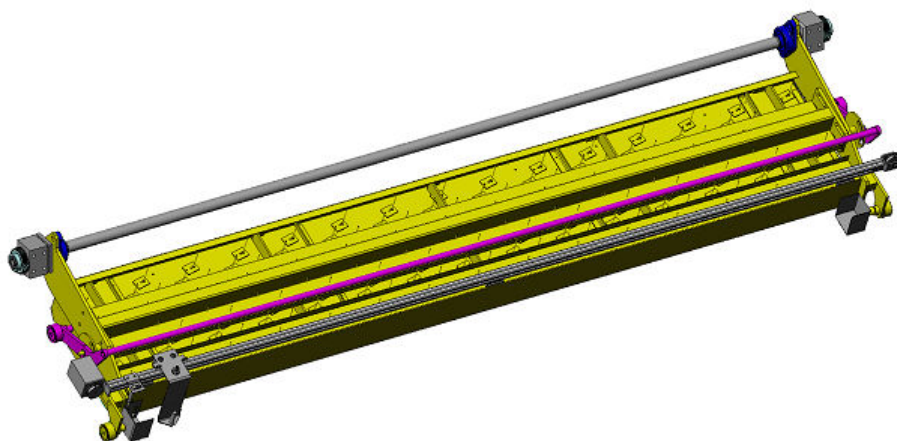


Obr. 2.2: Nepohyblivá část infrazóny [2]

Pohyblivá část infrazóny zobrazená na obr. 2.3 je tvořena rámem v němž je umístěna keramická deska s infračervenými halogenovými lampami. Ty jsou na desce umístěny v pěti řadách a čtrnácti sloupcích. Každá lampa je uchycena ve dvou patcích, mezi nimiž je umístěna odrazná plocha, která vzniklé záření odráží směrem k textilii. Napájecí vodiče lamp jsou vedeny skrz desku na její druhou stranu, kde jsou podle sekcí pospojovány v keramických svorkovnicích a připojeny na přívodní silikonové kabely. Celá zadní strana infrazóny je z důvodu bezpečnosti zakryta mřížkou.

Na spodní straně pohyblivé části je umístěna kolejnice s vozíkem, na němž je připevněno teplotní čidlo - pyrometr. Na obou koncích kolejnice je umístěna kladka, přičemž ta na pravé straně je přímo na hřídeli krokového motoru. Přes obě kladky pak vede lanko, které je oběma konci připevněno k vozíku. Krokový motor tak při otáčení pohybuje přes kladky lankem a tím pohybuje vozíkem s pyrometrem.

V horní části pohyblivého rámu je v ložiscích připevněn hřídel s ozubenými koly na obou koncích, která zapadají do ozubených hřebenů na nepohyblivé části. Tento hřídel je také přes bloky s ložisky připevněn k oběma vozíkům lineárních vedení, čímž dojde ke spojení pohyblivé a nepohyblivé části infrazóny. V dolních rozích pohyblivé



Obr. 2.3: Pohyblivá část infrazóny [2]

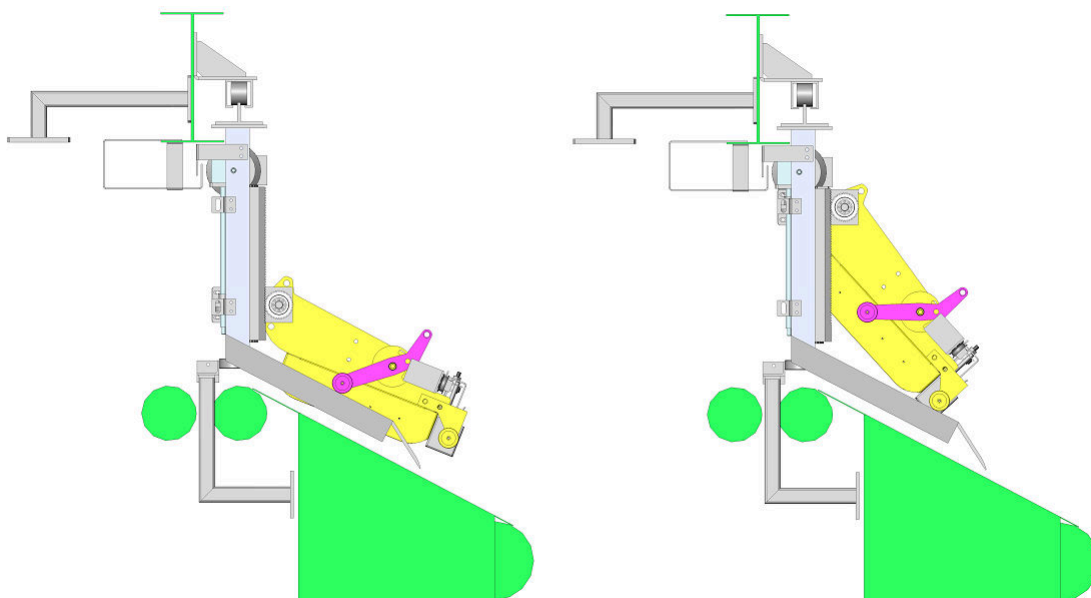
části jsou umístěna kolečka, která jezdí po L profilech vystupujících z nepohyblivé části.

Pohyblivá část se po nepohyblivé pohybuje ve čtyřech bodech: ve svislém směru ve dvou lineárních vedeních, ve směru rovnoběžném s textilií pomocí koleček jezdících po L profilech. Zatímco horní strana pohyblivé části se tedy pohybuje ve směru svislém (nahoru a dolů), její dolní strana se pohybuje ve směru textilie. Pohyblivá část tedy plynule přejíždí ze svislé polohy do polohy rovnoběžné s textilií a naopak. Obě krajní polohy jsou zobrazeny na obr. 2.4.

2.2 Zapojení sekcí infrazóny

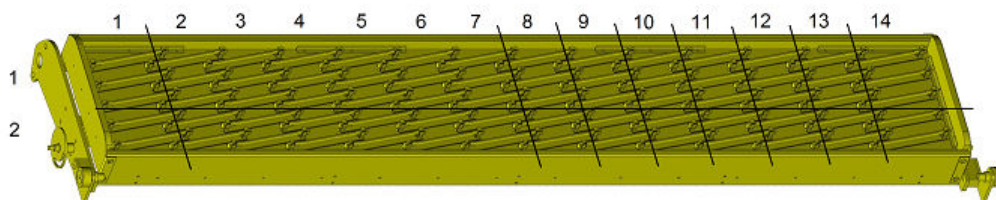
Jak již bylo zmíněno, infračervené halogenové lampy jsou zapojeny do jednotlivých sekcí, aby bylo možno měnit vyzařovací plochu v závislosti na šířce probíhající textilie. Lampy jsou rozděleny do dvou základních bloků, kdy první blok tvoří první tři řady lamp od shora a druhý blok tvoří zbylé dvě řady. Oba bloky jsou pak podle sloupců rozděleny na sekce. Jelikož nejmenší možné šířce textilie, která může linkou procházet, odpovídá šířka šesti sloupců lamp, jsou sloupce 2 až 7 zapojeny jako jedna sekce. Tato sekce musí být sepnutá vždy a proto se nazývá hlavní. Její umístění od druhého sloupce je dáno umístěním čidla stranového vyrovnávání, které navádí textilii podle jejího levého okraje a směřuje jí doleva nebo doprava.

Ostatní sekce jsou tvořeny vždy jedním sloupcem lamp v příslušném bloku. Tedy první sloupec je jedna sekce, druhý až sedmý sloupec je druhá (hlavní) sekce, osmý sloupec je třetí sekce, devátý sloupec je čtvrtá sekce a takto po jednom sloupci dále až po poslední čtrnáctý sloupec který tvoří devátou sekci. Celkem tedy máme



Obr. 2.4: Krajní polohy infrazóny [2]

18 (2x9) sekcí. Rozložení sekcí je zobrazeno na obr. 2.5, kde čísla nad infrazónou představují čísla sloupců a čísla vlevo od infrazóny představují bloky.



Obr. 2.5: Sekce infrazóny [2]

2.3 Požadavky na ovládání infrazóny

Ovládání infrazóny bude provedeno pomocí dotykového panelu. Lze ho rozdělit na tři části: zapínání sekcí, zdvih infrazóny nahoru a dolů a skenování teploty.

Zapínání sekcí bude provedeno pomocí osmnácti tlačítek na panelu. Pro lepší přehlednost budou tlačítka rozmístěna tak, aby odpovídala fyzickému rozmístění sekcí. Tlačítka pro obě hlavní sekce tedy budou širší než ostatní. Hlavní sekce se musí zapnout jako první, do té doby nesmí jít sepnout ostatní sekce stejného bloku.

Při vypnutí hlavní sekce se musí vypnout i ostatní sekce tohoto bloku. Výkon lamp se bude nastavovat pro každý blok zvlášť, tedy nezávisle na sobě. Při snížení rychlosti linky pod nastavenou mez se musí lampy vypnout, aby nedocházelo k přetavení textilie.

Ovládání zdvihu infrazóny nahoru a dolů bude provedeno dvěma tlačítky. Krajní polohy zdvihu jsou detekovány dvěma limitními snímači. Při dosažení krajní polohy v jednom směru se musí pohon zastavit a v tomto směru již dále nesmí pokračovat. Při poklesu rychlosti linky pod nastavenou hranici se musí vypnout lampy kvůli přetavování textilie. Tepelná setrvačnost infrazóny je však natolik vysoká, že by mohlo i tak k přetavení docházet. Proto při poklesu rychlosti musí infrazóna kromě vypnutí lamp i vyjet nahoru.

Pro skenování teploty je na infrazóně umístěn pyrometr na pohyblivém vozíku, jímž přes lanko pohybuje krokový motor. Po zapnutí PLC se musí provést inicializace výchozího bodu, kdy pyrometr najede na limitní snímač a tuto polohu nastaví jako výchozí.

Hlavním účelem skenování teploty je zobrazování teplotního profilu textilie po celé její šířce. Tento profil se bude zobrazovat na panelu v podobě grafu závislosti teploty na poloze čidla teploty - pyrometru. Na panelu bude umístěno tlačítko skenování teploty, po jehož stisku přejede pyrometr do výchozí polohy. Z té pak pomalou rychlostí pojede na druhou stranu a při tom se na panelu bude v grafu vykreslovat křivka. Až urazí vzdálenost rovnou šířce infrazóny, vykreslování grafu se zastaví, křivka zůstane vykreslena do dalšího spuštění skenování a pyrometr se vrátí do výchozí polohy.

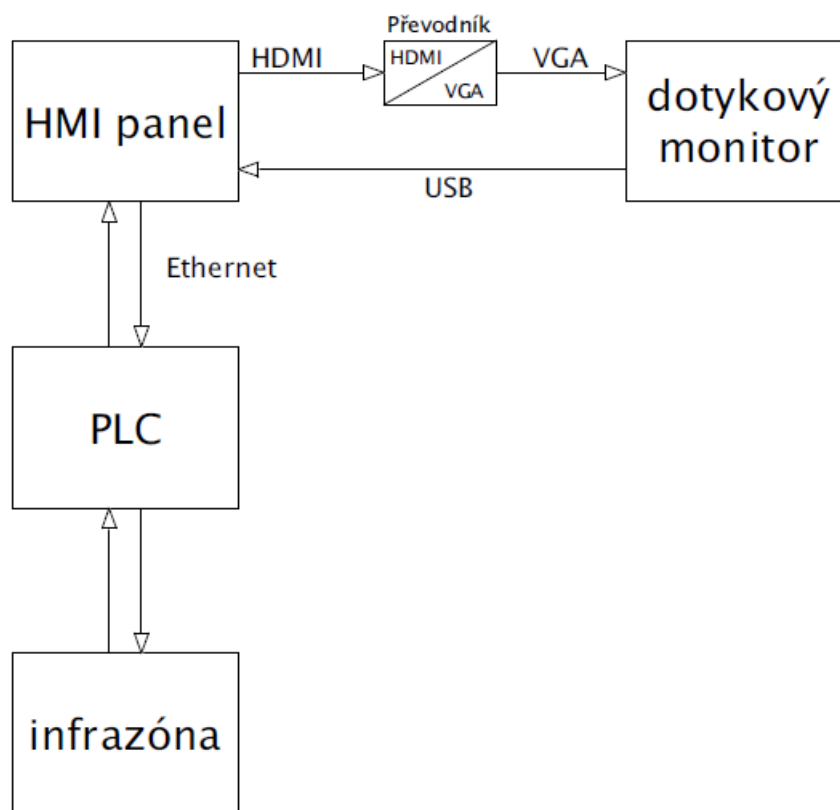
Aby však bylo možno ovládat polohu pyrometru i ručně, bude panel dále obsahovat dvě tlačítka pro pohyb pyrometru tam a zpět a bude zobrazovat aktuální teplotu a polohu. Při ručním ovládání se však nebude vykreslovat závislost do grafu, ale zůstane zobrazena závislost poslední.

Výsledný návrh řídicího systému je blokově zobrazen na obr. 2.6.

2.4 Silové komponenty

Rozvaděč pro infrazónu je spojen v řadě rozvaděčů pro kašírovací linku. Z tohoto důvodu není nutné použít pro infrazónu zvlášť hlavní vypínač, ale přívod je vyveden z rozvodu napájení v rozvaděčích pro kašírovací linku a využívá její hlavní vypínač.

Prvním silovým prvkem v rozvaděči infrazóny je tak stykač NOARK Ex9C80. Jedná se o třífázový stykač na jmenovitý proud 80A s ovládacím napětím 230VAC. Ten připojuje a odpojuje silové obvody infrazóny a je ovládán vypínačem umístěným na dveřích rozvaděče a zároveň kontaktem CENTRAL STOP kašírovací linky. Pokud



Obr. 2.6: Blokové schema řídicího systému

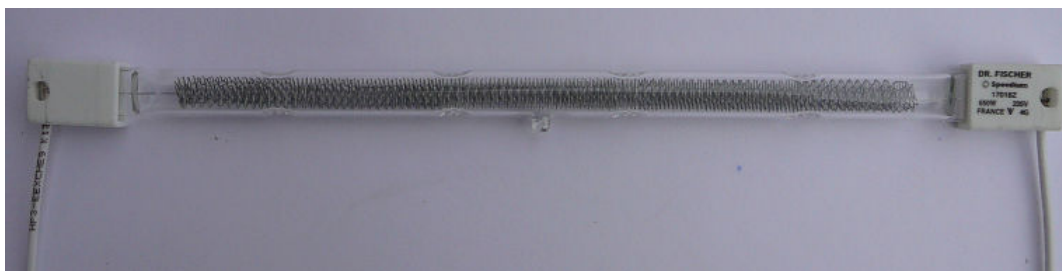
tedy dojde k vyvolání CENTRAL STOP na kaširovací lince (např. při zmáčknutí STOP tlačítka), stykač se rozeptne a odpojí silové obvody, infrazóna přestane ohřívat. Při CENTRAL STOP však řídicí obvody zůstávají dále napájeny. Výše zmíněný vypínač je přes jistič EATON PL7 C2 připojen na jednu přívodní fázi a kromě ovládání stykače přivádí napájení na dva zdroje stejnosměrného napětí 12V a 24V, které napájejí řídicí prvky. Tímto vypínačem se tedy zapíná a vypíná celá infrazóna. [3]

Ze stykače pokračují silové obvody dále na jističe EATON PL7 C s jmenovitými proudy 16, 10, 6 a 2A, přičemž 16A třífázové jističe jistí největší sekce infrazóny, 10 a 6A třífázové jistí menší sekce a jednofázový jistič 10A jistí frekvenční měnič LS IS SV-iC5, který ovládá asynchronní motor a pohybuje tak celou infrazónou dolu a nahoru. [3]

Samotné spínání halogenových lamp zajišťují polovodičová SSR relé CELDUC SUL842070. Toto SSR relé je spínací prvek, který jako spínací součástku používá tyristor. Funguje tak, že pokud přivedeme na ovládací svorky A1+ a A2- napětí 3,5-32VDC (v našem případě 24VDC), rozsvítí se LED dioda, jejíž světlo dopadá

na světlocitlivý prvek, který následně sepne dva anti-paralelně zapojené tyristory, jejichž vývody jsou vyvedeny na silové svorky L1 a T1. Díky přenosu informace o sepnutí pomocí světla je tak uvnitř SSR relé obsaženo galvanické oddělení mezi silovou a ovládací částí, které je nezbytně nutné. [4]

Posledním silovým prvkem obvodu jsou infračervené halogenové lampy Dr. Fischer Speedium 17018Z (na obr. 2.7). Tyto lampy jsou napájeny napětím 230VAC a mají výkon 650W.



Obr. 2.7: Infračervená halogenová lampa

2.5 Řídicí komponenty

2.5.1 Programovatelný automat

Z hlediska řízení infrazóny je potřeba ovládat jednotlivé sekce infrazóny, krokový motor na pojezd pyrometru a asynchronní motor pro pohyb celé infrazóny. Dále je nutné detekovat výpadky všech 9 jističů, frekvenčního měniče a stykače, koncové polohy zdvihu infrazóny, výchozí polohu pyrometru, analogovou hodnotu teploty změřenou pyrometrem a rychlost linky. Pro PLC tedy vyplývají požadavky uvedené v Tab. 2.1. [5]

Ve spojení těchto požadavků s požadavkem objednatele infrazóny, aby použité PLC bylo od výrobce SIEMENS, bylo vybráno PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200, konkrétně CPU 1214C DC/DC/DC s rozšiřující signálovou kartou 16-ti digitálních výstupů SM 1222.

PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200

SIMATIC S7-1200 je kompaktní modulární řídicí systém, jehož lze využít ve velkém množství aplikací. Základem tohoto systému je základní jednotka CPU, v našem případě 1214C DC/DC/DC (na obr. 2.8). Tato jednotka obsahuje 14 digitálních vstupů, 2 analogové vstupy a 10 digitálních výstupů z nichž 2 jsou vysokorychlostní

Tab. 2.1: Požadavky pro vstupy a výstupy PLC

Vstupy/výstupy	Počet	Popis
Digitální vstupy	1	čidlo pro výchozí polohu pyrometru
	2	pro koncová čidla zdvihu infrazóny
	9	pro detekci výpadku jističů a měniče
	1	pro detekci vypnutí stykače
Analogové vstupy	1	pro měření teploty pyrometrem
	1	pro informaci o rychlosti kaširovací linky
Digitální výstupy	18	pro ovládání jednotlivých sekcí infrazóny
	2	pro ovládání zdvihu infrazóny
	2	pro ovládání krokového motoru, PLC musí mít programové prostředky pro jeho ovládání

s frekvencí až 100kHz a jsou tedy vhodné pro ovládání krokových motorů. Pro komunikaci má jednotka integrované rozhraní Profnet, které slouží jak pro programování, tak pro komunikaci s jinými PLC, vstupně/výstupními jednotkami či s HMI panely. [6]



Obr. 2.8: PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 [7]

Základní jednotku je možno rozšířit až o tři komunikační karty, které se připojují z levé strany a až o 8 signálových karet, které se připojují z pravé strany. Do základní jednotky je také možné vložit signální modul, který rozšiřuje digitální a analogové vstupy či výstupy, ale díky vložení přímo do základní jednotky nezabírá místo v rozvaděči. Pro tuto aplikaci je potřeba celkem 22 digitálních výstupů a základní jednotku je tak nutné rozšířit o signálovou kartu SM 1222 se 16-ti digitálními výstupy. [6]

2.5.2 HMI panel

Firma Phatec s.r.o. používala pro své aplikace PLC i HMI panely od výrobce SIEMENS. Z důvodů vysoké ceny panelů s větší úhlopříčkou (10" a 15") však používala panely s úhlopříčkou menší (5" a 7"), což ovšem vzhledem k charakteru aplikací nevadilo. Pro pohodlné ovládání infrazóny je však potřeba především přehledně zobrazovat na obrazovce rozložení sekcí infrazóny a také teplotní profil textilie v podobě grafu závislosti teploty na poloze čidla teploty. Proto je potřeba zvolit panel s větší úhlopříčkou, avšak kvůli ceně bylo upuštěno od panelů SIEMENS. Z těchto důvodů byl zvolen HMI panel WEINTEK mTV-100 (na obr. 2.9).

HMI WEINTEK mTV-100

Jedná se o standardně konfigurovaný panel, který ovšem nemá display. Místo toho má video výstup HDMI podporující rozlišení 1280 x 720p HD, přes který je možné tento panel spojit s libovolným monitorem či HD televizorem o libovolné úhlopříčce. Pro ovládání pak slouží USB konektor, do kterého je možné zapojit počítačovou myš, klávesnici nebo dotykový monitor. Přes ethernetové rozhraní s rychlostí 1Gb/s je možné připojit PLC od většiny světových výrobců včetně pro naši aplikaci důležitého SIEMENSu. Tímto způsobem lze vytvořit řízení a vizualizaci procesů i na monitorech velkých úhlopříček při zachování běžného způsobu programování HMI panelů. Panel dále obsahuje slot na SD/SDHC paměťovou kartu a sériová rozhraní RS-232 a RS-485. Napájení panelu je 24VDC a díky jeho kompaktním rozměrům ho lze namontovat na DIN lištu. Programování panelu se provádí přes software s názvem EasyBuilder PRO. [8]

Dotykový monitor ELO 1937L

Pro zobrazování vizualizace z HMI panelu je na infrazóně umístěn dotykový monitor ELO 1937L (na obr. 2.10) s úhlopříčkou 19 palců a rozlišením 1280 x 1024. Monitor podporuje pouze video vstup VGA a pro připojení k HMI panelu, který má video výstup HDMI, je mezi panelem a monitorem umístěn převodník HDMI na VGA. Funkce dotykového ovládání je do panelu přenášena přes USB kabel.

2.5.3 Snímače

Na infrazóně jsou dvě pohyblivá ústrojí, samotná infrazóna pohybující se v rámu a vozík pro pyrometr pohybující se podél spodní strany infrazóny. Pro detekci koncových poloh obou pohybujících se částí jsou na infrazóně umístěny tři indukčnostní proximity snímače BALLUFF BES0068 (parametry v tab. 2.2), dva pro zdvih (horní



Obr. 2.9: HMI panel Weintek mTV-100 [9]



Obr. 2.10: Dotykový monitor ELO 1937L [10]

a dolní), jeden jako výchozí poloha pro pyrometr. Vzhledem k posunu vozíku s pyrometrem pomocí krokového motoru lze v programu snadno zjistit vzdálenost, kterou vozík urazil, a není tedy nutné použít ještě jeden snímač i na druhé straně. Pro měření teploty je použit pyrometr OPTRIS OPTCSTCLT15 (parametry v tab. 2.3).

Tab. 2.2: Parametry snímače Balluff BES0068 [12]

Bezpečná spínací vzdálenost Sa	3.20 mm
Hloubka	65.0 mm
Jmenovitá spínací vzdálenost Sn	4.00 mm
Materiál pouzdra	mosaz
Okolní teplota Ta max.	70 °C
Okolní teplota Ta min.	-25 °C
Průměr d1	M12x1
Skutečná spínací vzdálenost Sr	4.00 mm
Činitel zvlnění max. (% z Ue)	15 %
Jmenovité provozní napětí Ue DC	24.0 V
Jmenovitý provozní proud Ie	200 mA
Spínací frekvence f max. (při Ue)	1000 Hz
Spínací funkce	Spínací kontakt (NO)
Zatěžovací kapacita max. (při Ue)	0.500 μ F

Tab. 2.3: Parametry snímače Optris OPTCSTCLT15 [13]

Rozsah teploty	-40°C - 1030°C
Spektrální rozsah	8 - 14 μ m
Optické rozlišení (90% energie)	15:1
Přesnost měření (při okolní teplotě 23 \pm 5°C)	\pm 1.5% nebo \pm 1.5°C
Opakovatelnost (při okolní teplotě 23 \pm 5°C)	\pm 0.75% nebo \pm 0.75°C
Teplotní koeficient	\pm 0.05 K/K nebo \pm 0.05 % K
Doba odezvy (90%)	25 ms
Emisivita/Zesílení	0.100 - 1.100
Propustnost	0.100 - 1.100
Analogový výstup	0-5V nebo 0-10V

2.5.4 Budič pro krokový motor

Pro napájení krokového motoru je v rozvaděči infrazóny umístěn budič RTA PAVIA A-NDC 06.V (na obr. 2.11). Na vstup budiče jsou přivedeny signály STEP a DIR z PLC, na výstup je připojen krokový motor. Budič pracuje v rozsahu napájecího napětí 24-85VDC a motor je schopen napájet nominálním proudem až 6A. Budič pracuje v režimu mikrokrokování a nabízí nastavení až 12800 kroků na otáčku.



Obr. 2.11: Budič pro krokový motor RTA PAVIA A-NDC 06.V [11]

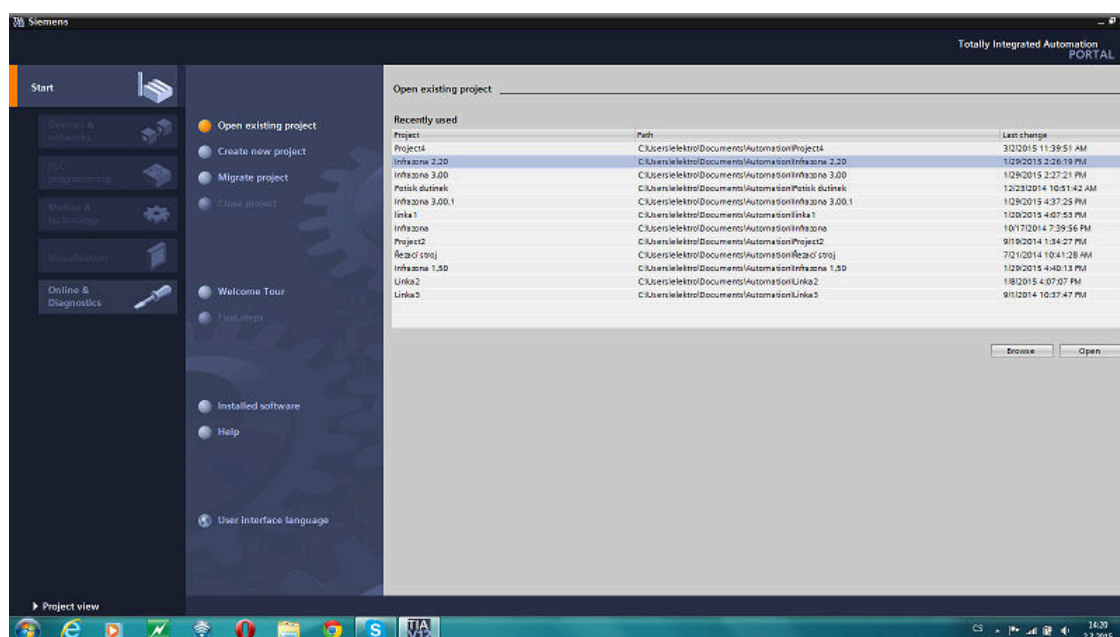
3 ŘÍDICÍ ALGORITMUS PRO PLC

3.1 Tia portal

TIA portal (Totally Integrated Automation Portal) je vývojové prostředí od společnosti SIEMENS sloužící pro vytváření a programování řídicích systémů. Integruje v sobě SIMATIC STEP 7, což je programovací prostředí určené k programování PLC ze skupiny SIMATIC S7, a SIMATIC WINCC, což je programovací prostředí pro vytváření vizualizace operátorských panelů.

Oba tyto softwarey existují ve více verzích podle toho, jaké řady PLC a HMI panelů lze jimi naprogramovat. V této práci byl použit TIA portal V12 ve verzi Basic, tedy STEP 7 i WINCC jsou ve verzi Basic. Tato verze umožňuje programovat PLC řady S7-1200 a HMI panely řady Basic. Při programování v tomto prostředí byl využit uživatelský manuál pro PLC S7-1200.[14]

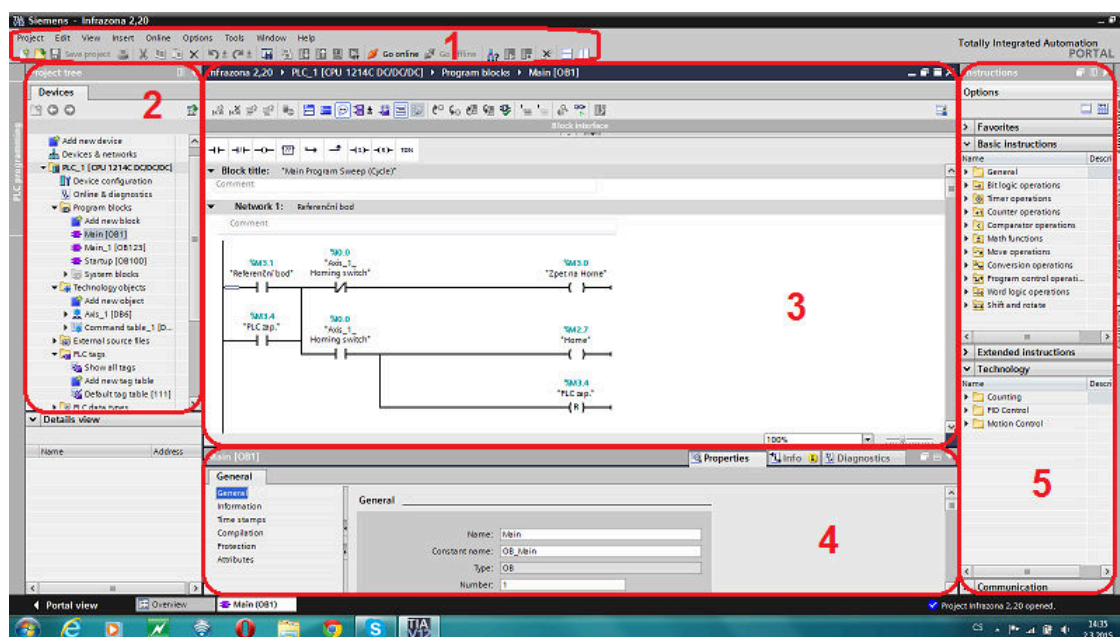
Po spuštění TIA portalu se zobrazí úvodní obrazovka (na obr. 3.1), která nabízí možnost otevření existujícího projektu, vytvoření nového projektu nebo načtení projektu starší verze.



Obr. 3.1: Tia portal - úvodní obrazovka

Název projektu pro infrazónu je Infrazona 2,20, kde číslo v názvu určuje šířku infrazóny v metrech. Po otevření projektu se pomocí volby **Project view** vlevo dole na úvodní obrazovce přepíná na pracovní obrazovku, která je zobrazena na obr. 3.2.

Pracovní obrazovka je rozdělena na části:



Obr. 3.2: Pracovní obrazovka

1. Panel nástrojů
2. Strom projektu (project tree) - ve stromové struktuře zobrazuje jednotlivá zařízení, bloky, proměnné a další prvky použité v projektu
3. Pracovní plocha - zde se vytváří program a vizualizace
4. Vlastnosti - zobrazuje vlastnosti objektů vybraných v pracovní ploše
5. Instrukce - seznam dostupných instrukcí, které lze použít v programu.

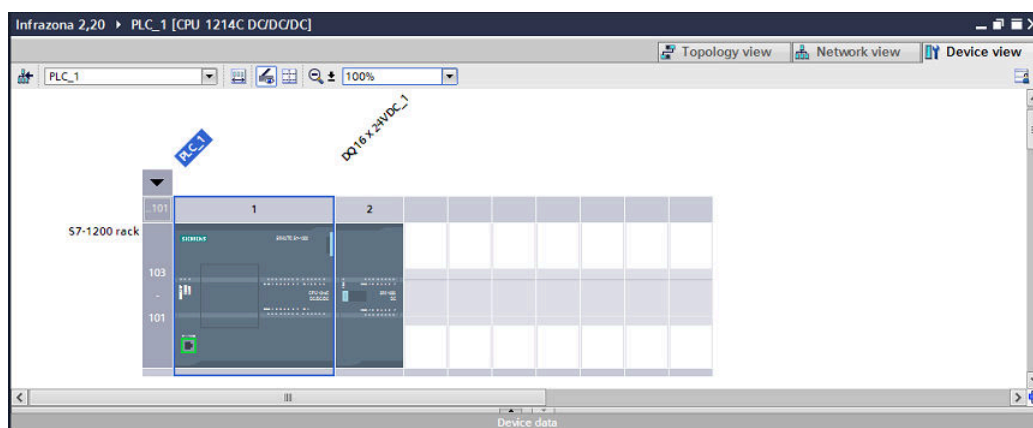
3.2 Postup při vytváření programu

3.2.1 Založení projektu

Nejprve je nutné založit nový projekt, což se provede pomocí volby **Create new project** na úvodní obrazovce TIA portalu. Při zakládání projektu se zvolí jeho název a adresář, kam se bude ukládat. Dalším bodem je přidání zařízení do projektu, v tomto případě je to PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200. To se provede volbou **Add new device** ve stromu projektu, kdy se otevře hardwarový katalog dostupných zařízení, která lze v dané verzi TIA portalu programovat. Podle objednáčického čísla uvedeného na PLC vybereme z katalogu příslušnou jednotku CPU.

3.2.2 Hardwarová konfigurace

Nyní se ve stromu projektu objeví položka s vybraným PLC, po jejímž rozkliknutí se rozbalí další položky, jako např. device configuration, program blocks, PLC tags a jiné. Jelikož PLC na infrazóně se skládá z CPU a rozšiřující signálové karty se 16-ti digitálními výstupy, je nutné tento modul přidat do hardwarové konfigurace PLC. To se provede kliknutím na položku **Device configuration**, kdy se na pracovní ploše v záložce **Device view** zobrazí hardwarová konfigurace PLC. CPU je v konfiguraci vloženo do slotu 1 (obr. 3.3), signálová karta tedy přijde vložit do slotu 2. Z hardwarového katalogu napravo se podle objednáčích čísla vybere příslušná karta, jejím přidržením a přesunutím na slot 2 se tato karta přidá do konfigurace PLC.



Obr. 3.3: Hardwarová konfigurace

3.2.3 Zkušební program

Před započatím vytváření samotného programu pro zařízení je dobré vyzkoušet funkčnost PLC a online komunikace s PC na jednoduchém programu, kdy se, například při přivedení logické 1 na některý digitální vstup PLC, do logické 1 překlopí některý digitální výstup. Program se v PLC vytváří v programových blocích. Hlavním blokem je organizační blok OB1 s názvem Main, který se cyklicky opakuje a vykonává program. Ve stromu projektu je umístěn v položce **PLC -> Program blocks** a po jeho rozkliknutí se zobrazí na pracovní ploše.

Program je možné psát ve třech jazycích a to LAD, FBD a SCL. Z důvodu lepší názornosti a orientaci v programu byl zvolen grafický jazyk LAD. Po otevření bloku Main se zobrazí síť 1 (network 1), která obsahuje prázdný spoj. Pokud je do této sítě vložena nějaká instrukce, TIA portal automaticky vytvoří další prázdnou síť. Instrukce se do sítě vkládají z panelu **Instrukce** nebo z panelu **Oblíbené** (Favorites),

který se nachází u horní strany pracovní plochy. Kliknutím a přidržením vybrané instrukce a následným tažením se přenese na místo v síti, kde má být umístěna. Místa, kam lze instrukci umístit, jsou při této operaci zobrazena malými šedými čtverečky na spojích. Při přesunování instrukce je její správné umístění signalizováno přebarvením daného čtverečku na zeleno.

Pro vytvoření programu je nejprve nutné vytvořit v tabulce tagů (obr. 3.4), která se nachází ve stromu projektu v položce **PLC -> PLC tags -> Default tag table**, tagy (aliasy), což jsou zástupná jména pro místa v paměti. Nejčastěji se používají tři paměťové oblasti a to paměť obrazu vstupů označená písmenem I, paměť obrazu výstupů označená písmenem Q a vnitřní pomocná paměť označená písmenem M. Pro zkušební program je potřeba vytvořit tagy dva, jeden pro digitální vstup (označen Ix.y, kde x je číslo bajtu a y je číslo bitu), druhý pro digitální výstup (označen Qx.y).

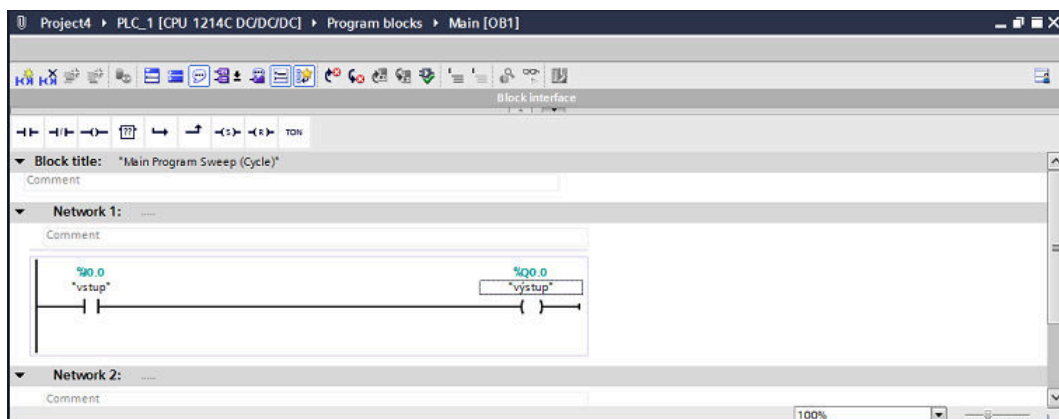
	Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
1	vstup	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	výstup	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Obr. 3.4: Tabulka tagů

Nyní je možno vytvořit samotný program v bloku main, což se provede přetažením instrukcí kontakt (contact) a cívka (coil) v tomto pořadí za sebe do sítě 1. Nad oběma instrukcemi se objeví okénko s červenými otazníky. Do těchto okének je nutné zadat vytvořené tagy, tedy digitální vstup na kontakt a digitální výstup na cívku. Takovýto jednoduchý program (obr. 3.5) je nyní potřeba nahrát do PLC.

3.2.4 Nahrání programu do PLC

Program se do PLC nahrává přes komunikační rozhraní ethernet a je proto nutné přiřadit PLC IP adresu. Doporučená IP adresa od výrobce PLC je 192.168.0.1 a tato adresa je také automaticky nastavena v projektu po přidání PLC. IP adresu je možno změnit v hardwarové konfiguraci kliknutím na CPU, kdy se v záložce **Vlastnosti -> General** zobrazí různá nastavení pro CPU. Rozkliknutím položky **PROFINET interface -> Ethernet addresses** se zobrazí **IP protocol**, kde je možné tuto adresu změnit. Pro funkčnost komunikace je potřeba po připojení PLC k PC nastavit pevnou IP adresu i v PC a to např. ve tvaru 192.168.0.10.



Obr. 3.5: Zkušební program

Hardwarová konfigurace a program se do PLC nahraje kliknutím pravým tlačítkem myši na **PLC** ve stromu projektu a dále výběrem **Download to device -> Hardware and software**. Tím se zobrazí okno **Extended download to device** s nastavením druhu připojení a tabulkou zobrazující dostupná zařízení. Tia portal začne vyhledávat dostupná zařízení a zobrazí je v tabulce. Jelikož PLC ještě nemá přiřazenu IP adresu, zobrazí se v tabulce pouze jeho MAC adresa.

Kliknutím na tlačítko **Load** se okno zavře a otevře nové, kde se zobrazuje průběh kompilace projektu. Po zkompilování se opět tlačítkem **Load** začne program nahrávat do PLC. Jelikož je PLC do této chvíle v režimu **STOP** (indikováno oranžově svítící kontrolkou na CPU), zobrazí se možnost přepnutí do režimu **Run** vybráním možnosti **Start all**. Po zvolení režimu **Run** a kliknutí na tlačítko **Finish** je nahrání dokončeno, PLC se přepne do režimu **Run** (kontrolka se rozsvítí zeleně) a začne cyklicky vykonávat program.

3.2.5 Online komunikace

Aby bylo možné sledovat aktuální průběh algoritmu v PLC, aktuální hodnoty tagů, diagnostiku apod., TIA portal nabízí možnost online komunikace s PLC. Tato komunikace se zapne kliknutím na ikonu **Go online** v panelu nástrojů. Tia portal začne následně porovnávat program uložený v PLC s programem v projektu v PC a výsledky zobrazí ve stromu projektu vedle jednotlivých položek v podobě barevného puntíku. Pokud je puntík zelený, daná položka je shodná s PLC, pokud je puntík oranžový nebo oranžovo-modrý, položka se liší. Zapnutou online komunikaci dále indikuje Oranžové zabarvení oken.

Kliknutím na položku **PLC -> Online and diagnostic** se na pracovní ploše zobrazí základní údaje o komunikaci mezi PLC a PC. V pravém sloupci je pak indi-

kace stavu PLC (run/stop/error) a možnost přepínání režimů PLC (run/stop). Pod režimy je zobrazen graf závislosti doby cyklu na čase a jsou zde zobrazeny hodnoty nejkratší, průměrné a nejdelší doby cyklu. Zvolením položky **Diagnostic -> Diagnostic buffer** se zobrazí tabulka, ve které jsou podle času vyvolání zobrazeny zprávy o stavech PLC. Z těchto zpráv je možné zjistit příčinu případných chybových stavů PLC.

Při zapnuté online komunikaci je možné online zobrazovat průběh vykonávání algoritmu v blocích nebo hodnoty tagů, což umožňuje snadnější tvorbu a upravování programu. Pro tyto účely je v panelu nástrojů pracovní plochy umístěna ikona s brýlemi - **Monitor all**, jejímž stiskem se začnou zobrazovat aktuální hodnoty, což lze ukázat na zkušebním programu.

Kliknutím na **Monitor all** při otevřeném bloku Main se celá síť přebarví. Neaktivní části spojů a instrukcí (logická 0) se zobrazí modrými čárkovanými čarami, aktivní části (logická 1) pak plnými zelenými čarami. Mimo to se také zobrazují aktuální hodnoty bajtových tagů, které jsou použity v síti. Stejně jako v bloku Main, aktuální hodnoty lze stiskem **Monitor all** zobrazit i v tabulce tagů.

3.3 Algoritmus

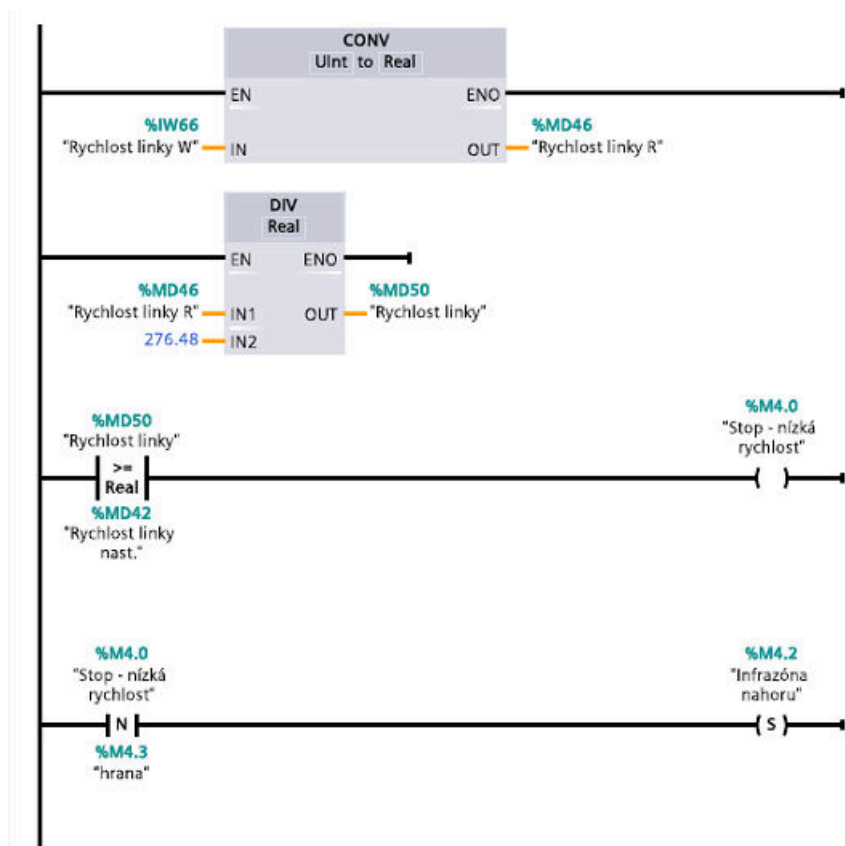
3.3.1 Rychlost linky

Rychlost linky je do PLC přivedena analogově v podobě signálu 0-10V, to odpovídá rychlosti 0-100%. Algoritmus pro její převod a hlídání je zobrazen na obr. 3.6.

Analogové hodnotě 10V odpovídá po převodu na číslo hodnota 27648. Jelikož je toto číslo ve formátu word (tag *Rychlost linky W*), není možné ho dělit desetinným číslem a je proto nutné nejprve převést tuto hodnotu do formátu real (tag *Rychlost linky R*, instrukce *convert* na obr. 3.6). Tuto hodnotu je nutno vydělit číslem 276,48, aby byla výsledná hodnota (tag *Rychlost linky*) převedena z rozsahu 0-27648 na rozsah 0-100 (instrukce *div*). Tato hodnota již v procentech udává rychlost linky. Na panelu se nastaví limitní rychlost linky (tag *Rychlost linky nast.*) v rozsahu 0-100% a komparátorem se porovnává s aktuální rychlostí linky. Pokud je aktuální rychlost menší než nastavená limitní, tag *Stop - nízká rychlost* se nastaví do log.0 a aktivuje tak sestupnou hranou nastavení tagu *Infrazóna nahoru* do log.1.

3.3.2 Ovládání sekci infrazóny

SSR relé spínající lampy mají implementovanou funkci zero-cross. Tato funkce zajišťuje spínání relé pouze při průchodu spínaného napětí nulou a vzhledem k použitým spínacím polovodičům, kterými jsou tyristory, relé při průchodu nulou i vypíná.



Obr. 3.6: Rychlost linky

Nejmenší možný časový úsek, na který je možné relé sepnout, je proto jedna půlvlna sinusového signálu sítě.

PWM signál pro spínání SSR relé má periodu 100ms. Jelikož nejkratší sepnutelný časový úsek je jedna půlvlna sítě, tedy 10ms, je možné nastavovat výkon lamp střídou PWM signálu po 10%. Jelikož relé spíná i vypíná pouze při průchodu nulou, nezáleží na synchronizaci zapnutí řídicího PWM signálu se sinusovým signálem sítě.

Nastavení pulsních generátorů

Pro generování PWM signálu jsou v PLC implementovány čtyři pulsní generátory, jejichž výstupy jsou pevně nakonfigurovány a nelze je změnit. První dva generátory jsou schopny vygenerovat impulsy s frekvencí až 100kHz, druhé dva pak s frekvencí 20kHz. Pro generování PWM signálu jsou použity generátory 3 a 4, protože jejich výstupy Q0.4 a Q0.6 nejsou obsazeny pro jiné aplikace.

Pulsní generátor je nejprve třeba povolit a nastavit na funkci PWM (Pulse-Width Modulation). To se provede vybráním CPU základny v hardwarové konfiguraci PLC a vybráním položky **Pulse Generators -> PTO3/PWM3** v okně **Vlastnosti**.

Zde je nejprve nutné zaškrtnout **Enable this pulse generator** a poté v položce **Signal type** zvolit možnost **PWM**. Tím se zpřístupní nastavení dalších položek, kde je nutné nastavit jednotky času na milisekundy, rozdělení střidy na setiny a periodu cyklu na 100 ms jak ukazuje obr. 3.7.

The screenshot shows a 'Parameter assignment' window with three main sections:

- Pulse options:**
 - Signal type: PWM
 - Output source: Integrated CPU output
 - Time base: Milliseconds
 - Pulse duration format: Hundredths
 - Cycle time: 100 ms
 - Initial pulse duration: 50 Hundredths
- Hardware outputs:**
 - Pulse output: Q0.4
- I/O addresses:**
 - Output addresses:
 - Start address: 1004
 - End address: 1005
 - Process image: Cyclic PI

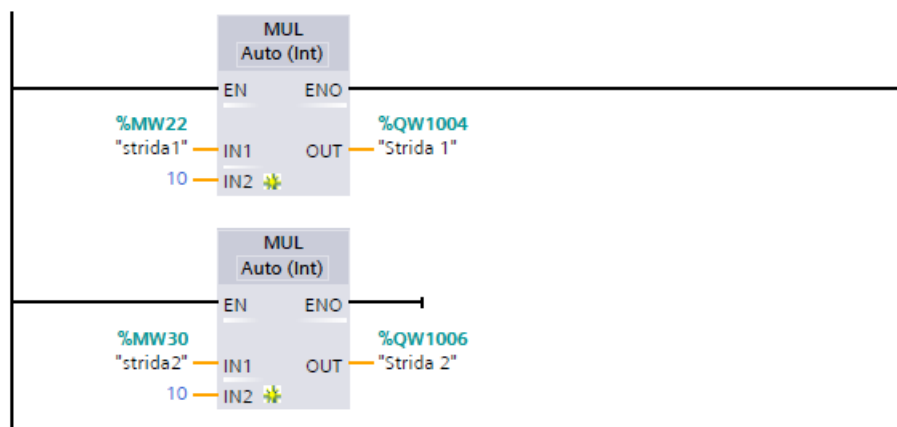
Obr. 3.7: Nastavení pulsního generátoru

Výstup generátoru 3 je pevně nastaven na Q0.4 a střída jím generovaného signálu se nastavuje ve wordu QW1004. Stejným způsobem se nastaví i generátor 4, jehož výstup je Q0.6 a střída QW1006. HMI panel posílá prostřednictvím tagů *strida1* a *strida2* typu int hodnoty střidy v rozsahu 0-10. Jelikož střída generátoru se nastavuje v rozsahu 0-100, oba tagy *strida1* a *strida2* jsou vynásobeny 10-ti a výsledek je ukládán do wordů QW1004 a QW1006, jak ukazuje obr. 3.8.

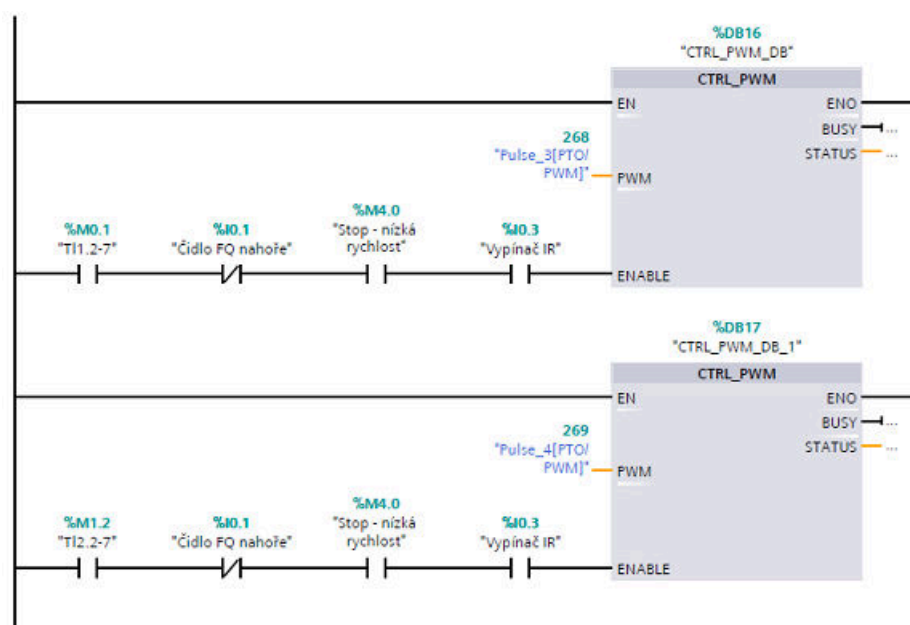
Spínání sekcí

Pulsní generátory s funkcí PWM se ovládají pomocí instrukce CTRL_PWM. Na vstup PWM této instrukce se zadá pulsní generátor a vstupem Enable se generátor spouští. Na obr. 3.9 je zobrazeno spínání PWM pro obě hlavní sekce.

PWM se spustí tlačítkem na panelu, které odpovídá hlavní sekci (v PLC je symbolizováno tagem *Tl1.2-7* a *Tl2.2-7* v případě druhé hlavní sekce). Při tom nesmí



Obr. 3.8: Násobení tagů strida číslem 10

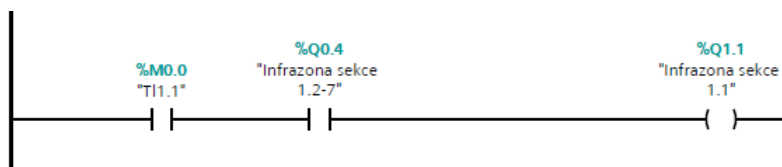


Obr. 3.9: Ovládání PWM

být infrazóna v horní poloze (na horním čidle - tag *Čidlo FG nahoře*), rychlost linky musí být vyšší, než je nastavená limitní rychlost a musí být sepnutý přepínač, který je umístěn u infrazóny a slouží pro vypnutí sekci bez ztráty jejich nastavení. Pokud jedna z těchto podmínek není splněna, sekce budou vypnuty. Tento algoritmus je zobrazen na obr. 3.9.

Tímto způsobem jsou spínány hlavní sekce. Ostatní sekce jsou spínány podle hlavní sekce ve stejném bloku, tedy sekce v bloku 1 se spínají podle hlavní sekce v bloku 1 a sekce v bloku 2 podle hlavní sekce v bloku 2. Tuto situaci zobrazuje obr.

3.10. Pokud je tlačítkem na panelu zapnuta první sekce v prvním bloku (tag *Tl1.1*), tak podle spínání hlavní sekce tohoto bloku (tag *Infrazona sekce 1.2-7*) se spíná i sekce první (tag *Infrazona sekce 1.1*). Tato konstrukce je použita i pro všechny ostatní sekce v obou blocích.



Obr. 3.10: Spínání sekce 1.1

Při vypnutí hlavní sekce se vypnou i ostatní sekce stejného bloku. To je provedeno resetováním tlačítek ostatních sekcí při vypnutí hlavní sekci jak je znázorněno na obr. 3.11 pro blok 1 (blok 2 je proveden stejným způsobem).

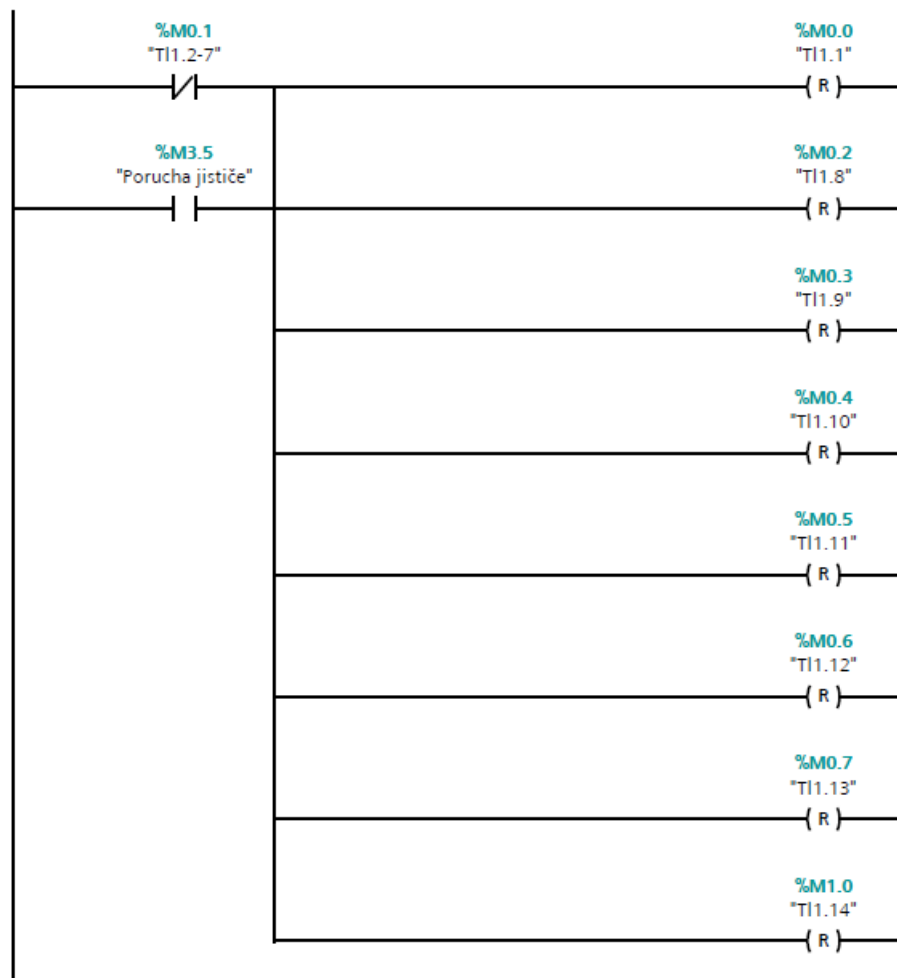
Poslední událost ovlivňující chod sekcí je výskyt poruchy (tag *Porucha jističe*). V tom případě dojde k vypnutí obou hlavních sekcí (obr. 3.12), čímž se vypnou i všechny sekce ostatní.

3.3.3 Zdvih infrazóny

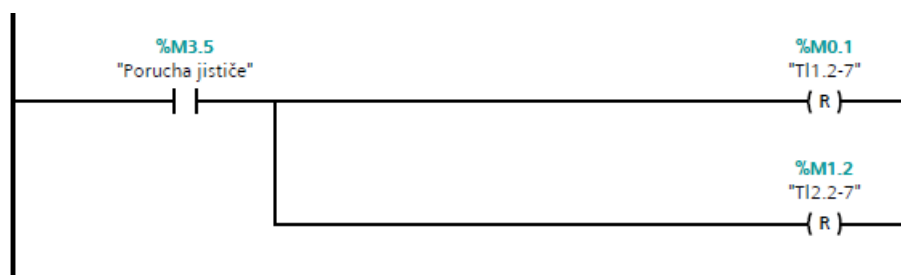
Zdvih infrazóny je proveden asynchronním motorem napájeným z frekvenčního měniče. Frekvenční měnič je ovládán pomocí dvou digitálních vstupů, kdy každý vstup otáčí motorem na jednu stranu. Ovládání frekvenčního měniče je znázorněno na obr. 3.13.

Tlačítkem Oddalit se aktivuje výstup (tag *FQ oddálit*) a infrazóna jede nahoru. V horní poloze je umístěno indukčnostní čidlo (tag *Čidlo FQ nahore*) detekující infrazónu v horní poloze. Jakmile se čidlo aktivuje, vypne rozpínacím kontaktem zvedání a tlačítko Oddalit přestane reagovat. Stejným způsobem je vytvořeno vypínání pro spouštění infrazóny dolů tlačítkem Priblizit, kde dolní čidlo (tag *Čidlo FQ dole*) vypíná spouštění (*FQ přiblížit*).

Aby nemohlo dojít k současnému zapnutí obou směrů, jsou tlačítka rozpínacími kontakty vyblokována navzájem, tedy pokud je stisknuto tlačítko Oddalit, tlačítko Priblizit nereaguje a obráceně. Zvedání infrazóny je také spínáno tagem *Infrazóna nahoru*, který je spuštěn při poklesu rychlosti linky pod zadanou mez a při dosažení horní polohy je tento tag vyresetován.



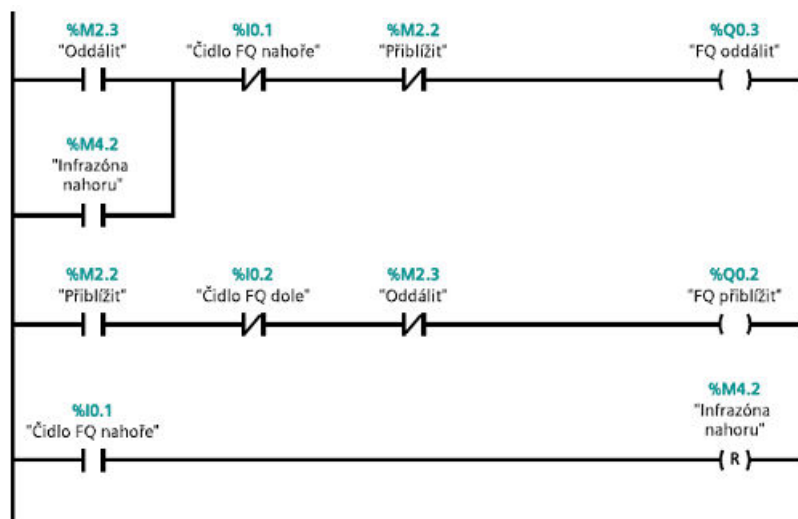
Obr. 3.11: Vypínání sekcí při vypnutí hlavní sekce



Obr. 3.12: Vypínání sekcí při poruše

3.3.4 Skenování teploty

Hlavní úlohou skenování teploty je pohyb pyrometru pomocí krokového motoru za současného vykreslování teplotního profilu textilie do grafu. Mimo to je možné pohyb pyrometru ovládat i manuálně. Pro správné určování polohy pyrometru je nutné



Obr. 3.13: Ovládání zdvihu

nastavovat referenční bod, tzv. Home, což je nulová souřadnice délky pojezdu pyrometru.

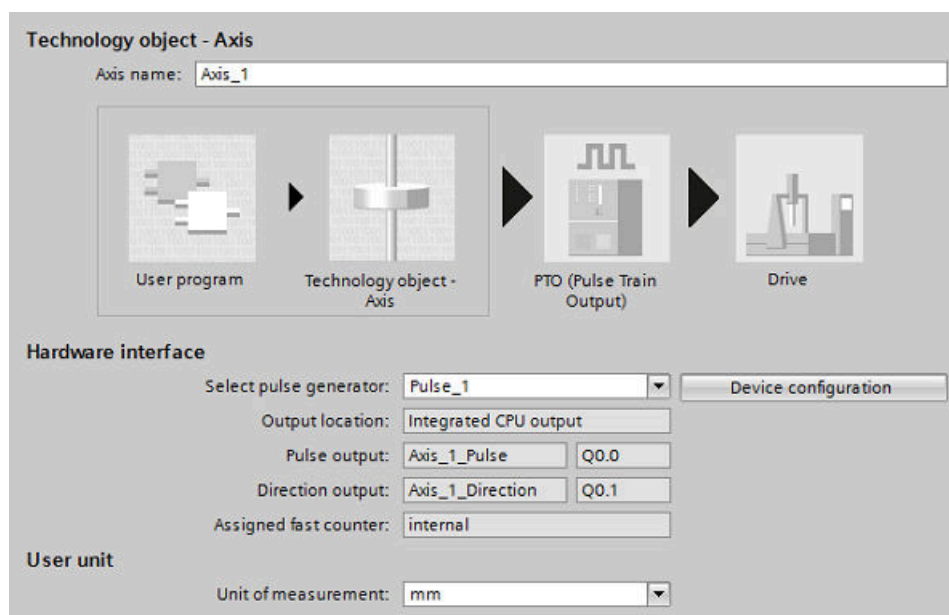
Inicializace ovládání krokového motoru

Jelikož signály pro budič krokového motoru mohou mít frekvence až desítky kHz, jejich generování nelze provést softwarově, ale musí se provést hardwarově a to pomocí pulsního generátoru.

Tento pulsní generátor je nejprve třeba povolit a nastavit na funkci PTO (Pulse-Train Output), která generuje signály pro krokové motory. To se provede vybráním CPU základny v hardwarové konfiguraci PLC a vybráním položky **Pulse Generators -> PTO1/PWM1** v okně **Vlastnosti**. Zde je nejprve nutné zaškrtnout **Enable this pulse generator** a poté v položce **Signal type** zvolit možnost **PTO**. Tento pulsní generátor má pevně nastaveny výstupy na Q0.0 a Q0.1.

Pro ovládání pulsního generátoru je potřeba vytvořit v programu nový technologický objekt Axis (osa), což se provede kliknutím na položku **PLC -> Technology objects -> Add new object**. Otevře se okno, kde se vybráním položek **Axis -> Motion control -> TO_Axis_PTO** vytvoří objekt Axis_1 a zobrazí se ve stromu projektu.

Objekt Axis představuje řízení krokového motoru a pro správnou funkci je potřeba jej nakonfigurovat. Nejprve je nutné nastavit v položce **Select pulse generator** pulsní generátor, který bude ovládat krokový motor, tedy Pulse_1 (obr. 3.14) a dále v položce **Units of measurement** jednotky polohy - mm.



Obr. 3.14: Nastavení objektu Axis_1

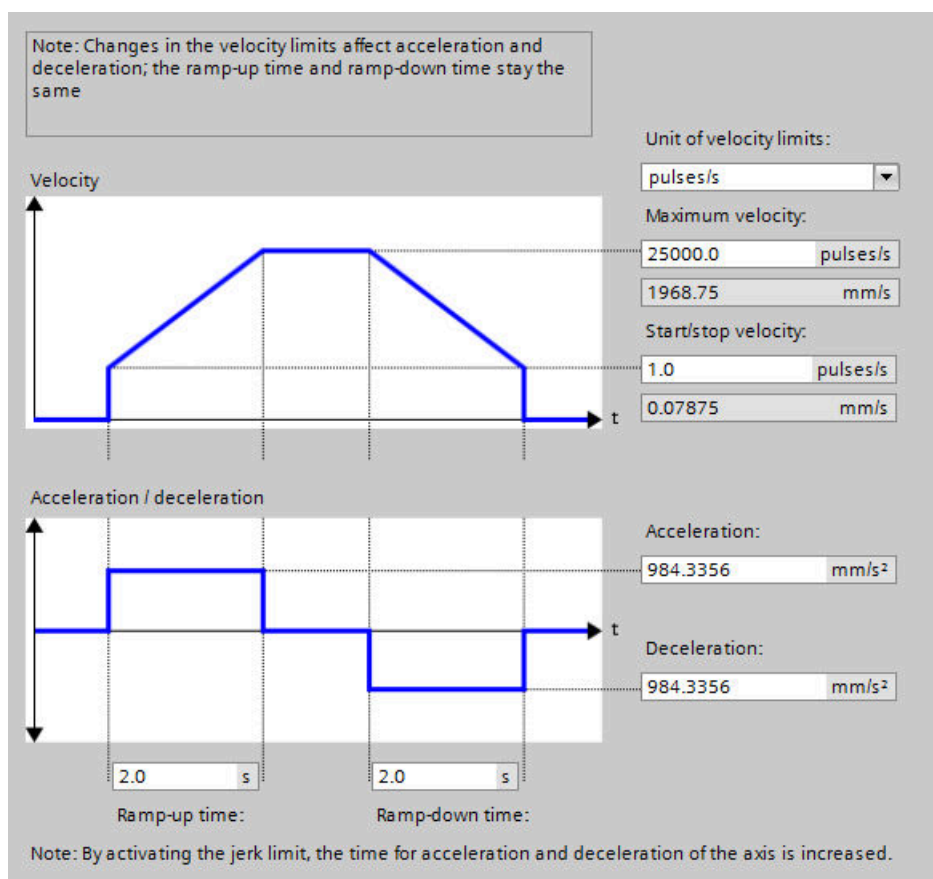
Axis počítá polohu mechanického ústrojí - pyrometru - na základě počtu kroků krokového motoru na jednu otáčku a vzdálenosti, o kterou se během jedné otáčky posune pyrometr. Budič krokového motoru má funkci mikrokrokování a pomocí DIP přepínačů je nastaven na 1600 kroků na otáčku. Během jednoho otočení se pyrometr posune o vzdálenost 126mm danou obvodem kladky na hřídeli krokového motoru. Tyto parametry je nutné zadat v položce **Mechanics**.

Posledním důležitým krokem je nastavení rozběhové a doběhové rampy krokového motoru v položce **Extended parameters**, jak je zobrazeno na obr. 3.15. Objekt Axis nabízí ještě další možnosti nastavení, které však pro tento projekt nejsou důležité.

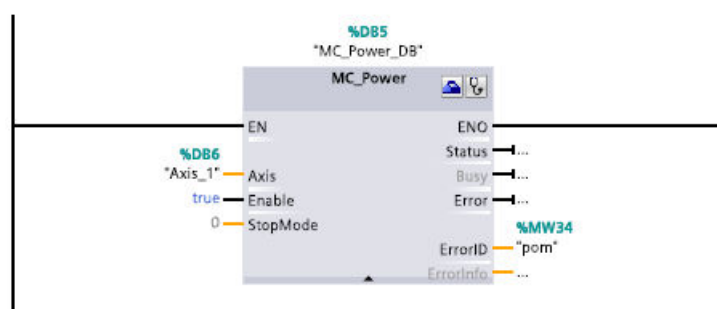
Instrukce MC_Power

Povely pulsnímu generátoru pro ovládání krokového motoru se v bloku Main vytvářejí prostřednictvím instrukcí Motion control. Tyto instrukce se v okně instrukcí nacházejí v položce **Technology**. Nejdůležitější z těchto instrukcí je instrukce MC_Power, která musí být v programu implementována vždy při ovládání krokového motoru. Zajišťuje totiž povolení a zakázání pulsního generátoru. Aby tedy fungovaly ostatní MC instrukce, musí být na vstup Enable instrukce MC_Power log.1, tedy hodnota true (obr. 3.16). Dále se musí na vstup Axis přiřadit osa (krokový motor), který bude touto instrukcí ovládán, tedy Axis_1.

Všechny ostatní MC instrukce (mimo MC_MoveJog) se vykonají přivedením



Obr. 3.15: Nastavení rampy krokového motoru_1



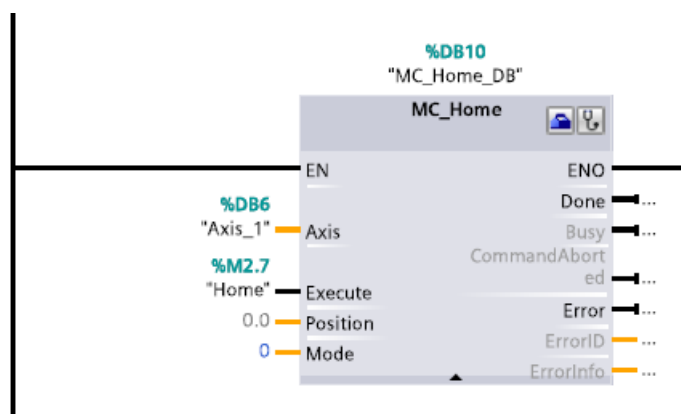
Obr. 3.16: Instrukce MC_Power

náběžné hrany na vstup Execute. Pokud se zrovna některá instrukce vykonává a na jinou přijde náběžná hrana, vykonávání aktuální instrukce se přeruší a začne se vykonávat instrukce nová. Vždy se tedy vykonává instrukce aktivovaná naposledy.

Inicializace referenčního bodu - Home

Při zapnutí PLC se aktuální pozice pyrometru nastaví jako souřadnice 0. Aby bylo možné správně používat pozici pyrometru, je tedy nutné souřadnici 0 nastavit na referenční bod, který je určen indukčností čidlem nacházejícím se na pravé straně dráhy pyrometru.

Pro tento účel slouží instrukce MC_Home (obr. 3.17), která může pracovat ve více módech. Nejvhodnější a také nejjednodušší mód má číslo 0 a jeho funkce je taková, že přivedením náběžné hrany na vstup Execute se jako aktuální poloha nastaví hodnota uvedená na vstupu Position.



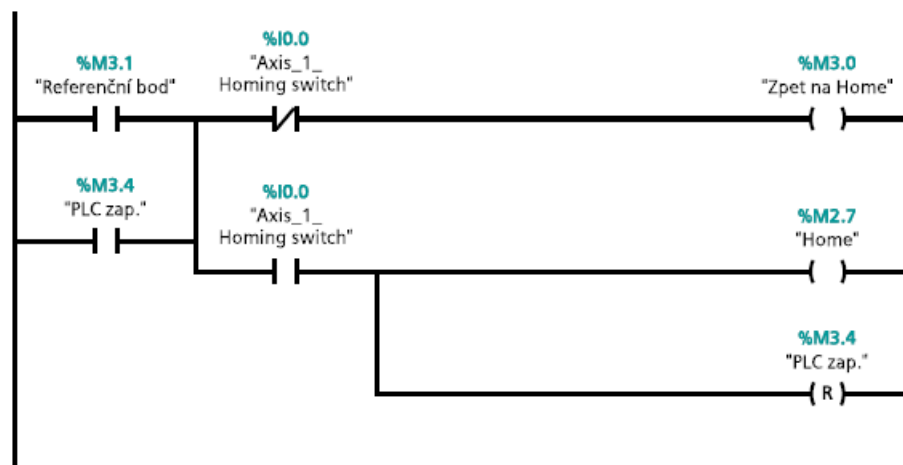
Obr. 3.17: Instrukce MC_Home

Jelikož je čidlo umístěno na kraji dráhy pyrometru na pravé straně infrazóny (strana blíže k ovládacímu panelu), může se pyrometr nacházet pouze nalevo od čidla nebo na čidle. Toho lze využít při inicializaci pozice pyrometru, neboť ať se pyrometr nachází kdekoli na dráze, pokud se bude pohybovat doprava, dříve či později musí dosáhnout krajního čidla.

Tato inicializace je zobrazena na obr.3.18. Držením tlačítka Referenční bod nebo po zapnutí PLC, kdy se v bloku Startup (OB100) nastaví tag *PLC zap.* do log.1, se aktivuje tag *Zpet na Home* a pyrometr se začne pohybovat doprava. Jakmile dojde na čidlo (tag *Axis_1_Homing switch*), přes rozpínací kontakt se deaktivuje tag *Zpet na Home* a pyrometr se zastaví. Zároveň se přes tag *Home* přivede náběžná hrana na vstup instrukce MC_Home, čímž se aktuální pozice nastaví jako 0 a resetuje se tag *PLC zap.*.

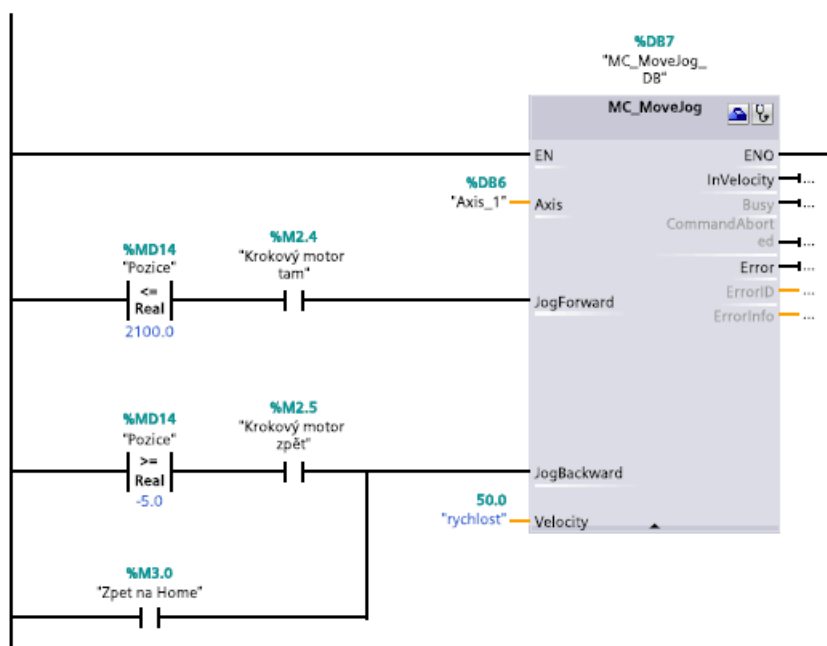
Manuální ovládání

Manuální ovládání je provedeno dvěma tlačítky Tam a Zpět na panelu, které svůj stav ukládají do dvou bitových tagů *Krokový motor tam* a *Krokový motor zpět*.



Obr. 3.18: Inicializace referenčního bodu

Jelikož tlačítka fungují na držení, obsluha tedy musí dané tlačítko držet stisknuté, aby se pyrometr pohyboval, je nejvýhodnější použít instrukci MC_MoveJog (obr. 3.19).



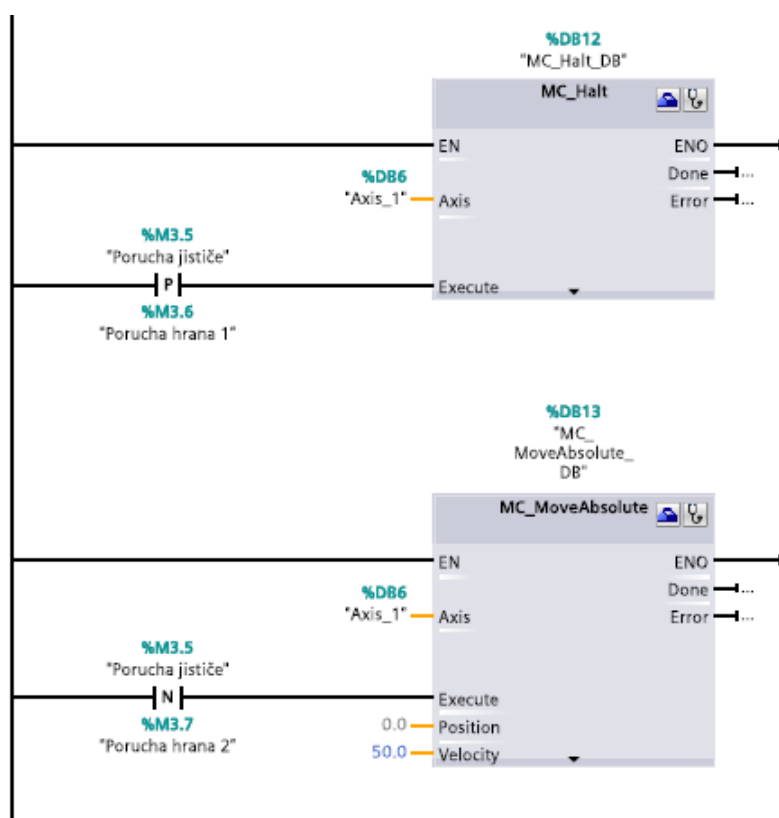
Obr. 3.19: Manuální ovládání

Instrukce má dva vstupy JogForward a JogBackward. Aktivováním jednoho z nich se začne krokový motor otáčet rychlostí definovanou na vstupu Velocity na jednu stranu, aktivováním druhého se otáčí stejnou rychlostí opačným směrem. Každý

tento vstup je proto ovládán jedním ze zmíněných dvou tlačítek. Aby však nemohlo dojít k přejetí pracovní dráhy pyrometru, jsou před tlačítka umístěny ještě komparátory, které porovnávají aktuální pozici pyrometru s pevně nastavenými krajními polohami a po jejich překonání znemožní pokračovat dále příslušným směrem. Posledním prvkem je zde paralelní kontakt *Zpet na Home* k tlačítku zpět, který slouží pro inicializaci referenčního bodu.

Krokový motor při poruše

Pokud nastane porucha, je potřeba krokový motor zastavit. To se provede pomocí instrukce MC_Halt, která je aktivována náběžnou hranou tagu *Porucha jističe*. Po odstranění poruchy se sestupnou hranou tagu *Porucha jističe* aktivuje instrukce MC_MoveAbsolute. Tato instrukce přemístí pyrometr rychlostí nastavenou na vstupu Velocity na pozici nastavenou na vstupu Position, tedy na pozici 0 jak je patrné z obr. 3.20.

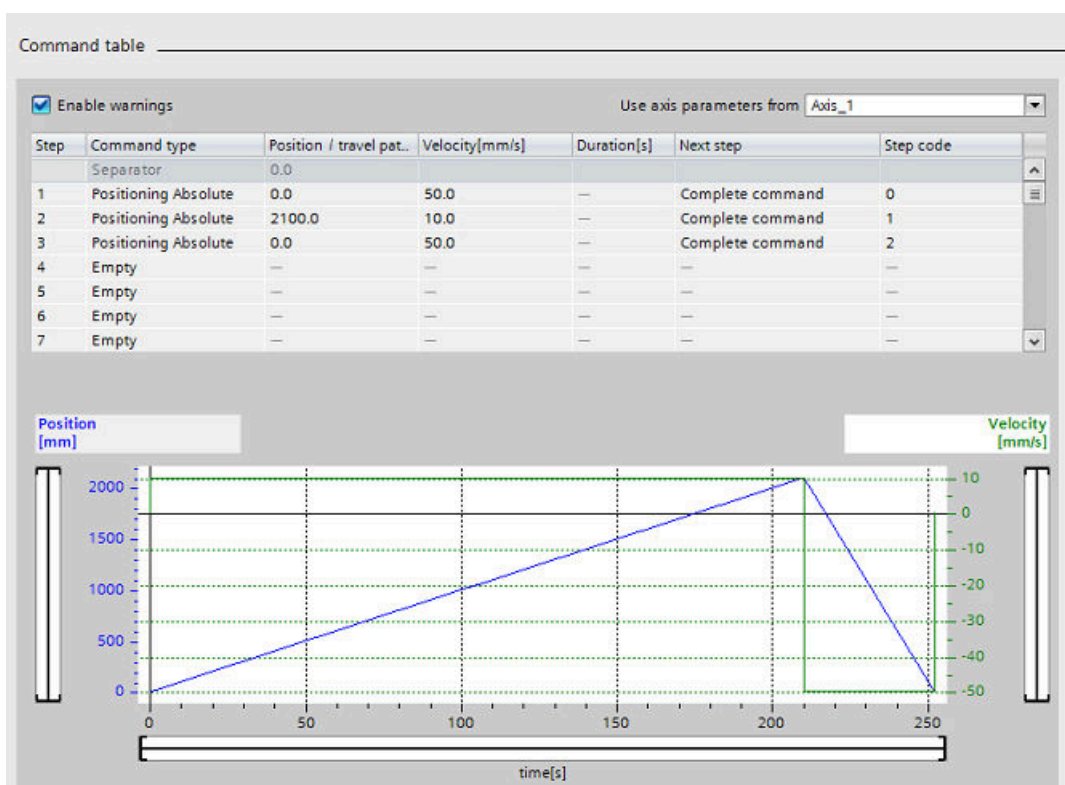


Obr. 3.20: Krokový motor při poruše

Automatický režim

Stěžejní část automatického režimu tvoří objekt CommandTable. Vytvoří se stejně jako objekt Axis, tedy **PLC -> Technology objects -> Add new object**, a vybere se položka **Axis -> Motion control -> TO_CommandTable**. Objekt CommandTable zajišťuje postupné vykonávání instrukcí pro krokový motor zadáných v tabulce. Tím se ušetří práce při programování, neboť se instrukce nemusí programovat zvlášť, ale jsou shrnuty v jednom bloku, který je vykonán postupně.

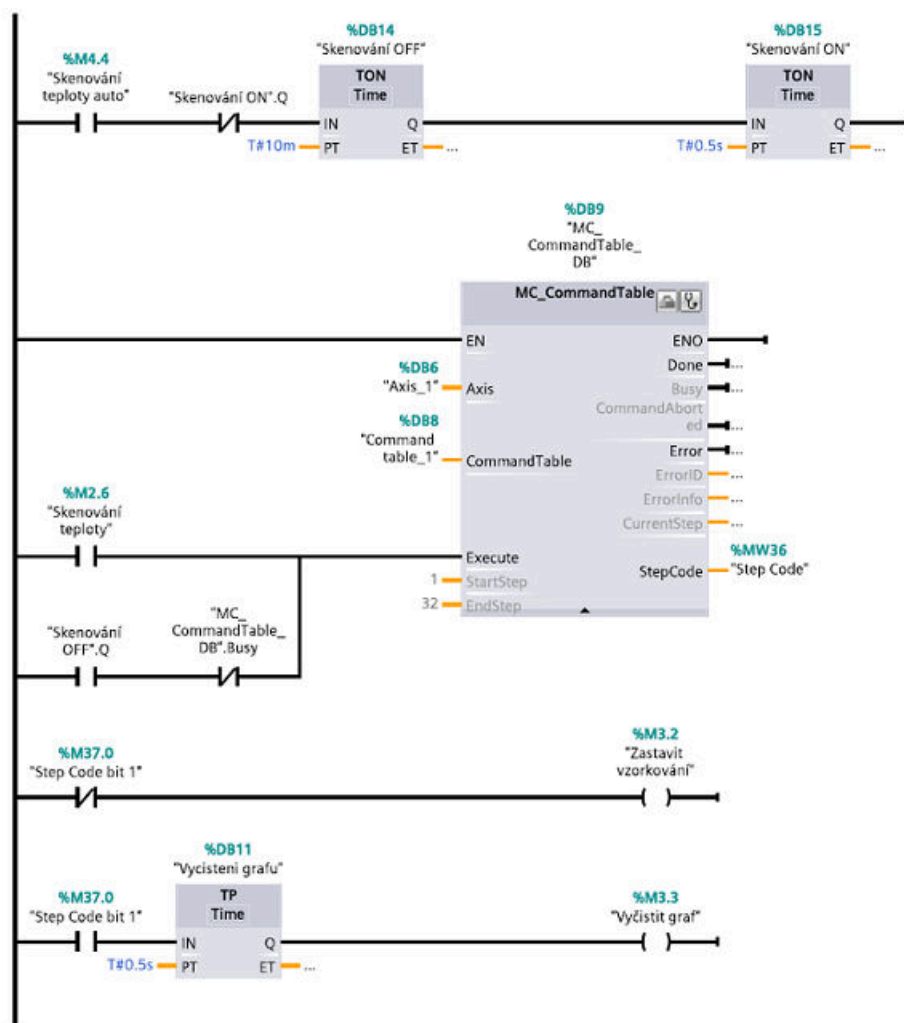
Otevřením objektu CommandTable_1 se zobrazí tabulka s instrukcemi (obr. 3.21). První instrukce Positioning Absolute zajistí přejetí pyrometru rychlostí 50mm/s na polohu 0mm, aby byl pyrometr ve výchozím stavu pro skenování teploty. Druhá instrukce přejíždí s pyrometrem rychlostí 10mm/s na druhou stranu infrazóny na polohu 2100mm. V této fázi se skenuje teplota textilie po celé šíři infrazóny a vykresluje se do grafu na panelu. Poslední instrukce je stejná jako první - pyrometr přejede na polohu 0mm.



Obr. 3.21: CommandTable - instrukce pro krokový motor

Aby bylo možné rozlišit, která instrukce se právě vykonává, každé instrukci je možno přiřadit Step code (v pravém sloupci tabulky), který se mění v závislosti na vykonávané instrukci. Pod tabulkou se zobrazuje graf závislosti polohy a rych-

Implementace objektu CommandTable do programu se provádí pomocí instrukce MC_CommandTable (obr. 3.22). Stisknutím tlačítka Skenování teploty na panelu (tag *Skenování teploty*) se přivede náběžná hrana na vstup Execute a MC_CommandTable začne postupně vykonávat jednotlivé instrukce z tabulky.



Obr. 3.22: Automatický režim

Aby však obsluha stále nemusela spouštět skenování ručně tlačítkem, je na panelu umístěno tlačítko Auto. Tímto tlačítkem se spustí časovač Skenování OFF na 10min. Po uběhnutí tohoto času se spustí časovač Skenování ON na 0,5s, jenž poté svým výstupním kontaktem vypne oba časovače, ty se zresetují a cyklus začne znovu. Časovač Skenování OFF má tedy svůj výstup sepnutý vždy jednou za 10 min po dobu 0,5s. Tímto výstupem ("Skenování OFF".Q) pak každých 10min spustí

MC_CommandTable, tedy skenování teploty.

Při skenování teploty vzorkuje panel teplotu v pravidelném intervalu a hodnoty vykresluje do grafu. Pokud ovšem skenování neprobíhá, je nutné vzorkování zastavit. K tomuto účelu lze použít již zmíněný Step code. Jestliže jeho hodnota při skenování je 1 a při návratu do výchozí pozice 0 nebo 2, jeho nejméně významný bit je roven jedné (true) pouze v průběhu skenování. Při návratu před i po skenování má hodnotu 0 (false). Vzorkování je tedy zastaveno (tag *Zastavit vzorkování*) pokud je tag *Step code bit 1* v nule, kdy neprobíhá skenování.

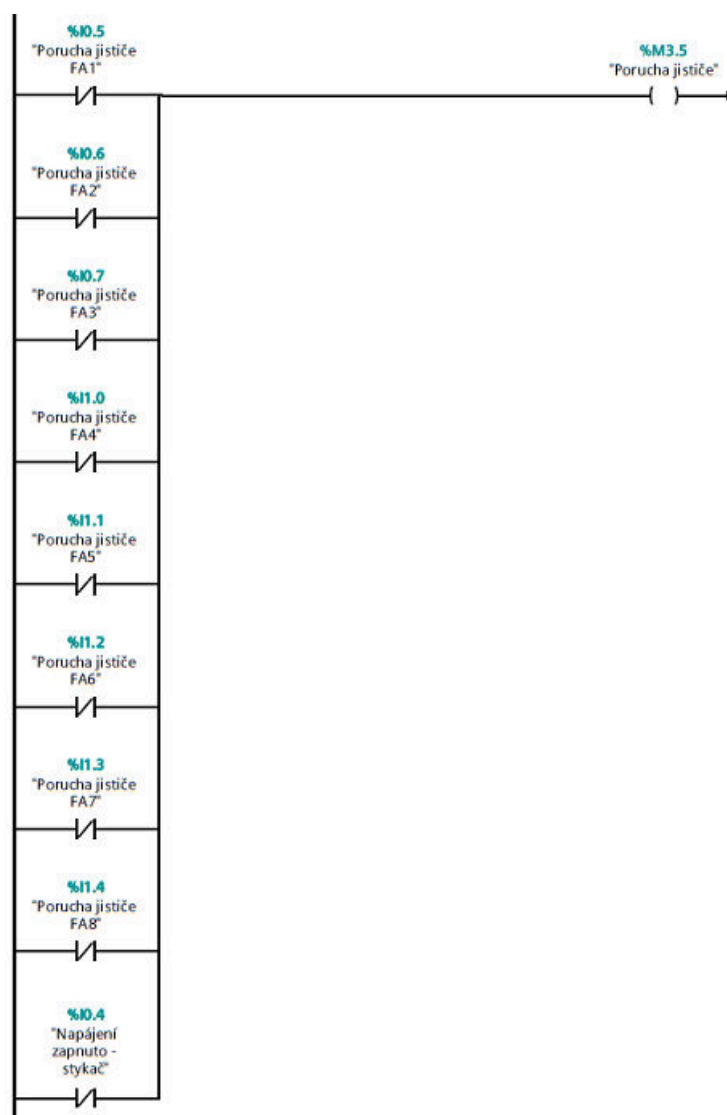
Na začátku skenování je také nutné vymazat z grafu předchozí data. To se provede opět pomocí *Step code bit 1*, který na začátku skenování pulsem 0,5s z časovače aktivuje tag *Vyčistit graf*.

3.3.5 Poruchy

Poruchové signály jsou zapojeny přes spínací kontakty jističů, stykače a měniče. Pokud vše funguje, kontakty jsou sepnuté a na vstupy PLC je přivedena úroveň H (high). Jestliže některý jistič nebo stykač vypne, případně je v poruše frekvenční měnič, dojde k rozpojení kontaktu a na příslušném vstupu se objeví úroveň L (low).

V algoritmu jsou všechny poruchové vstupy použity jako rozpínací kontakty, aby úroveň H představovala log. 0 (vše v pořádku) a úroveň L log. 1 (porucha). Poruchy jističů a stykače jsou sloučeny do tagu *Porucha jističe* (obr. 3.23), jenž následně vypne sekce.

Jedním z požadavků na poruchy je nevypínání sekcí při poruše frekvenčního měniče. Proto není porucha frekvenčního měniče (tag *Porucha jističe FA9 a měniče*) zařazena k poruchám jističů, ale je ponechána zvlášť. Na panelu se však zobrazit musí stejně jako všechny ostatní poruchy a proto je následně sloučena s poruchou jističů do celkové poruchy (tag *Porucha*, obr. 3.24). Celková porucha pak na panelu zobrazí varovné hlášení.



Obr. 3.23: Porucha jističe



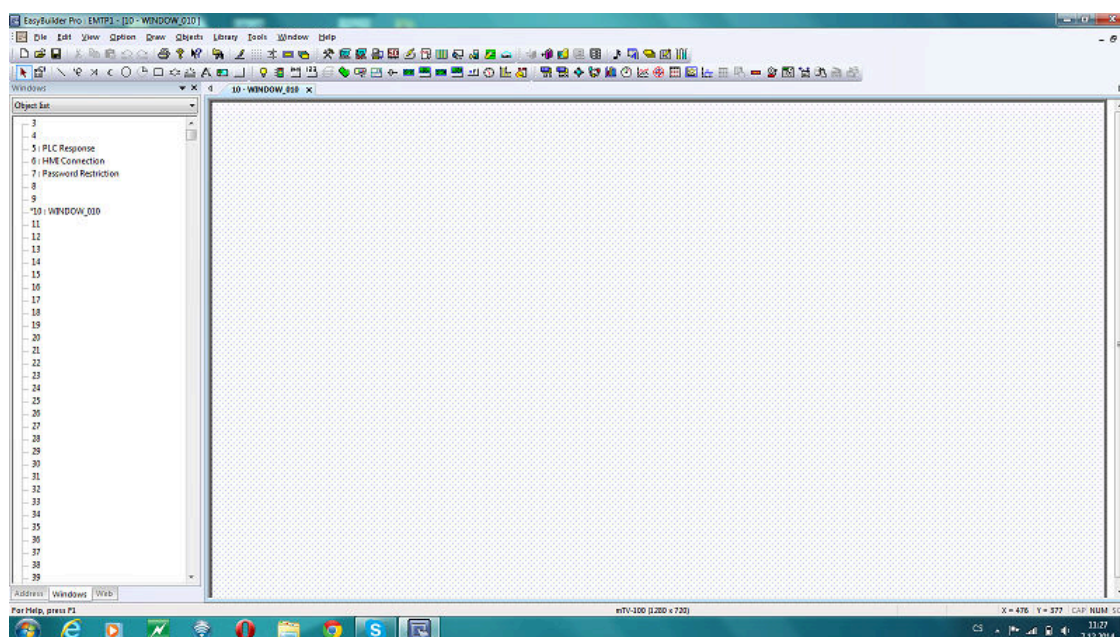
Obr. 3.24: Celková porucha

4 VIZUALIZACE

4.1 Program EasyBuilder Pro

EasyBuilder Pro je program sloužící pro tvorbu vizualizace na HMI panelech výrobce WEINTEK a nabízí veškeré funkce nutné pro založení a nastavení projektu, vytvoření vizualizace, zkompilování a stáhnutí projektu do HMI panelu. Při seznamování se s programem byl použit manuál EasyBuilder PRO.[15]

Při zakládání nového projektu se z nabízených modelů vybere model HMI panelu, s nímž se bude pracovat, a stejně tak i PLC. Konkrétní model panelu pak určuje maximální možnou velikost okna vizualizace, která se rovná rozlišení panelu. Při zakládání projektu je také možno využít základní šablonu (template), která vytvoří ve vizualizaci okna s varovnými hlášeními a také vytvoří okna s různými klávesnicemi. Prostředí programu EasyBuilder PRO s nově založeným projektem je zobrazeno na obr. 4.1.



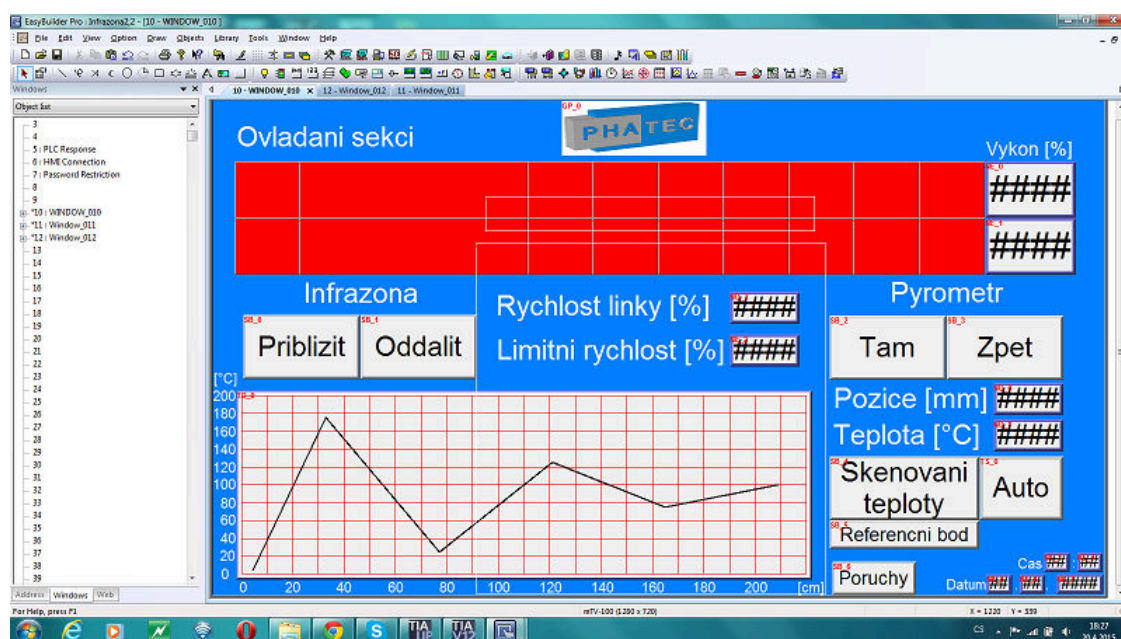
Obr. 4.1: Prostředí programu EasyBuilder PRO

Na horní straně jsou umístěny panely nástrojů se všemi potřebnými nástroji a funkcemi pro vytváření projektu a vizualizace. Na levé straně je umístěn seznam adres pamětí HMI panelu a seznam vytvořených oken vizualizace. Kliknutím na vytvořené okno v seznamu se toto okno otevře. Největší prostor pak zabírá okno pro vytváření vizualizace. Pokud chceme přidat nový objekt, kliknutím v panelech

nástrojů na příslušný objekt se otevře okno s nastavením parametrů objektu. Po vyplnění parametrů a stisku tlačítka OK se objekt vytvoří.

4.2 Návrh a tvorba vizualizace

Návrh vizualizace vychází z požadavků uvedených v kapitole 2.3. Barva pozadí byla zvolena modrá podle barvy rámu infrazóny i ostatních zařízení, která dodává firma Phatec. Pro popisky jednotlivých částí vizualizace umístěných na pozadí byla zvolena bílá barva a jsou vytvořeny pomocí objektu Text. Celkový návrh vizualizace je zobrazen na obr. 4.2.



Obr. 4.2: Návrh vizualizace v programu EasyBuilder PRO

4.2.1 Komunikace s PLC a kopírování tagů

Komunikace panelu s PLC probíhá přes rozhraní Ethernet instrukcemi Put/Get. Iniciátorem komunikace je panel, který pomocí instrukce Put posílá data do paměti PLC a pomocí instrukce Get vyzve PLC k poslání dat ze své paměti do panelu. Panel tak má přístup k paměťovým oblastem jako markery, obrazy vstupů a výstupů a uživatelsky vytvořené data bloky, čímž má přístup ke všem tagům.

Komunikace probíhá zcela automaticky a pro její funkčnost se nastavuje pouze panel. V PLC se z hlediska Put/Get komunikace nemusí nastavovat nic. Při zakládání projektu nebo v položce **Edit -> System parameters -> Local PLC**

-> **Settings** se zvolí **PLC Siemens s7-1200 (Ethernet)** a v položce **Settings** se nastaví IP adresa PLC. Tím je nastavení komunikace dokončeno a vše ostatní vyřeší panel sám.

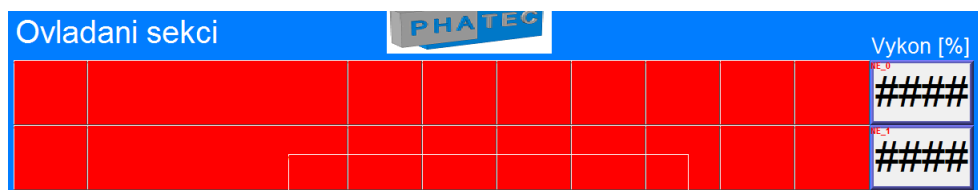
Nyní je potřeba stáhnout do programu EB PRO PLC tagy. Jelikož EB PRO tyto tagy stahuje přímo z PLC, je nutné mít v PLC nahraný hotový program a PLC připojit k počítači. Kliknutím na **Get tag info** v položce **Edit -> System parameters -> Local PLC** se spustí proces stahování v jehož průběhu je otevřeno několik informačních oken, které je nutno potvrdit. Po dokončení stahování jsou všechny tagy z PLC přístupné i v EB PRO a lze je používat při tvorbě vizualizace.

Proces nastavení komunikace a stahování tagů je podrobně i s obrázky zobrazen v dokumentu PLC Connection Guide[16] od výrobce panelu a nebude zde proto popsán podrobněji.

4.2.2 Ovládání sekcí infrazóny

V horní části jsou umístěna červená tlačítka (na obr. 4.3) pro ovládání jednotlivých sekcí infrazóny. Jejich rozmístění odpovídá i fyzickému rozmístění sekcí na infrazóně, tedy dvě řady po devíti tlačítkách, přičemž druhé tlačítko v obou řadách představuje hlavní sekci a je proto širší. Tato tlačítka fungují jako přepínač, tedy po stisknutí sepnou a zůstávají sepnutá až do dalšího stisku, kdy vypnou.

Po aktivaci se tlačítko přebarví do zelena, aby bylo poznat zapnuté sekce. Jelikož hlavní sekce musí být zapnutá vždy a ostatní sekce se musí připínat postupně, je přístupnost tlačítek podmíněna zapnutím vždy předchozího tlačítka směrem od hlavní sekce. Tedy například chceme-li zapnout čtvrtou sekci, tlačítko půjde stisknout pouze tehdy, bude-li aktivní třetí sekce.



Obr. 4.3: Návrh vizualizace sekcí infrazóny

Přepínač lze najít v panelech nástrojů pod názvem Switch a jeho výběrem se otevře okno s jeho vlastnostmi. Okno obsahuje pět záložek - General, Security, Shape, Label a Profile. V záložce **General** se nastavuje v položce **Read address** tag, který je tlačítkem ovládán, a v položce **Attribute -> Switch style** způsob jeho přepínání (pro přepínání po každém stisknutí je zvolena možnost Toggle)

V záložce **Security** se nastavuje blokování tlačítka zaškrtnutím **Use interlock function** v položce **Interlock**. Tím se zobrazí nastavení blokovacího tagu a jeho stavu, při němž bude tlačítko odblokováno (povoleno). V záložce **Shape** se nastavuje vzhled tlačítka (barva, rámeček), v záložce **Label** popis tlačítka a v záložce **Profile** rozměry tlačítka a jeho umístění na stránce.

Toto rozložení okna vlastností je stejné pro všechny přepínače a tlačítka a podobné pro ostatní objekty. Z tohoto důvodu budou u ostatních objektů popsány pouze odlišnosti.

Napravo od tlačítek jsou pod sebou umístěna dvě číselná okénka (numeric input) představující výkon bloků infrazóny v procentech. Po kliknutí na okénko se zobrazí klávesnice, na níž se zadává požadovaná hodnota. Okénka jsou napojena na tagy *strida1* a *strida2* a v PLC tak mění střidu PWM signálu. Oproti tlačítkům jsou v okně vlastností další dvě záložky - Data entry a Numeric format. V **Data entry** se nastavuje vyskakovací klávesnice, v **Numeric format** se nastavuje formát zobrazovaného čísla a lze zde v případě potřeby provést i standardizaci.

Ta se nastaví na rozsah hodnot PLC 0-10 a rozsah inženýrských jednotek 0-100. Tím se hodnoty zadané v okénku převedou z rozsahu 0-100 na 0-10 a jelikož tagy *strida1* a *strida2* jsou typu int, dojde ke ztrátě jednoho platného místa. Tedy například zadá-li obsluha číslo 23, to je převedeno na 2,3 a následně na typ int, tedy 2. V PLC je pak toto číslo vynásobeno 10 a z čísla 23 je ve výsledku číslo 20. Tímto způsobem je provedeno ošetření zadávání hodnot výkonu, které jsou mezi stanovenými kroky po 10% (0%, 10%, 20% ... 100%).

4.2.3 Ovládání zdvihu infrazóny a zobrazení rychlosti linky

Další ovládací prvek tvoří dvě tlačítka *Priblizit* a *Oddalit* (na obr. 4.5), která ovládají zdvih infrazóny (tagy *Priblizit* a *Oddalit*). Tato tlačítka jsou aktivní pouze při stisku a obsluha je tedy při pohybování infrazónou musí stále držet.

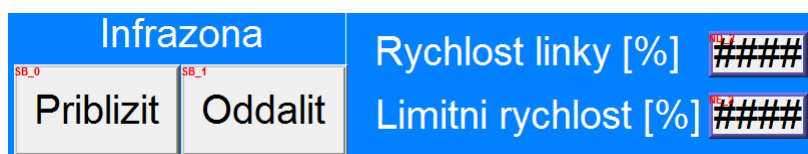
Při najetí infrazóny do horní polohy (na horní čidlo) se infrazóna vypíná. Proto je dobré tento stav signalizovat hlášením. To je provedeno jako vyskakovací okno, které je vytvořeno jako nové s názvem *Window_012*. Má žluté pozadí a je na něm pouze zobrazen text: Infrazóna v horní poloze (obr. 4.4). Toto okno je pak otevíráno pomocí objektu *Direct window*, který má stejnou velikost a umístí se na hlavní obrazovku (tenký bílý rámeček přes tlačítka ovládání sekcí).

V nastavení *Direct window* objektu je jako spouštěcí tag nastaveno horní čidlo a spouštění je nastaveno na stav ON. V položce **Attribute** je nastaveno okno, které *Direct window* objekt otevírá. Pokud je tedy infrazóna na horním čidle, okno s hlášením je otevřeno.

Infrazona v horní poloze

Obr. 4.4: Hlášení - infrazóna se nachází v horní poloze

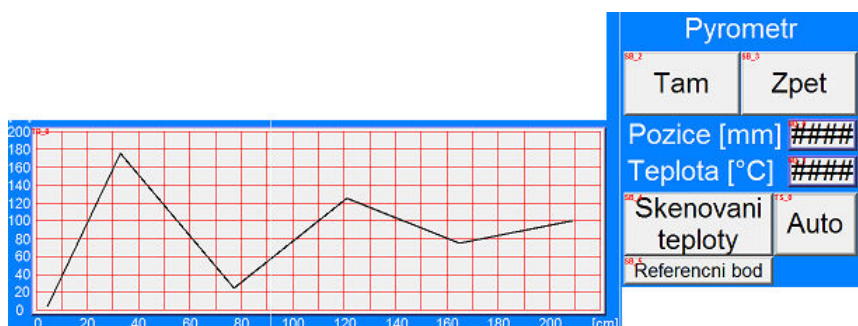
Vedle tlačítek jsou umístěna dvě číselná okénka. Jedno zobrazuje aktuální rychlost linky (tag *Rychlost linky*), do druhého se zadává limitní rychlost linky (tag *Rychlost linky nast.*), při níž se vypínají sekce.



Obr. 4.5: Návrh vizualizace zdvihu infrazóny a rychlosti linky

4.2.4 Skenování teploty

Další část vizualizace je skenování teploty (na obr. 4.6). Pro ruční pohyb pyrome-



Obr. 4.6: Návrh vizualizace skenování teploty

trem slouží dvě tlačítka Tam a Zpět fungující pouze na stisk (tagy *Krokový motor tam* a *Krokový motor zpět*). Pod nimi jsou dvě číselná okénka zobrazující aktuální polohu pyrometru (tag *Pozice*) a teplotu textilie (tag *Teplota*). Pro zapnutí skenování slouží tlačítko Skenování teploty (tag *Skenování Teploty*) a tlačítko Auto (tag *Skenování teploty auto*) pro automatické skenování. Poslední tlačítko Referenční bod (tag *Referenční bod*) slouží pro najetí pyrometru na čidlo výchozí polohy a nastavení polohy na 0mm.

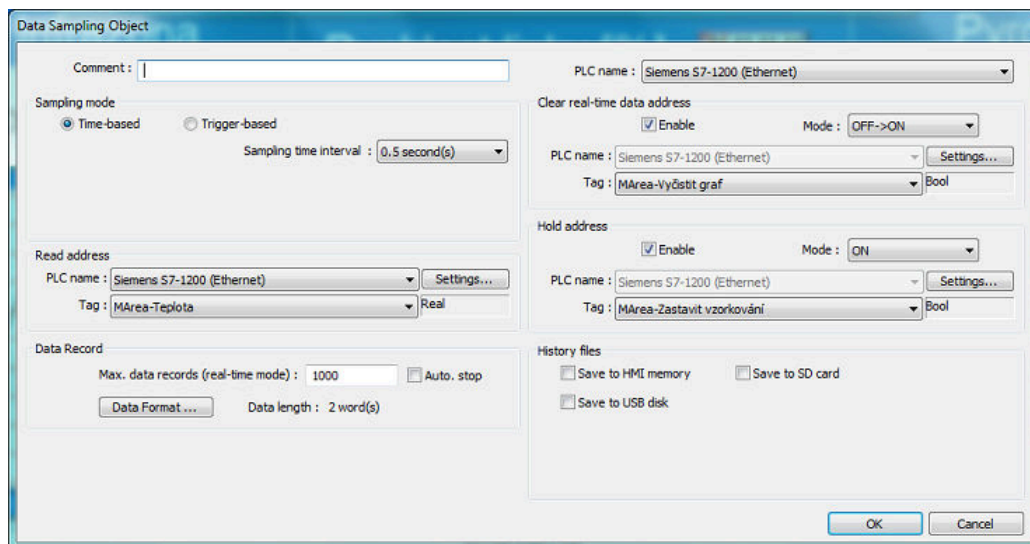
Nejsložitějším prvkem ve vizualizaci je graf, v tomto případě Trend display, který zobrazuje průběh hodnoty tagu *Teplota* v čase. Jelikož se však pyrometr pohybuje po celé délce kolejnice konstantní rychlostí 10mm/s, lze časovou osu ocejchovat i v jednotkách délky, neboť za stejný časový úsek ujede pyrometr vždy stejnou dráhu.

Vzorkování teploty

Nejprve je však nutné průběh teploty navzorkovat, k čemuž slouží objekt Data Sampling v položce **Objects -> Data Logging**. Jelikož Data Sampling objektů lze vytvořit více, po otevření se zobrazují v tabulce každý na novém řádku a jsou rozlišeny číslem (pořadí) v prvním sloupci. Na začátku je tabulka prázdná, kliknutím na **New...** se otevře nový Data Sampling objekt.

Vzorkování tagu *Teplota* je nastaveno časově s periodou 0,5s. Mezi jednotlivými skenováními je zbytečné provádět vzorkování, proto je potřeba ho pozastavit, což se provede v položce **Hold adress**. Ta se zaškrtnutím **Enable** povolí a zobrazí se nastavení tagu (kam se zadá *Zastavit vzorkování*) a jeho stavu, při kterém dojde k zastavení vzorkování.

Při spuštění vzorkování je pak nutné vymazat z paměti předchozí hodnoty. To se provede pomocí tagu *Vyčistit graf*, který se nastaví v položce **Clear real-time data address** s módem OFF->ON. Tato nastavení Data sampling objektu jsou zobrazena na obr. 4.7. Kliknutím na **OK** se okno zavře a nově vytvořený Data sampling objekt je přidán do tabulky.



Obr. 4.7: Nastavení Data sampling objektu

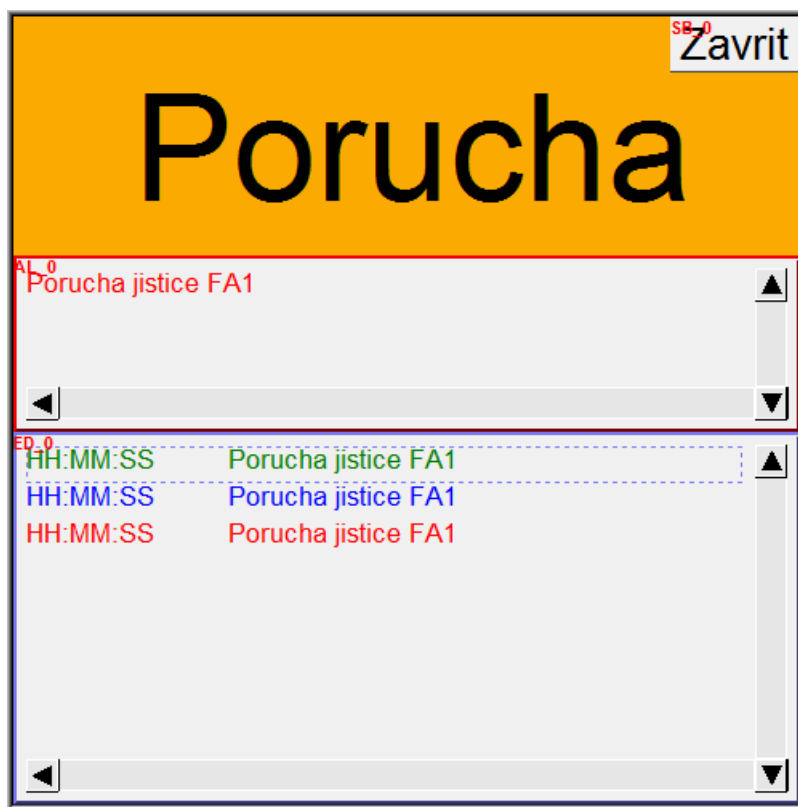
Nastavení grafu

V záložce **General** se nejprve nastaví číslo (index) Data sampling objektu, který vzorkuje veličinu zobrazovanou grafem. Dále je nutné nastavit rozsah časové osy, který lze zvolit v jednotkách času nebo v pixelech (zvolena první možnost), na 220s. Stejně jako vzorkování je nutné zastavovat i vykreslování grafu což se provede opět v položce **Hold address** nastavením tagu *Zastavit vzorkování*.

V záložce **Trend** se nastaví v položce **Grid** parametry mřížky - X-axis interval 10s (svislá mřížka v intervalu 10s) a Y-axis 10 divisions (vodorovná mřížka rozdělena na 10 částí). Nakonec se nastaví rozsah osy Y v záložce **Channel** - Zero 0 a Span 200.

4.2.5 Poruchy

Důležitým vizualizačním prvkem je zobrazení poruch, které by mělo být výrazné, přehledné a mělo by dobře upoutat pozornost obsluhy. Zvoleno bylo vyskakovací okno s nápisem Porucha na oranžovém pozadí jak je zobrazeno na obr. 4.8.



Obr. 4.8: Vizualizace poruchy

Otvírání okna Porucha

Okno porucha je vytvořeno jako nové okno v seznamu oken pod názvem Window_011. Má oranžové pozadí a kromě zmíněného nápisu Porucha obsahuje ještě tlačítko Zavrit, Alarm display (uprostřed) a Event display (dole). Aby se mohlo okno porucha otevřít přes hlavní okno (hlavní okno zůstává v pozadí), je v hlavním okně umístěn Direct window objekt, který zajišťuje otevření nastaveného okna podle stavu bitového tagu.

V nastavení Direct window objektu je jako tag zvolen vnitřní bit HMI panelu LB 0 a spouštění je nastaveno na stav ON. V položce **Attribute** je nastaveno okno, které Direct window objekt otevírá. Pokud je tedy bit LB 0 ve stavu ON, okno Poruchy je otevřeno, ve stavu OFF, je okno zavřeno.

Bit LB 0 se nastaví do ON, pokud nastane porucha nebo při stisku Tlačítka Poruchy v hlavním okně. Tlačítko Poruchy má jako tag nastaven bit LB 0 a funkci Set ON. Okno Porucha se zavírá pomocí tlačítka Zavrit, které má opět nastaven tag LB 0, ovšem funkci má Set OFF.

Zobrazování poruch

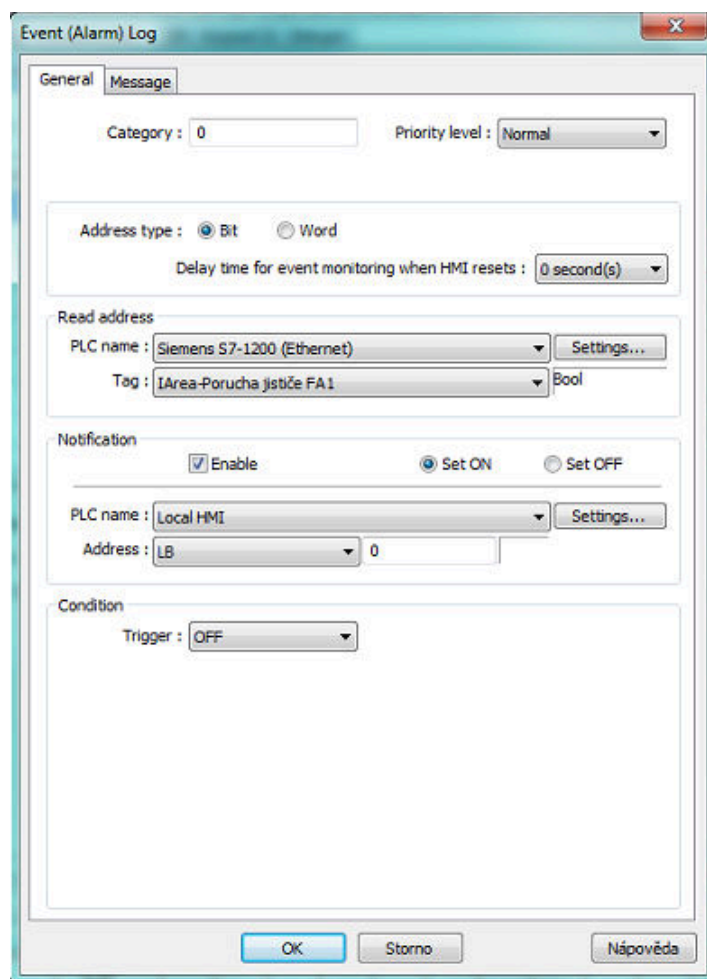
Poruchy zobrazují objekty Alarm a Event display. Rozdíl mezi nimi je v tom, že Alarm display zobrazuje pouze aktuální poruchy (po odstranění poruchy zpráva zmizí), zatímco Event display zobrazuje historii poruch včetně času a data jejich vyvolání (zprávy nemizí, ale řadí se ve sloupci pod sebe). Z tohoto důvodu byly do levého dolního rohu hlavního okna umístěny Numeric input objekty, ve kterých se zadává čas a datum. Ty jsou uloženy v interní paměti panelu následovně: hodiny LW 9019, minuty LW 9018, den LW 9020, měsíc LW 9021 a rok LW 9022. Každý Numeric input tak přepisuje odpovídající word (LW), který je nastaven jako jeho tag.

V nastavení Alarm i Event display objektu je možné povolit Acknowledge funkci (potvrzování poruchy obsluhou), kdy kliknutím na příslušnou poruchovou zprávu dává obsluha najevo, že o dané poruše ví. Při tom se změní barva zprávy, kterou lze v nastavení měnit. Po odstranění poruchy se v Event display objektu příslušná zpráva přebarví na zeleno (barvu opět možno nastavit), aby bylo zřetelné, že porucha již byla odstraněna.

Detekování chyb

Alarm i Event display pouze zobrazují již vyvolané poruchy, ale nedetekují je. Na to slouží objekt Event (Alarm) log umístěný v položce **Objects -> Alarm**. Jeho

otevřením se zobrazí tabulka se všemi poruchami. Kliknutím na řádek s poruchou se otevře okno s jejím nastavením (obr.4.9).



Obr. 4.9: Nastavení poruchy

V záložce **General** je nejprve potřeba nastavit tag, který poruchu spustí, např. *Porucha jističe FA1*, a jelikož se jedná o digitální vstup, kde je negativní logika, spouštěcí podmínka musí být nastavena na OFF. Dále se nastaví v položce **Notification** bit LB 0, který je při vyvolání poruchy přepnut do ON a otevře se tak okno s poruchami. V záložce **Message** se nakonec napíše znění zprávy, která je vypisována v Alarm a Event display objektu.

5 REALIZACE A FUNKČNOST INFRAZÓNY

Výroba infrazóny probíhala v prostorách firmy Phatec. Zde byla také vyzkoušena z hlediska programování PLC a HMI panelu nejtěžší část - Skenování teploty. Při prvním pokusu byla zjištěna mechanická závada, kdy lanko pohybující pyrometrem bylo příliš silné a pohyb pyrometru kladl velký odpor. To mělo za následek prokluzování lanka na kladce krokového motoru. Závada byla vyřešena použitím lanka tenčího.

Ostatní prvky, jako lampy a asynchronní motor, byly vyzkoušeny bez řídicího prvku připojením přímo na síť. Při připojení lamp však došlo k vybavení ochrany způsobené zkratem. Kontrolou zapojení bylo zjištěno přehození dvou vodičů v jedné keramické svorkovnici na infrazóně. Další zkoušení a ladění programu probíhalo již v prostorách zadavatele zakázky na kaširovací lince. Zde již žádné chyby, ať mechanické nebo elektrické, nebyly zaznamenány.

Po naprogramování byla infrazóna předána do zkušebního provozu. Tato verze však oproti finálnímu řešení, které je v této práci popsáno, neobsahovala tlačítko Auto pro automatické skenování, zobrazovala pouze aktuální poruchy a nebylo možné jakékoliv zpětné zjištění poruch.

Zmíněné nedostatky byly zjištěny až při provozu na základě zkušeností obsluhy, neboť autor práce si z pohledu programátora neuvědomil jejich váhu, zejména z hlediska zjednodušení obsluhy. Obsluha tak skenování teploty vždy musela zapínat sama. Z hlediska zobrazování poruch se pak jednalo o chybu, kdy jeden jistič měl vadný pomocný kontakt, který občas na krátký okamžik rozpojil. Chybová zpráva tak byla zobrazena na velice krátkou dobu a obsluha nebyla schopna ji identifikovat.

Tyto nedostatky byly vyřešeny při následující návštěvě provozu. Bylo přidáno automatické skenování, které se při zapnutí spouští každých 10min. Kdykoliv tak obsluha kontroluje obrazovku panelu, zobrazený průběh je aktuální. Pak bylo přidáno i zobrazení historie poruch včetně času jejich spuštění, kvůli čemuž muselo být na panel přidáno tlačítko Poruchy a nastavení času a data.

Zadavatel zakázky je s infrazónou spokojen, neboť splnila jeho očekávání z hlediska zkvalitnění spoje materiálů a tím umožnila zrychlení provozu kaširovací linky. Funkčnost infrazóny dokládá video na přiloženém CD.

6 ZÁVĚR

Tato práce se v prvních dvou kapitolách zabývá popisem infrazóny a její konstrukce, popisem jednotlivých komponent a řídicího systému. Ve zbývajících kapitolách popisuje tvorbu programu pro řízení infrazóny pomocí PLC a tvorbu vizualizace pro ovládání infrazóny pomocí HMI panelu.

Infrazóna je umístěna na kaširovací lince, kde ohřívá netkanou textilii. Zdrojem tepla jsou infračervené halogenové lampy rozdělené do sekcí. Zdvih infrazóny zajišťuje synchronní motor napájený frekvenčním měničem. Teplota textilie je měřena pyrometrem na pohyblivém vozíku, jímž přes lanko pohybuje krokový motor. Řídicí systém infrazóny je tvořen PLC, HMI panelem bez monitoru a dotykovým LCD monitorem.

Řízení infrazóny je vytvořeno podle stanovených požadavků. Infrazóna umí pomocí tlačítek na panelu spínat jednotlivé sekce, přičemž sepnuté sekce jsou indikovány změnou barvy tlačítka. Výkon je možné nastavovat pro oba bloky samostatně v krocích po 10%. Ovládání zdvihu infrazóny je provedeno dvěma tlačítky Priblizit a Oddalit. Pro automatické vypínání sekcí při nízké rychlosti linky slouží nastavení limitní rychlosti linky, která se porovnává s aktuální rychlostí.

Nejsložitější částí řízení je skenování teploty. Lze ho provádět ručně tlačítky Tam a Zpet, kdy se zobrazuje aktuální teplota, ovšem bez vykreslování do grafu, nebo automaticky stiskem tlačítka Skenovani teploty, kdy pyrometr pomalou rychlostí projede přes celou šířku infrazóny a při tom je do grafu vykreslován teplotní profil textilie. Pro opakované zapínání skenování teploty po deseti minutách slouží tlačítko Auto.

Poruchy se zobrazují ve vyskakujícím okně s nápisem Porucha a zobrazením varovné zprávy o poruše. Zprávy se zobrazují ve dvou displejích, v prvním aktuální poruchy, ve druhém historie poruch včetně času jejich spuštění. Okno s poruchami se zobrazí vždy, když nastane porucha, nebo stiskem tlačítka Poruchy na hlavní obrazovce. V pravém dolním rohu hlavní obrazovky je pak umístěno zobrazení času, který je možno nastavit.

Jednotlivé části infrazóny byly vyzkoušeny při výrobě ve firmě Phatec. Následně byla infrazóna spuštěna a vyzkoušena v provozu na kaširovací lince. Ovládací prvky pak byly podle podnětů od obsluhy zdokonalovány do výsledného stavu.

V práci je popsána kaširovací linka a infrazóna včetně jejích částí, dále byl vytvořen řídicí algoritmus pro PLC, vizualizace ovládání infrazóny HMI panelem a funkčnost infrazóny byla ověřena v provozu. Práce tedy splňuje zadání ve všech bodech.

LITERATURA

- [1] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 978-80-7083-746-7.
- [2] PHATEC S.R.O. *Infrazóna: model*. Litomyšl, 2014.
- [3] PHATEC S.R.O. *INFRAZÓNA 2,2m: kaširovací linka 2*. Litomyšl, 2014.
- [4] SUL842070. *Celduc relais* [online]. 15.1.2014 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www.celduc-relais.com/all/pdfcelduc/SUL842070.pdf>
- [5] Martinásková M., Šmejkal L.: Řízení programovatelnými automaty, vydavatelství ČVUT, Praha, 2004
- [6] Řídicí systém Simatic S7-1200. *Siemens Česká republika* [online]. © 2015 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=5dc8474325&ctxp=home>
- [7] SIMATIC S7-1200 CPUs. *Siemens Global Website* [online]. © 1996-2014 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/basic-controller/s7-1200/cpu/PublishingImages/slideshow/cpu1214c_frontal-600.png
- [8] Weintek mTV 100. *WEINTEK.CZ* [online]. © 2005 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: http://www.weintek.cz/mTV_100.php
- [9] MTV-100. *Welcome to Weintek USA* [online]. © 2011 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://weintekhmi.com/product/mtv100>
- [10] 1937L and 1930L 19-inch Open-Frame Touchmonitors. *Elo Touch Solutions* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.elotouch.com/products/lcds/1937l/>
- [11] NDC 06.V. *RTA srl: Stepping motor drives* [online]. © 2010 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: http://www.rta.it/en/prodotti.php?id_prodotto=15
- [12] Produkty. *Balluff* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/product_detail.jsp#/218944
- [13] Compact pyrometer optris CS LT / CSmed LT. *Optris: Non-Contact Temperature Measurement* [online]. 2014 [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.optris.cz/1213>.

- [14] SIEMENS AG. *S7-1200 Programmable controller* [online]. © 2012 [cit. 2015-04-25]. A5E02486680-06. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/simatic_s71200/manual_s7-1200_2012-04_en.pdf
- [15] WEINTEK. *EasyBuilder PRO User manual* [online]. 2014 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: http://www.weintek.cz/pdf/EBPro_manual.pdf
- [16] WEINTEK. *PLC Connection Guide* [online]. 2012 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: http://www.tecon.cz/pdf/PLC_connection_guide.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

PP	Polypropylen
PES	Polyester
SSR	polovodičové relé - Solid State Relay
PLC	programovatelný logický automat - Programmable Logic Controller
HMI	rozhraní mezi člověkem a strojem - Human Machine Interface
HD	vysoké rozlišení - High Definition
HDMI	obrazový a zvukový signál v digitálním formátu - High Definition Multimedia Interface
USB	univerzální sériová sběrnice - Universal Serial Bus
LCD	displej z tekutých krystalů - Liquid Crystal Display
VGA	počítačový standard pro počítačovou zobrazovací techniku - Video Graphics Array
TIA	počítačový standard pro počítačovou zobrazovací techniku - Totally Integrated Automation
LAD	Ladder diagram
FBD	Function block diagram
SCL	Structured Control Language
IP	Internet Protocol
PC	osobní počítač - Personal Computer
CPU	Centrální procesorová jednotka - Central-Processing Unit
PWM	pulsně-šířková modulace - Pulse-Width Modulation
PTO	funkce pulsního generátoru pro ovládání krokových motorů - Pulse-Train Output
EB PRO	vývojové prostředí pro tvorbu vizualizace - EasyBuilder PRO

SEZNAM PŘÍLOH

A	Obrázky infrazóny	62
B	Obsah CD	67

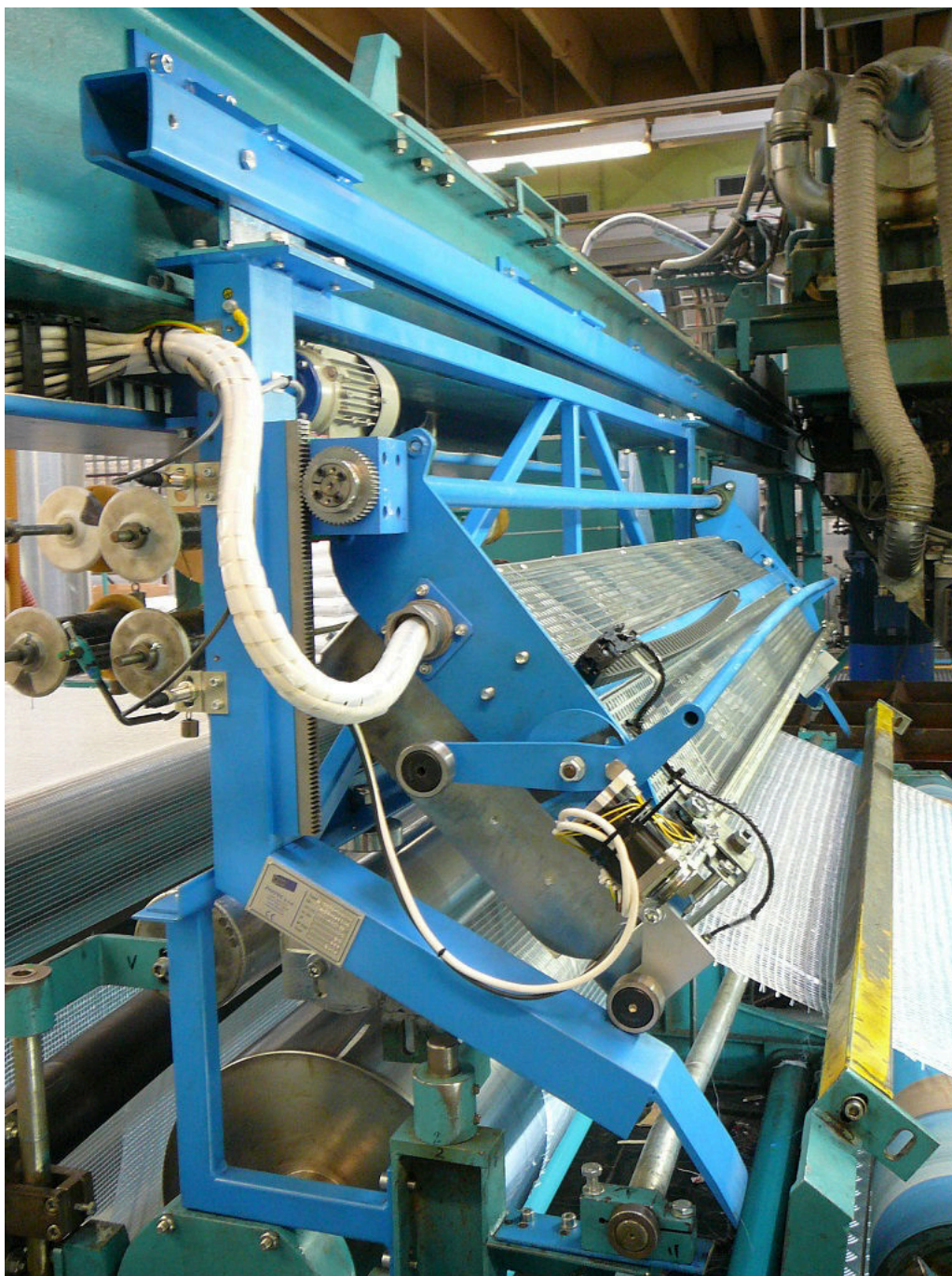
A OBRÁZKY INFRAZÓNY



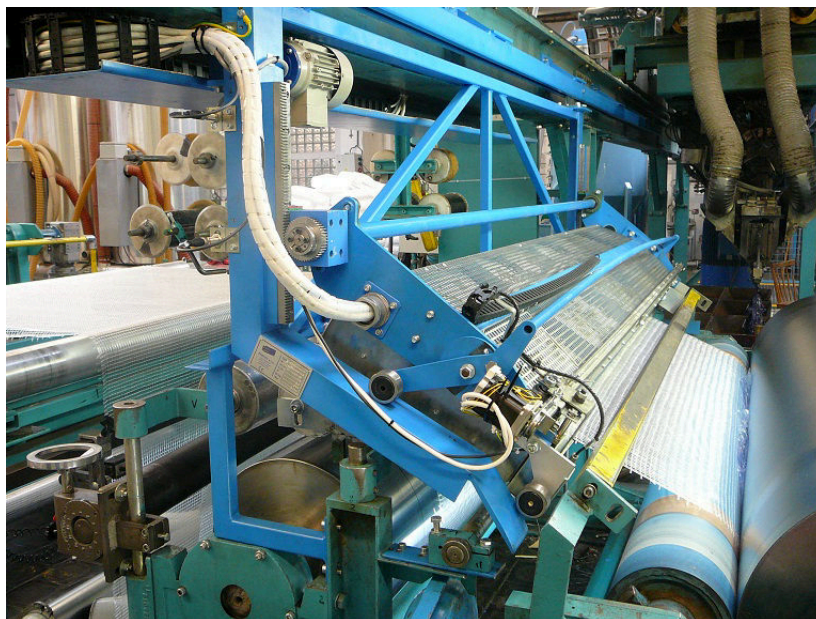
Obr. A.1: Infrazóna při výrobě



Obr. A.2: Infračervené halogenové lampy na infrazóně



Obr. A.3: Infrazóna umístěná na kaširovací lince - v horní poloze



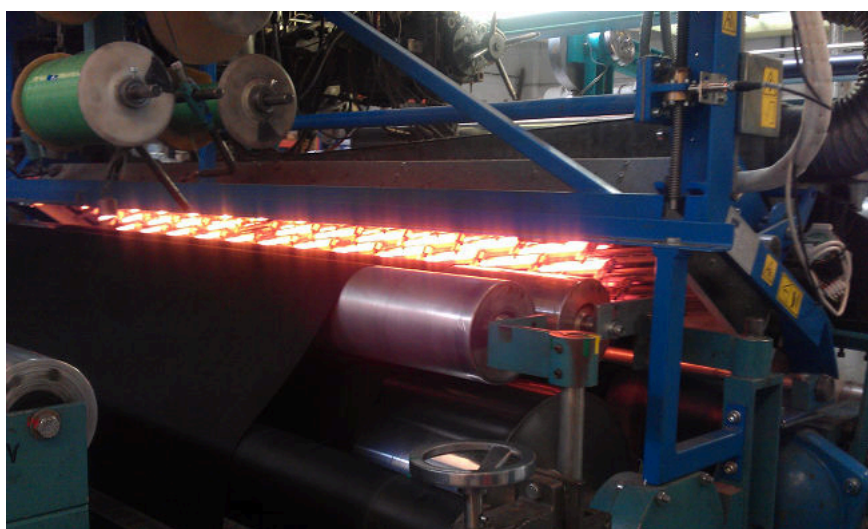
Obr. A.4: Infrazóna umístěná na kaširovací lince - v dolní poloze



Obr. A.5: Vyzařovací strana infrazóny



Obr. A.6: Pojezd pyrometru



Obr. A.7: Zapnutá infrazóna při provozu



Obr. A.8: Rozvaděč infrazóny

B OBSAH CD

- Bakalářská práce v elektronické podobě
- Projekt z prostředí TIA portal - PLC program
- Výpis projektu z TIA portalu
- Projekt z prostředí EasyBuilder PRO - HMI program
- Video