

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2017

**Řízení a vizualizace zařízení pro leptání
křemíkových trubíc**

Bc. Jan MACHÁČEK

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15/2172
708 33 Ostrava-Poruba

20. dubna 2017
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: PLC automat, Vizualizace, Ladder, VisiLogic, Vývojové prostředí

Anotace: Projekt se zabývá řízením a vizualizací zařízení pro leptání křemíkových trubic. Úvodní část projektu obsahuje obecné seznámení s PLC automaty a detailní popis použitého PLC automatu pro tuto aplikaci s popisem rozšiřujících modulů. V další části je popsáno samotné zařízení, pro leptání křemíkových trubic z hlediska konstrukce, ale také jaká je jeho žádaná funkce. Poté se je rozebráno vývojové prostředí pro programování a tvorbu HMI vizualizace. Po seznámení s vývojovým prostředím se projekt zabývá rozborem vytvořeného algoritmu pro řízení zařízení a následně se zabývá popisem vytvořených HMI obrazovek, použité v HMI obrazovce pro ovládání zařízení. Na samotný závěr se projekt zabývá ověřením a odladěním funkce algoritmu řízení.

Obsah

1 Úvod	3
3 Zařízení pro leptání křemíkových trubic	5
4 Návrh algoritmu pro PLC automat	7
5 Návrh HMI vizualizace	9
6 Ověření a odladění funkce algoritmů řízení.....	11
7 Závěr	11
Požítá literatura	13
Seznam použitých symbolů a značek	14

1 Úvod

V dnešní době se velmi často setkáváme s aplikací PLC automatů v průmyslu. Kdy se tyto automaty využívají k řízení produkce výrobních linek, automatizaci procesů a zpracování dat z těchto procesů. Dnes se PLC automaty stávají základním kamenem průmyslové automatizace, kdy se pomocí nich snaží řídit veškeré možné procesy v průmyslu.

Tento projekt se bude zabývat úvodem do problematiky PLC automatů, zároveň se bude zabývat seznámením s daným programovacím automatem značky Unitronics typ Vision 1040, pro který se bude následně vytvářet program pro řízení zařízení. V tomto projektu bude pro toto zařízení vytvořen řídicí algoritmus v podobě ladder diagramu a následně budou vytvořeny obrazovky pro HMI rozhraní. Na závěr bude provedeno odladění a ověření funkce algoritmu řízení daného zařízení.

Řízené zařízení bude sloužit k leptání křemíkových trubic. Tento proces slouží jako povrchová úprava pro další zpracování v procesu tvorby křemíkových součástek (polovodičů). Stroj je reálně postaven a odladěn ve firmě STROZA s.r.o., která ho vyrobila pro nejmenovanou společnost, která se zabývá výrobou křemíkových součástek.

2 PLC automat s HMI rozhraním

Programovatelný automat PLC je programovatelný řídicí systém přizpůsobený pro řízení průmyslových a technologických procesů, velmi často orientovaných na úlohy převážně logického typu. Hlavní předností PLC automatů je především rychlá realizace systému. Není třeba vyvíjet technické vybavení, stačí si jen vybrat z široké škály produktů. Další předností PLC automatů je jejich spolehlivost, odolnost a diagnostika. Technické vybavení je navrženo tak, aby bylo extrémně spolehlivé i v drsných podmínkách v průmyslu. Jsou odolné vůči rušení, poruchám a vyznačují se robustností a spolehlivostí. [15][5]

2.1 PLC automat Vision 1040

Programovatelný PLC automat Vision 1040 je vyráběn firmou Unitronics. Vision 1040 jsou programovatelné logické kontrolory, které mají zabudovaný ovládací panel obsahující barevnou dotykovou obrazovku o úhlopříčce 10,4 palců. Jsou zde také funkční tlačítka umístěná pod dotykovou obrazovkou, dále také Vision 1040 nabízí alfanumerickou klávesnici, která se automaticky zobrazí, pokud daná aplikace vyžaduje od operátora stroje zadání dat či parametrů. PLC automat Unitronics Vision 1040 lze vidět na následujícím Obr. 1. PLC automat

Vision 1040 je kompaktní zařízení které zahrnuje jak HMI tak PLC. [17]

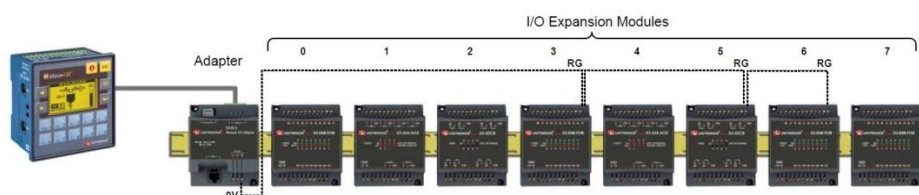


Obr. 1 PLC automat Unitronics Vision 1040 [17]

2.2 Rozšiřující moduly

Rozšiřující moduly jsou u PLC automatu Unitronics Vision 1040 dva typy, které je možné využít pro tento daný typ PLC a je to tzv. „SNAP-IN“ rozšiřující modul nebo externí moduly.

V tomto projektu se však budeme zabývat pouze externími rozšiřujícími moduly lokálními, protože ty byly využity v této aplikaci. Z důvodu toho že hlavní rozvaděč je umístěn ze zadní strany stroje a PLC automat s integrovanou obrazovkou je třeba zpřístupnit operátorovi na přední straně stroje, bylo nutné využít těchto rozšiřujících modulů připojených přes vstupně/výstupní rozšiřující port.



Obr. 2 Propojení modulů a PLC automatu [17]

V tomto projektu byly použity následující rozšiřující moduly.

Rozšiřující modul EX-D16A3-TO16

Rozšiřující modul EX-D16A3-TO16 je vstupně/výstupní rozšiřující modul s adaptérem pro komunikaci s PLC automatem a propojením s dalšími rozšiřujícími moduly. Samotný modul rozšíří PLC automat o 16 binárních vstupů, 16 tranzistorových výstupů a 3 analogové vstupy.



Obr. 3 Rozšiřující modul EX-D16A3-TO16 [12]

Rozšiřující modul IO-D16A3-TO16

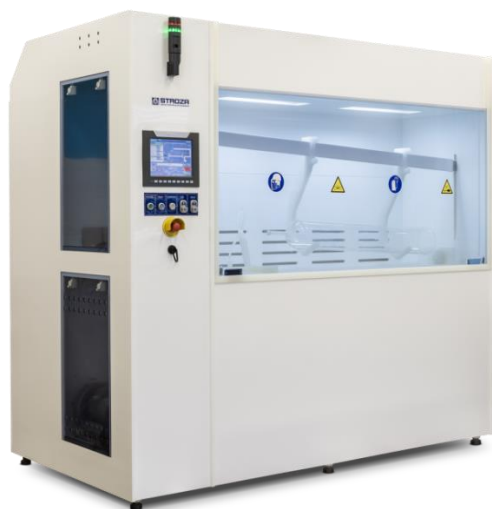
Tento modul rozšiřuje PLC automat o 16 digitálních vstupů, dále zahrnuje jeden vysokorychlostní vstup, 16 tranzistorových výstupů zahrnující jeden vysokorychlostní výstup a 3 analogové vstupy.

Rozšiřující modul IO-D16A3-RO16

IO-D16A3-RO16 je rozšiřující modul nabízející 16 digitálních vstupů, z nichž dva lze použít jako vysokorychlostní vstupy. Dále má 16 výstupů, řešených pomocí relé, které snesou větší proudové a napěťové výkony než tranzistorové výstupy, avšak za cenu pomalejší doby sepnutí. Tento modul také nabízí 3 analogové vstupy.

3 Zařízení pro leptání křemíkových trubic

Toto zařízení je vyrobeno pro průmyslové odvětví pro výrobu polovodičů, jako box pro povrchovou úpravu křemíkových trubic pomocí procesu leptání. Box umí leptat povrch trubic vnitřní i vnější povrch trubice zároveň nebo pouze leptá vnitřní povrch trubice. Pro druhý způsob leptání bylo toto zařízení především navrženo. Zařízení může však leptat i menší součástky, které se umístí do menší kádě, umístěné vedle hlavní kádě. Druh leptání si vybírá obsluha pomocí receptur na hlavním panelu stroje, které předtím nastavil technolog dle požadavků na daný typ trubice či součástky. Box byl vyroben z vysoce odolných plastů proti kyselinám použitých v procesu leptání a byl navržen pro maximální bezpečnost obsluhy. Na následujícím Obr. 4 lze vidět celé zařízení pro leptání křemíkových trubic.



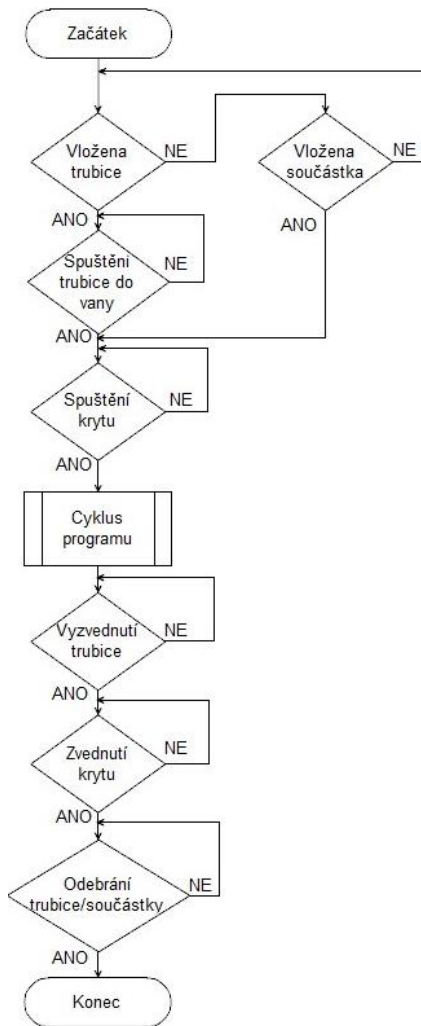
Obr. 4 Zařízení pro leptání křemíkových trubic

Funkce zařízení

Jako první budou zde popsány operace, které musí obsluha vykonat ručně. Tyto operace jsou naznačeny na

Obr. 5, kdy celý proces začíná vložением leptané trubice/součástky do vany pro ně určené (trubice => Main pool, součástky => Small pool). Pokud obsluha vložila trubici do zařízení, je potřeba, aby tuto trubici spustila pomocí výtahu do vany a v případě vnitřního leptání založila trysku. Následně obsluha pomocí tlačítek na ovládacím panelu spustí kryt pracovního prostoru. Nyní spustí samotný proces stroje.

Po skončení procesu stroje je zapotřebí zvednout trubici z vany a poté vyjet do horní pozice skrytem. Vše provádíme za pomoci tlačítek na ovládacím panelu. Na závěr obsluha vyjme ze stroje trubici/součástku a tím je konec jednoho cyklu.



Obr. 5 Vývojový diagram operací obsluhy

Cyklus programu

Nyní si popíšeme jeden cyklus programu znázorněný pomocí vývojového diagramu na Obr. 6. Jako první musí obsluha vybrat recepturu programu podle toho, co a jak chce leptat. Po výběru potřebné receptury odstartuje samotný program pomocí tlačítka na ovládacím panelu. Dle receptury se program rozhoduje, zda bude provádět leptání v Main pool nebo v Small pool.

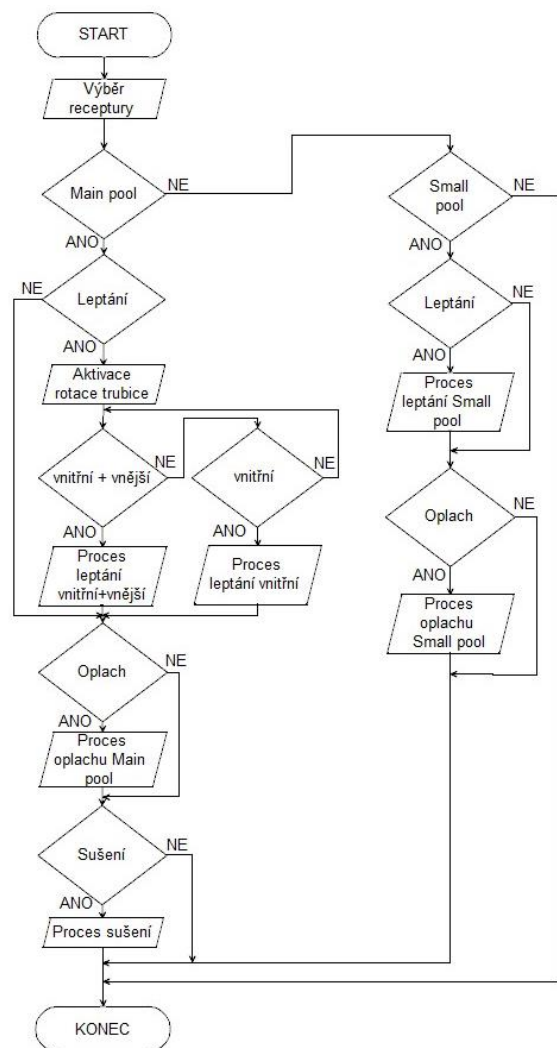
Main pool

Pokud se zvolí leptání v Main pool, cyklus pokračuje tak, že podle receptury se rozhodne, zda se aktivuje leptání nebo se

leptání přeskočí až přímo na oplach. V případě, že je navoleno leptání trubice se aktivuje rotace trubice a následně se opět dle receptury volí mezi vnitřním + vnějším nebo pouze vnitřním leptáním a tím se aktivuje daný proces leptání.

Small pool

Při výběru receptury pro leptání ve Small pool se provede cyklus leptání ve Small pool. Tento cyklus je velmi podobný cyklu Main pool jen s tím rozdílem že se zde neaktivuje žádná rotace a neprovádí se proces sušení, zde tato funkce nebyla žádaná.



Obr. 6 Vývojový diagram jednoho cyklu programu

4 Návrh algoritmu pro PLC automat

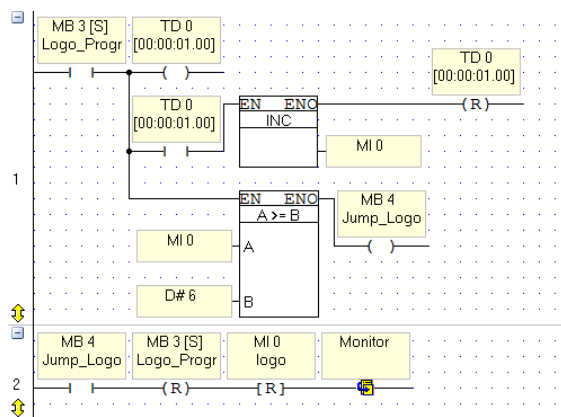
Program pro toto zařízení se skládá z několika podfunkcí, které jsou mezi sebou navzájem propojeny pomocí proměnných, vstupů a výstupů. Program je možné vytvořit jako jednu velkou funkci a však při takto rozsáhlém programu se stává program nepřehledný, to zapříčiní vyšší chybovost programátora a špatnou orientaci v programu při odladování samotného stroje. Proto jsme zvolili rozdělení programu do jednodušších funkcí, které následně jsou propojeny mezi sebou a plní funkci stejně tak jako jedna velká funkce jen je orientace daleko jednodušší. Následně tedy budou popsány jednotlivé funkce samostatně.

Hlavní funkce Main Routine

Tato funkce je základní funkce programu tzv. Main funkce. Zde slouží pouze pro aktivaci všech podfunkcí, které je potřeba mít během funkce stroje aktivní. Jednotlivé funkce se volají pomocí příkazu Call subroutine, čímž je aktivujeme.

Podfunkce Logo

Tato podfunkce slouží pouze pro zobrazení loga výrobce zařízení po určité době, po jeho zapnutí a postupné zobrazení názvu výrobce.



Obr. 7 Podfunkce Logo

Podfunkce PIN

Podfunkce PIN slouží pouze k tomu, aby bylo možné zobrazit obrazovku pro zadání hesla pro vstup na obrazovky zamčené heslem.

Podfunkce Poruchy

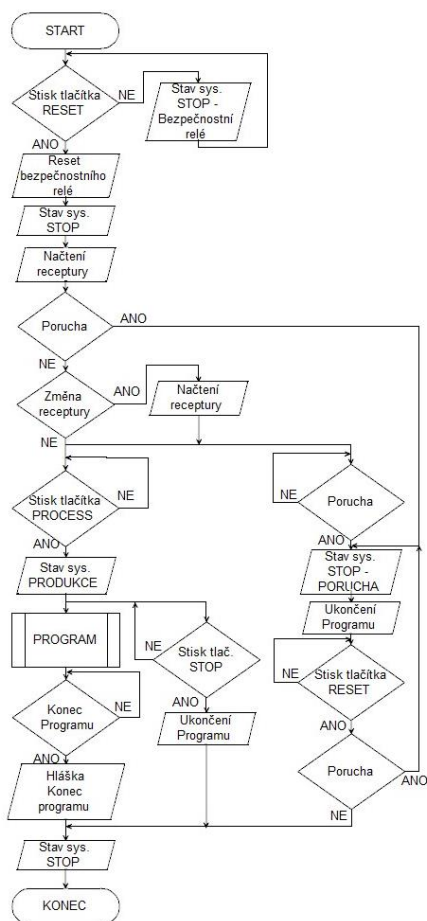
Podfunkce *Poruchy* slouží ke kontrole celého stroje a má za úkol identifikovat poruchy stroje.

Podfunkce Set Recept

Podfunkce *Set Recept* je aktivována až po vstupu na obrazovku pro nastavení receptury. Tato podfunkce slouží k zapsání nastavené receptury na obrazovce pro nastavení receptury do DataTable – Receptura na správnou pozici.

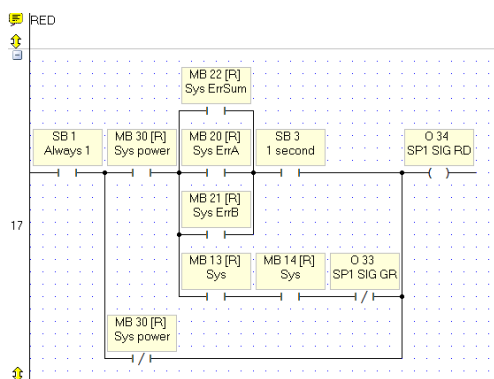
Podfunkce Systém

Tato podfunkce slouží k ovládání a přepínání stavu zařízení. Zařízení má několik stavů jako je např. Stop-bezpečnostní relé, Stop-porucha, Produkce atd. Tyto stavy se mezi sebou přepínají v závislosti na daných podmínkách. Při změně stavu se zde také provádí změna proměnné, která na hlavní obrazovce monitoru mění stavové hlášky stroje a dává tedy obsluze informace o stavu stroje.



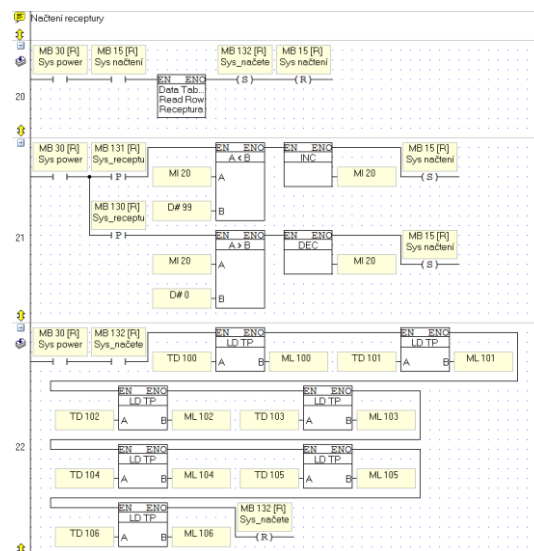
Obr. 8 Vývojový diagram funkce Systém

Podfunkce Systém dále také obsahuje ovládání akustické a světelné signalizace majáku na ovládacím panelu.



Obr. 9 Světelná signalizace červené barvy

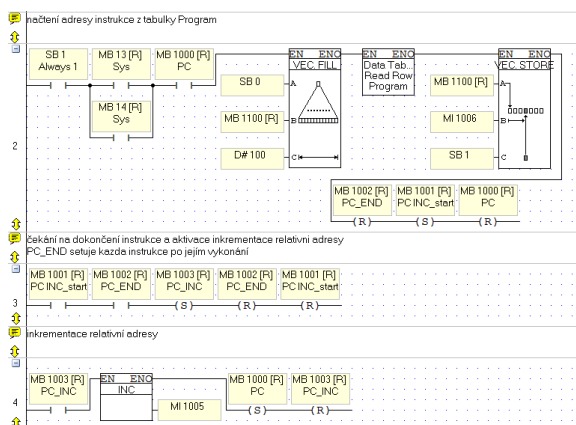
Podfunkce také obsahuje funkci pro načtení receptury při změně receptury pomocí tlačítek na obrazovce Monitoru.



Obr. 10 Načtení receptury

Podfunkce Program

Podfunkce *Program* je jedna z hlavních podfunkcí, zde se provádí hlavní cyklus, kterým se řídí celé zařízení, zajišťuje rozhodování na základě receptury, co se bude dít během cyklu a aktivuje všechny potřebné podfunkce. Samotná podfunkce *Program* je vytvořena tak aby se dala jednoduše editovat a tím upravit chod cyklu popřípadě změnit posloupnost celého cyklu. Jednoduché editování je zaručeno tím, že v podfunkci *Program* je obsaženo nespočet malých funkcí aktivujících podfunkce. Každá z těchto malých funkcí je označena číslem, toto číslo udává číslo instrukce, posloupnost instrukcí je uložena v DataTable. Při aktivaci cyklu se načte první instrukce z DataTable která aktivuje, některou z malých funkcí po vykonání této funkce se opět vyčte následující instrukce a tím se spustí opět jiná z malých funkcí. Z tohoto důvodu je program jednoduše editovaný díky jednoduše změně posloupnosti instrukcí v DataTable.



Obr. 11 Podfunkce Program - vyčítání instrukcí z DataTable

Podfunkce Makra

Podfunkce *Makra* je určena především pro aktivaci jednotlivých akčních prvků a zobrazovacích prvků na obrazovkách při aktivaci.

Podfunkce Rotation tube

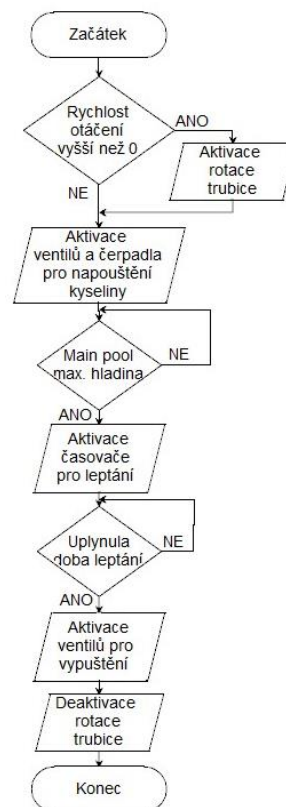
Podfunkce *Rotation tube* je určena především pro aktivaci rotace trubice při leptání. Pomocí této podfunkce se nastavují rychlosti otáčení, které si můžeme zvolit v nastavení receptury.

Podfunkce Outside etching

Podfunkce *Outside etching* je funkce pro vnější a vnitřní leptání trubice, je téměř shodné s podfunkcí pro vnitřní leptání s tím rozdílem, že se na místo vstřikování kyseliny do vnitřku trubice tryskou napustí plný main pool kyselinou a provádí se leptání po nastavenou dobu. Po ukončení leptání se main pool vypustí.

5 Návrh HMI vizualizace

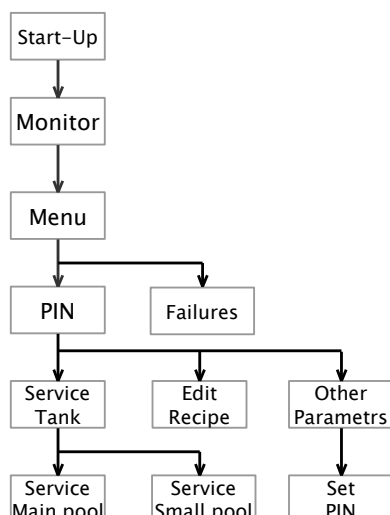
HMI rozhraní pro toto zařízení tvoří několik obrazovek, které se mezi sebou přepínají pomocí tlačítek. Každá z těchto obrazovek byla navržena tak, aby ovládání a orientace, v nich byla co možná nejvíce intuitivní.



Obr. 12 Podfunkce Outside etching - cyklus leptání

Dále řídicí algoritmus obsahuje další podfunkce, jako jsou:

- **Podfunkce Drying,**
- **Podfunkce Inside etching,**
- **Podfunkce Inside rinsing,**
- **Podfunkce Outside rinsing,**
- **Podfunkce Small pool etching,**
- **Podfunkce Small pool rinsing,**
- **Podfunkce Service main pool,**
- **Podfunkce Service small pool,**
- **Podfunkce Service tank.**



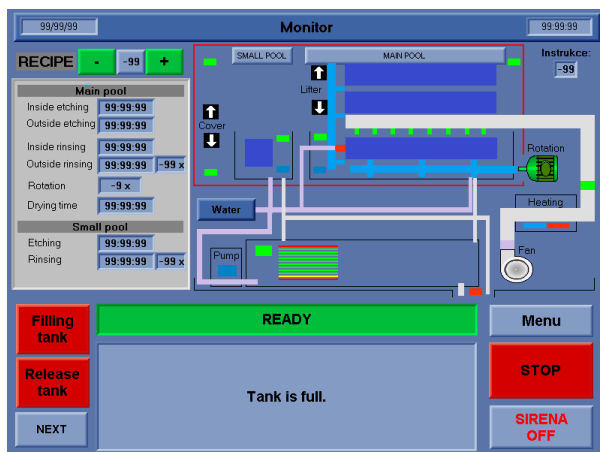
Obr. 13 Blokové schéma HMI rozhraní

Obrazovka Start-Up

Obrazovka Start-Up slouží k zobrazení loga a názvu firmy výrobce.

Obrazovka Monitor

Další obrazovkou je Monitor. Tato obrazovka se zobrazí po zobrazení obrazovky Start-Up a slouží k hlavnímu ovládání zařízení obsluhou. Jsou zde zobrazeny potřebné informace pro práci se zařízením a také se pomocí této obrazovky vybírá receptura, aktivuje se cyklus plnění nebo vyprázdnění tanku a také se přepíná na obrazovku Menu nebo se zastaví program pomocí tlačítka Stop.



Obr. 14 Obrazovka Monitor

Obrazovka Menu

Tato obrazovka slouží jen jako menu pro přechod na další obrazovky.

Obrazovka PIN

Obrazovka PIN slouží k zadávání hesla pro vstup do obrazovek chráněných heslem.

Obrazovka Set PIN

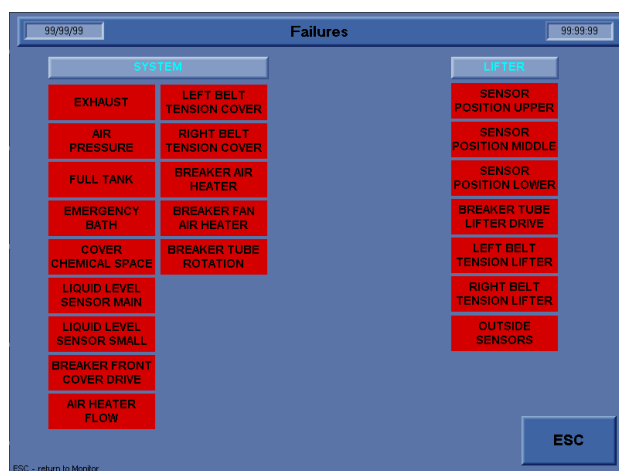
Další obrazovkou je obrazovka Set PIN, která vypadá stejně jako obrazovka PIN, jen zde nastavujete heslo, kterým budou obrazovky chráněny.

Obrazovka Other Parameters

Tato obrazovka slouží k nastavení základních parametrů zařízení, které nesouvisí s recepturou, ale jsou potřebné pro správnou funkci zařízení.

Obrazovka Failures

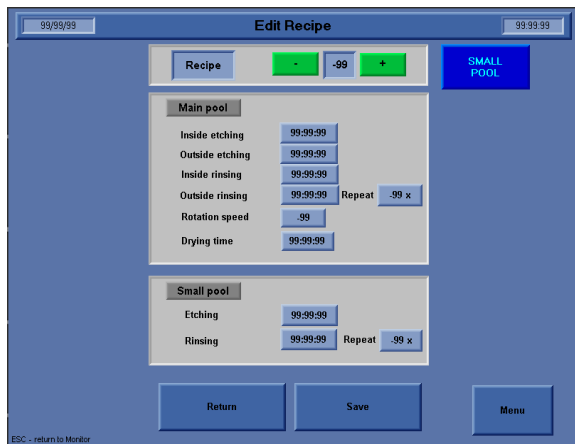
Obrazovka *Poruchy* (Failures) je určena k zobrazování poruch, které na zařízení nastaly.



Obr. 15 Obrazovka Poruchy

Obrazovka Receptura

Obrazovka *Receptura* slouží k nastavení parametrů jednotlivých receptur.



Obr. 16 Obrazovka Receptura

Dále program zařízení obsahuje další obrazovky pro servisní úkony na zařízení, kde je možné si aktivovat jednotlivé funkce. Tyto obrazovky jsou:

- Obrazovka Service main pool
- Obrazovka Service Small pool
- Obrazovka Service Tank

6 Ověření a odladění funkce algoritmů řízení

Tato část práce je velmi důležitá protože se zde provádí aplikace předem vytvořeného algoritmu řízení přímo na daném zařízení, kdy se při aplikaci vytvořeného algoritmu začínají objevovat různé chyby, které programátor během tvorby algoritmu udělal. V této části se také vytvářejí dodatečné funkce, tak aby se ošetřily všechny možné stavy zařízení, které by mohli nastat, proto je tato část také jedna z nejobtížnějších. Při odladění je zapotřebí aby samotný programátor strávil osobně určitý čas se zařízením a simuloval různé poruchové stavy tak aby tyto stavy mohl následně ošetřit.

7 Závěr

Projekt se zabývá řízením a HMI vizualizací pro zařízení na leptání křemíkových trubíc za pomoci PLC automatu. Jako první bylo provedeno seznámení s PLC automaty a poté podrobné nastudování PLC automatu pro danou aplikaci. Pro tuto aplikaci byl určen PLC automat Vision 1040 od firmy Unitronics a dále pak proběhlo seznámení s rozšiřujícími moduly pro PLC automat Vision 1040.

Po seznámení s PLC automate bylo provedeno seznámení se zařízením pro leptání křemíkových trubíc, z konstrukčního pohledu. Poté bylo provedeno seznámení s technologií leptání. Následně byl proveden rozbor zařízení z hlediska jeho funkce, kterou požadoval zákazník. Tuto funkci je možné vyčíst z vývojových diagramů zobrazených na

Obr. 5 a Obr. 6.

V následující kapitole bylo pro zvolený typ PLC automatu popsáno vývojové prostředí, dodávané výrobcem k tomuto PLC. Toto prostředí je VisiLogic 9.8.31, ve kterém se provádí programování za pomoci programovacího jazyka tzv. Ladder diagramu, ale také slouží pro

tvorbu HMI vizualizace. Popis tohoto vývojového prostředí byl tedy rozdělen na dvě části. V první části se popis zabýval částí programovacího prostředí, sloužícího pro tvorbu programu programovacím jazykem a v druhé části se zaměřil na HMI vizualizační prostředí pro tvorbu obrazovek, zobrazovaných na HMI rozhraní.

Následně bylo ve vývojovém prostředí nakonfigurováno PLC Vision 1040 s potřebnými rozšiřujícími moduly. Byla vytvořena základní struktura programu. V této struktuře se postupně začaly programovat základní funkce systému pro řízení zařízení. Tyto funkce byly následně popsány a zobrazeny, pomocí vývojových diagramů a Ladder diagramů pro zjednodušení popisu. K základní struktuře se postupně přidávali jednotlivé podfunkce do té doby, než vznikl celý algoritmus řízení.

V následující kapitole byl proveden návrh obrazovek, zobrazených na obrazovce HMI. Tyto obrazovky jsou pomocí proměnných propojeny s programem a slouží k ovládání zařízení. Každá vytvořená obrazovka zde byla následně popsána z pohledu na její funkci i funkci prvků, které zobrazuje.

V závěrečné části se provedlo samotná aplikace řídicího algoritmu na reálném zařízení pro ověření a odladění funkce řídicího algoritmu. Toto odladění proběhlo v pořádku, během ověřování funkce se však vyskytli stavy, které nebyly ošetřeny a musely se tedy vytvořit dodatečně funkce pro ošetření těchto stavů případně upravit stávající funkce. Po kompletním odladění stroje, simulaci různých poruchových stavů bylo zařízení zabaleno a odesláno zákazníkovi.

Požitá literatura

- [1] *Algoritmizace* [online]. SPŠE Mohelnice [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.spsemoh.cz/vyuka/algor/>
- [2] *All about circuits* [online]. [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://www.allaboutcircuits.com/>
- [3] *Automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/>
- [4] HÜTTEL, Ivan. *Technologie materiálů pro elektroniku a optoelektroniku*. Praha: VŠCHT Praha, 2000. ISBN 80-7080-387-8.
- [5] KOZIOREK, J., TAKÁČ, J., PETRTÝL, O., ZMIJKA, M., FORMÁNEK, J., SMÍD, J. 2013. *Aplikace řídicích systémů s programovatelnými automaty*. PRVNÍ. Ostrava, 2013.
- [6] KRÁTKÝ, Stanislav. *SUCHÉ A MOKRÉ CESTY LEPTÁNÍ KŘEMÍKU*. Brno, 2010. Semestrální projekt. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Matějka.
- [7] *Library.AutomationDirect.com* [online]. 2015 [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://library.automationdirect.com/>
- [8] NOSKIEVIČ, P. *Modelování a identifikace systémů*. Ostrava: Montanex, 2009, 276 s. ISBN 80-722-5030-2.
- [9] *ON Semiconductor* [online]. 2017 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.onsemi.com/>
- [10] *PLC FATEK* [online]. 2017 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://fatek.seapraha.cz/>
- [11] PŠENČÍKOVÁ, Jana. *Algoritmizace*. Vyd. 2. Kralice na Hané: Computer Media, 2009. ISBN 978-80-7402-034-6.
- [12] *SCHMACHTL* [online]. [cit. 2016-12-25]. Dostupné z: <http://www.schmachtl.cz/>
- [13] *Stroza s.r.o.* [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://stroza.cz/>
- [14] ŠMEJKAL, L. *PLC a automatizace*. 2. díl, Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
- [15] ŠMEJKAL, L., & MARTINÁSKOVÁ, M. *PLC a automatizace*. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
- [16] TECHNICKÁ SPECIFIKA UNITRONICS VISION 1040 [online]. [cit. 2016-10-23]. Dostupné z WWW stránek <http://myzone.kza3sadj.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/12/V1040-T20B_TECH-SPEC_11-10.pdf>
- [17] *Unitronics* [online]. [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://unitronicsplc.com/>
- [18] VLACH, Jaroslav. *Řízení a vizualizace technologických procesů*. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-66-X.

Seznam použitých symbolů a značek

C	čítač
COOM	porty pro připojení sériové komunikace
RS232	sériová komunikace
RS485	sériová komunikace
DW	proměnné datového typu Double Word
I	vstupy programovatelného PLC automatu
KB	kilo byte
Kbit/s	kilobit za sekundu
kΩ	kilo ohm
LED	svíticí dioda
mA	mili ampéry
MB	proměnné datového typu BOOL
MB	mega byte vyznačuje velikost paměti
Mbit/s	megabit za sekundu
MF	proměnné datového typu Memory Floats
MI	proměnné datového typu Integer
ML	proměnné datového typu Long Integer
NPN	negativní logika
O	výstupy programovatelného PLC automatu
PLC	programovatelný logický řídicí automat
PNP	pozitivní logika
SB	systémová proměnná datového typu BOOL
T	časovač
TFT	aktivní displej tvořený tenkovrstvými tranzistory
S.C.	zkrat v obvodu („short circuit“)
V	napětí
VDC	stejnoseměrné napětí