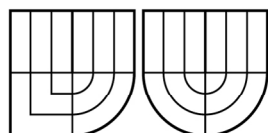


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ MANIPULAČNÍ LINKY SUCHÝCH VÝROBKŮ CONTROL OF MANUFACTURING LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN STRÍŽ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. FRANTIŠEK ZEZULKA, CSc.

BRNO 2008

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Stříž Martin, Bc.

Ročník: 2

ID: 89364

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Řízení manipulační linky suchých výrobků

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem je navrhnout, realizovat a v reálném provozu ověřit program pro řídicí systém manipulační linky suchých výrobků.

Řídicí program bude obsahovat především funkce pro ovládání dopravníků, zásobníků palet, tříosého manipulátoru a stanic čištění. Součástí programu je také správa receptur, podle kterých jsou výrobky skládány na palety pro expedici. K pohonu jednotlivých pohybů jsou navrženy elektrické motory a hydraulické válce. Součástí řešení je výkonové dimenzování elektrických pohonů. Proveďte rozbor programovacích jazyků dle IEC 1131-3 a zvolte pro daný úkol nejvhodnější řešení.

Systém řízení řešte programovatelným automatem řady Simatic S7-300.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího a konzultanta.

Termín zadání: 3.12.2007

Termín odevzdání: 26.5.2008

Vedoucí projektu: prof. Ing. František Zezulka, CSc.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Řízení manipulační linky suchých výrobků

Diplomová práce

Studijní obor: Kybernetika, automatizace a měření
Student: Bc. Martin Stříž
Vedoucí: prof. Ing. František Zezulka CSc.

Klíčová slova:

Simatic, programovatelný automat, řídicí program, elektrický pohon

Abstrakt :

Cílem projektu je vytvořit program pro řídicí systém manipulační linky suchých betonových výrobků. Řídicí systém je tvořen modulárním programovatelným automatem firmy Siemens Simatic S7-300. Obsluha s tímto systémem pracuje prostřednictvím ovládacího pultu s tlačítky a dotykovým displejem TP 177A. Součástí programu jsou řídicí funkce pro dopravníky, manipulátor a také správa receptur.

V teoretické části je provedeno výkonové dimenzování dvou elektrických motorů podle požadavků mechanických systémů na jejich točivý moment. Jsou popsány základy programování PLC podle normy IEC 61131-3 včetně popisu pěti základních programovacích jazyků. Praktická část obsahuje postup tvorby projektu v prostředí programu Step 7 a popis funkce řídicího systému a jeho obsluhy.

Brno University of Technology

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Control, Measurement and Instrumentation

Control of manufacturing line

Thesis

Specialisation of study: Automation and Measurement Instrumentation
Student: Bc. Martin Stříž
Supervisor: prof. Ing. František Zezulka CSc.

Keywords:

Simatic, programmable logical controller, control program, electric drive

Abstract :

The main task of this project was to design a program for control system of dry concrete product handling line. This manufacturing line is controlled by a programmable logical controller Simatic S7-300 produced by Siemens company. A graphical touch panel TP 177A and a control desk with buttons are used as human machine interface. The developed program contains functions for control conveyors, manipulator and cleaning station. Management of formulations stored in PLC by operator is also included in program.

The theoretical part deals with dimensioning of drives for two mechanical systems of this manufacturing line. Choice of power output of the electric motors depends on the required torque. A fundamental principles and rules of five basic programming languages for PLC in accordance with the standard IEC 61131-3 are specified here. The practical part describes project creation in Step 7 software and functions and capabilities of projected system by means of user manual.

Bibliografická citace

STRÍŽ, Martin. *Řízení manipulační linky suchých výrobků Diplomová práce.*
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií, 2008. 63s., 3 přílohy. Vedoucí práce. prof. Ing.
František Zezulka CSc.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma řízení manipulační linky suchých výrobků jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 9 |
| 2. POPIS MANIPULAČNÍ LINKY..... | 10 |
| 2.1 Dráha..... | 10 |
| 2.2 Manipulátor..... | 12 |
| 2.3 Dopravník palet..... | 13 |
| 3. DIMENZOVÁNÍ POHONŮ LINKY..... | 14 |
| 3.1 Zdviž | 14 |
| 3.2 Manipulátor..... | 17 |
| 4. HARDWARE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU..... | 23 |
| 4.1 PLC Simatic S7-300 | 23 |
| 4.2 Dotykový panel TP 177A | 25 |
| 5. PROGRAMOVACÍ JAZYKY PRO PLC..... | 26 |
| 5.1 Standard IEC 61131-3..... | 26 |
| 5.1.1 Programové moduly..... | 27 |
| 5.1.2 Programovací jazyky | 31 |
| 6. TVORBA PROGRAMU – STEP 7 A WINCC..... | 35 |
| 6.1 Tvorba projektu..... | 36 |
| 6.1.1 HW konfigurace..... | 37 |
| 6.1.2 Adresování vstupů a výstupů..... | 39 |
| 6.1.3 Konfigurace sítě – NetPro | 40 |
| 6.2 uživatelský program..... | 41 |
| 7. POPIS PROGRAMU | 42 |
| 7.1 Struktura programu | 42 |
| 7.2 Bloky programu PLC..... | 44 |
| 7.3 Program pro displej TP 177A | 46 |
| 8. OBSLUHA LINKY | 47 |
| 8.1 Zapnutí rozvaděče | 47 |
| 8.2 Zapnutí sekcí..... | 47 |
| 8.3 Ruční ovládání | 47 |
| 8.4 Ovládání displeje | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 8.5 Automatický chod | 58 |
| 8.6 Postup při změně výrobního programu | 61 |
| 9. ZÁVĚR | 62 |
| 10. LITERATURA..... | 63 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 2.1: Dráha..... | 11 |
| Obr. 2.2: Manipulátor..... | 12 |
| Obr. 2.3: Roštový dopravník palet..... | 13 |
| Obr. 3.1: Mechanické uspořádání zdviže..... | 15 |
| Obr. 3.2: Momentová charakteristika motoru 1LA7 134-6AA60..... | 16 |
| Obr. 3.3: Mechanika pohonu manipulátoru..... | 17 |
| Obr. 3.4: Časový průběh otáček motoru..... | 19 |
| Obr. 3.5: Časový průběh momentu na hřídeli motoru..... | 21 |
| Obr. 3.6: Momentová charakteristika motoru 1LA7 107-4AA60..... | 22 |
| Obr. 4.1: Propojení S7-300 s PC..... | 24 |
| Obr. 4.2: Panel TP 177A..... | 25 |
| Obr. 5.1: Přiřazení programových modulů do úloh..... | 30 |
| Obr. 5.2: Ukázka jazyka LD..... | 32 |
| Obr. 5.3: Ukázka jazyka FBD..... | 32 |
| Obr. 5.4: Blok s přídatným vstupem EN a výstupem ENO..... | 33 |
| Obr. 5.5: Příklad programu v jazyce SFC..... | 34 |
| Obr. 6.1: Projekt v SIMATIC Manageru..... | 37 |
| Obr. 6.2: Konfigurace hardware PLC..... | 38 |
| Obr. 6.3: Propojení stanic MPI sběrnicí..... | 40 |
| Obr. 7.1: Zjednodušená struktura bloků programu..... | 43 |
| Obr. 8.1: Hlavní obrazovka..... | 50 |
| Obr. 8.2: Označení chyby na hlavní obrazovce..... | 50 |
| Obr. 8.3: Poslední chybové hlášení..... | 51 |
| Obr. 8.4: Menu..... | 51 |
| Obr. 8.5: Editace programů výrobků..... | 52 |
| Obr. 8.6: Editace způsobu uchopování výrobků..... | 53 |
| Obr. 8.7: Editace programu rotace vrstev..... | 54 |
| Obr. 8.8: Menu nastavení..... | 55 |
| Obr. 8.9: Nastavení parametrů dráhy..... | 55 |
| Obr. 8.10: Nastavení parametrů rychlosti manipulátoru..... | 56 |

Obr. 8.11: Nastavení parametrů výšky manipulátoru 57

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 3.1: Mechanické parametry zdviže | 14 |
| Tabulka 3.2: Parametry pohybu zdviže..... | 15 |
| Tabulka 3.3: Vybrané parametry motoru 1LA7 134-6AA60..... | 16 |
| Tabulka 3.4: Parametry pohonu manipulátoru..... | 18 |
| Tabulka 3.5: Vybrané parametry motoru 1LA7 107-4AA60..... | 22 |
| Tabulka 4.1: Sestava PLC S7-300 | 24 |
| Tabulka 5.1: Typy proměnných v deklarační části POU | 28 |

1. ÚVOD

Hlavním úkolem tohoto projektu je návrh programu řídicího systému manipulační linky suchých betonových výrobků, která prochází rekonstrukcí. Původní řídicí systém linky bude nahrazen programovatelným logickým automatem firmy Siemens řady SIMATIC S7-300. Kromě tvorby programu je provedeno také dimenzování některých pohonů a rozbor programovacích jazyků pro programovatelné automaty.

Linka obstarává dopravu a manipulaci suchých betonových výrobků, jako jsou například obrubníky nebo zámková dlažba. Výrobky jsou uskladněny na podložkách, ze kterých jsou manipulátorem přemísťovány na dopravník, kde jsou připraveny palety. Palety s několika vrstvami výrobků potom procházejí páskovačkou a jsou odváženy na konec linky, odkud je možné je odebírat vysokozdvíhým vozíkem. Řídicí systém musí zajišťovat plně automatický provoz linky.

Součástí programu je také správa receptur uložených v PLC, které definují druh a rozměr výrobků a způsob jejich ukládání na paletu. Jejich editace je možná prostřednictvím panelu s dotykovým displejem, který je umístěn na ovládacím pultu společně se všemi ovládacími tlačítky linky.

Rozvržení dokumentu je následující: V kapitole 2 je popsána technologie linky. Ve 3. kapitole je popsáno dimenzování pohonů zdviže a manipulátoru. Následuje popis struktury řídicího systému. Kapitola 5 obsahuje rozbor základních programovacích jazyků pro PLC podle standardu IEC 61131-3. Kapitola 6 popisuje základy práce s vývojovým software Step 7 a WinCC. Základní struktura vytvořeného programu pro PLC i displej je v kapitole 7. Podrobný popis funkce linky s novým řídicím systémem je formou návodu k obsluze popsán v 8. kapitole. Tabulky vstupů/výstupů, možných chybových hlášení programu a nákres ovládacího pultu jsou kvůli svému rozsahu umístěny v příloze.

2. POPIS MANIPULAČNÍ LINKY

Výrobky, které byly předtím z čerstvého betonu vylisovány do požadovaného tvaru, jsou ukládány na podložkách velikosti 92x140cm. Na podložce je vždy jen jedna vrstva výrobků. Podložky s výrobky jsou ukládány do stohu pomocí vertikální zdviže a takto uskladněny na dobu potřebnou na vyschnutí a ztvrdnutí výrobků. Do té doby není možné s výrobky manipulovat bez podložek. Podložky se suchými výrobky potom mohou být zavezeny na manipulační linku, která zajišťuje balení výrobků na palety.

Manipulační linku lze rozdělit na tři sekce :

1. Dráha
2. Manipulátor
3. Dopravník palet

Dráha zajišťuje dopravu podložek s výrobky a manipulaci s prázdnými podložkami. Manipulátor přemísťuje výrobky z podložek na dráze na paletu připravenou na dopravníku palet, který poté palety posouvá na výstup linky.

2.1 DRÁHA

Vstupní částí dráhy je zdviž, do které jsou speciálně upraveným vozíkem hromadně vkládány podložky s výrobky. Patra zdviže jsou pohyblivé a jejich posunem směrem dolů spodní podložka ve zdviži dosedne na řetězový dopravník, který ji vysune ze zdviže. Pozice patra, dosednutí podložky a výjezd podložky ze zdviže jsou indikovány indukčnostními koncovými spínači.

Na řetězový dopravník pod zdviží navazuje válečkový dopravník, který podložku přesune na příčnou dráhu. Příčná dráha je tvořena dvěma rovnoběžnými posuvnými kolejnicemi, které jsou elektrickým motorem společně posouvány vpřed a vzad mezi koncovými polohami. Na kolejnicích jsou umístěny zarážky, které se při pohybu vzad mohou sklopit a podjet pod podložkou. Při pohybu vpřed potom podložku zachytí a posunou ji na přední polohu, tedy o jednu pozici dopředu.

Na příčnou dráhu navazuje nejdelší usek dráhy, který využívá stejný druh dopravníku se zarážkami, avšak má hydraulický pohon. Hydraulický píst na dráze je napájen přes proporcionální ventil, pomocí kterého je možné řídit průtok oleje a taky i rychlost posuvu dráhy. Nad třetí pozicí podložky na dráze je umístěn optický snímač, který kontroluje přítomnost výrobků na podložce. Z této pozice jsou výrobky odebírány manipulátorem. Prázdné podložky pokračují dále po dráze, kde jsou čištěny kartáčem od zbytků betonu, otočeny na druhou stranu pomocí rotujícího kříže kvůli rovnoměrnému opotřebení a ostříknuty proudem vody.

Na konci dráhy jsou očištěné podložky vysunovány na stohovač. Stohovač je tvořen válečkovým dopravníkem, který má plochu jedné podložky. Tento se může navíc pohybovat ve vertikálním směru a nabírat podložky z dráhy, které takto vytvoří stoh 20 podložek. Po zaplnění stohovače může být stoh podložek odsunut přímo do lisu, kde jsou podložky opětovně použity. Pokud lis nepotřebuje podložky, je stoh odsunut opačným směrem do odkladiště, které je tvořeno řetězovým dopravníkem s pozicemi pro uskladnění dvou stohů, vymezenými koncovými snímači. V případě dlouhodobější nepotřeby podložek v lisu lze stoh podložek z odkladiště odebírat a odvázet mimo prostor linky nebo je naopak zavážet.



Obr. 2.1: Dráha

2.2 MANIPULÁTOR

Manipulátor slouží k uchopení vrstvy výrobků z podložky na dráze a jejich přemístění na paletu přistavenou na dopravníku palet. Jednotlivé vrstvy na paletě mohou být vůči sobě otočeny o násobek pravého úhlu. To se provádí například v případě zámkové dlažby, čímž se dosáhne vyšší stability a soudržnosti výrobků na paletě.

Manipulátor se pohybuje po mostové konstrukci mezi krajními pozicemi nad dráhou a dopravníkem palet. Je tvořen otočnou hlavou, na které jsou dvoje čelisti sloužící k sražení výrobků k sobě a uchopení vrstvy při jejím přenosu na paletu. Vertikální zdvih manipulátoru zajišťuje hydraulický píst řízený proporcionálním ventilem, jehož výška je snímána pomocí 14bitového optického snímače s binárním kódem. Hydraulicky jsou poháněny i čelisti manipulátoru. Rotace hlavy manipulátoru je poháněna elektrickým motorem stejně jako kloubové rameno, které posouvá manipulátor horizontálně. Motor ramene je napájen frekvenčním měničem a umožňuje nastavení náběžné a sestupné rampy rychlosti.



Obr. 2.2: Manipulátor

2.3 DPRAVNÍK PALET

Do sekce dopravníku palet patří zásobník palet, roštový dopravník a automatická páskovačka palet.

Zásobník palet pojme 20 palet naskládaných na sebe. Počet zbývajících palet v zásobníku je neustále kontrolován ultrazvukovým snímačem vzdálenosti s binárním výstupem, který je umístěn v horní části. Ve spodní části zásobníku palet je mechanismus se zásuvnými packami, který umožňuje zvednout všechny palety kromě spodní, která zůstane ležet na roštovém dopravníku a může tak být vysunuta ze zásobníku.

Roštový dopravník tvoří dva železné rošty. Jeden je pevný a tvoří konstrukci dopravníku. Druhý rošt je pohyblivý ve dvou osách, tedy dopředu/dozadu a nahoru/dolů. Je-li druhý rošt dole, leží palety na prvním (pevném) roštu. Zvednutím druhého roštu se vysune nad první a nadzvedne palety. Pohybem vpřed po kolejnicích potom přesune palety kupředu. Pohon dopravníku je hydraulický. Výhodou tohoto druhu dopravníku je vysoká nosnost, která je nutná, jelikož na dopravníku může být najednou až 15 palet plně naložených betonovými výrobky o celkové hmotnosti až 15 tun..

Kompletní výpis vstupů a výstupů linky je v příloze č.1.



Obr. 2.3: Roštový dopravník palet

3. DIMENZOVÁNÍ POHONŮ LINKY

V této kapitole je popsáno dimenzování výkonu elektrických motorů pro pohony zdviže a horizontálního posuvu manipulátoru. Pohony nejsou součástí rekonstrukce řídicího systému a nebylo možné zcela přesně zjistit jejich parametry, proto slouží tyto výpočty pouze pro kontrolu stávajícího řešení.

Pro každý z těchto dvou motorů jsem použil jiný postup určení výkonu motoru.

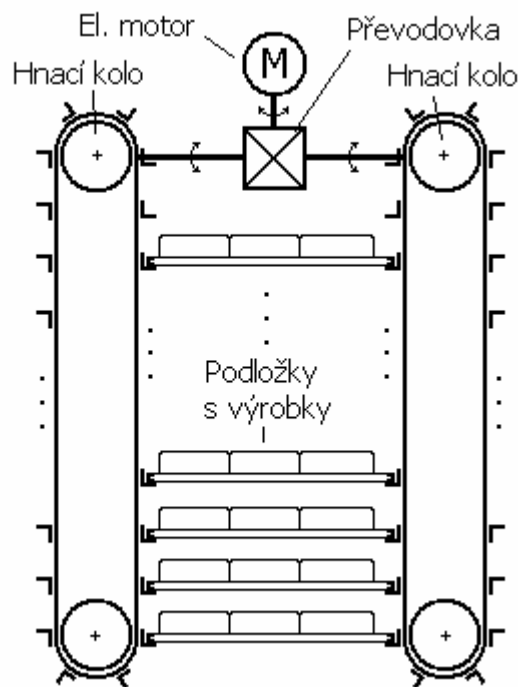
3.1 ZDVIŽ

K dimenzování motoru pro pohyb zdviže jsem použil specializovaný software Sinamics Micromaster Sizer od firmy Siemens, který usnadňuje návrh pohonů pro několik základních aplikací s typickými mechanickými systémy (pásový dopravník, kuličkový šroub, naviják a další). Z obr. 3.1, na kterém je mechanické uspořádání zdviže, je zřejmé, že lze na tento systém aplikovat výpočet jako na pásový dopravník bez prokluzu otočený do svislé roviny.

Tabulka 3.1: Mechanické parametry zdviže

| Parametr | Hodnota | Jednotka |
|----------------------------|---------|----------|
| Vlastní hmotnost pásu | 825 | kg |
| Hmotnost zátěže | 4290 | kg |
| Průměr hnacího kola | 0,5 | m |
| Třecí moment | 300 | Nm |
| Převodový poměr převodovky | 245 | - |
| Účinnost převodovky | 0,93 | - |

Do hmotnosti pásu je zahrnuta hmotnost řetězů a držáků podložek na obou stranách zdviže. Hmotnost zátěže je brána pro nejhorší případ, tedy maximální obsazení zdviže nejtěžšími výrobky



Obr. 3.1: Mechanické uspořádání zdviže

Dále je třeba zadat parametry pohybu. Zde je definován profil posuvu o jednu pozici držáků podložky a opět horší případ, tedy pohyb směrem nahoru, kdy musí motor vyvinout vyšší moment, protože překonává tíhovou sílu zátěže.

Tabulka 3.2: Parametry pohybu zdviže

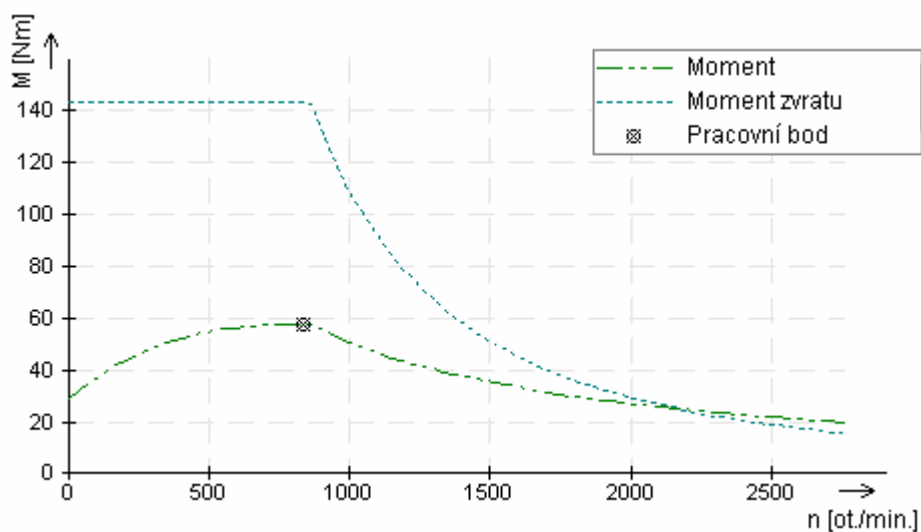
| Parametr | Hodnota | Jednotka |
|----------------------------|---------|------------------|
| Délka pohybu | 0,22 | m |
| Směr | nahoru | |
| Doba pohybu | 3,2 | s |
| Doba přestavky mezi pohyby | 10 | s |
| Maximální rychlost | 0,1 | ms |
| Zrychlení | 0,1 | ms ⁻² |
| Zpomalení | 0,1 | ms ⁻² |
| Doba zrychlování | 1 | s |
| Doba zpomalování | 1 | s |

Maximální potřebný moment na hřídeli motoru je 56,5 Nm při 936 ot/min. Střední hodnota momentu během jednoho cyklu pohybu (včetně přestávky) je 27,8 Nm. Podle katalogu elektromotorů z produkce firmy Siemens odpovídá těmto požadavkům šestipólový asynchronní motor 1LA7 134-6AA60 o jmenovitém výkonu 5,5 kW.

Tabulka 3.3: Vybrané parametry motoru 1LA7 134-6AA60

| Parametr | Hodnota | Jednotka |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Jmenovitý výkon | 5,5 | kW |
| Otáčky | 950 | ot/min |
| Účinnost | 83 | % |
| Účíník | 0,76 | - |
| Jmenovitý proud při 400V | 12,8 | A |
| Jmenovitý moment M_n | 55 | Nm |
| Poměrný záběrný moment M_z/M_n | 2,3 | - |
| Poměrný moment zvratu M_{max}/M_n | 2,6 | - |
| Moment setrvačnosti | 0,025 | kg.m ² |
| Hmotnost (tvar IM B3) | 54 | kg |

Na obr. 3.2 je na momentové charakteristice tohoto motoru vyznačen pracovní bod při konstantní rychlosti posuvu zdviže.

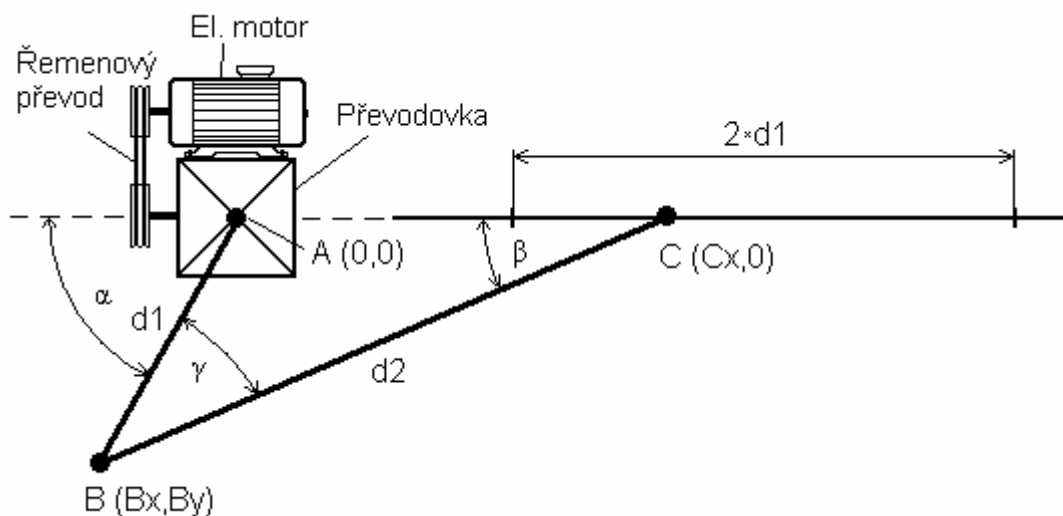


Obr. 3.2: Momentová charakteristika motoru 1LA7 134-6AA60

Zvolený motor má jmenovitý moment na hranici požadavku. Je však určen pro nejhorší variantu pohybu. Za normálního provozu se výrobky ve zdviži pohybují pouze směrem dolů a její zatížení je obvykle nižší. Při pohybu dolů je tedy i zatížení motoru mnohem nižší a poskytuje tak dostatečnou výkonovou rezervu.

3.2 MANIPULÁTOR

Pohon horizontálního posuvu manipulátoru má složitější převodový mechanismus, který je tvořen převodovkou a pákovým ústrojím, které převádí rotační pohyb motoru na přímočarý pohyb manipulátoru a zároveň snižuje zatěžovací moment působící na motor při rozjezdu a brzdění. Tím snižuje nároky na výkon motoru i při vysoké hmotnosti manipulátoru.



Obr. 3.3: Mechanika pohonu manipulátoru

Pro tento systém nenabízí program Sinamics Micromaster Sizer vhodný aplikační model. Proto jsem použil vlastní výpočet za pomoci tabulkového procesoru Excel.

Tabulka 3.4: Parametry pohonu manipulátoru

| Parametr | Hodnota | Jednotka |
|--|---------|-------------------|
| Hmotnost manipulátoru | 1500 | kg |
| Délka ramene d ₁ | 1,12 | m |
| Délka ramene d ₂ | 2,9 | m |
| Převodový poměr | 108 | - |
| Účinnost přenosové cesty | 0,9 | - |
| Moment setrvačnosti motoru s převodovkou | 0,02 | kg.m ² |
| Třecí síla | 300 | N |

Počátek dvourozměrného souřadnicového systému je umístěn v bodě A(0,0), který leží na ose převodovky (obr. 3.3). Koncový bod B ramene d₁ opisuje při pohybu necelý půlkruh s úhlem α v rozmezí 20 až 180°. Souřadnice bodu B jsou rovny :

$$B_x = -d_1 \cdot \cos \alpha \quad [m] \quad (3.1)$$

$$B_y = -d_1 \cdot \sin \alpha \quad [m] \quad (3.2)$$

Body B a C jsou kloubové spoje, které jsou mechanicky propojeny ramenem d₂. Pro zjednodušení je celá hmotnost manipulátoru soustředěná do hmotného bodu C. Jeho souřadnice ve směru osy x posunutá o rozdíl délek ramen d₁ a d₂ je rovna poloze manipulátoru.

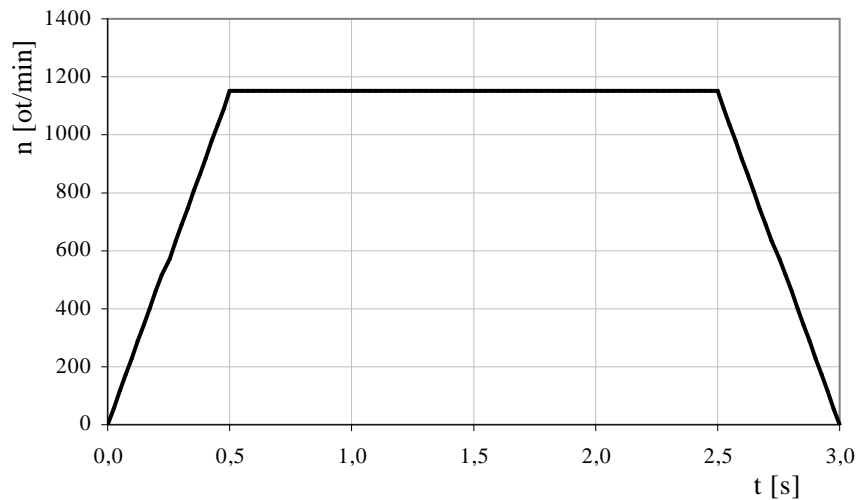
$$C_x = B_x + d_2^2 - B_y^2 \quad [m] \quad (3.3)$$

$$l_x = C_x - d_2 + d_1 = B_x + d_2^2 - B_y^2 - d_2 + d_1 \quad [m] \quad (3.4)$$

Ve směru osy y se bod C nemůže pohybovat. Platí tedy :

$$C_y = konst = 0 \quad (3.5)$$

Zvolil jsem lichoběžníkový průběh otáček motoru s lineárním rozběhem a brzděním o délce 0,5s. Maximální otáčky potřebné k přesunu manipulátoru z jedné koncové polohy do druhé v čase 3s jsou 1150 ot/min.



Obr. 3.4: Časový průběh otáček motoru

K průběhu otáček jsem dopočítal průběh úhlu α a průběhy souřadnic bodů B a C (vzorce 3.1, 3.2, 3.3). Pro pozdější výpočty skládání sil působících na ramena je třeba určit průběhy pomocných úhlů β a γ .

$$\beta = \arcsin \frac{-B_y}{d_2} \quad [^\circ] \quad (3.6)$$

$$\gamma = 180 - (180 - \alpha) - \beta = \alpha - \beta \quad [^\circ] \quad (3.7)$$

Z průběhu polohy manipulátoru l_x (vzorec 3.4) lze dopočítat rychlost posuvu v

$$v = \frac{dl_x}{dt} \Rightarrow v = \frac{\Delta l_x}{\Delta t} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (3.8)$$

a zrychlení a

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (3.9)$$

Podle druhého Newtonova pohybového zákona lze nyní vypočítat sílu, která musí působit na manipulátor (hmotný bod C) ve směru osy x. Hmotnost manipulátoru je během pohybu konstantní a je uvažována nejvyšší hodnota včetně nejtěžších výrobků.

$$F_x = m \cdot a \quad [N] \quad (3.10)$$

Ze zákona akce a reakce je zřejmé, že stejnou silou působí manipulátor na rameno d_2 . Skládáním sil v bodě B mezi oběma rameny lze určit moment M_B , kterým musí působit rameno d_1 . Hmotnost ramen d_1 , d_2 jsou vzhledem k poměrně nízké hmotnosti vzhledem k manipulátoru zanedbány.

$$M_B = (F_x + F_t) \cdot d_1 \cdot \sin \gamma \quad [Nm] \quad (3.11)$$

kde F_t je třecí síla pohybu manipulátoru

Výsledný moment přepočítaný na hřídel motoru [1] se potom vypočte podle vzorce:

$$M_M = \frac{M_B}{i \cdot \eta} + J \cdot \omega \quad [Nm] \quad (3.12)$$

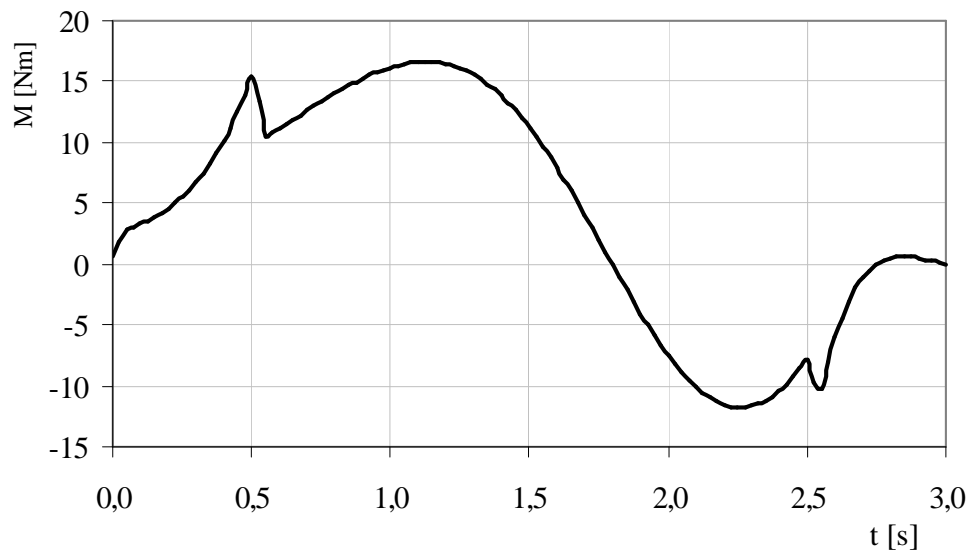
i je převodový poměr [-]

η je účinnost přenosové cesty [-]

J je moment setrvačnosti motoru a převodového ústrojí [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

ω je aktuální úhlová rychlost hřídele motoru [rad/s]

Na obr. 3.5 je výsledný průběh momentu na hřídeli motoru během pohybu mezi krajními polohami manipulátoru. Z grafu je patrné, jak klikový převod rotačního pohybu na posuvný omezuje záběrový a brzdový moment. Jsou zde vidět také špičky momentu při přechodu ze zrychlování na konstantní hodnotu otáček a následného brzdění.



Obr. 3.5: Časový průběh momentu na hřídeli motoru

Maximální požadovaný moment je 16,66Nm při 1150 ot/min. Střední hodnota momentu během jednoho přesunu je 8,85Nm. Odhad výkonu motoru lze provést podle vzorce:

$$P = \frac{M_M \cdot n}{9,55} \quad [W] \quad (3.13)$$

Po dosazení

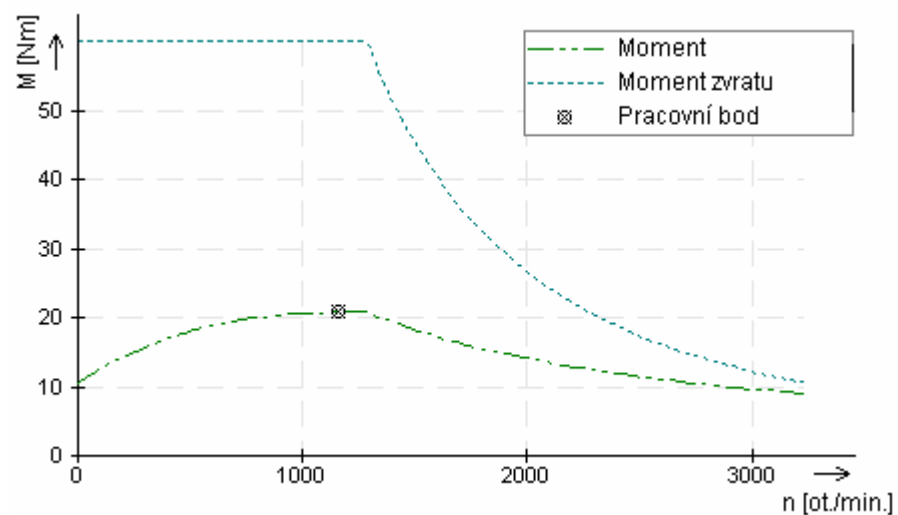
$$P = \frac{16,66 \cdot 1150}{9,55} = 2006 \text{ W} \cong 2 \text{ kW} \quad (3.14)$$

Pro zajištění dostatečné rezervy bych zvolil o stupeň vyšší výkonovou třídu motoru. Pro potřebné otáčky tomu odpovídá např. čtyřpólový asynchronní motor 1LA7 107-4AA, jehož základní parametry jsou v následující tabulce.

Tabulka 3.5: Vybrané parametry motoru 1LA7 107-4AA60

| Parametr | Hodnota | Jednotka |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Jmenovitý výkon | 3 | kW |
| Jmenovité otáčky | 1420 | ot/min |
| Účinnost | 83 | % |
| Účinník | 0,82 | - |
| Jmenovitý proud při 400V | 6,4 | A |
| Jmenovitý moment M_n | 20,2 | Nm |
| Poměrný záběrný moment M_z/M_n | 2,7 | - |
| Poměrný moment zvratu M_{max}/M_n | 3,0 | - |
| Moment setrvačnosti | 0,0058 | kg.m ² |
| Hmotnost (tvar IM B3) | 24,5 | kg |

Pracovní otáčky motoru jsou nižší než jmenovité otáčky zvoleného motoru. V této aplikaci nebude motor napájen přímo ze sítě, ale přes frekvenční měnič, který umožní nastavení ramp rozjezdu a brzdění na požadovaných 0,5 s. Omezí také maximální otáčky, které podle požadovaných 1150 ot/min odpovídají frekvenci napájecího napětí přibližně 40 Hz.



Obr. 3.6: Momentová charakteristika motoru 1LA7 107-4AA60

4. HARDWARE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Jádrem nového řídicího systému manipulační linky je programovatelný automat (PLC) [2] firmy Siemens řady Simatic S7-300. Na jeho vstupy jsou přivedeny signály všech snímačů linky a výstupy spínají akční členy (ventily, relé, stykače, frekvenční měniče). Obsluha systém ovládá prostřednictvím ovládacího pultu, na kterém jsou přepínače automatického nebo ručního režimu jednotlivých sekcí linky, tlačítka pro ruční ovládání a LED indikátory stavu snímačů. Na panelu je umístěn také dotykový displej, který slouží k pokročilejšímu nastavování parametrů programu, editaci receptur a zobrazení stavu procesu včetně chybových hlášení. Rozvržení prvků na ovládacím pultu je v příloze č.2.

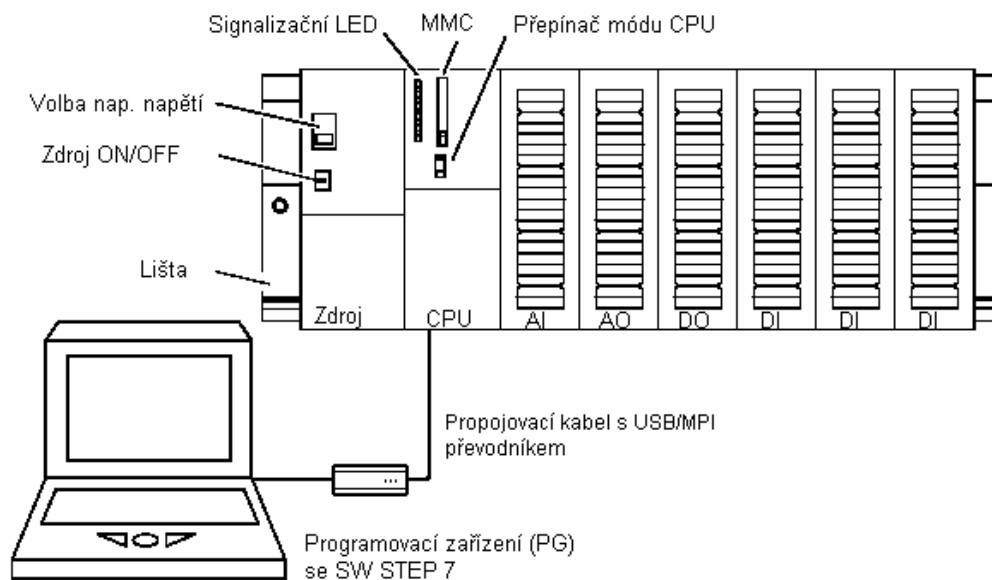
4.1 PLC SIMATIC S7-300

Řada S7-300 představuje modulární PLC pro rychlé řízení ve středně náročných úlohách [3]. Vyznačuje se relativně jednoduchým, prostorově úsporným designem. Vstupy a výstupy jsou řešeny modulárně, což umožňuje volitelně konfigurovat řídicí systém a optimalizovat tak funkčnost i náklady.

Tyto PLC nachází uplatnění v řízení středně složitých technologických procesech v oblastech, jako jsou např.:

- výroba standardních strojů a zařízení
- výrobní technologie, sériová výroba strojů a zařízení
- procesní řízení (vodárenství, energetika)
- automobilový průmysl
- zpracování plastů
- potravinářství a další

Jednotky CPU jsou vyráběny v různých modifikacích dle požadavků a náročnosti řešené úlohy od standardních až po speciální technologické s výkonnými procesory pro rychlé řízení pohybu.



Obr. 4.1: Propojení S7-300 s PC

V popsané aplikaci je použito PLC s kompaktním CPU313C, které má integrované vstupy a výstupy. Pro danou aplikaci je však potřeba rozšíření dalšími I/O moduly. Kompletní sestava PLC je v následující tabulce.

Tabulka 4.1: Sestava PLC S7-300

| Typ | obj. číslo | | DI | DO | AI | AO |
|---------|----------------|--------|----|----|---------|---------|
| PS307 | 307-1BA00-0AA0 | 24V/2A | | | | |
| CPU313C | 313-5BF03-0AB0 | | 24 | 16 | 5x12bit | 2x12bit |
| SM332 | 322-1BL00-0AA0 | | | 32 | | |
| SM332 | 322-1BL00-0AA0 | | | 32 | | |
| SM321 | 321-1BL00-0AA0 | | 32 | | | |
| SM321 | 321-1BL00-0AA0 | | 32 | | | |
| SM321 | 321-1BL00-0AA0 | | 32 | | | |
| SM321 | 321-1BL00-0AA0 | | 32 | | | |

4.2 DOTYKOVÝ PANEL TP 177A

Panel TP 177A s STN dotykovým displejem o velikosti 5,7" slouží ke zobrazování a editaci hodnot uložených v PLC. Nabízí možnost vytvoření různých obrazovek, které mohou obsahovat až 50 objektů na jednu obrazovku. Kromě editačních a textových polí a tlačítek nabízí také možnost použití základních prvků vektorové grafiky (čára, kružnice, obdélník a elipsa).



Obr. 4.2: Panel TP 177A

Panel umožňuje komunikaci po standardizovaném rozhraní (PROFIBUS, MPI, sériová linka). Hodnoty na displeji jsou s hodnotami uloženými v paměti PLC provázány pomocí tzv. tagů. Tagy mohou být načítány cyklicky v předem definovaných intervalech nebo jednorázově například při přepnutí obrazovky.

5. PROGRAMOVACÍ JAZYKY PRO PLC

Rychlý vývoj mikroelektroniky otevírá nové možnosti návrhu hardware PLC. Stále častěji do této sféry pronikají také technologie známé z oblasti osobních počítačů. Jejich rostoucí schopnosti a výkonnost s sebou přináší také nové požadavky na odpovídající podporu programovacích nástrojů, jako jsou :

- simultánní využití několika programovacích jazyků
- online modifikace programu v PLC
- zpětná dokumentace programu z PLC
- opakovatelná použitelnost programových bloků
- offline testování a simulace uživatelského programu
- integrované konfigurační a odlaďovací nástroje
- kontrola kvality a projektová dokumentace
- užití systémů jiných výrobců s otevřeným rozhraním

5.1 STANDARD IEC 61131-3

Standard IEC 61131 obsahuje pět částí, které shrnují požadavky na moderní PLC systémy [4]. Zahrnuje již existující dlouhodobě užívané koncepty a přináší také nové metody programování. Standard byl navrhnout mezinárodní elektrotechnickou komisí (International Electrotechnical Commission IEC), ve které byli zastoupeni výrobci a uživatelé PLC a vývojáři softwaru. Standard je velmi rozsáhlý, avšak umožňuje výrobcům získat certifikát na její části, u kterých prokáže naplnění jejich podmínek.

Část IEC 61131-3 definuje programovací jazyky a strukturu jednotlivých částí programu. Zakotvení jednotných programovacích jazyků a stanovení obecné struktury projektu včetně práce s proměnnými a datovými typy přináší v důsledku výhody pro výrobce i uživatele PLC systémů. Výrobci mohou používat stejné editory programu, pokud nemají vyvinuty své vlastní. Jejich zákazníci, kteří často pracují na různých aplikacích s PLC různých výrobců, potom ušetří na školení svých zaměstnanců.

Cílem je dosažení určitého stupně otevřenosti. Programové bloky mohou být psány nezávisle na cílovém typu PLC a mohou být používány opakovaně. V ideálním případě by byla umožněna přenositelnost celého programu mezi PLC systémy různých výrobců. Tohoto stupně otevřenosti však většina výrobců nedosahuje ať už z technických nebo marketingových důvodů.

5.1.1 Programové moduly

Každý program se podle IEC 61131-3 skládá z tzv. programových modulů (Program Organization Unit – POU). Programový modul je samostatným prvkem a může být kompilován nezávisle na ostatních POU. Kompilátor pouze potřebuje znát rozhraní volaných modulů (jejich hlavičky). Ty se stanou po jejich deklaraci globální proměnnou viditelnou pro všechny ostatní POU v projektu.

Ve snaze unifikovat a zjednodušit používání programových modulů definuje standard pouze tři základní typy programových modulů (např. německá DIN 19239 jich definuje pět). Jsou to :

- Program
- Funkční blok
- Funkce

Program (PROG) má v hierarchii programových modulů nejvyšší pozici. Představuje hlavní část programu. Všechny proměnné, které jsou přiřazeny k fyzickým adresám (např. vstupy a výstupy PLC) musí být deklarovány v tomto POU nebo na vyšší úrovni (zdroje, konfigurace). V ostatních ohledech se chová stejně jako funkční blok.

Funkčnímu bloku (FB) mohou být přiřazeny vstupní a výstupní parametry a má statickou paměť proměnných. Díky interní paměti proměnných může po vykonání instrukcí funkčního bloku se stejnými vstupními parametry dojít k různému výsledku a výstupní parametry mohou být rozdílné po každém jejím volání. Příkladem mohou být například časovače nebo čítače. Funkční blok je nejčastěji používaný POU.

Při volání funkčních bloků jsou vytvářeny tzv. *instance*. Stejný funkční blok může být volán s přiřazením různých proměnných za formální parametry (tedy i vnitřní statické paměti). Takto lze vytvořit libovolný počet instancí z jednoho funkčního bloku.

Funkce (FC) má přiřazeny vstupní parametry, ale nemá vlastní statickou paměť proměnných. Při volání funkce se stejnými parametry je výsledek vždy stejný. Výsledek funkce je nadřazenému POU, ze kterého byla volána, předáván návratovou hodnotou.

Základní elementy programových modulů :

- typ a jméno POU (a návratová hodnota u *funkce*)
- deklarační část
- tělo POU obsahující instrukce

V deklarační části jsou zadávány seznamy proměnných tvořící parametry při volání POU. Při použití grafických programovacích jazyků je obvyklá možnost jejich zadávání v grafickém prostředí editoru prostřednictvím deklarační tabulky. V textovém režimu jsou proměnné a parametry zapisovány s použitím klíčových slov. Jejich použití v jednotlivých typech POU je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 5.1: Typy proměnných v deklarační části POU

| Typ proměnné | použití | | |
|--------------|---------|-----|-----|
| | PROG | FB | FC |
| VAR | ano | ano | ano |
| VAR_INPUT | ano | ano | ano |
| VAR_OUTPUT | ano | ano | ne |
| VAR_IN_OUT | ano | ano | ne |
| VAR_EXTERNAL | ano | ano | ne |
| VAR_GLOBAL | ano | ne | ne |
| VAR_ACCES | ano | ne | ne |

Klíčové slovo VAR uvozuje seznam lokálních proměnných. V případě funkčního bloku se jedná o statické proměnné.

VAR_INPUT deklaruje vstupní formální parametry daného POU. Formální parametry jsou při volání POU nahrazeny skutečnými parametry, tedy proměnnými nebo konstantami. Vstupní parametry nemohou být ve volaném POU upravovány. Jedná se o tzv. *volání hodnotou (call by value)*.

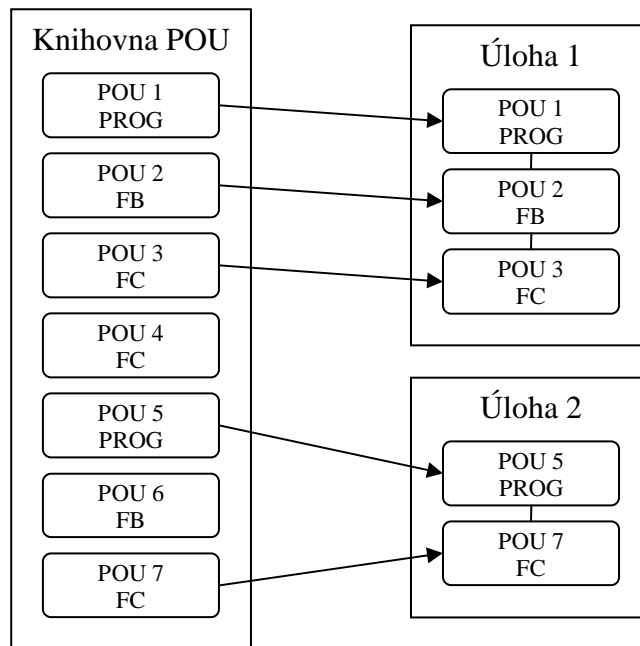
Formální výstupní parametry (VAR_OUTPUT) nejsou do POU předávány při volání. Nejsou tedy součástí jeho rozhraní, ale jsou v něm vypočteny a mohou být čteny volající instancí (přímo nadřazený PROG nebo FB) po vykonání jeho instrukcí. Tato metoda se nazývá *návrat hodnotou (return by value)*.

V případě formálních vstupně/výstupních parametrů (VAR_IN_OUT) jde o metodu tzv. *volání odkazem (call by reference)*. Vstupní parametr zde není předáván hodnotou, ale je předán ukazatel na jeho umístění v paměti. Změna tohoto parametru ve volaném POU se projeví přímo na dané proměnné.

Příklad zápisu jednoduché funkce s jedním vstupním parametrem typu integer a návratovou hodnotou typu real :

```
FUNCTION MotorSpeed : REAL
VAR_INPUT
    Param : INT;
END_INPUT;
    LD    Param
    ...
    ST    MotorSpeed
END_FUNCTION
```

Výsledný program PLC vznikne zařazením jednotlivých programových modulů do jedné nebo několika úloh (task). Úloha má přiřazené zdroje (jeden nebo více procesorových jednotek CPU, ne kterých je program vykonáván), prioritu a způsob provádění (v každém cyklu, při přerušení).



Obr. 5.1: Přiřazení programových modulů do úloh

Volání jednotlivých POU se řídí těmito pravidly :

- Z funkčních bloků mohou být volány jiné funkční bloky nebo funkce.
- Z funkcí mohou být volány pouze jiné funkce.
- Program může volat funkce i funkční bloky.

Standard IEC 61131-3 zakazuje rekurzivní volání bloků. Žádný blok tedy nemůže volat sám sebe ani svou instanci.

5.1.2 Programovací jazyky

Standard IEC 61131-3 definuje syntaxi a sémantiku pěti základních programovacích jazyků. Základní myšlenkou je variabilita ve volbě jazyka. V rámci projektu je možné pro jednotlivé programové moduly použít různé programovací jazyky. Některé editory programu umožňují i přepínání mezi některými jazyky i v průběhu programování. V některých případech je však tento převod ztrátový. Jazyky totiž nejsou zcela ekvivalentní. V tom tkví také jejich síla. Každý z nich je vhodný pro jinou programovací úlohu a styl programování. Volba jazyka záleží také na osobě a zvyklostech programátora. Z těchto důvodů není obecně možné jednoznačně říct, který jazyk je lepší nebo horší.

Jsou definovány jazyky s textovým nebo grafickým programovacím rozhraním. Základní programovací jazyky jsou :

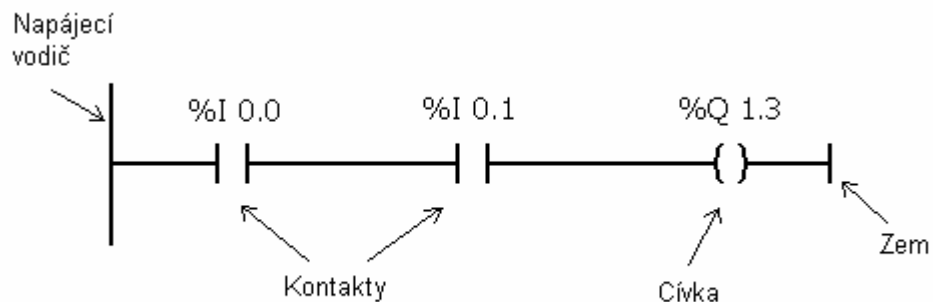
- IL – Instrukční list (Instruction List) - textový
- ST – Strukturovaný text (Structured Text) - textový
- LD – Kontaktní schéma (Ladder Diagram) - grafický
- FBD – Diagram funkčních bloků (Function Block Diagram) - grafický
- SFC – Sekvenční funkční diagram (Sequential Function Chart) - grafický

Instrukční list (IL) je textový programovací jazyk blízký strojovému kódu (assembleru) užívaného při programování mikroprocesorů. Obdobným způsobem používá akumulátor k práci s operandy a ukládání výsledků matematických operací.

Strukturovaný text (ST) je zástupce vyšších programovacích jazyků. Jde rovněž o textový jazyk se syntaxí podobnou jazyku PASCAL. Je vhodný pro řízení chodu programu a hlavně pro komplexní matematické úlohy a algoritmy.

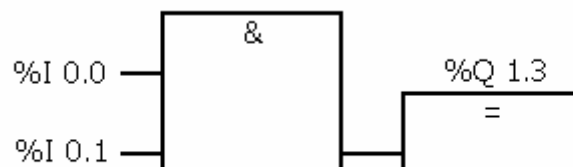
Kontaktní schéma (LD) je grafický programovací jazyk, který vychází z principu kreslení tzv. řádkových (reléových) schémat. Každá větev ve schématu tvoří tzv. network. Programování v grafickém prostředí probíhá sestavování pomyslné vodorovné vodivé cesty od svislé napájecí lišty v levé části přes různé spínací kontakty až ke spínaným výstupním prvků vpravo. Spínací prvky pracují s binární hodnotou (sepnuto/rozepnuto), ale mohou být použity i instrukce pro práci a

analogovými hodnotami reprezentovanými čísly (např. komparátory). Výstupní prvek se v případě práce s binární proměnnou nazývá cívka (coil).



Obr. 5.2: Ukázka jazyka LD

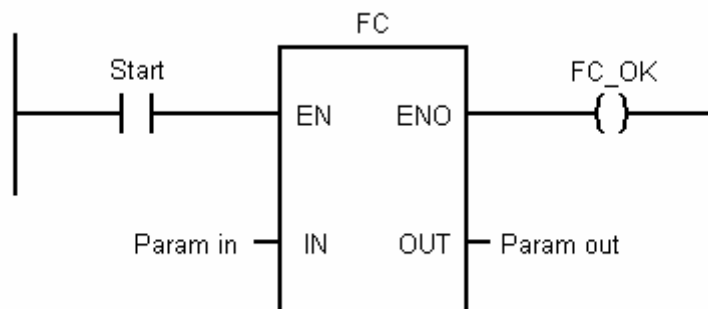
Diagram funkčních bloků (FBD) je grafický jazyk do značné míry obdobný jazykům kontaktních schémat. Pracuje také se sítěmi (networks), avšak zobrazení se podobá logickým blokovým schématům.



Obr. 5.3: Ukázka jazyka FBD

Standardní knihovna jazyka LD a FBD nabízí množství rozšiřujících funkcí, mezi které patří například operace přesunu proměnných a konstant, matematické operace, časovače, čítače a další. Tyto jsou v grafické reprezentaci zobrazovány jako bloky, které mají na levé straně vstupní a na pravé straně výstupní parametry. Každý takový blok má také dvojici binárních signálů EN a ENO (enable input a enable output), které slouží k řízení chodu programu. Přivedením úrovně log. 1 na vstup EN se blok aktivuje. Po jeho vykonání, pokud nedojde k chybě, se nastaví výstup ENO, který byl dosud v log. 0. Takto lze vytvořit sekvenci bloků s přesně definovaným pořadím jejich vykonání podmíněné správným vykonáním předchozích bloků.

Přivedení signálu na vstup EN je nutné. Výstupní signál ENO se nemusí zapojovat v případě, že je daný blok poslední v řadě.



Obr. 5.4: Blok s přídavným vstupem EN a výstupem ENO

Stejným způsobem je zobrazována i instrukce volání programových modulů (call). Editor programu zobrazí přehledně parametry rozhraní těchto POU tak, jak jsou definovány v jejich deklarační části.

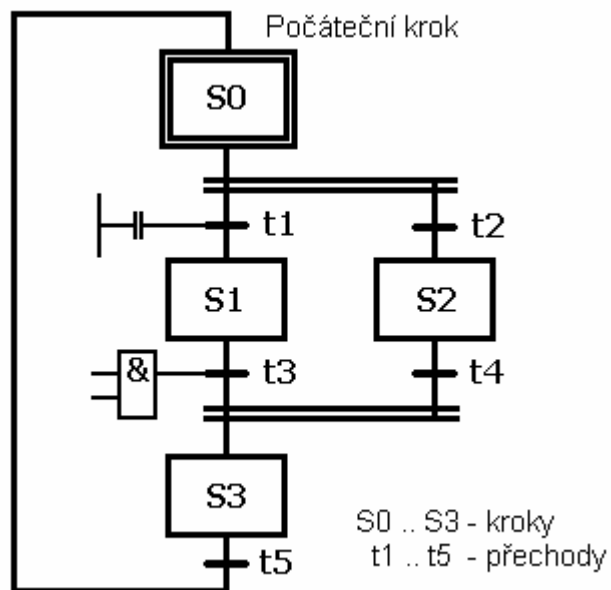
Jazyky LD a FBD jsou vhodné pro programy, s charakterem převážně kombinační logiky.

Pro sekvenční algoritmy je vhodný **sekvenční funkční diagram** (SFC). Tento grafický programovací jazyk je použitelný pro procesy, které lze rozdělit na menší celky – kroky. Základní prvky, se kterými jazyk SFC pracuje jsou :

- kroky (steps) a jim přiřazené akce
- přechody (transitions) s přiřazenými logickými podmínkami
- orientované čáry mezi kroky a přechody

Kroky mohou nabývat jednoho ze dvou stavů. Mohou být aktivní a je vykonáván program, který je jim přiřazen, nebo jsou neaktivní a není vykonáván jejich program. Při startu programu je krok, který bude aktivní, implicitně definován programátorem. Dále se program vyvíjí podle splnění podmínek přechodů. Krok se stává aktivní v případě, že byl aktivní předchozí krok a byla splněna podmínka přechodu. V tom případě se předcházející krok stane neaktivním a aktivuje se následující krok.

Funkční diagram může být rozvětvený. To má za následek, že v jednom okamžiku může být více aktivních kroků. Z tohoto principu umožňuje SFC jazyk paralelní chod částí programu. Usnadňuje a zpřehledňuje tak řízení chodu programu při řízení sekvenčních úloh.



Obr. 5.5: Příklad programu v jazyce SFC

Na obr. 5.5 je příklad programu, ze kterého je patrná základní struktura sekvenčního diagramu. S0 je počáteční krok, který je aktivován při spuštění programu. Krok S1 má paralelně zapojený alternativní krok S2. Který z nich se vykoná závisí na tom, která z podmínek přechodu t1 nebo t2 bude splněna první. Podmínky přechodu mohou být naprogramovány v libovolném programovacím jazyce (zde t1 v LAD a t3 v FBD). Po splnění přechodu t5 a aktivním kroku s3 sem smyčka programu uzavírá a aktivuje se opět krok S0. V programu je také možné provádět skoky na libovolné kroky.

6. TVORBA PROGRAMU – STEP 7 A WINCC

Pro konfiguraci a programování aplikace je použit programovací software Step 7 [5], který se používá pro programovatelné automaty Simatic řady S7-300 a vyšší.

Hlavní komponenty:

- SIMATIC Manager pro celkovou správu projektu
- Editor programu sloužící k tvorbě vlastního uživatelského programu. Programování je možné v jazycích LAD, STL a FBD
- Symbol editor ke správě globálních proměnných.
- Nástroj pro hardwarovou konfiguraci a parametrizaci (HW Config)
- Hardwarová diagnostika
- NetPro pro konfiguraci komunikačních sběrnic (MPI, PROFIBUS, PROFINET)

SIMATIC Manager je v prostředí Step 7 hlavním nástrojem pro vytvoření a úpravu projektu, vládání stanic, jejich hardwarovou konfiguraci a parametrizaci (komponenta HW Config), vkládání programových bloků uživatelské aplikace.

Další významnou součástí SIMATIC Manageru jsou diagnostické nástroje, které umožňují monitorování zařízení a zjištění normálních i chybových hlášení jednotlivých stanic a modulů (tzv. Diagnostic buffer).

Výhodou je možnost integrovat do prostředí Step 7 také dotykový displej, který se programuje ve vizualizačním SW WinCC. Tento postup je v souladu s koncepcí plně integrované automatizace TIA (Totally Integrated Automation) firmy Siemens.

Většina komponent v prostředí STEP 7 dovoluje pracovat ve dvou režimech:

- Offline
- Online (pouze pokud je PLC připojeno a zapnuto)

Online režim umožňuje v reálném čase sledovat stav zařízení (PLC), například sledovat hodnoty vstupů a výstupů, nebo při programování sledovat přímo průběh programu, což velmi usnadňuje jeho ladění.

Step 7 (verze 5.3) nabízí v základním balíku tyto programovací jazyky:

- Ladder diagram (LAD)
- Statement list (STL)
- Function block diagram (FBD)

Kromě těchto základních programovacích jazyků existují i další, které jsou rovněž v souladu s mezinárodním standardem pro programovací jazyky PLC automatů IEC 1131-3 (DIN EN-61131-3). Mezi ně patří i jazyk SCL, kterým je naprogramována aplikace manipulační linky.

SCL (Structured Control Language) [6] je vyšší programovací jazyk založený na jazyku Pascal. Zachovává však elementy typické pro PLC řízení, jako jsou vstupy, výstupy, časovače, bitové oblasti, volání bloků atd.

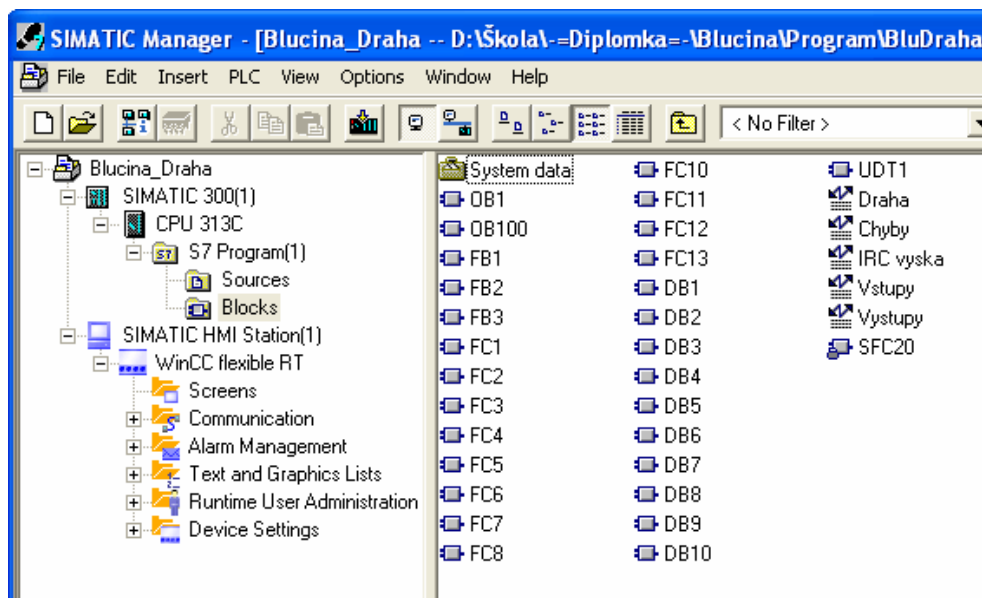
Pro konfiguraci a tvorbu programu pro grafický displej TP 177A se používá program WinCC flexible [7]. Tento software umožňuje vytvořit jednoduchou vizualizaci v grafickém prostředí, tedy bez znalosti speciálního programovacího jazyka.

6.1 TVORBA PROJEKTU

V následujících kapitolách je popsáno vytvoření projektu pro PLC S7-300 v souladu se zadáním. Projekt je vytvořen v prostředí Step 7 a WinCC flexible

Základ projektu je vytvořen v SIMATIC Manageru. Okno projektu je rozděleno na dvě části. V levé části je zobrazena struktura projektu a v pravé části se zobrazují objekty patřící k vybrané položce z levé části okna. Dvojitým kliknutím myši na položky v pravé části se spustí příslušný nástroj k jejich úpravě (Editor programu, HW Config atd.).

Celná hierarchická struktura projektu je patrná na obr 4.1. Stanice reprezentuje jedno zařízení v projektu (např. PLC včetně rozšiřujících modulů). Projekt může obsahovat libovolný počet stanic podle rozsáhlosti a členitosti hardwarového vybavení. Projekt manipulační linky obsahuje stanici SIMATIC 300 a SIMATIC HMI Station (displej TP 177A).



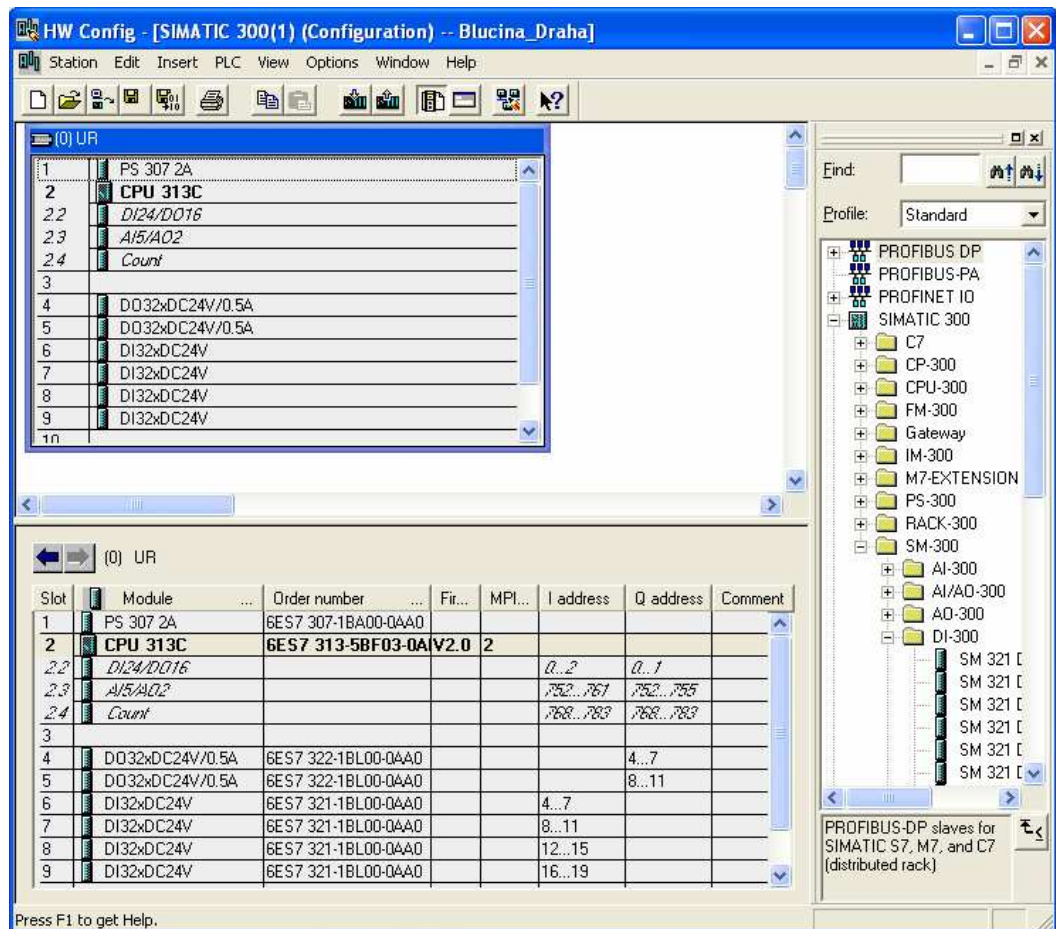
Obr. 6.1: Projekt v SIMATIC Manageru

6.1.1 HW konfigurace

Pomocí *HW Config* se konfiguruje a parametrizuje hardwarové sestavení stanice odpovídající aplikaci.

Jako první musí být vložen rack, který představuje lištu s jedním PLC. Vložení se provádí přetažením myši s hardwarového katalogu do levé části okna. Pokud se katalog nezobrazí v pravé části okna automaticky, spustíme jej pomocí ikony *Catalog* na horní liště (*Menu – View – Catalog*).

Jednotlivé moduly se vkládají do volných slotů racku tak, jak odpovídá konfiguraci PLC. Výjimkou je slot 3, který zůstává volný jako rezerva pro Interface modul. Ve fyzickém sestavení PLC však nesmí zůstat žádná mezera, protože by tím byla přerušena vnitřní sběrnice PLC. Do jednoho Racku je možné vložit pouze jeden zdroj a jeden CPU modul. Počet I/O modulů může být téměř libovolný. Je omezen pouze 8 moduly na jeden rack a celkovou velikostí adresovacího prostoru centralizovaných I/O kanálů CPU. Výsledné sestavení stanice je na obr. 4.2.



Obr. 6.2: Konfigurace hardware PLC

U jednotlivých vstupů a výstupů které nepoužíváme (nejsou zapojeny), je vhodné zrušit interní diagnostiku. Předejde se tím možným chybovým hlášením. Ve vlastnostech I/O modulu jsou tedy odkliknuty příslušné checkboxy v části *Group Diagnosis*.

Po vložení všech modulů a nastavení jejich parametrů se konfiguraci uloží a zkompiluje (*Save and compile*). Poté se nahraje do PLC pomocí ikony *Download to module*. Při nahrávání konfigurace musí být PLC zapnuto a CPU musí být v režimu *Stop*. Pokud by při pokusu o uložení konfigurace bylo PLC v módu *Run*, zobrazilo by se varovné okno s nabídkou zastavení PLC.

6.1.2 Adresování vstupů a výstupů

Přiřazení počáteční adresy modulu se provede automaticky po vložení do racku v okně *HW Config*. Adresy se zobrazují v detailu racku ve spodní části okna *HW Config* nebo ve vlastnostech modulu (properties).

Při nastavování adres následujících modulů je třeba brát ohled na to, že systém může modulu vyhradit více adres, než má modul vstupů nebo výstupů. Proto někdy nelze použít pro další modul hned následující adresu.

Počáteční adresa modulu je zároveň počáteční adresou používanou k adresování vstupů a výstupů (I address, Q address) v programu. Například u vstupního modulu s 32 digitálními vstupy a počáteční adresou 24 je první vstup adresován :

I24.0

- I – vstupní element (Input)
- 24 – adresovací Byte
- 0 – bit adresovacího Bytu

Z adresování po Bytech je zřejmé, že pokud je v modulu více než 8 vstupů, u vyšších bitu dojde k přetečení Bytu. Poslední, tedy 24. vstup má tedy adresu:

I27.7

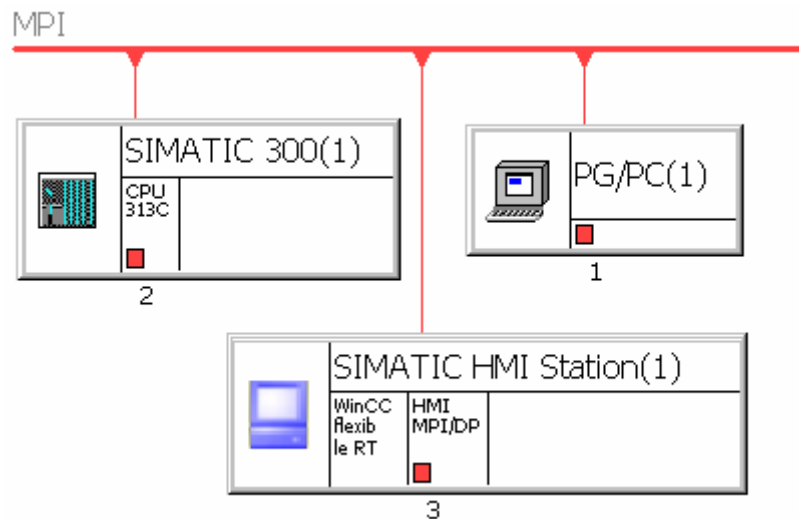
Hodnoty analogových vstupů a výstupů jsou ukládány do paměťového prostoru o velikosti 1 WORD (2 BYTE). Úroveň analogové veličiny je zde uložena jako celé číslo v rozmezí 0 až 27648. Adresa této hodnoty pro vstup může být například:

IW100

Hodnota výstupní veličiny je potom určena přepočtem z této hodnoty na hodnotu unifikovaného výstupního signálu (0-10V, ±10V, 4-20mA).

6.1.3 Konfigurace sítě – NetPro

NetPro je součást prostředí Step 7 a slouží ke konfiguraci datových spojení mezi jednotlivými stanicemi na sběrnicích MPI, PROFIBUS (DP, PA) a PROFINET.



Obr. 6.3: Propojení stanic MPI sběrnicí

V tomto případě jde o jednoduchou síť tří stanic propojených MPI rozhraním (multi-point interface), kde je potřeba pouze nastavit adresy jednotlivých stanic. Programovací zařízení PG/PC je připojeno pouze během programování a ladění programu při uvádění do provozu či údržbě. PLC a displej zůstávají propojeny trvale.

6.2 UŽIVATELSKÝ PROGRAM

Po uložení HW konfigurace je v SIMATIC Manageru vidět celá základní struktura projektu. Pod stanicí SIMATIC 300 je typ CPU použitého v aplikaci. Pod ním Step 7 automaticky vygeneroval položku *S7Program*. V ní jsou obsaženy skupiny *Sources*, *Blocks* a tabulka symbolů. Do skupiny *Blocks* se vkládají vlastní programové moduly kliknutím pravým tlačítkem myši na *Blocks* a vybráním *Insert new object* (menu – *Insert* – *S7 Block*).

STEP 7 používá rozšířenou sadu programových modulů a bloků podle německé specifikace DIN 19239. Jejich užití a práce s proměnnými je kompatibilní se standardem IEC 61131-3.

Typy bloků :

- OB – organizační blok
- FB – funkční blok
- FC – funkce
- DB – datový blok (sdílený nebo instanční)
- UDT – uživatelský datový typ
- VAT – tabulka proměnných
- SFB, SFC – systémové bloky pro standardní operace

Při vložení PLC stanice se ve skupině *Blocks* automaticky vytvoří organizační blok *OB1*. Je to základní organizační blok, který je vykonáván v každém cyklu PLC. Tvoří rozhraní mezi operačním systémem a vlastním uživatelským programem. Další *OB* ovládají start PLC, cyklické přerušení a jsou vhodné pro ošetření chybových stavů.

Popisu programu manipulační linky se podrobněji věnuje celá následující kapitola.

7. POPIS PROGRAMU

V této kapitole je popsána struktura a funkce programu pro manipulační linku suchých výrobků.

Všechny programové bloky i datové bloky jsou napsány v jazyce SCL [6]. Soubory se zdrojovými kódy jsou v SIMATIC Manageru uloženy pod položkou *Sources* PLC stanice. Při kompilaci zdrojových kódů, které obsahují programy jednotlivých bloků s deklaroványými symbolickými názvy překladač vytvoří příslušné bloky v části *Blocks*, které se poté nahrávají do paměti CPU jednotky PLC.

Zdrojové kódy sdílených datových bloků obsahují pouze deklaraci proměnných a jejich inicializační hodnoty, které jsou do těchto proměnných nastaveny při kompilaci bloku. Instanční datové bloky se vytvářejí při kompilaci volání funkčního bloku, ke kterému je daný instanční datový blok přiřazen. Jeho obsah potom odpovídá struktuře lokálních dat funkčního bloku.

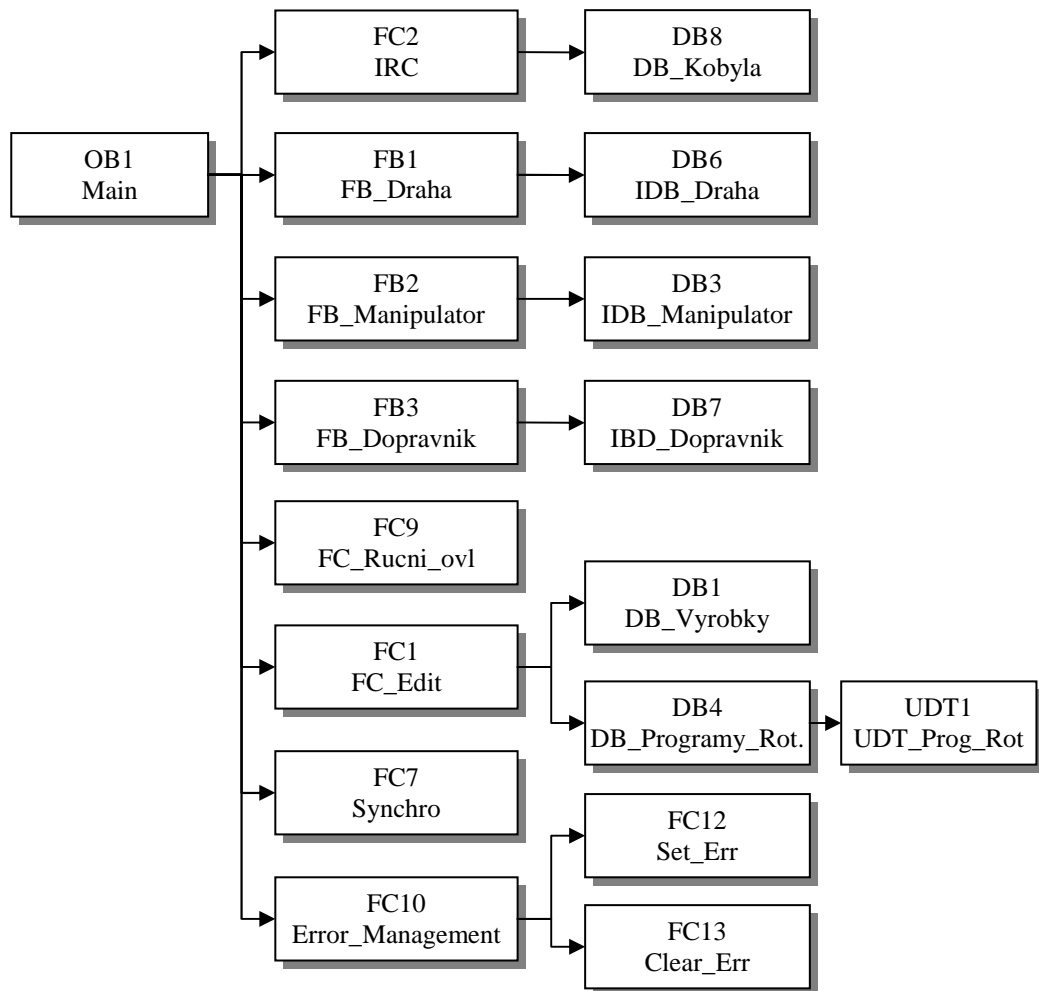
7.1 STRUKTURA PROGRAMU

Program je koncipován tak, že obsahuje tři nezávisle spustitelné automaty pro jednotlivé sekce linky tak, jak byly rozděleny v kapitole 2. Jsou to tedy dráha, manipulátor a dopravník palet. Kromě automatického provozu jsou zde také funkce pro ruční ovládání tlačítky na ovládacím pultu. Dále pomocné funkce pro práci s chybovými hlášeními, průběžné měření výšky manipulátoru nebo například funkce pro snadnější práci s časovači.

Pro program automatů jsem zvolil strukturu funkčních bloků, které mají při jejich volání pevně přiřazené instanční datové bloky. V těch jsou ukládány lokální data používané programem. Ostatní programové bloky jsou funkce, které pracují s daty uloženými ve sdílených datových blocích.

Základní struktura celého programu je zobrazena na obr. 5.1. Diagram je zjednodušený a jsou zde naznačeny pouze hlavní bloky programu a vazby mezi nimi.

Některé funkce a datové bloky jsou využívány několika různými programovými bloky.



Obr. 7.1: Zjednodušená struktura bloků programu

7.2 BLOKY PROGRAMU PLC

Main – OB1

Hlavní organizační blok, který se vykonává v každém cyklu PLC. Kontroluje stavy přepínačů automatického chodu na ovládacím panelu a podle toho volá funkční bloky FB1, FB2 a FB3 pro automatiku nebo funkci pro ruční ovládání FC9. Automatiku je možné během chodu pozastavit. V tom případě se pozastaví volání funkčních bloků a vypnou se všechny výstupy dané sekce. Automatika se pozastaví i v případě výskytu chyby. OB1 volá také funkce Synchron, FC_Edit a Error_Management.

Funkční bloky pro automatický chod všech tří sekcí linky obsahují stavové automaty pro akční členy jednotlivých částí. Stavové automaty jsou v jazyce SCL programově realizovány příkazem CASE, jehož argumentem je stav (typ INT) a jeho hodnotám jsou přiřazeny akce k vykonání a podmínky přechodu do dalšího stavu. Časování chodu je zajištěno funkcemi SetTimer a GetTimer, které usnadňují práci s S7 časovači s kroky 100 ms nebo 1 s.

FB_Draha – FB1

Funkční blok dráhy obsahuje stavové automaty pro zdviž, válečkový dopravník, navazující příčnou dráhu, dlouhou dráhu a stohovač podložek. Jednotlivé automaty potom fungují samostatně nebo synchronizovaně tak, aby byly vždy všechny pozice na dráze obsazeny podložkou. Volba synchronizace je nastavitelná v menu vytvořeném na displeji. Zde je možné nastavit také rychlost posuvu dráhy, která je řízena proporcionálním hydraulickým ventilem.

FB_Manipulátor – FB2

Tento blok zajišťuje automatický chod manipulátoru, který přemísťuje výrobky z podložky na dráze na paletu na roštovém dopravníku. Počet vrstev na paletě a způsob otočení jednotlivých vrstev je definovaný recepturou. Je zde navrženo jednoduché řízení proporcionálního ventilu ovlivňujícího rychlost zdvihu manipulátoru při pohybu na žádanou výšku.

FB_Dopravník

Obstarává dopravu prázdných palet ze zásobníku na místo nakládání manipulátorem a odvoz naložených palet do páskovačky a poté na konec dopravníku, odkud jsou palety obsluhou odebírány a uskladňovány.

FC_Rucni_ovl – FC6

Funkce pro obsluhu tlačítek ručního ovládání na ovládacím pultu. Většinou se jedná o spínání pohonů s ošetřením koncových poloh. Ruční ovládání je povoleno pouze, není-li zapnuta automatika.

IRC – FC2

Funkce IRC převádí hodnotu optického snímače natočení (výšky) z binárního kódu na dekadické číslo, které reprezentuje výšku manipulátoru v milimetrech. Obsahuje také programový filtr, který kontroluje velikost změny výšky mezi dvěma cykly programu. Takto eliminuje impulsní rušení, kdy dochází na všech bitech k přečtení hodnoty log. 1.

FC_Edit - FC1

Jelikož display TP 177A nepodporuje skripty, je třeba operace pro editaci receptur provádět v PLC. V této funkci jsou operace pro procházení receptur, vytváření a mazání receptur a udržování seznamu obsazeného paměťového prostoru. Vlastní data receptur jsou uloženy v datových blocích DB_Vyrobky a DB_Programy_Rot.

Synchro – FC7

Vytváří časové impulsy v intervalu 100 ms, které využívá funkce GetTimer100ms k odečítání zbývajících času uloženém v proměnné nastavené funkcí SetTimer100ms. Po vypršení nastaveného času vrací funkce GetTimer100ms hodnotu *true* (log.1). Stejným způsobem, avšak s rozlišením 1 s pracují funkce SetTimer a GetTimer.

Error_Management – FC10

Zajišťuje nastavení chybového hlášení do paměti, která je zobrazována na displeji. K práci s chybovými hlášeními slouží také funkce Set_Err pro nastavení chyby s prioritou a Clear_Err pro vymazání chyby po jejím potvrzení operátorem na displeji.

7.3 PROGRAM PRO DIPSLEJ TP 177A

Program pro dotykový displej TP 177A je vytvořen v programu WinCC flexible 2005 [7]. Tento software nabízí uživatelsky příjemné prostředí, které obsahuje základní komponenty postačující k tvorbě jednoduchého projektu. Potom už je pouze třeba přiřadit tagy vstupně/výstupním polím a akce pro tlačítka.

Tagy představují propojení mezi paměťovou oblastí v PLC a objekty na displeji, které s těmito daty pracují. Data jsou přenášeny po komunikačním rozhraní MPI, kterým je displej propojen s PLC. K dispozici jsou tři módy načítání tagů:

- *Cyclic continuous* - tag je načítán neustále v nastaveném časovém intervalu.
- *Cyclic on use* – tag je načítán v nastaveném cyklu pouze, je-li na aktuální obrazovce objekt, který s ním pracuje.
- *On demand* – tag je načten vždy jen jednou při přepnutí na obrazovku, na které je tag vyhodnocován.

Mód *Cyclic on use* je používán pro tagy, které jsou proměnné v čase. Například stavy sekcí nebo výška manipulátoru, které se načítají v cyklu 500 ms. Přístup *On demand* je postačující k zobrazování hodnot, které jsou upravovány pouze z displeje, jako je například nastavení parametrů. Zde stačí hodnoty načíst při zobrazení obrazovky a není nutné je načítat cyklicky. Mód *Cyclic continuous* nemá v tomto programu využití. Je vhodný v případech, kdy je definována nějaká akce k události související přímo s hodnotou tagu (změna hodnoty, překročení limitu atd.). Potom dojde k jejímu vykonání ať už je zobrazena libovolná obrazovka.

Objekty, který zobrazují hodnoty tagů nabízí tři volby z hlediska práce s tagy:

- *Input* – pouze zadávání hodnoty
- *Output* – pouze zobrazení hodnoty bez možnosti editace
- *Input/Output* – zobrazení hodnoty s možností editace

Podrobně je aplikace displeje popsána v kapitole 8.4.

8. OBSLUHA LINKY

8.1 ZAPNUTÍ ROZVADĚČE

Hlavní vypínač na pravé straně řady rozvaděčů musí být v poloze zapnuto. **Napájení rozvaděče** je indikováno zelenou žárovkou v levém horním rohu ovládacího pultu. Bezpečnostní spínač **Total Stop** musí být v normální poloze, tedy nezamáčknut. Zapnutí napájení rozvaděče se provádí stisknutím tlačítka **Start** a je indikováno zelenou žárovkou **Rozvaděč pod napětím**. Pokud se některá část rozvaděče nezapnula nebo došlo k poruše během chodu, rozsvítí se červená žárovka **Porucha 24V**.

Zapnutím rozvaděče se zapne napájení řídicího systému a provede se jeho inicializace včetně displeje (viz část Ovládání displeje).

8.2 ZAPNUTÍ SEKČÍ

Po zapnutí rozvaděče je třeba zapnout napájení jednotlivých sekcí linky. K tomu slouží tlačítka **Zapnout** v horní části každé sekce (obr. 1,2 a 3). Při zapnutí se opět rozsvítí zelená kontrolka napájení v jednotlivých sekcích. Napájení sekce je možné odpojit tlačítkem **Vypnout**. Chyba v napájení je rovněž indikovaná červenou kontrolkou **Porucha** v dané sekci.

8.3 RUČNÍ OVLÁDÁNÍ

Pokud jsou přepínače chodu **RUČ/AUT** (ruční ovládaní nebo automatický chod) vypnuty, je po zapnutí napájení sekce povoleno ruční ovládaní pomocí dolní řady tlačítek na ovládacím pultu. Před zapnutím některého z hydraulických pohonů (např. Kobyly nahoru/dolů, Dráha vpřed/vzad, Dopravník vpřed/vzad/nahoru/dolů atd.) je nutné zapnout příslušnou hydraulickou pumpu tlačítkem **Hydraul. pumpa zapnout** (respektive **vypnout** pro vypnutí pumpy). Uvolňovací ventily hydraulických pump jsou spínány automaticky a obsluha se o ně nemusí starat.

Jednotlivé pokyny jsou na popiskách u tlačítek ručního ovládání na ovládacím panelu. Příslušná akce jako např. zapnutí pohonu je prováděna po dobu stisknutí příslušného tlačítka. Možnost pohybu některých částí linky je v krajních polohách vymezena koncovými spínači a ani v ručním ovládání nemůže být v poloze na tomto spínači pohon spuštěn směrem za koncový spínač.

Při ovládání pohybu manipulátoru vpřed/vzad je navíc možnost volby rychlosti současným stisknutím tlačítka rychlosti následujícím způsobem:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Kobyła vpřed + Rychlý chod | - vysokou rychlostí vpřed |
| Kobyła vpřed | - vpřed |
| Kobyła vpřed + Pomalý chod | - pomalu vpřed (nereaguje na koncový spínač!!!) |
| Kobyła vzad + Rychlý chod | - vysokou rychlostí vzad |
| Kobyła vzad | - vzad |
| Kobyła vzad + Pomalý chod | - pomalu vzad (nereaguje na koncový spínač!!!) |

Při rychlosti „pomalu“ lze s manipulátorem zastavit v jakékoliv poloze a lze dojet i za koncové spínače, které vymezují krajní polohy při vysoké rychlosti, kde dojde vlivem brzdě rampy nastavené na frekvenčním měniči pohonu k zastavení manipulátoru na přesné poloze nad podložkou nebo nad paletou. Při vyšších rychlostech není vhodné zastavovat uprostřed trasy, kdy je páka ramene blízko pravého úhlu. Vlivem vysoké hmotnosti a setrvačnosti může v tomto případě dojít ke krátkodobému přetížení pohonu nadproudem při brzdění asynchronního motoru. Toto vyhodnotí frekvenční měnič a odpojí napájení sekce manipulátoru. Po chvíli je možné napájení opět zapnout.

Tlačítko **Pomalý chod** lze použít i v kombinaci s tlačítky **Kobyła nahoru** nebo **Kobyła dolů**, kdy je tímto nastavena poloviční rychlost zdvihu manipulátoru.

Odsávač a **čistič** v sekci dráhy se ovládá oddělenými tlačítky **Zapnout** a **Vypnout**. Jejich stav si řídicí systém pamatuje i pokud není tlačítko neustále stisknuto. Stav je zapamatován i při spuštění automatu dráhy a po jeho vypnutí je opětovně nastaven. To znamená, že pokud byl odsávač a čistič zapnut ručně, zůstane zapnut i po vypnutí automatu a naopak. V automatickém chodu je odsávač a čistič

vždy zapnut bez ohledu na stav v ručním ovládní. Odsávač navíc umožňuje kontrolu zda se skutečně motor točí. Toto je kontrolováno 5 sekund po zapnutí motoru a během celé další doby chodu odsávače. V případě, že se neroztočí, nebo se přestane točit, je hlášena chyba.

8.4 OVLÁDÁNÍ DISPLEJE

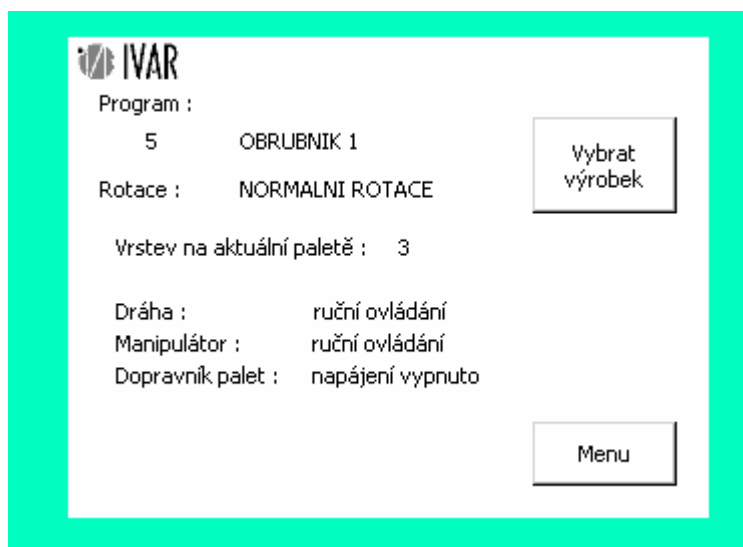
Na ovládacím pultu je umístěn dotykový displej Siemens TP 177A, který slouží k zobrazení stavu procesu, chybových hlášení, nastavování parametrů a editaci receptur jednotlivých výrobků a způsobu jejich ukládání na paletu.

Ovládní displeje je velmi intuitivní. Volba se provádí stisknutím vybraného tlačítka na obrazovce. Zadávání číselných hodnot nebo alfanumerických řetězců se provádí stisknutím pole s hodnotou, kterou chceme editovat. Pole, u kterých je editace možná, mají šedé pozadí. Pro editaci se zobrazí tlačítka numerické klávesnice nebo alfanumerické znaky pro zadávání názvů výrobků. Uložení hodnoty se pak provede stiskem klávesy **Enter** (↵), klávesa **BSP** maže poslední zadaný znak a návrat bez uložení se provádí klávesou **ESC**.

Hlavní obrazovka

Po zapnutí napájení dopleje (zapnutí rozvaděče) a jeho inicializaci se zobrazí hlavní obrazovka (obr.8.1), kde je zobrazen aktuální program (receptura), počet vrstev na aktuální paletě a stavy jednotlivých sekcí. Zde může být zobrazeno :

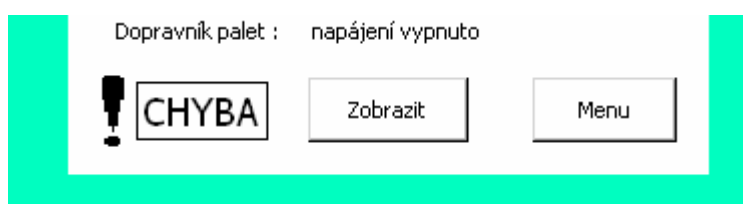
- napájení vypnuto
- ruční ovládní
- automat
- pozastaveno



Obr. 8.1: Hlavní obrazovka

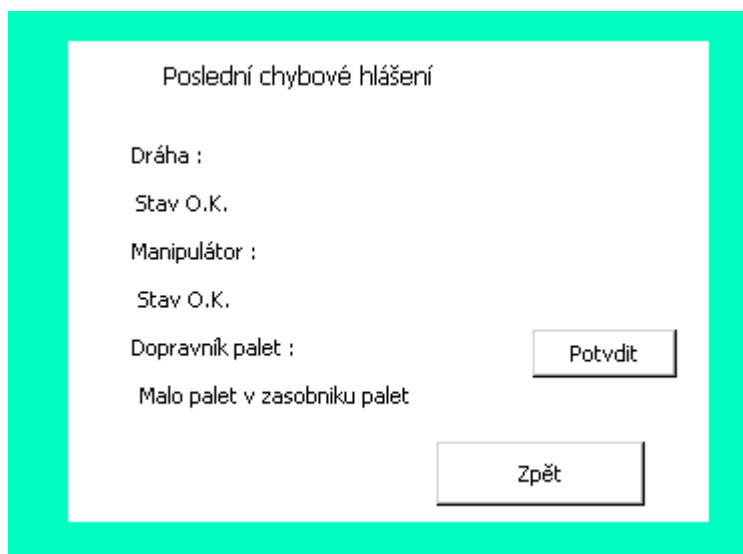
Tlačítko **Vybrat výrobek** slouží ke změně programu výrobků (receptur). Je zobrazenou pouze jsou-li všechny tři sekce v ručním ovládní. Tlačítko zobrazí obrazovku Program výrobků (popsáno níže).

Pokud dojde během provozu v některé části linky k chybě, zobrazí se ve spodní části hlavní obrazovky blikající nápis chyba.



Obr. 8.2: Oznámení chyby na hlavní obrazovce

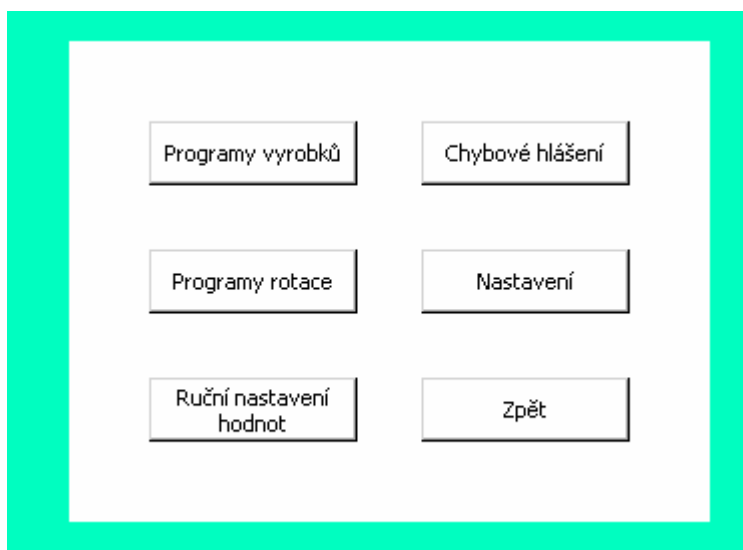
Stisknutím tlačítka **Zobrazit** se přepne obrazovka na chybové hlášení. Chybové hlášení jsou rozděleny na tři nezávislé skupiny odpovídající sekcím linky. Pokud se nevyskytla žádná chyba je u příslušné sekce napsáno Stav O.K. Při výskytu chyby je zde popis vzniklé chyby. Každou vzniklou chybu je třeba po odstranění její příčiny potvrdit tlačítkem **Potvrdit**. Během přítomnosti nepotvrzené chyby se pozastaví automatický chod v příslušné sekci, je-li zapnut. Na ruční ovládní výskyt chyby nemá vliv. Výpis jednotlivých chyb je v tabulce v příloze.



Obr. 8.3: Poslední chybové hlášení

Menu

V pravém dolním rohu hlavní obrazovky se nachází tlačítko **Menu**, které zobrazí nabídku dalších obrazovek.

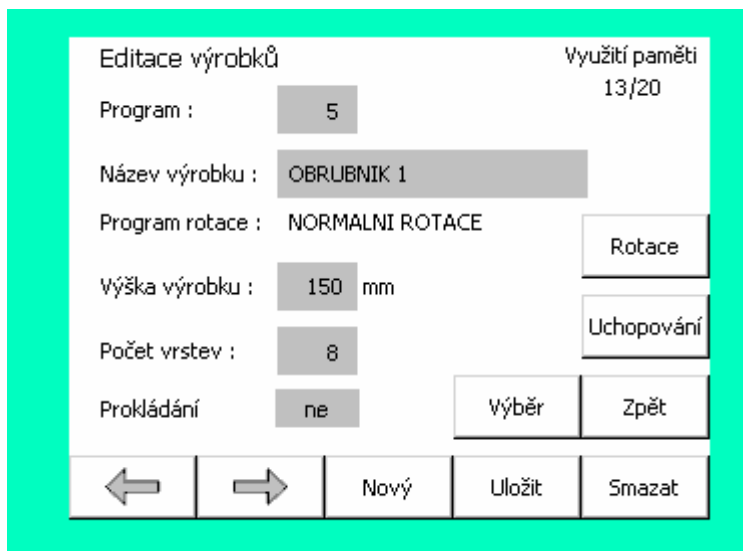


Obr. 8.4: Menu

Tlačítkem **Zpět** se provede návrat na hlavní obrazovku. Ostatní tlačítka zobrazí následující obrazovky:

Programy výrobků

V programech výrobků jsou uloženy informace o rozměrech výrobků a způsobu jejich ukládání na paletu, tedy počet vrstev, způsob rotace jednotlivých vrstev a způsob uchopování vrstvy kleštěmi manipulátoru. Stisknutím tlačítka Výběr se aktuálně zobrazený program nastaví jako vykonávaný program, podle kterého se řídí automatický chod linky. Toto tlačítko je zobrazeno pouze, jsou-li všechny tři přepínače typu provozu na ovládacím pultu v poloze ručního ovládání.



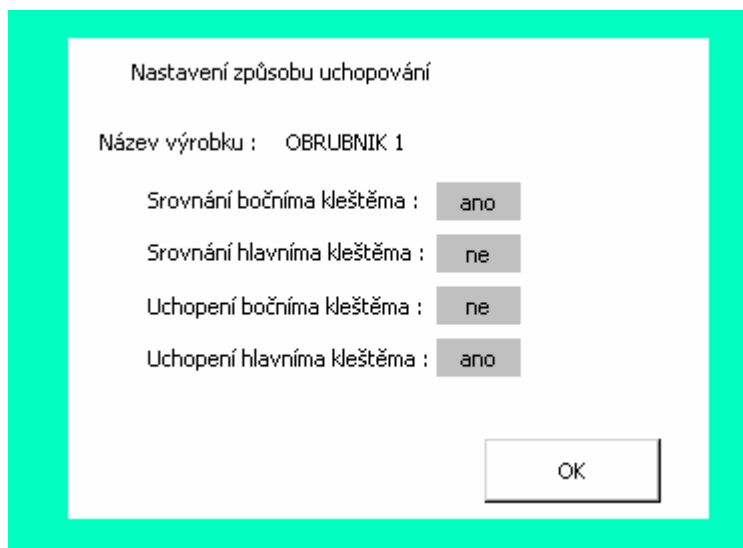
| | | | |
|------------------|-----------------|-------------------------|------------|
| Editace výrobků | | Využití paměti 13/20 | |
| Program : | 5 | | |
| Název výrobku : | OBRUBNIK 1 | | |
| Program rotace : | NORMALNI ROTACE | | Rotace |
| Výška výrobku : | 150 mm | | Uchopování |
| Počet vrstev : | 8 | | |
| Prokládání | ne | Výběr | Zpět |
| | | ← | → |
| | | Nový | Uložit |
| | | Smazat | |

Obr. 8.5: Editace programů výrobků

Při stisknutí jedné ze šipek se načte nejbližší obsazená paměť s recepturou. Recepty lze vytvářet tlačítkem **Nový** nebo odebírat tlačítkem **Smazat**. Smazání záznamu je třeba potvrdit, aby nedošlo k nechtěnému odstranění. V pravém horním rohu je zobrazeno obsazení paměti pro recepty. Maximální počet je 20. Minimálně musí zůstat 1 recept. Při vytvoření nebo změně hodnot receptu je třeba stisknout tlačítko **Uložit**, kterým se aktuálně zobrazené hodnoty uloží do datového bloku v PLC. V opačném případě dojde při načtení další receptury ke smazání provedených změn bez jejich uložení do paměti.

Prokládání určuje, zda jsou mezi jednotlivé vrstvy vkládány proklady. Stisknutím šedého pole se přepíná jeho hodnota mezi *ano* a *ne*.

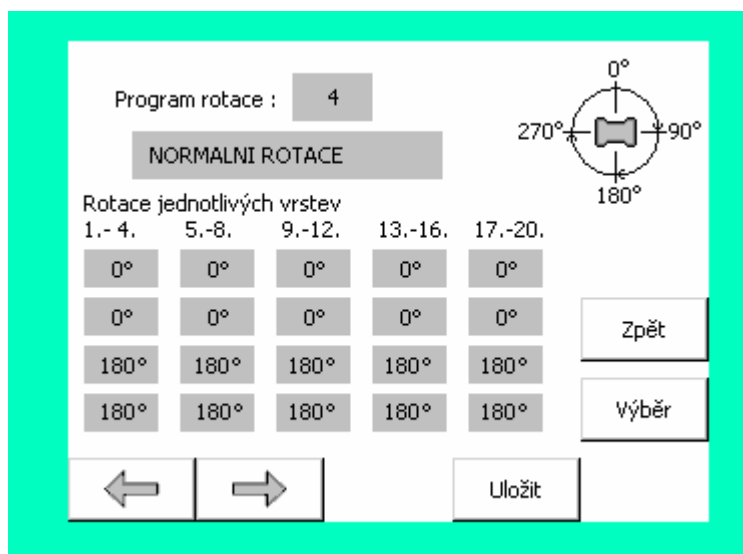
Tlačítko **Uchopování** zobrazí obrazovku, kde se stejným způsobem jako u prokládání nastaví způsob a pořadí uchopování vrstvy výrobků. Kombinace jejich použitá je libovolná, avšak vždy je zachována sekvence srovnání bočními – srovnání hlavními – uchopení bočními – uchopení hlavními kleštěmi. Při srovnávání se kleště krátce sevřou a rozevřou. Při uchopení se kleště sevřou a zůstanou sevřeny až do odložení vrstvy na paletu. Při změně výrobků je třeba vhodně nastavit koncové snímače otevření kleští tak, aby při otevření kleští byly gumové čelisti ve vzdálenosti maximálně 15 cm od okraje výrobků. Důvodem je čas na sevření kleští, který je omezen kvůli rychlosti cyklu manipulátoru.



Obr. 8.6: Editace způsobu uchopování výrobků

Programy rotace

Jedním z parametrů receptu je také *Program rotace*. Ke každému receptu se přiřazuje jeden z deseti programů pro rotace jednotlivých vrstev výrobků na paletě. Její výběr se provede tlačítkem **Rotace** na pravé straně obrazovky *Programy výrobků*. Na stejnou obrazovku se lze dostat z *Menu* tlačítkem **Programy rotace**, avšak v tomto případě není zobrazeno tlačítko **Výběr**, které přiřazuje program rotace k programu výrobku.



Obr. 8.7: Editace programu rotace vrstev

Pro jednotlivé vrstvy se vybere jeden ze čtyř úhlů natočení ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$). Změny je opět třeba uložit tlačítkem Uložit ve spodní části obrazovky.

Chybové hlášení

Obrazovka chybových hlášení je na obr.8.3. Chyby podrobně popisuje kapitola Chyby níže.

Ruční nastavení hodnot

Na této obrazovce lze editovat aktuální provozní hodnoty. Je zde aktuální počet vrstev na paletě, který je třeba upravovat například při odstranění vadné vrstvy z palety. Je zde také možnost dát startovní povel automatické páskovače (pouze, je-li dopravník palet v ručním ovládní, páskovačka je připravená v autom. režimu, není vypnutá total stopem, nemá chybu a hlava páskovačky je v horní poloze).

Nastavení

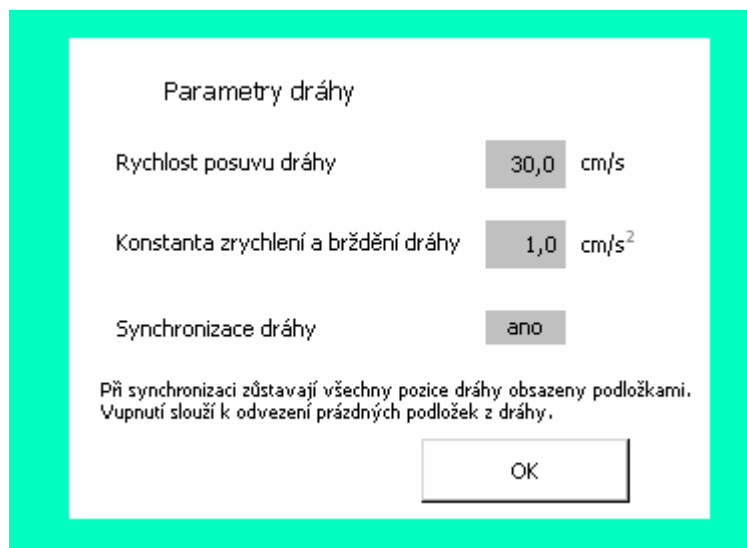
Tlačítko **Nastavení** v *Menu* zobrazuje další nabídku obrazovek týkajících se nastavení parametrů linky.



Obr. 8.8: Menu nastavení

Parametry dráhy

Obrazovka parametrů dráhy poskytuje možnost nastavení rychlosti posuvu hydraulického pohonu dráhy a jeho zrychlení, které ovlivňuje strmost změny rychlosti při rozjezdu a brzdění.



Obr. 8.9: Nastavení parametrů dráhy

Parametr *Synchronizace dráhy* udává chování navazujících částí (dopravníků). Pokud je nastaveno ano, čekají jednotlivé části (příčná dráha, dráha) až je přisunuta podložka na jejich vstup. Pokud je synchronizace vypnutá, mohou posouvat zbývající podložky bez ohledu na to, zda jsou přisunovány další podložky na vstup. Toto slouží vyprázdnění dráhy od podložek například při přechodu na jiný druh výrobků, nebo je-li potřeba zbyte podložky do lisu. Při běžném provozu ponechte synchronizaci zapnutou.

Parametry manipulátoru

Nastavení manipulátoru nabízí 2 obrazovky mezi kterými se přepíná tlačítkem **Další**.

Rychlost zdvihu MAX – horní hranice rychlosti zdvihu manipulátoru a autom. chodu.

Rychlost zdvihu MIN – rychlost, na kterou manipulátor dobrzdí a kterou se pohybuje při dosedání při uchopování nebo odkládání na paletu.

Zrychlení zdvihu – udává změnu rychlosti při zrychlování a brzdění pohybu zdvihu.

Rychlost zdvihu při ručním ovládní – rychlost zdvihu manipulátoru při ručním ovládní.

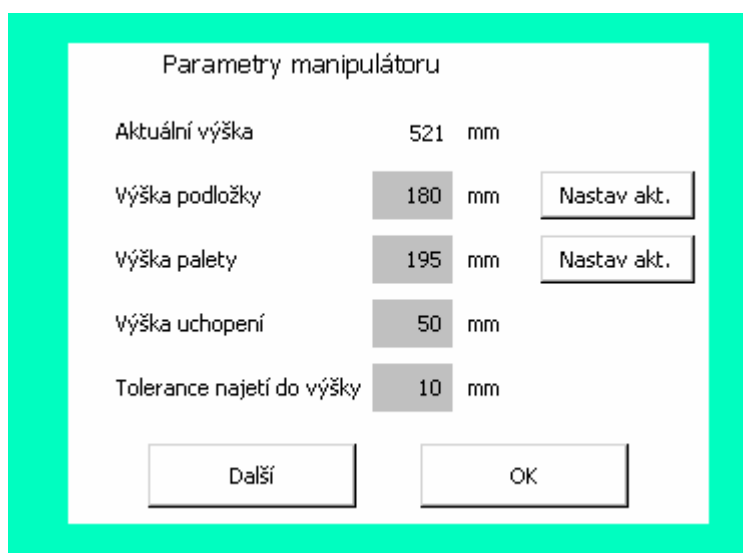


| Parametry manipulátoru | |
|------------------------------------|------------------------|
| Rychlost zdvihu MAX | 20,0 cm/s |
| Rychlost zdvihu MIN | 2,0 cm/s |
| Zrychlení zdvihu | 30,0 cm/s ² |
| Rychlost zdvihu při ručním ovládní | 15,0 cm/s |

Obr. 8.10: Nastavení parametrů rychlosti manipulátoru

Na druhé obrazovce parametrů se nacházejí kalibrační hodnoty *výšky podložky* a *výšky palety*. Tyto hodnoty lze taky nastavit ručním najetím manipulátorem na úroveň podložky nebo palety a stisknutím tlačítka **Nastav akt.** Pokud se daná výška nachází pod spodním koncovým spínačem zdvihu je třeba výšku odměřit a zadat přímo.

Výška uchopení udává na jakou výšku nad výrobkem manipulátor dobrzdňuje a dosedá. Je závislá na mechanickém nastavení výšky vany manipulátoru, kterou dosedá na výrobky.



| Parametry manipulátoru | | |
|---------------------------|--------|-------------|
| Aktuální výška | 521 mm | |
| Výška podložky | 180 mm | Nastav akt. |
| Výška palety | 195 mm | Nastav akt. |
| Výška uchopení | 50 mm | |
| Tolerance najetí do výšky | 10 mm | |
| Další | | OK |

Obr. 8.11: Nastavení parametrů výšky manipulátoru

Tolerance najetí do výšky udává s jakou přesností se zdvih manipulátoru zastaví v cílové výšce. Příliš malá hodnota může způsobit prodlevu při přestavování výšky nebo nemožnost dosažení výšky s danou tolerancí, jelikož je schopnost zastavit přesně závislá na vlastnostech a kvalitě hydraulického pohonu a nastavené rychlosti.

Nastavení dopravníku palet

Zde jsou k dispozici dva parametry s volbou ano/ne.

První udává, zda je v automatickém chodu používána *automatická páskovačka*. Druhý parametr nastavení slouží k *odvozu palet* na konec roštového

dopravníku a umožnit tak jejich uskladnění mimo prostor linky. V kombinaci s přepínačem **Blokování zásob. palet** na ovládacím pultu lze zabránit vykládání palet ze zásobníku a zamezit tak zaplnění dopravníku prázdnými paletami. **Blokování zásob. palet** má rovněž uplatnění, když se výrobky neukládají na palety ale pouze na proklady.

Prokládání

Na této obrazovce se nastavuje výška prokladů vkládaných ručně mezi vrstvy některých druhů výrobků na paletě.

8.5 AUTOMATICKÝ CHOD

Každá sekce linky má vlastní přepínač chodu **RUČ/AUT**. Před zapnutím automatického chodu musí být zapnuto napájení a hydraulická pumpa v dané sekci. Při přepnutí přepínače do polohy AUT začne blikat kontrolka v tlačítku **Automat** nad přepínačem chodu a na hlavní obrazovce displeje se zobrazí stav *pozastaveno*. K rozběhnutí linky pak jen stačí zmáčknout toto blikající tlačítko (na displeji je zobrazeno *automat*). Kdykoliv během automatického chodu lze sekci opětovně pozastavit a pokračovat. Sekce na sebe navazují, tudíž je nutné pro plnohodnotný provoz linky zapnout všechny tři automaty.

Před prvním zapnutím automatů je třeba na displeji zadat parametry (*Menu – Nastavení*). Především rychlosti dráhy a manipulátoru a kalibrační hodnoty pro nastavování výšky zdvihu manipulátoru (výška podložky a palety, tolerance výšky a výška uchopení). Tyto hodnoty stačí zadat jednou. Jsou uchovávány v paměti, která vydrží i při vypnutém napájení rozvaděče, tudíž budou nastaveny i při dalších zapnutích. Stejným způsobem jsou uchovávány data receptur.

Při zapnutí automatu je třeba dbát na to v jaké poloze se jednotlivé části linky nacházejí. Program při zapnutí automatu tyto polohy kontroluje a je částečně schopen části linky navrátit do výchozí pozice, ale není schopen určit, zda nejsou

podložky nebo palety špatně posunuty mezi koncovými polohami. Toto musí při zapínání automatu zajistit a kontrolovat obsluha.

V sekci dráhy je při zapnutí automatu zajistit, že není podložka povyjetá ze zdviže tak, že již neleží na koncových spínačích pod zdviží. Dále nesmí být podložka uprostřed válečkového dopravníku. Na příčné dráze a navazující dráze nesmí být podložky posunuty z výchozí pozice (dráha nedokončila pohyb vpřed). Stoh podložek na konci dráhy musí být uprostřed stohovače. Výška stohovače se nastaví automaticky.

Ze zdviže jsou podložky po jedné vysunovány na koncový spínač před zdviží a poté přesouvány po válečcích na příčnou dráhu. Program vyhodnotí, že je zdviž prázdná po pootočení přes 15 prázdných pater. Zdviž je možné zavázat za chodu. Při dojetí vozíku ke snímači před zdviží se její posun zastaví. Dráha posouvá podložky pouze když optický snímač pod manipulátorem indikuje, že na podložce nejsou výrobky. Pro větší bezpečnost je dále kontrolována přítomnost výrobků (např. při špatném uchycení) pomocí lanka nataženého nad podložkou, jehož propnutí sepne koncový spínač. Poté je podložka při posuvu vpřed očištěna od zbytků betonu, otočená, ostříknutá proudem vody a na konci dráhy vysunuta na připravený stohovač. Stohovač se při dosunutí podložky automaticky posune dolů tak, aby mohla být přisunuta další podložka. Při naplnění stohu se tento odsune buď do lisu nebo opačným směrem na pás, kde mohou být odloženy dva stohy.

Manipulátor při zapnutí automatu najede do výchozí pozice, ale je vhodné jej v ručním ovládní zvednout, pokud se nachází v blízkosti palety. Pokud nejsou při zapnutí oboje kleště plně otevřeny, vyhodnotí to program tak, že už jsou v kleštích uchyceny výrobky a umístí je na paletu. Manipulátor umísťuje vrstvy na paletu pouze tehdy, je-li aktuální počet vrstev na paletě (zobrazeno na displeji) menší než je nastaveno v aktuální receptuře.

Manipulátor automaticky najíždí do výšky podložky navýšené o nastavenou výšku *uchopení*. Poté pomalu klesá *rychlostí zdvihu MIN* dokud hlava manipulátoru nedosedne na výrobky. Provede shrnutí a uchopení vrstvy kleštěmi podle nastavení v receptuře a s výrobky se zvedne do výšky o 20 cm výše než je aktuální výška palety s již naloženými vrstvami. Tato výška umožní bezpečně najet nad paletu a

dovolí rozjezd dolů vyšší rychlostí. Jakmile dosáhne manipulátor výšky palety s výrobky, sepne pojezd vpřed a během pohybu nastaví rotaci hlavy odpovídající rotaci prováděné vrstvy podle receptury. Odložení vrstvy na paletu probíhá rovněž pomalým dosednutím na paletu. Po rozevření kleští se manipulátor v bezpečné výšce vrátí do pozice nad podložkou a je připraven na další vrstvu.

Automat dopravníku palet lze zapnout jen tehdy, je-li roštový dopravník dole nebo vzadu, zásobník palet je v horní poloze a pod ním je povyjetá paleta. Na pozici pod manipulátorem je možné paletu nechat vyjet zapnutím volby **Odvoz palet** na displeji v *Menu – Nastavení – Dopravník palet*. Poté volbu *Odvoz palet* opět vypněte. Při zapnutí nebo vypnutí odvozu palet se změna nemusí projevit okamžitě podle toho v jaké fázi cyklu se program nachází (např. čeká na naplnění palety). Pokud je třeba provést změnu okamžitě, pak vypněte a znovu zapněte automat dopravníku palet. Při odvozu palet se při dosunutí palety pod manipulátor nenuluje aktuální počet vrstev na paletě zobrazovaný na displeji. Tím je blokován manipulátor, který pracuje pouze, je-li aktuální počet vrstev na paletě nižší než počet vrstev v prováděné receptuře. V kombinaci s přepínačem **Blokování zásob. palet** lze nechat posouvat dopravník bez přidávání dalších palet.

Při výskytu chyby se automatický chod pozastaví dokud není chyba potvrzená na displeji. Chyba v jedné sekci neovlivní automatický chod zbývajících sekcí.

8.6 POSTUP PŘI ZMĚNĚ VÝROBNÍHO PROGRAMU

1. Nový druh výrobků na podložkách navezte do zdviže na začátku dráhy. Možno navézt přímo za předchozí výrobky, pokud zde nějaké zůstaly.
2. V automatickém chodu nechte podložky s novými výrobky dojet na pozici před nebo přímo pod manipulátorem a vypněte automat dráhy.
3. Po přeložení poslední vrstvy starých výrobků na paletu vypněte automat manipulátoru.
4. Pokud nebyla paleta zcela naplněna starými výrobky, nastavte plný počet vrstev ručně na displeji (*Menu – Ruční nastavení hodnot*). Nastavte polohu přepínače **Blokování zásob. palet** pro nové výrobky. Po dokončení cyklu posuvu palety vypněte i automat dopravníku palet.
5. Proved'te mechanické seřízení manipulátoru.
6. Koncové snímače rozevření kleští nastavte tak, aby byly při plném rozevření čelisti maximálně 20 cm od kraje výrobků.
7. Upravte výšku vany, kterou manipulátor dosedá na výrobky tak, aby odpovídala požadované výšce sevření vrstvy výrobku kleštěmi. Výšku od podložky ke spodní hraně kleští při uchopení nastavte na displeji do parametrů manipulátoru (*Menu – Nastavení – Manipulátor – Výška uchopení*). Hodnotu můžete navýšit o rezervu na hladké dosednutí (např. 50 mm).
8. Na hlavní obrazovce stiskněte tlačítko **Vybrat výrobek** a proved'te změnu receptury. Tlačítka se šipkami najděte příslušný program případně vytvořte nový záznam (viz. *Programy výrobků*) a jeho volbu proved'te tlačítkem **Výběr**. Na hlavní obrazovce se zobrazí jeho název.
9. Spusťte automat dráhy, manipulátoru a dopravníku palet.
10. Jakmile dojde k zapáskování poslední palety starých výrobků, pozastavte automat dopravníku palet a proved'te změnu programu automatické páskovačky. Poté automat opět spusťte.

9. ZÁVĚR

V přípravné fázi projektu jsem se zaměřil na dimenzování el. motorů pro pohony zdviže a posuvu manipulátoru. Výpočtem potřebného výkonu těchto motorů jsem ověřil správnost stávajícího řešení, které je v obou případech postačující včetně výkonové rezervy. Teoretická část práce obsahuje také provedený rozbor pěti základních programovacích jazyků pro použití v programovatelných automatech.

Hlavní část projektu spočívala ve vytvoření programu pro řídicí systém manipulační linky, který je založen na technologii programovatelných logických automatů. Je zde použito PLC firmy Siemens SIMATIC S7-300. Jeho program jsem vytvořil pomocí programovacího jazyka SCL, který rovněž vyvinula firma Siemens a který odpovídá mezinárodně uznávanému standardu IEC 61131-3. Rozhraní mezi PLC a obsluhou linky tvoří ovládací pult s tlačítky pro ruční ovládání a dotykovým displejem TP 177A. Pomocí displeje může obsluha sledovat stav linky, měnit parametry nastavení programu nebo editovat receptury, podle kterých pracuje manipulátor.

V průběhu uvádění nového řídicího systému do provozu a odladování programu byly upřesněny detailní požadavky odběratele. Na jejich základě bylo třeba rozšířit záznam receptury. Řídicí sekvence jednotlivých sekcí linky byly během zkušebního provozu upraveny tak, aby byla optimalizována její rychlost. V tomto ohledu je nejpomalejším článkem manipulátor, jehož rychlost je omezena především kvalitou hydraulického pohonu zdvihu. Obsluha má možnost rychlost upravit změnou parametrů na displeji pro případ manipulace s křehčími výrobky.

10. LITERATURA

- [1] KOLÁČNÝ, J. *Elektrické pohony*. Skriptum VUT FEKT UVEE, Brno
- [2] ZEZULKA, F., BRADÁČ Z., FIEDLER, P., KUČERA, P., ŠTOHL, R. *Programovatelné automaty*. Skriptum VUT FEKT UAMT, Brno 2003
- [3] *System Software for S7-300 and S7-400 Program Design*, Programming Manual, C79000-G7076-C506-01
- [4] JOHN, K., TIEGELKAMP, M. *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems*. Germany: Springer Verlag Berlin Heidelberg. 2001 [cit. 2008-03-24]. 3. vydání. 375 s. ISBN 3-540-67752-6
- [5] *Working with STEP 7 V5.3*, Edition 01/2004, A5E00261403-01
- [6] *S7-SCL V5.3 for S7-300/400*, Manual, Ediditon 02/2004, A5E00290611-01
- [7] *WinCC flexible 2007 Compact/Standard/Advanced*, User's manual, Edition 07/2007, A5E01024750-01

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Tabulka symbolů
- Příloha 2 Rozmístění prvků na ovládacím pultu
- Příloha 3 Výpis možných chyb linky a jejich popis

Příloha 1

Tabulka symbolů (prog. moduly, vstupy, výstupy atd.) a jejich adres v PLC.

Prefixy použité při označování proměnných :

Obecné

I - vstup

Q - výstup

TL - tlačítko

M - proměnná v M-paměti PLC

S - stavy automatů (CASE)

T - proměnné pro SW časovače (SetTimer, GetTimer ..)

Konkrétní (zkratky sekcí)

D - dráha

M - manipulátor

P - palety (sekce RD + ZP)

RD - roštový dopravník

ZP - zásobník palet

| Symbolický název | adresa |
|------------------|--------|
| DB_Vyrobky | DB 1 |
| DB_Synchro | DB 2 |
| IDB_Manipulator | DB 3 |
| DB_Programy_Rot | DB 4 |
| DB_Pomocny | DB 5 |
| IDB_Draha | DB 6 |
| IDB_Dopravnik | DB 7 |
| DB_Kobyly | DB 8 |
| DB_Nastaveni | DB 9 |
| DB_Error | DB 10 |
| FB_Draha | FB 1 |
| FB_Manipulator | FB 2 |
| FB_Dopravnik | FB 3 |
| FC_Edit | FC 1 |
| IRC | FC 2 |
| SetTimer | FC 3 |
| GetTimer | FC 4 |
| SetTimer100ms | FC 5 |
| GetTimer100ms | FC 6 |
| Synchro | FC 7 |
| FC_Kobyly | FC 8 |
| Pohony | FC 9 |

| | |
|------------------------|-------|
| Error_Management | FC 10 |
| Doplň_String | FC 11 |
| Set_Err | FC 12 |
| Clear_Err | FC 13 |
| Reset_Vyst | FC 14 |
| FC_Rucne_Draha | FC 15 |
| FC_Rucne_Manipulator | FC 16 |
| FC_Rucne_Dopravnik | FC 17 |
| I_TL_Central_Auto_Stop | I 0.0 |
| I_TL_M_Automat | I 0.1 |
| I_TL_M_Auto_Stop | I 0.2 |
| I_TL_D_Automat | I 0.3 |
| I_TL_D_Auto_Stop | I 0.4 |
| I_TL_P_Automat | I 0.5 |
| I_TL_P_Auto_Stop | I 0.6 |
| I_TL_Zavazeni | I 0.7 |
| I_TL_Kob_Rychly_Chod | I 1.0 |
| I_TL_Kob_Pomaly_Chod | I 1.1 |
| I_TL_Kob_Nahoru | I 1.2 |
| I_TL_Kobyly_Dolu | I 1.3 |
| I_TL_Kobyly_Vzad | I 1.4 |
| I_TL_Kobyly_Vpred | I 1.5 |
| I_TL_Ot_Vlevo_Rychle | I 1.6 |

| | |
|-------------------------|-------|
| I_TL_Ot_Vpravo_Rychle | I 1.7 |
| I_TL_Ot_Vlevo_Pomalu | I 2.0 |
| I_TL_Ot_Vpravo_Pomalu | I 2.1 |
| I_TL_Hl_Kleste_Otevit | I 2.2 |
| I_TL_Hl_Kleste_Zavrit | I 2.3 |
| I_TL_Boc_Kleste_Otevit | I 2.4 |
| I_TL_Boc_Kleste_Zavrit | I 2.5 |
| I_TL_Odsavac_Zapnout | I 2.6 |
| I_TL_Odsavac_Vypnout | I 2.7 |
| I_TL_Cistic_Zapnout | I 4.0 |
| I_TL_Cistic_Vypnout | I 4.1 |
| I_TL_Podlozky_Dovnitř | I 4.2 |
| I_TL_Podlozky_Ven | I 4.3 |
| I_TL_Zdviz_Dolu | I 4.4 |
| I_TL_Zdviz_Nahoru | I 4.5 |
| I_TL_Pas_Zdviz_Vpred | I 4.6 |
| I_TL_Pas_Zdviz_Vzad | I 4.7 |
| I_TL_Valecky_Vpred | I 5.0 |
| I_TL_Valecky_Vzad | I 5.1 |
| I_TL_Pr_Draha_Vpred | I 5.2 |
| I_TL_Pr_Draha_Vzad | I 5.3 |
| I_TL_Draha_Vpred | I 5.4 |
| I_TL_Draha_Vzad | I 5.5 |
| I_TL_Obracec_Vpred | I 5.6 |
| I_TL_Obracec_Vzad | I 5.7 |
| I_TL_Valecky_K_Lisu | I 6.0 |
| I_TL_Valecky_Ven | I 6.1 |
| I_TL_Stoh_Nahoru | I 6.2 |
| I_TL_Stoh_Dolu | I 6.3 |
| I_TL_RD_Vpred | I 6.4 |
| I_TL_RD_Vzad | I 6.5 |
| I_TL_RD_Nahoru | I 6.6 |
| I_TL_RD_Dolu | I 6.7 |
| I_TL_Palety_Nahoru | I 7.0 |
| I_TL_Palety_Dolu | I 7.1 |
| I_TL_Palec_Pod_Paletu | I 7.2 |
| I_TL_Palec_Zpet | I 7.3 |
| I_TL_Blokovan_ZP | I 7.4 |
| I_TL_Kartac | I 7.5 |
| I_TL_Rezerva_1 | I 7.6 |
| I_TL_Rezerva_2 | I 7.7 |
| I_Manipulator_Zapnut_OK | I 8.0 |
| I_Draha_Zapnuta_OK | I 8.1 |
| I_RD_Zapnut_OK | I 8.2 |
| I_Hydr_Pumpa_M_OK | I 8.3 |
| I_Hydr_Pumpa_D_OK | I 8.4 |
| I_Hydr_Pumpa_RD_OK | I 8.5 |

| | |
|-------------------------|--------|
| I_Porucha_24V | I 8.6 |
| I_Porucha_M | I 8.7 |
| I_Porucha_D | I 9.0 |
| I_Porucha_P | I 9.1 |
| I_Odsavani_OK | I 9.2 |
| I_M_Sv_Zavora_Stop | I 9.3 |
| I_Rezerva_1 | I 9.4 |
| I_Paskovacka_Zapnuta | I 9.5 |
| I_Paskovacka_Hlava_Hore | I 9.6 |
| I_Paskovacka_TOTAL | I 9.7 |
| I_Kob_Vzadu | I 10.0 |
| I_Kob_Vpredu | I 10.1 |
| I_Kob_Nahore | I 10.2 |
| I_Kob_Dole | I 10.3 |
| I_Kob_Dotek | I 10.4 |
| I_Bocni_Kleste_OTV | I 10.5 |
| I_Hlavni_Kleste_OTV | I 10.6 |
| I_Rezerva_2 | I 10.7 |
| I_Otoceni_0_R | I 11.0 |
| I_Otoceni_0_L | I 11.1 |
| I_Otoceni_90 | I 11.2 |
| I_Otoceni_90_Res | I 11.3 |
| I_Otoceni_270 | I 11.4 |
| I_Otoceni_180 | I 11.5 |
| I_Volno_Pod_Kob | I 11.6 |
| I_Rezerva_3 | I 11.7 |
| I_IRC_0 | I 12.0 |
| I_IRC_1 | I 12.1 |
| I_IRC_2 | I 12.2 |
| I_IRC_3 | I 12.3 |
| I_IRC_4 | I 12.4 |
| I_IRC_5 | I 12.5 |
| I_IRC_6 | I 12.6 |
| I_IRC_7 | I 12.7 |
| I_IRC_8 | I 13.0 |
| I_IRC_9 | I 13.1 |
| I_IRC_10 | I 13.2 |
| I_IRC_11 | I 13.3 |
| I_IRC_12 | I 13.4 |
| I_IRC_13 | I 13.5 |
| I_Paskovacka_Automat | I 13.6 |
| I_Paskovacka_Chyba | I 13.7 |
| I_Podl_Pas_Zdviz_2 | I 14.0 |
| I_Podl_Pas_Zdviz_1 | I 14.1 |
| I_Zdviz_Patro | I 14.2 |
| I_Pr_Draha_vzadu | I 14.3 |
| I_Pr_Draha_vpředu | I 14.4 |





























| | |
|-------------------------|--------|
| I_Vozik_ve_Zdvizi | I 14.5 |
| I_Pas_Zdviz_Podl_Vpredu | I 14.6 |
| I_Kostky_na_Draze2 | I 14.7 |
| I_Jeste_Kostky_Drat | I 15.0 |
| I_D_Vpredu | I 15.1 |
| I_D_Vpredu_Zpomal | I 15.2 |
| I_Delic_podlozek | I 15.3 |
| I_D_Vzadu_Zpomal | I 15.4 |
| I_D_Vzadu | I 15.5 |
| I_Kriz_Vstup | I 15.6 |
| I_Kriz_Pozice | I 15.7 |
| I_Kriz_Vystup | I 16.0 |
| I_Stoh_Vstup_Volno | I 16.1 |
| I_Stoh_Dole | I 16.2 |
| I_Stoh_Nahore | I 16.3 |
| I_Podl_Na_Draze3 | I 16.4 |
| I_Odklad_Stoh_1 | I 16.5 |
| I_Odklad_Stoh_2 | I 16.6 |
| I_Odklad_Stoh_3 | I 16.7 |
| I_Chybi_Podl_V_Lisu | I 17.0 |
| I_D_Rezerva_1 | I 17.1 |
| I_D_Rezerva_2 | I 17.2 |
| I_Zas_Palet_Dole | I 17.3 |
| I_Zas_Palet_Mezi | I 17.4 |
| I_Zas_Palet_Nahore | I 17.5 |
| I_Palec_mimo_paletu | I 17.6 |
| I_RD_Rezerva_0 | I 17.7 |
| I_Podl_pod_Zas_Palet | I 18.0 |
| I_RD_Mezipoloha | I 18.1 |
| I_Desta_v_zasobniku | I 18.2 |
| I_Malo_Palet | I 18.3 |
| I_RD_Nahore | I 18.4 |
| I_RD_Dole | I 18.5 |
| I_RD_Vpredu | I 18.6 |
| I_RD_Vzadu | I 18.7 |
| I_RD_Paleta_Pod_Kob | I 19.0 |
| I_RD_Vylozen | I 19.1 |
| I_RD_Paleta_na_Konci | I 19.2 |
| I_RD_Rezerva_1 | I 19.3 |
| I_RD_Rezerva_2 | I 19.4 |
| I_RD_Rezerva_3 | I 19.5 |
| I_RD_Rezerva_4 | I 19.6 |
| I_RD_Rezerva_5 | I 19.7 |
| M_Prep_Draha_last | M 0.0 |
| M_Draha_Pozastaveno | M 0.1 |
| M_Draha_Auto_Stop_last | M 0.2 |
| M_Prep_Manip_last | M 0.3 |

| | |
|------------------------|-------|
| M_Manip_Pozastaveno | M 0.4 |
| M_Manip_Auto_Stop_last | M 0.5 |
| M_prep_RD_last | M 0.6 |
| M_RD_Pozastaveno | M 0.7 |
| M_RD_Auto_Stop_last | M 1.0 |
| M_Rucni_Odsavac | M 1.1 |
| M_Rucni_Cistic | M 1.2 |
| M_Kob_hydr | M 1.3 |
| Main | OB 1 |
| CYC_INT5 | OB 35 |
| Q_Kob_Vpred | Q 0.0 |
| Q_Kob_Vzad | Q 0.1 |
| Q_Manip_Otoc_Vpravo | Q 0.2 |
| Q_Manip_Otoc_Vlevo | Q 0.3 |
| Q_Manip_Otoc_Rychle | Q 0.4 |
| Q_Manip_Otoc_Pomalu | Q 0.5 |
| Q_Kob_Nahoru | Q 0.6 |
| Q_Kob_Dolu | Q 0.7 |
| Q_Hlav_Kleste_ZAV | Q 1.0 |
| Q_Hlav_Kleste_OTV | Q 1.1 |
| Q_Bocni_Kleste_OTV | Q 1.2 |
| Q_Bocni_Kleste_ZAV | Q 1.3 |
| Q_Kob_Dolu_Zkrat | Q 1.4 |
| Q_Kob_Dolu_Zamek | Q 1.5 |
| Q_Uvolni_Manip | Q 1.6 |
| Q_Pojezd_Kob_Rychl1 | Q 1.7 |
| Q_Pojezd_Kob_Rychl2 | Q 4.0 |
| Q_Kob_Hotovo | Q 4.1 |
| Q_Posledni_Vrstva | Q 4.2 |
| Q_Svet_Zavora | Q 4.3 |
| Q_Zavlaz | Q 4.4 |
| Q_Pujde_Balik | Q 4.5 |
| Q_Zdviz_Dolu | Q 4.6 |
| Q_Zdviz_Nahoru | Q 4.7 |
| Q_Pas_Zdviz_Vpred | Q 5.0 |
| Q_Pas_Zdviz_Vzad | Q 5.1 |
| Q_Pas_Valec_Vpred | Q 5.2 |
| Q_Pas_Valec_Vzad | Q 5.3 |
| Q_Pr_Draha_Vpred | Q 5.4 |
| Q_Pr_Draha_Vzad | Q 5.5 |
| Q_Draha_Vpred | Q 5.6 |
| Q_Draha_Vzad | Q 5.7 |
| Q_Odkl_Podl_Ven | Q 6.0 |
| Q_Odkl_Podl_Dovnitř | Q 6.1 |
| Q_Kriz_Vpred | Q 6.2 |
| Q_Kriz_Vzad | Q 6.3 |
| Q_Stoh_Nahoru | Q 6.4 |

| | |
|-----------------------|--------|
| Q_Stoh_Dolu | Q 6.5 |
| Q_Stoh_Vpravo | Q 6.6 |
| Q_Stoh_Vlevo | Q 6.7 |
| Q_Cistic_Kartac | Q 7.0 |
| Q_Odsavani_Cistic | Q 7.1 |
| Q_Uvolni_Zas_Palet | Q 7.2 |
| Q_RD_Vpred | Q 7.3 |
| Q_RD_Vzad | Q 7.4 |
| Q_RD_Nahoru | Q 7.5 |
| Q_RD_Dolu | Q 7.6 |
| Q_Kartac | Q 7.7 |
| Q_Uvolni_Draha | Q 8.0 |
| Q_Uvolni_RD | Q 8.1 |
| Q_ZP_Nahoru | Q 8.2 |
| Q_ZP_Dolu | Q 8.3 |
| Q_ZP_Palec_Ven | Q 8.4 |
| Q_ZP_Palec_Pod | Q 8.5 |
| Q_Paleta_v_Paskovacce | Q 8.6 |
| Q_Enable_Paskovani | Q 8.7 |
| Q_C_Auto_Stop | Q 9.0 |
| Q_M_Auto_Stop | Q 9.1 |
| Q_D_Auto_Stop | Q 9.2 |
| Q_P_Auto_Stop | Q 9.3 |
| Q_Rezerva_3 | Q 9.4 |
| Q_Rezerva_4 | Q 9.5 |
| Q_Rezerva_5 | Q 9.6 |
| Q_Rezerva_6 | Q 9.7 |
| Q_Rezerva_7 | Q 10.0 |

| | |
|-------------------|--------|
| Q_Rezerva_8 | Q 10.1 |
| Q_Rezerva_9 | Q 10.2 |
| Q_Rezerva_10 | Q 10.3 |
| Q_Rezerva_11 | Q 10.4 |
| Q_Rezerva_12 | Q 10.5 |
| Q_Rezerva_13 | Q 10.6 |
| Q_Rezerva_14 | Q 10.7 |
| Q_Rezerva_15 | Q 11.0 |
| Q_Rezerva_16 | Q 11.1 |
| Q_Rezerva_17 | Q 11.2 |
| Q_Rezerva_18 | Q 11.3 |
| Q_Rezerva_19 | Q 11.4 |
| Q_Rezerva_20 | Q 11.5 |
| Q_Rezerva_21 | Q 11.6 |
| Q_Rezerva_22 | Q 11.7 |
| QA_Rychlost_Zdvih | QW 100 |
| QA_Rychlost_Draha | QW 102 |
| BLKMOV | SFC 20 |
| UDT_Prog_Rot | UDT 1 |
| Vstupy | VAT 1 |
| Chyby | VAT 2 |
| Kobyly | VAT 3 |
| Vystupy | VAT 4 |
| IRC vyska | VAT 5 |
| RD | VAT 6 |
| autostop | VAT 7 |
| DrahaVAT | VAT 8 |

BLOK. ROZMISTENI TLACITEK SEKCE DOPRAVNIKU

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|--|
| PORUCHA DOPRAVNIKU ZAROVKA |  ZAROVKA | DOPRAVA POD NAPETIM ZAROVKA |  ZAROVKA | AUTOMAT DOPRAVNIKU TLAC_ZAR |  TLAC_ZAR | HYDROL. PUMPA ZAPNOUT TLAC_ZAR |  TLAC_ZAR | BLOKOVANI ZASOB. PALET PREPINAC |  PREPINAC | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | —/2/2 PALETA V POLOZE —/2/2 DOPRAVNIK VZADU —/2/2 DOPRAVNIK DOLE —/2/2 PALETY NAHORE —/2/2 PALEC ZPET —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 REZERVA —/2/2 DESTA V ZASOBNIKU —/2/2 DOPRAVNIK PLNY —/2/2 BLOKOVANI DOPR. —/2/2 MALO PALET |
| ZAPNOUT TLACITKO |  TLACITKO | VYPNOUT TLACITKO |  TLACITKO | RUC/AUT PREPINAC |  PREPINAC | VYPNOUT TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | |
| DOPRAVNIK VPRED TLACITKO |  TLACITKO | DOPRAVNIK NAHORU TLACITKO |  TLACITKO | PALETY NAHORU TLACITKO |  TLACITKO | PALEC POD PALETU TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | |
| VZAD TLACITKO |  TLACITKO | DOLU TLACITKO |  TLACITKO | DOLU TLACITKO |  TLACITKO | PALEC ZPET TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | REZERVA TLACITKO |  TLACITKO | |

Příloha 3

Výpis možných chyb linky a jejich popis. Text chyby se zobrazuje na displeji.

| | Chyba | Popis |
|----|--|--|
| 1 | Porucha napajeni drahy | Došlo k poruše v napájení dráhy |
| 2 | Porucha napajeni manipulatoru | Došlo k poruše v napájení manipulátoru. Mohlo dojít např. k přetížení pohonu horizontálního posunu |
| 3 | Porucha napajeni dopravniku palet | Došlo k poruše v napájení dopravníku palet |
| 4 | Porucha napajeni 24V | Porucha v napájecí větvi 24V |
| 5 | Odsavani nejede | Odsávač se neroztočil ve stanoveném čase |
| 6 | Zdviz je prazdna | Zdvíž projela 15 prázdnými patry |
| 7 | Zdviz nedojela do pozice v patre | Zdvíž se ve stanoveném čase nedostala do pozice v patře |
| 8 | Podlozka nevyjela ze zdvize | Podložka se zasekla pod zdviží |
| 9 | Podlozka nedojela na pricnou drahu | Podložka se zasekla na válečcích |
| 10 | Pricna draha nedojela dopredu | Příčná dráha ve stanoveném čase nedojela dopředu |
| 11 | Pricna draha nedojela vzad | Příčná dráha ve stanoveném čase nedojela dozadu |
| 12 | Draha nedojela dopredu | Dráha ve stanoveném čase nedojela dopředu |
| 13 | Draha nedojela vzad | Dráha ve stanoveném čase nedojela dozadu |
| 14 | Vyrobky zustaly na podlozce | Výrobky zůstaly na podložce a zavadily o bezpečnostní lanko |
| 15 | Vystup obracece blokuje podlozka | Obraceč se nemůže otočit, protože je na jeho výstupu podložka |
| 16 | Obracec se neotaci | Obraceč se neotočil z výchozí polohy |
| 17 | Obracec se neotocil do pozice | Obraceč se ve stanoveném čase neotočil do pozice |
| 18 | Stohovac nedojel do horni koncove polohy | Stohovač ve stanoveném čase nedojel do horní koncové polohy |
| 19 | Stohovac nedojel do dolni koncove polohy | Stohovač ve stanoveném čase nedojel do dolní koncové polohy |
| 20 | Stoh nedojel ze stohovace do lisu | Stoh podložek se při cestě do lisu zasekl na stohovači |
| 21 | Stoh podlozek neni kam odlozit | Všechny pozice pro stohy podložek jsou obsazeny a lis nepožaduje podložky |
| 22 | Vstup odkladiste stohu je zablockovany | Pás na odklad stohů má pravděpodobně špatně umístěný stoh na vstupním snímači |
| 23 | Neocekavany stoh na 2.pozici odkladiste | Během posuvu pásu odkládiště dojel na jeho konec stoh, který předtím nebyl na první pozici |

| | | |
|----|---|--|
| 24 | Stoh nedorazil na vstup odkladiste | Stoh podložek se pravděpodobně zasekl na stohovači |
| 25 | Stoh se zasekl na vstupu odkladiste | Stoh podložek nepřešel vstupní snímač. Pravděpodobně se zasekl |
| 26 | Stoh nedorazil na zadnou pozici | Stoh podložek nedorazil ve stanoveném čase na jednu z pozic odkladiště |
| 27 | Hydr. pumpa drahy nejede | Hydraulická pumpa dráhy je vypnutá nebo se porouchala |
| 28 | Manipulator nedojel do polohy vzadu | Manipulátor ve stanoveném čase nedojel do polohy vzadu (nad podložkou) |
| 29 | Bocni kleste se nesevřely při srovnání | Boční kleště zůstaly při srovnávání výrobků otevřeny |
| 30 | Bocni kleste se neotevřely po srovnání | Boční kleště se po srovnání výrobků neotevřely |
| 31 | Hlavni kleste se nesevřely při srovnání | Hlavní kleště zůstaly při srovnávání výrobků otevřeny |
| 32 | Hlavni kleste se neotevřely po srovnání | Hlavní kleště se po srovnání výrobků neotevřely |
| 33 | Bocni kleste se nesevřely při uchopení | Boční kleště zůstaly při uchopování výrobků otevřeny |
| 34 | Hlavni kleste se nesevřely při uchopení | Hlavní kleště zůstaly při uchopování výrobků otevřeny |
| 35 | Manipulator nedojel do polohy vpředu | Manipulátor ve stanoveném čase nedojel do polohy vpředu (nad paletou) |
| 36 | Hlavni kleste se neotevřely | Hlavní kleště se neotevřely při odkládání výrobků na paletu |
| 37 | Bocni kleste se neotevřely | Boční kleště se neotevřely při odkládání výrobků na paletu |
| 38 | Manipulator na hornim dorazu | Manipulátor dosáhl horní koncové polohy |
| 39 | Manipulator při ceste dolu narazil | Manipulátor při klesání neočekávaně dosedl hlavou na překážku |
| 40 | Chyba při rotaci - spatne cislo rot. | Špatné číslo rotace - chyba programu |
| 41 | Chyba při rotaci do pozice 0st. zprava | Hlava se ve stanoveném čase neotočila do cílové pozice |
| 42 | Chyba při rotaci do pozice 0st. Zleva | |
| 43 | Chyba při rotaci do pozice 90st. | |
| 44 | Chyba při rotaci do pozice 180st. | |
| 45 | Chyba při rotaci do pozice 270st. | |
| 46 | Hydr. pumpa manipulatoru nejede | Hydraulická pumpa manipulátoru je vypnutá nebo se porouchala |
| 47 | Paleta neni pod zasobnikem palet | Paleta není při startu automatu na pozici pod zásobníkem palet |
| 48 | Rost. dopravnik neni dole nebo vzadu | Roštový dopravník není při spuštění automatu v poloze dole nebo vzadu a nemůže být spuštěn |
| 49 | Rostovy dopravnik se nezvednul | Roštový dopravník se ve stanoveném čase nezvednul |

| | | |
|----|---|---|
| 50 | Paleta nevyjela ze zásobníku palet | Paleta neopustila prostor pod zásobníkem palet při posunu vpřed |
| 51 | Rostový dopravník nedojel do mezipolohy | Roštový dopravník ve stanoveném čase nedojel do mezipolohy |
| 52 | Rostový dopravník je plný | Paleta je na konci roštového dopravníku a ten se nemůže posunout dále |
| 53 | Rostový dopravník se nevrátil dolů | Roštový dopravník se ve stanoveném čase nevrátil do pozice dole |
| 54 | Rostový dopravník nedojel vzad | Roštový dopravník ve stanoveném čase nedorazil do pozice vzadu |
| 55 | Paleta nevyjela pod zásobník palet | Paleta spuštěná zásobníkem palet nevyjela pod koncový snímač. Pravděpodobně se zasekla nebo nebyla spuštěna |
| 56 | Rostový dopravník nedojel vpřed | Roštový dopravník ve stanoveném čase nedorazil do pozice vpředu |
| 57 | Paleta není na pozici pod manipulátorem | Po vysunutí palety není paleta na pozici pod manipulátorem |
| 58 | Páskovačka je vypnuta total stopem | Automatická páskovačka je vypnutá tlačítkem total stop |
| 59 | Páskovačka není připravena | Automatická páskovačka není v automatickém režimu nebo se na ní vyskytla chyba |
| 60 | Hydr. pumpa dopravníku palet nejede | Hydraulická pumpa dopravníku palet je vypnutá nebo se porouchala |