



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

AUTOMATICKÁ MONTÁŽ A TESTOVÁNÍ KLÍČKŮ
DO ZAPALOVÁNÍ AUTOMOBILŮ
AUTOMATIC LINE FOR ASSEMBLING AND TESTING CAR KEY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. RADEK ŠČERBA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

LUKÁŠ KAHÁNEK

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Radek Ščerba

který/která studuje v magisterském navazujícím studijním programu

obor: **Mechatronika (3906T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Automatická montáž a testování klíčků do zapalování automobilů

v anglickém jazyce:

Automatic line for assembling and testing car key

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je ve spolupráci s konstrukčním oddělením firmy Continental navrhnout a zkonstruovat zařízení pro automatickou montáž linky. Důvodem je zaručení správného natočení vystřelovacího mechanismu a splnění výrobního taktu stanoveného zákazníkem.

Cíle diplomové práce:

- Spolupracovat s konstrukčním oddělením firmy Continental (Frenštát p.R./ Regensburg).
- Spolupracovat na konceptu linky.
- Vybrat vhodné aktuátory a senzory.
- Naprogramovat zařízení.
- Odladit zařízení.
- Předvést zařízení zákazníkovi.
- Předat zařízení do seriové výroby.

Seznam odborné literatury:
Firemní dokumentace firmy Continental.

Vedoucí diplomové práce: Lukáš Kahánek

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 4.3.2010

L.S.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem automatické linku pro montáž a testování klíčků do zapalování automobilů. V první části práce jsou popsány možnosti rozestavení jednotlivých zařízení, včetně návrhů dvou layoutů. Dále jsou uvedeny všechny použité aktuátory a senzory, s jejich podrobným popisem použití v dané aplikaci. Následující část je věnována softwarovému vybavení, komunikaci mezi jednotlivými zařízeními a vizualizační prvky. Závěrečná kapitola je věnována shrnutí a vyhodnocení výstavby zařízení s návrhem dalších vylepšení tohoto zařízení do budoucna.

Abstract

Main topic of this master's thesis is proposal of automatic line for bulding and testing keys for electrical ignition of cars. In the first part of this master's thesis you can see options of layout machines and proposal of two layouts. In this part you can see all actuators and senzors with detailed description of using in application, too. Next part is about software, communication between each components and description of visualization. Last part is about recapitulate of topic and evaluation building of machines with ideas for improvement this line for future.

Klíčová slova:

Programovatelné logické automaty, Simatic, SMAC, VeriSens

Key words:

Programmable Logic Controller, Simatic, SMAC, VeriSens

Bibliografická citace dle ČSN ISO 690

ŠČERBA, R., *Automatická montáž a testování klíčků do zapalování automobilů*,
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 67 s.
Vedoucí diplomové práce Lukáš Kahánek.

Prohlášení autora o původnosti práce

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "*Automatická montáž a testování klíčků do zapalování automobilů*" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších citovaných zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury na konci této práce.

Radek Ščerba, Brno, 2010

.....

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat firmě Continental a jmenovitě panu Lukáši Kahánkovi, za projevenou důvěru při přidělení této práce, stejně tak za jeho vedení a rady při vyhotovení této diplomové práce.

Obsah

OBSAH	9
1. ÚVOD.....	10
2. NÁVRH VÝROBNÍ LINKY	11
2.1. VÝROBNÍ PROCES	11
2.2. LAYOUT.....	12
2.2.1. 1. varianta	12
2.2.2. 2. varianta	13
3. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	15
3.1. ŘÍDICÍ SYSTÉM	15
3.1.1. <i>Simatic</i>	15
3.1.2. <i>MPI</i>	15
3.1.3. <i>Profibus DP</i>	16
3.2. DOPRAVNÍKOVÝ SYSTÉM.....	16
3.3. 1. VKLÁDACÍ STANICE.....	17
3.4. 2. VKLÁDACÍ STANICE.....	19
3.4.1. <i>Indukční čidla</i>	20
3.4.2. <i>Optické čidla</i>	21
3.4.3. <i>Interlocking</i>	21
3.5. MONTÁŽ KLÍČE	21
3.6. EL. OSA PRO PŘEDÁVÁNÍ KLÍČE	22
3.7. LEAKTEST, TORQUETEST.....	23
3.7.1. <i>Test těsnosti</i>	23
3.7.2. <i>Torquetest</i>	23
4. SOFTWARE.....	25
4.1. PLC.....	25
4.2. 1. VSTUPNÍ STANICE.....	29
4.3. 2. VSTUPNÍ STANICE.....	39
4.4. MONTÁŽ KLÍČE	40
4.5. PŘEDÁVACÍ STANICE	49
4.6. UCHYCENÍ KLÍČE.....	50
4.7. PŘEDÁVÁNÍ KLÍČE.....	52
4.8. STANICE VIBRAČNÍHO SVAŘOVÁNÍ.....	56
4.9. STANICE "TORQTESTU" A "LEAKTESTU".....	59
5. UŽIVATELSKÝ INTERFACE	62
6. ZÁVĚR.....	64
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:	65
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:.....	66
PŘÍLOHA A. VÝPIS PROGRAMU SMAC ZAŘÍZENÍ.....	67
PŘÍLOHA B. VÝPIS PROGRAMU ŘÍDICÍ JEDNOTKY PLC, S7-300.....	67
PŘÍLOHA C. VIDEOZÁZNAM MONTÁŽE KLÍČE.....	67

1. Úvod

Firma Continental je celosvětovou organizací, řadící se mezi největší světové dodavatele pro automobilový průmysl. Nejsou to jen špičkové pneumatiky, ale spojením firem Continental a Siemens AG vznikl koncern, který do automobilového průmyslu dodává i autorádia, řídicí jednotky, palubní desky, klíče a mnoho dalšího.

Právě výrobou automobilových klíčů se bude zabývat tato diplomová práce. V létě roku 2009 se vedení firmy Continental rozhodlo pro výstavbu nové moderní linky pro automatickou montáž klíčů s vystřelovacím mechanismem. Roční produkce je předpokládána na 1,7 Mio kusů. Pro výstavbu linky a následnou produkci byla vybrána pobočka firmy Continental ve Frenštátě p.R. Samotný design klíče byl vyvíjen v Regensburgu ve spolupráci s techniky z Frenštátu p.R.

2. Návrh výrobní linky

Hlavní požadavkem zákazníka, bylo vyrobit automatickou linku, která by byla schopná produkovat až 1,7 Mio klíčů za rok. Jednoduchým výpočtem z celkového množství požadovaných kusů za rok, určil zákazník takt linky. Každých 11s, musí být zabalený jeden klíček. Z tohoto času se vytvářel koncept linky, ve kterém musela být zahrnuta veškerá manipulace a strojový čas zařízení.

2.1. Výrobní proces

Klíč se skládá z několika částí:

- vrchní díl
- spodní díl
- swivelframe
- tlačítko
- pružinka
- kroužek
- DPS
- Baterie



Obr. 2.1 Hlavní komponenty

Do Frenštátského závodu Continental přichází neosazené panely DPS. Z každého panelu se po osazení a rozfrézování vyrobí 30 DPS, připravených na vložení do klíče.

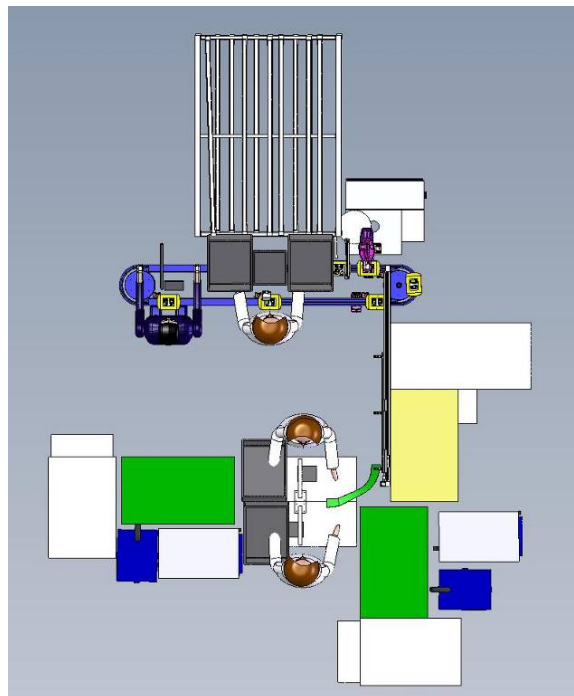
Firma Continental ve Frenštátě disponuje několika SMT osazovacími linkami, na kterých probíhá osazování DPS. SMT linky jsou sdílené pro mnoho projektů, proto se nemohla využít hlavní myšlenka štíhlé výroby, kdy by kompletní výroba měla být na co nejmenším prostoru. Osazení jednoho panelu, na kterém je 30 DPS, trvá přibližně 60s. Po osazení probíhá otestování všech součástek na ICT pomocí kontaktního měření, zalakování součástek a následnému oddělení jednotlivých DPS.

Po složení klíče následuje vibrační svaření, otestování otočného mechanismu, test těsnosti, osazení baterií, ověření funkčnosti, laserovému popsání a zabalení. Všechny tyto operace musí být v taktu 11s.

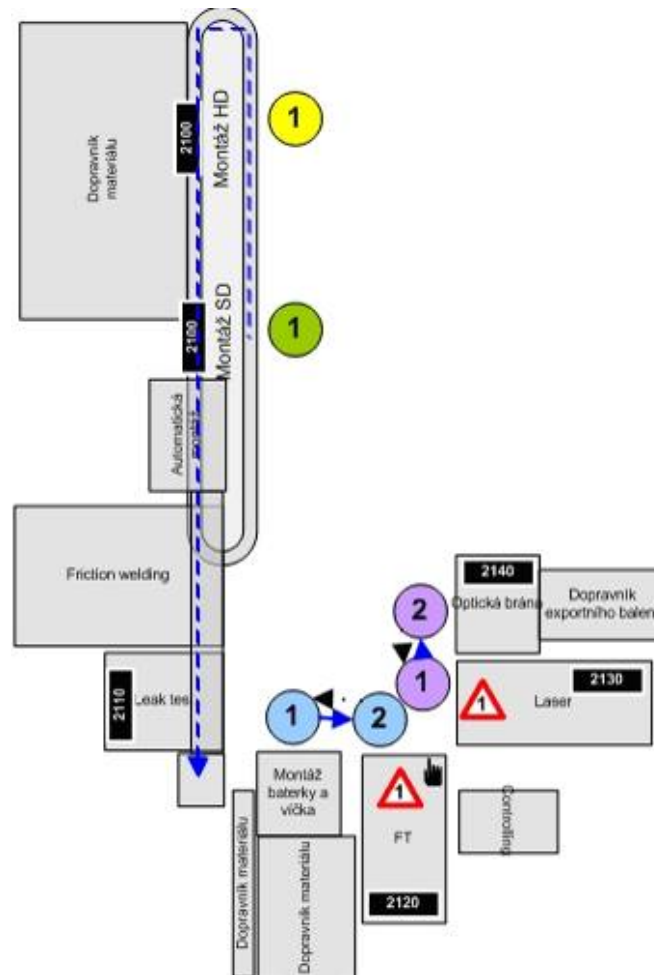
2.2. Layout

Pro rozmístění zařízení jsme vymysleli několik variant. První část výrobní linky, je plně automatizovaná, od založení panelu s DPS až po rozdělení jednotlivých DPS na pás. Ve druhé části již probíhá manuální osazení jednotlivých částí do sebe.

2.2.1. 1. varianta



Obr. 2.2 Layout 1- detail výrobní linky



Obr. 2.4 Layout 2 - detail výrobní buňky

Druhou část obsluhují také dva operátoři. První operátor vkládá do klíče baterku a následně založí kus do zařízení "final test". Druhý operátor vkládá otestovaný kus do zařízení laserového popisu a následuje zabalení do přepravní bedny.

Pro vyhotovení výrobní linky byla vybrána 2. varianta vytvořeného layoutu.

3. Technické řešení

3.1. Řídicí systém

Programovatelné logické automaty jsou elektronická zařízení, která slouží pro řízení strojů nebo procesů. Přijímají signály na vstupech, zpracovávají je v souladu s programem a následně posílají signály na výstupy. [7]

Programovatelné logické automaty (PLC) jsou díky své stabilitě a rychlosti zpracování dat, jedny z nejpoužívanějších řídicích systémů. Ve firmě Continental se používají řídicí systémy firmy Siemens. Pro danou aplikaci jsme zvolili Simatic řady S7-300, přesněji S7-315-2DP. K danému procesoru jsme připojili 3 karty obsahující 16 digitálních vstupních signálů a 16 digitálních výstupních signálů. Další signály byly připojeny pomocí sběrnice Profibus. Jako poslední dvě karty jsme použili komunikační sběrnice CP340, využívající protokol RS232.

3.1.1. Simatic

Simatic S7-300 poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Tato platforma je optimálním řešením jak pro centralizovaná tak pro distribuovaná řešení. S7-300 se vyznačuje intuitivním a efektivním způsobem konfigurace a programování. Výkonná integrovaná diagnostika zajišťuje větší spolehlivost řídicího systému. Konfigurovatelné diagnostické funkce pro analýzu procesních chyb zkracují prostoje a tak dále zvyšují produktivitu výroby. S7-300 umožňuje prostorově úsporné, modulární uspořádání řídicích systémů pro různé typy úloh, přičemž nezáleží na pořadí jednotlivých modulů. Kromě modulů samotných je potřebná jen DIN lišta, na kterou jsou moduly umístěny a zajištěny šrouby. [8]

Spojovací sběrnice je integrována do jednotlivých modulů. Spojení je provedeno prostřednictvím sběrnice konektoru. Rozhraní, která jsou integrována přímo na CPU, umožňují konfiguraci výkonových komunikačních struktur díky využití standardních sběrnicevých technologií. [8]

3.1.2. MPI

MPI je úsporné řešení pro komunikaci s programovacími přístroji a PC, HMI systémy a dalšími řídicími systémy. Celkem lze zapojit 125 MPI stanic s přenosovou rychlostí 187,5kbit/s, např. pro výměnu procesních dat mezi různými řídicími systémy. [8]

3.1.3. Profibus DP

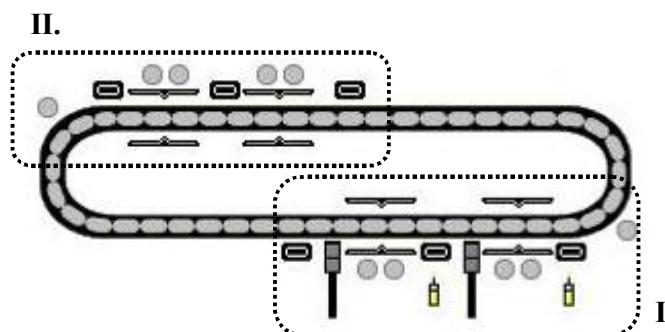
Pro optimální konfiguraci rozsáhlejších distribuovaných sítí lze Simatic S7-300 napojit na Profibus DP (dle EN 50170). Tím se naskytují komunikační možnosti pro další partnery, např. jednotky EX500 firmy SMC, použité v tomto případě. [8]

3.2. Dopravníkový systém

Jak již bylo uvedené v kap. 2.2, byl použit paletkový systém, do kterého se zakládají jednotlivé komponenty. Přesun paletky mezi jednotlivými stanovišti zajišťuje dopravníkový pás, firmy Bosch, ozn. Varioflow. Jde o ucelenou hliníkovou konstrukci, do které je vsazen pás odpovídající ESD. Konstrukce pásu umožňuje vytvářet různé tvary dopravníkového systému. Hliníkové profily, pro vedení pásu, mají možnost pohybu ve více výškových hladinách a vyrábí se s min. poloměrem zakřivení od 15cm. V případě našeho dopravníku jsme využili právě schopnosti otočení běhu pásu o 180° na velmi malém prostoru.

Z výrobního taktu 11s jsme určili počet paletek a rychlost dopravníku. Jsou 4 stanice s indexačními jednotkami rozděleny do 2 skupin:

- 1. skupina – dvě manuální stanice s indexačními jednotkami, signalizačními majáky, pákové ovladače pro potvrzení založení komponent.
- 2. skupina – dvě automatické stanice s indexačními jednotkami.



Obr. 3.1 Dopravníkový systém

Před každou skupinou stanic, jsou předstopery, sloužící jako buffer, aby všechny stanice měly paletku co nejdříve připravenou. V ideálním případě, kdy je v každé stanici jedna paletka, by měly být na předstoperech u každé ze skupin 2 paletky. Dohromady tedy 8 paletek na dopravníkovém systému.

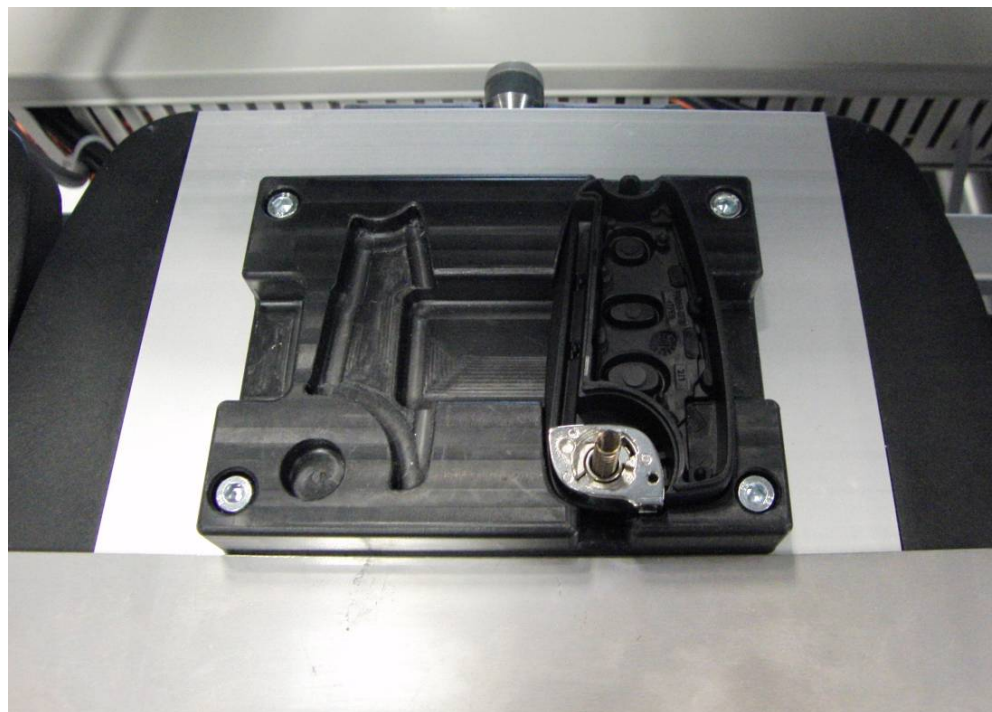
Dopravník je dlouhý 6m. Největší rozestup mezi koncem jedné skupiny stanic a začátkem druhé skupiny je 2m. Tuto dráhu musí paletka urazit za 11s. Jednoduchým výpočtem jsme určili rychlost dopravníku 0,2m/s.

Pro řízení dopravníkového pásu, byl zvolen frekvenční měnič řady Sinamics G110 s motorem o výkonu 0,37kW.

3.3. 1. vkládací stanice

V první vkládací pozici, se zakládají do paletky:

- spodní díl
- swivelframe
- tlačítko
- pružinka



Obr. 3.2 Správné založení kusů ve stanic 1.

Po založení všech komponent, se musí provést kontrola správnosti založení. Kontrolu jsme mohli provádět senzory, ale technicky nebylo možné umístit čidla do pozic, kde by se jednotlivé komponenty daly kontrolovat. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli pro kontrolu kamerovým systémem. Vybírali jsme z několika modelů od výrobců Cognex (Checker), Sick (Vision VSPI-2D111) a Baumer. Svou cenou,

funkcemi a kvalitou zpracování obrazu jsme zvolili VeriSens VXS 1203M16RR-00330709 od firmy Baumer.

Baumer FEX processor version	3.0
Available RAM	64 MB
Configurable RS485 interface	Yes
Ethernet interface	No
Number of properties per job	32
External Teach-in	Yes
Internal fault image memory	Yes
Number of selectable jobs	Up to 255
Focal distances	16 mm
Image sensor	CCD
Number of pixels	656 x 494
Barcode, matrix code	No

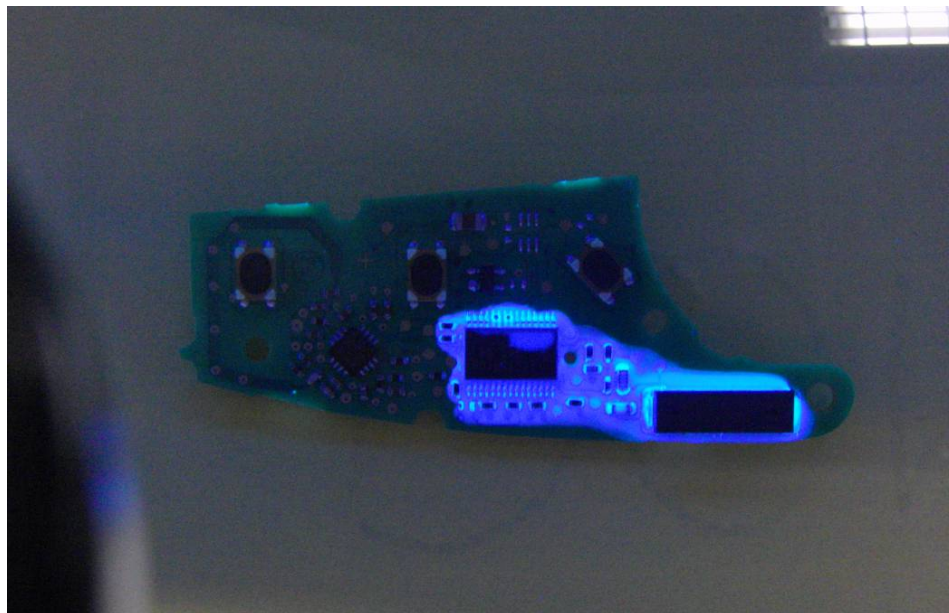
Tab. 3.1 Parametry kamerového senzoru Baumer VeriSens series 1200.[2]



Obr. 3.3 Pohled na 1. a 2. vkládací stanici

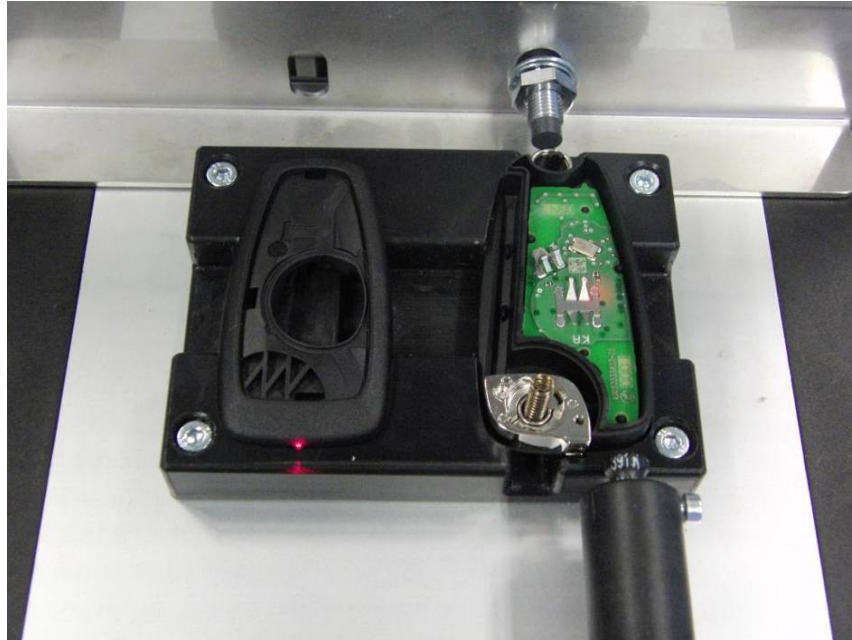
3.4. 2. vkládací stanice

Druhá stanice obsluhovaná operátorem, je 2. vkládací pozice. Obsluha založí vrchní díl na paletku, do určeného místa. Odebere z pásu DPS na které proběhne vizuální kontrola správného zalakování (Obr. 3.4) a následně ji založí do spodního dílu, které již bylo vložené na předchozí operaci. Jako poslední vloží kroužek do spodního dílu.



Obr. 3.4 Zalakovaný kus na vizuální kontrole

Po odeslání paletky dojde ke kontrole přítomnosti kroužku indukčním čidlem (viz. kap. 3.4.1), kontrole přítomnosti vrchního dílu (viz. kap. 3.4.2) a testu "interlocking" (viz. kap. 3.4.3). V případě kladného vyhodnocení všech parametrů, paletka odeslána na montáž.



Obr. 3.5 Správné založení kusů ve 2. stanici.

3.4.1. Indukční čidla

Při zakládání všech komponent ve 2. vstupní stanici, se zakládá i kovový kroužek. Při požadavku na odeslání paletky, musí být zkontrolována jeho přítomnost. Jedna z možností byla použít kamerový senzor, ale nejlevnější a nejefektivnější řešení bylo použít indukční čidlo. V tomto případě jsme použili senzor firmy Baumer, IFRM 08P13G1/S35L. Tento senzor má zvýšenou citlivost a detekuje kovové předměty do vzdálenosti 6mm.



Obr. 3.6 Detekce kovového kroužku

3.4.2. Optické čidla

Pro snímání přítomnosti DPS v založeném spodním díle, byl použit optický senzor firmy Baumer s označením FHDK 14P5101/S35A.

Přítomnost vrchní dílu kontroluje laserové čidlo Balluff, BOS 26K-PA-1LQP-S4-C.

3.4.3. Interlocking

DPS je osazena cívkou, díky které se dají do paměti zapisovat a vyčítat data. Do DPS se zapisuje každá operace, která se s klíčkem provádí a před každou operací se kontroluje, zda byl kus na předchozí operaci. Tím je zaručené, že se k zákazníkovi nedostane výrobek, který by neprošel některou z definovaných operací.

3.5. Montáž klíče

Pro správnou funkci vystřelovacího mechanismu, je nutné před samotným složením klíče předtočit pružinu. Po připravení všech součástí klíče do paletky, se pomocí dopravníkového systému dostane paletka do stanice montáže klíče. Aby mohl být klíč smontován, musí dojít k uchycení vrchního dílu, přesunutí nad spodní díl se všemi komponenty, nasunutí vrchního dílu na pružinu tak, aby došlo k jejímu zafixování ve vrchním dílu, otočením o 180° a následným zacvaknutím vrchního dílu do spodního (viz. Příloha C).

Uchycení klíče se provádí miniaturním pneumatickým válcem (MHZ2-60), na kterém jsou připevněné čelisti, vytvarované podle bateriového otvoru. Přesun uchyceného vrchního dílu nad spodní, se provádí díky pneumatickému válci (MXW16-75).

Jednou z nejsložitější částí projektu, bylo vytipování a následné naprogramování ovládací jednotky, sloužící pro předpružení pružiny. Zvolili jsme jednotku SMAC od firmy SMC.

Zařízení pro montáž klíče se skládá ze dvou částí:

- řídicí jednotka: LAC-25
- actuátor. LAR55-050-75F

Řídicí jednotka:

Řídicí jednotka LAC-25, je určená pro dvouosé řízení, se 4 galvanicky oddělenými I/O porty, dvěmi analogovými vstupy, dvěmi analogovými výstupy a RS232 rozhraním.

Actuátor:

Pro montáž klíče je nutná síla přesahující 30N, z toho důvodu byla zvolena jednotka LAR55-050-75F, která má maximální sílu 39N při použití 48V napájení.

Zdvih	100mm
Max. síla	39N
Max. kroutící moment	0,13 Nm
Enkóder	4864 pulzů / ot.
Maximální otáčky	150 rpm

Tab. 3.2 Parametry LAR55-050-75F. [4]

3.6. El. osa pro předávání klíče

Jakmile je klíč smontován, přejede paletka do poslední pozice na paletkovém dopravníku. Zde dojde k uchycení klíče pneumatickými válci a přenesení kusu do stanice vibračního svařování. V okamžiku odebírání klíče za paletky, dochází také k odebrání klíče ze stanice vibračního svařování a ze stanice testu těsnosti.

Všechny tři stanoviště jsou od sebe vzdálené 65cm. Byl použit hřebenový systém, kdy na jedné kostře, jsou v pravidelných roztečích umístěné soustavy pro odebírání klíče (kap. 4.6). Proto může ve všech stanicích současně probíhat odebrání či založení kusu.

Byl použit elektrický lineární pohon bez brzdy, s kuličkovým vedením, s přesností 0,01mm, LG1H21Y20NC-800-FH-X10-Q s motorem Mitsubishi HC-KFS13. Pro řízení byl použit servozsilovač MR-J2S-10CL.

Jmenovitý kroutící moment	0,32 Nm
Max. kroutící moment	0,95 Nm
Výkon	0,1 kW
Jmenovité otáčky	4500 rpm

Maximální otáčky	3000 rpm
Enkodér	131072 pulzu / ot.

Tab. 3.3 Parametry servomotoru HC-KFS13.[9]

3.7. Leaktest, torquetest

Po svaření každého klíče probíhá test těsnosti a test "vystřelovacího mechanismu". Každé měření trvá přibližně 6s. Obě operace běží zároveň a díky tomu je zachovaný tak linky.

3.7.1. Test těsnosti

Test těsnosti probíhá utěsněním bateriového otvoru a vytvoření podtlaku. Pro měření je použité zařízení firmy Furness-Controls, konkrétně FCO730.



Obr. 3.7 Měřicí jednotka Furness-Controls, FCO730

Jednotka vytvoří v testovaném objektu požadovaný tlak a dojde k odizolování od zdroje. Po ustálení se začne měřit tlak v objektu. Pokud poklesne pod stanovenou úroveň, je kus netěsný a tedy špatně svařený.

3.7.2. Torquetest

Kontrola funkčnosti "vystřelovacího mechanismu" probíhá měřením kroutícího momentu v průběhu natáčení a uvolnění mechanismu. Pro měření kroutícího momentu je použit senzor 9339A firmy Kistler.



Obr. 3.8 Senzor kroučícího momentu firmy Kistler, 9339A.[6]

Measuring range	-10 ... 10 Nm
Overload	-12 ... 12 NM
Threshold	<0,18 Nm

Tab. 3.4 Základní parametry senzoru Kistler 9339A [6]



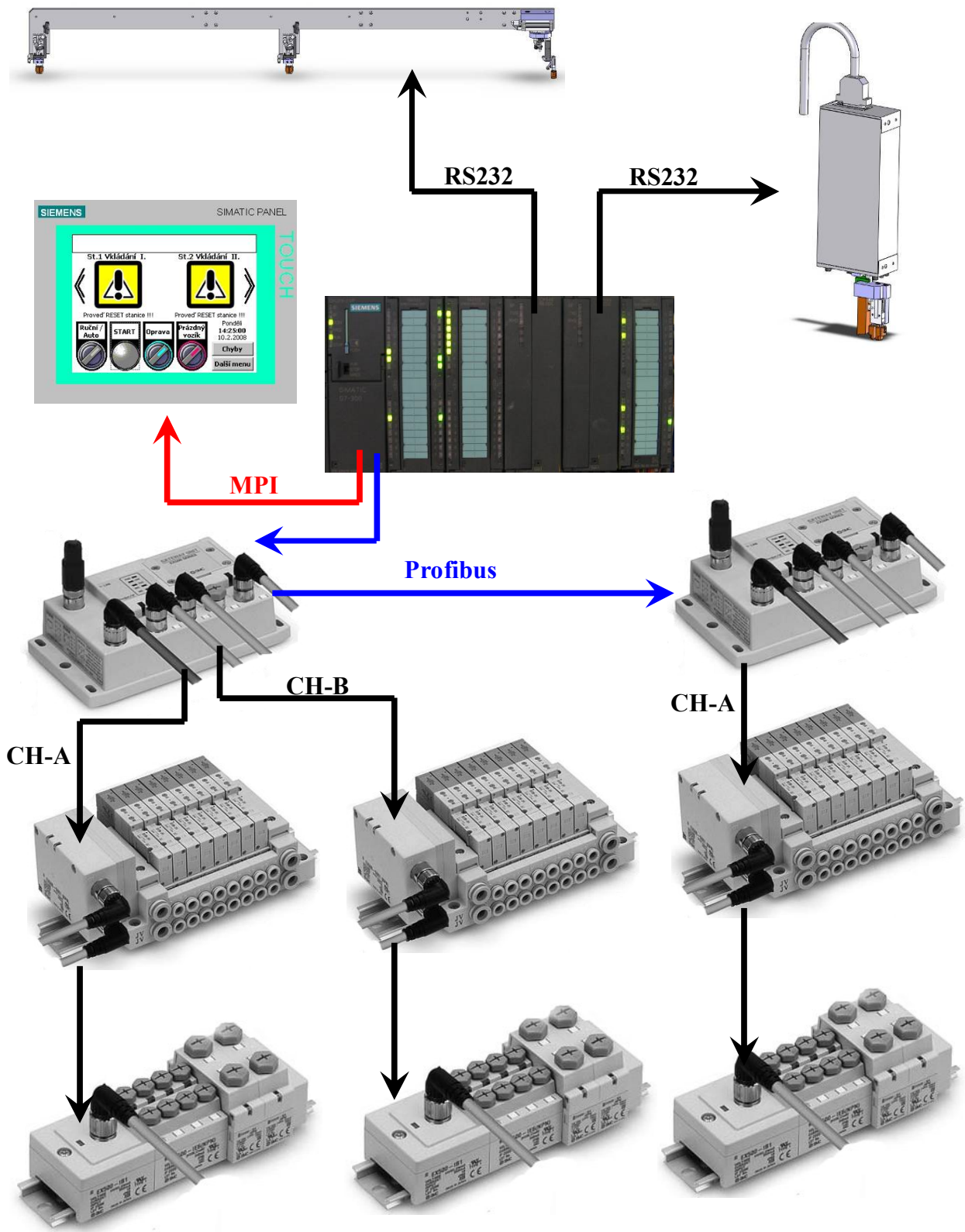
Obr. 3.9 Automatická montáž klíče.

4. Software

4.1. PLC

V kap. 3.1 bylo uvedeno, že jako řídicí prvek byl použit programovatelný logický automat (PLC) řady S7-315-2DP. Tento procesor je vybaven sběrnici MPI a Profibus. Na sběrnici MPI byl připojen dotykový panel pro uživatele (kap. 5) a na sběrnici Profibus se připojily jednotky EX500 firmy SMC, které v sobě sdružují jednotky pro ovládání pneumatických ventilů a jednotky pro digitální vstupní signály. Procesor byl dále rozšířen o 3 karty obsahující 16 digitálních vstupů a 16 digitálních výstupů. Jako poslední byly připojené 2 komunikační karty.

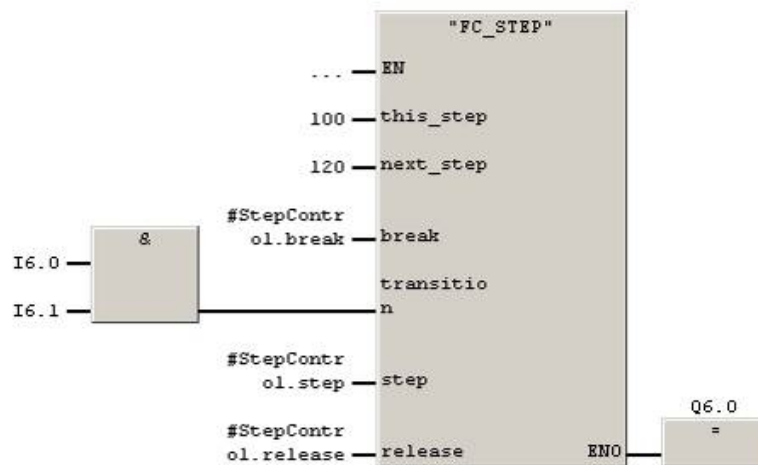
V programu je celkem použito 64 digitálních výstupů, které slouží k ovládání pneumatických válců, vizualizaci pomocí signalizačních majáků, ale i komunikaci mezi dalšími stanicemi. Dále je použito 74 digitálních vstupů, především signalizace stavů pneumatických válců. Na každém válci jsou čidla jak pro výchozí stav válce, tak i pro pracovní polohu válce.



Obr. 4.1 Komunikační schéma

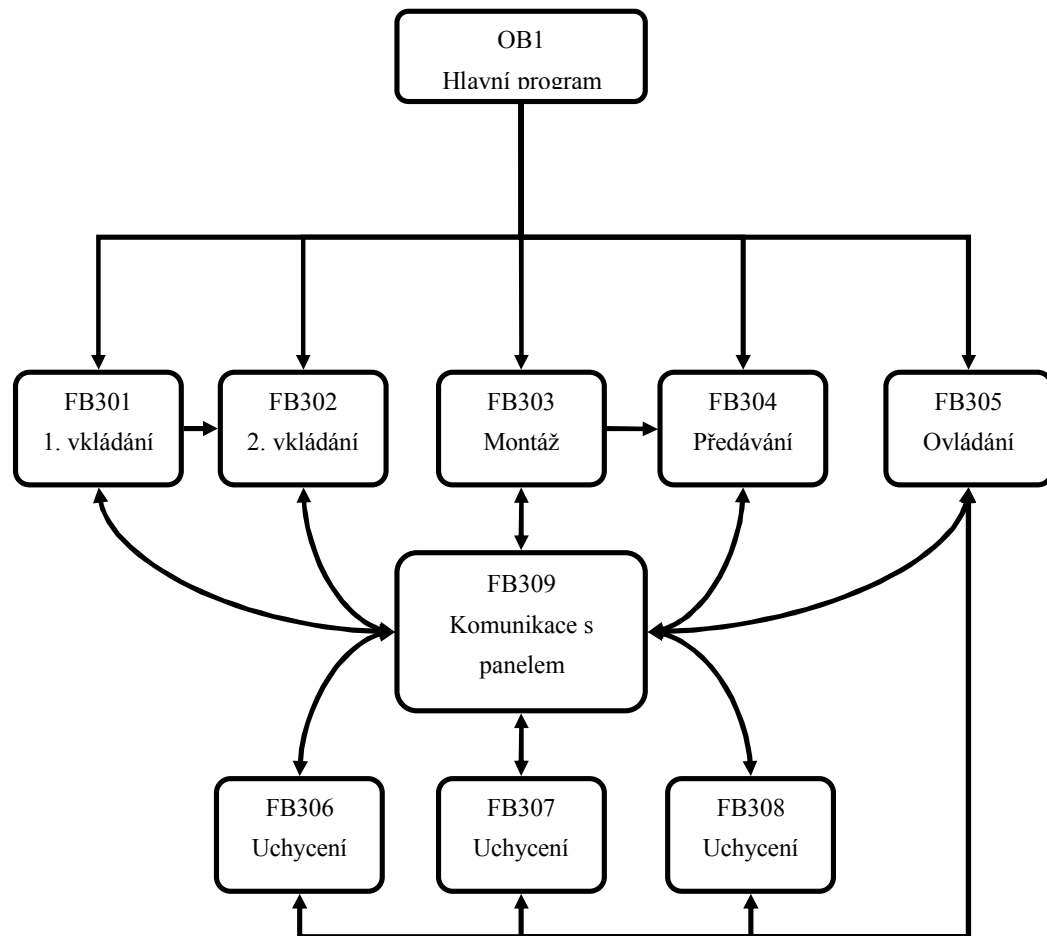
Hlavní program je rozdělen na 8 jednotlivých stanic, pro které jsou vytvořené funkční bloky FB301 až FB308. Tyto bloky jsou řešené jako sekvence, rozdělené do jednotlivých kroků. Každý funkční blok, má vnitřní statické proměnné Stepcontrol.step, do kterých se ukládá aktuální číslo kroku. Krokování v sekvenci, je prováděné funkcí FC324. Tato funkce má 6 vstupně / výstupních parametrů:

- this_step – je-li v proměnné Stepcontrol.step stejná hodnota jako na tomto vstupu, je aktivní tento krok.
- next_step – číslo následujícího kroku, kterým bude program pokračovat po splnění všech podmínek pro přechod do dalšího kroku.
- break – je-li na tomto vstupu log.1, neukončí se krok. Přesun dále je možný pouze krokovacím vstupem.
- transition – podmínky, které musí být splněny pro přechod do dalšího kroku
- step – zobrazení čísla aktuálního kroku.
- release – povolení provedení kroku. Je-li signál v log.1, jsou splněné všechny bezpečnostní podmínky a krok může být proveden.



Obr. 4.2 Příklad kroku v sekvenci

Na Obr. 4.2 je uveden příklad jednoho kroku v sekvenci. Je-li v proměnné Stepcontrol.step hodnota 100, je aktivní krok uvedený na obrázku. Tento krok aktivuje výstup Q6.0. Jakmile je log.1 na vstupu I6.0 a I6.1, zapíše se do proměnné Stepcontrol.step číslo 120 a tento krok není aktivní. Tím dojde i k deaktivaci digitálního výstupu Q6.0.



Obr. 4.3 Zjednodušené programové schéma

Jednotlivé kroky v sekvencích jsou řešené podle stejného schématu. Kroky:

- 0 – 99 – resetovací sekvence – všechny pneumatické válce a pomocné signály jsou postupně vráceny do výchozí hodnoty tak, aby nedošlo ke kolizi.
- 100 – tento krok je výchozí, kdy se čeká na podnět k dalšímu krokování sekvence.
- 101 – 899 – průběh krokovací sekvence.
- 900 – 999 – chybové stavy

4.2. 1. vstupní stanice



Po založení všech komponent (viz. kap. 3.3) dá operátor signál řídicímu systému pro kontrolu přítomnosti a správnosti založení všech komponent, použitím pákového spínače Möller LS-11S (Obr. 4.4).








Obr. 4.4 Pákový spínač Möller LS-11S/S

Pro kontrolu založení je použit kamerový senzor Baumer, řady VeriSens 1200. Kamerový senzor disponuje komunikační linkou RS232, ale pro tuto aplikaci jsme použili pouze digitální signály. Pomocí 3 digitálních signálů lze navolit 8 aplikací, které postupně vyhodnocují obraz. Každý program může vyhodnocovat různé prvky, kdy výsledný status mohou tvořit různé kombinace vyhodnocovaných prvků, začleněním do logických skupin AND a OR. Každý program může mít rozdílné







úrovně kontrastu a expoziční čas. Jednotlivé vyhodnocující prvky se dělí do 3 základních skupin (viz. Tab. 4.1, Tab. , Tab.).

Pozice	
	Hledání polohy definovaného rohu. V případě, že je v definované oblasti, je test pozitivní.
	Hledání polohy definovaného kruhu. V případě, že je v definované oblasti, je test pozitivní

Tab. 4.1 Kamerový senzor Baumer VeriSens – detekce polohy

Objekty	
	Vrací informaci o celkovém počtu světlých / tmavých ploch.
	Vrací velikost definovaného.
	Vrací počet nalezených objektů.
	Porovnání aktuálního obrazu s definovaným vzorem.
	Hledání kontury na objektu.

Tab. 4.2 Kamerový senzor Baumer VeriSens – detekce objektů

Hrany	
	Detekování hrany.
	Měření vzdálenosti mezi hranami.
	Měření úhlu mezi hranami.
	Detekování rohu, úhlu mezi hranami.
	Počítání hran v definované oblasti.
	Kontrola kruhu.

Tab. 4.3 Kamerový senzor Baumer VeriSens – detekce hran

Pro komunikaci jsme zvolili digitální signály. Pomocí 2 signálů Job0 a Job1, se binární kombinací postupně přepínají programy v kameře (viz Tab. 4.4).

Job0	Job1	Program č.	Popis
0	0	0	Detekce polohy paletky.
1	0	1	Přítomnost otočného mech.
0	1	2	Přítomnost tlačítka.
1	1	3	Přítomnost pružinky

Tab. 4.4 Volba programu v kamerovém senzoru Baumer

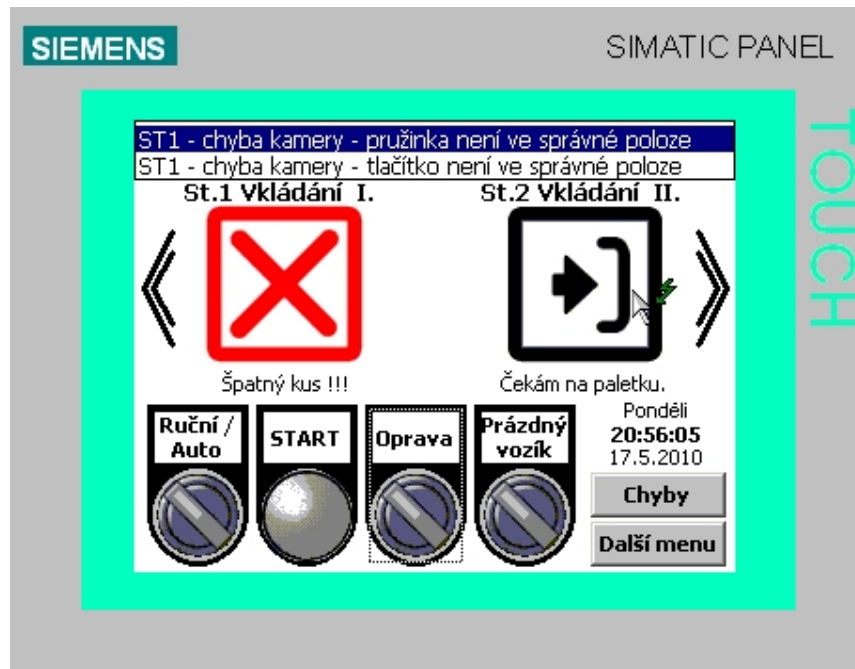
Použité signály:

Označení:	Popis:
DI1 – camera ready	Kamera je připravena pro komunikaci.
DI2 – camera test OK	Výsledek testu je pozitivní.
DI3 – camera alarm	Log.1, pokud je kamera v chybě.
DO1 – camera trigger	Start testování.
DO2 – camera job0	Volba programu, bit 0.
DO3 – camera job1	Volba programu, bit 1.

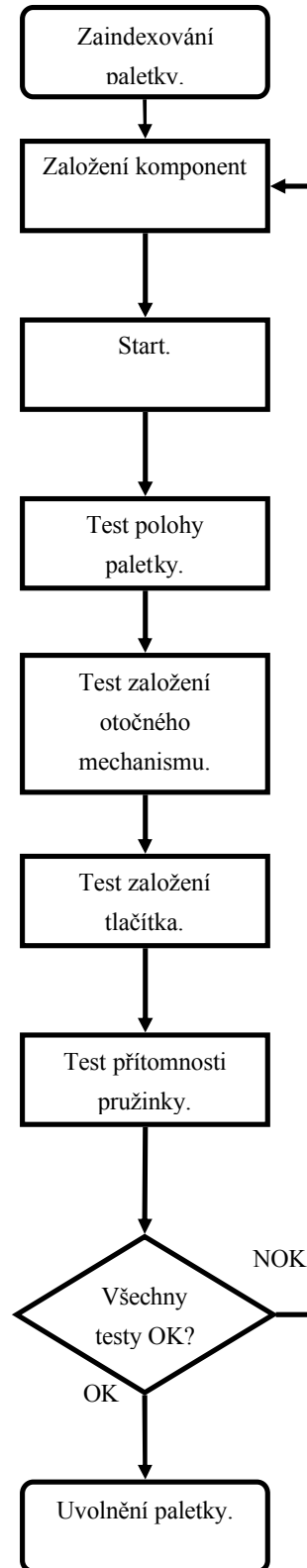
Tab. 4.5 Komunikační signály – kamerový senzor

Po navolení čísla programu a signálu "camera ready", odešle řídicí systém signál "camera trigger", čímž dojde ke spuštění navoleného programu. Po vyhodnocení obrazu, odešle kamerový senzor log.1 na signál "camera ready" a log.1 v případě pozitivního výsledku testování. Pokud je výsledek negativní, dojde k opakovanému testu. Pokud se tento výsledek opakuje 3x, je tento test považován za negativní. Tímto způsobem testování předcházíme "pseudochybám". Po jakémkoliv výsledku následuje

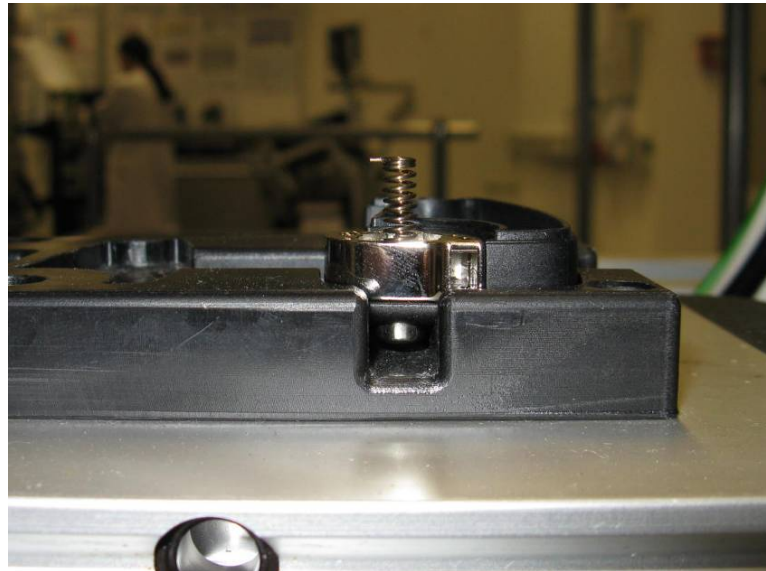
volba dalšího programu. V případě libovolné chyby, je tato informace zobrazena na operátorském panelu (Obr. 4.5).



Obr. 4.5 Zobrazení chybové zprávy.

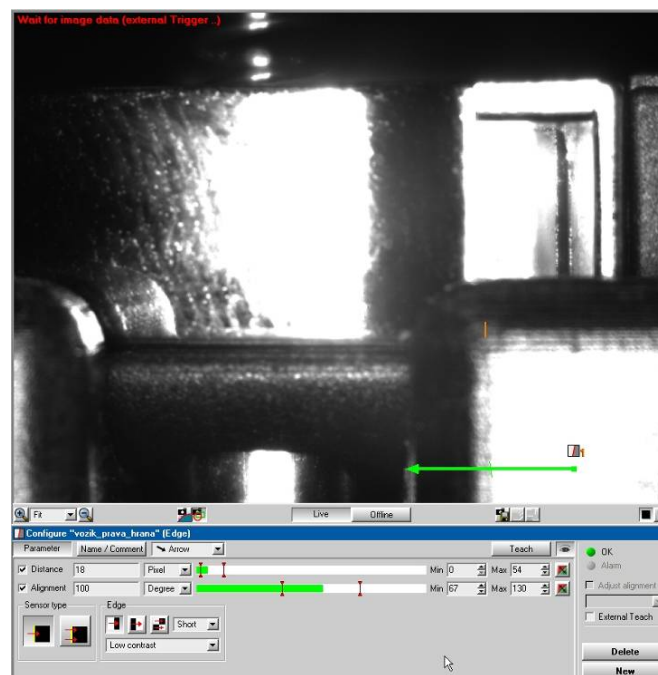


Obr. 4.6 Vývojový diagram, 1. vstupní stanice



Obr. 4.7 Pohled kamerového senzoru pro detekci přítomnosti založení komponent.

První program je kontrola přítomnosti paletky. V programu je použita detekce hrany. Program hlídá správnou pozici paletky, před dalším testováním. Zelená šipka na Obr. 4.8 zobrazuje polohu, kde se detekuje přechod ze světlé do tmavé oblasti. tedy kde je hrana lože, pro vložení komponent.



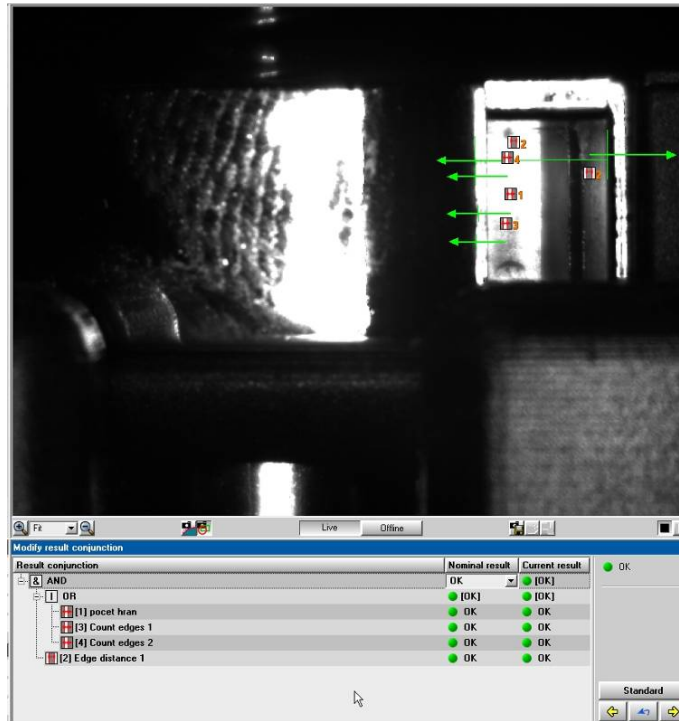
Obr. 4.8 Detekce polohy paletky.

Jako druhá je detekce přítomnosti otočného mechanismu. V tomto případě se musí kontrolovat jak přítomnost, tak správná poloha. Otvor pro založení planžety musí směřovat ven z klíče (Obr. 4.10). Tento díl lze založit i opačně (Obr. 4.9), proto musíme detekovat světlou oblast na mechanismu. Na tomto komponentu také velice záleží na jemném natočení, proto jsme museli použít několika násobnou detekci hrany. Další detekcí je měření vzdálenosti dvou hran. V tomto případě měření velikosti otvoru pro vložení planžety, čím dochází k další kontrole kvality otočného mechanismu.

Pokud je alespoň jedna ze tří detekcí hrany platná, společně s měřením velikosti otvoru pro planžetu, je program vyhodnocen jako pozitivní. Původně bylo použité detekování počtu hran. Detekce byla vedena přes otvor pro planžetu a hledali jsme velké přechody kontrastu a tím jsme určili správné založení otočného mechanismu. Po změně povrchové úpravy, se na kameře objevovala veškerá povrchová nerovnost, která ovlivňovala výsledky programu. Po aplikování nových kontrol, je program s detekcí otočného mechanismu opět 100%.

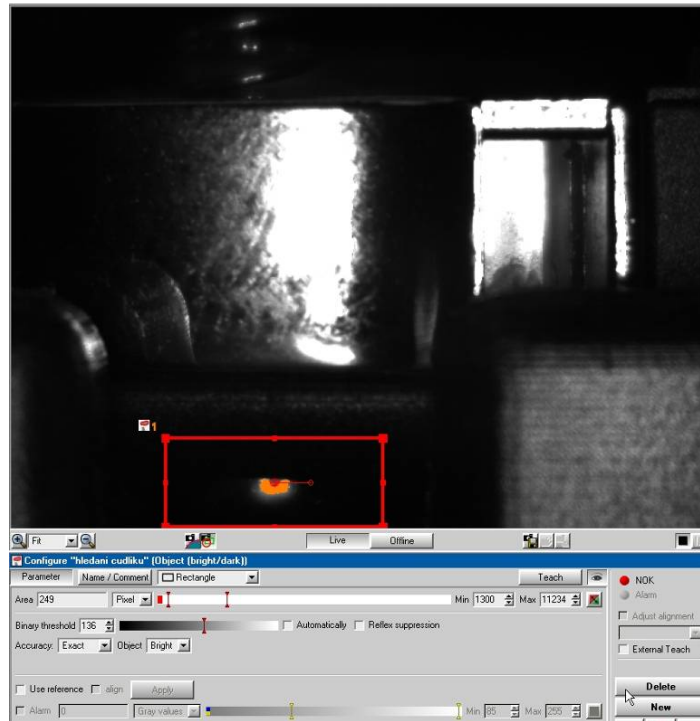


Obr. 4.9 Špatně založený otočný mechanismus.

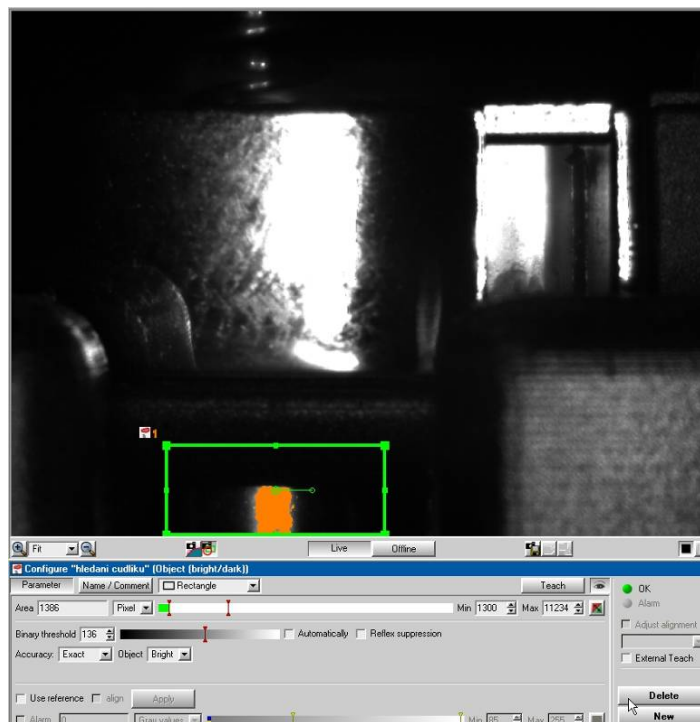


Obr. 4.10 Správně založený otočný mechanismus.

Třetí kontrola je přítomnost tlačítka, které uvolňuje natáčecí mechanismus. Je zde použita detekce velikosti světlé plochy. Hranice jsou nastaveny tak, aby osvětlená plocha tlačítka byla vyhodnocená pouze v případě správného založení. Pokud by tlačítko nebylo založené správně, nebo pokud by nebyl vložený otočný mechanismus, byla by plocha tlačítka osvětlena málo, resp. hodně, a test by byl negativní. .

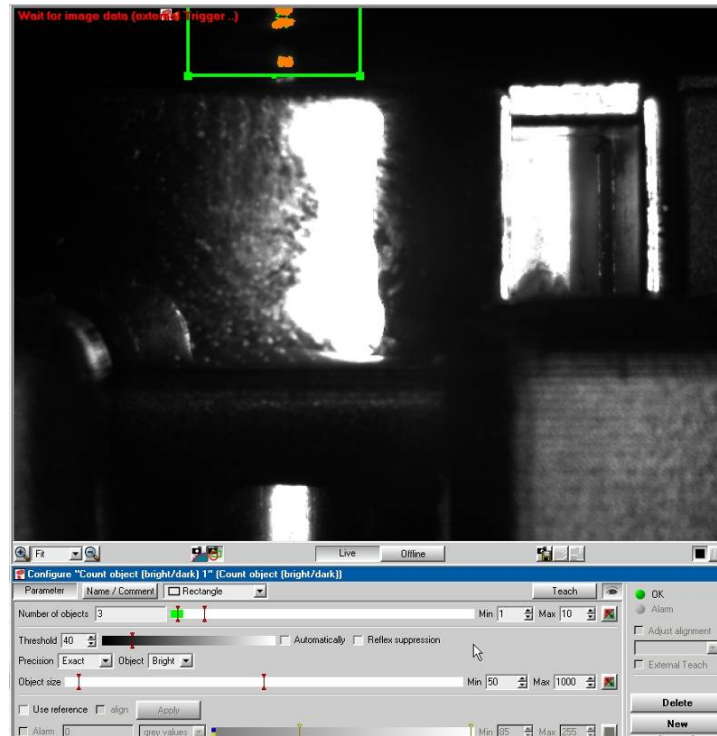


Obr. 4.11 Špatně vložené tlačítko



Obr. 4.12 Správně vložené tlačítko.

Posledním testem je přítomnost pružinky. Zde je použita detekce počtu světlých ploch. Hranice je nastaven tak, že v definované oblasti se musí zobrazit minimálně 2 závity.

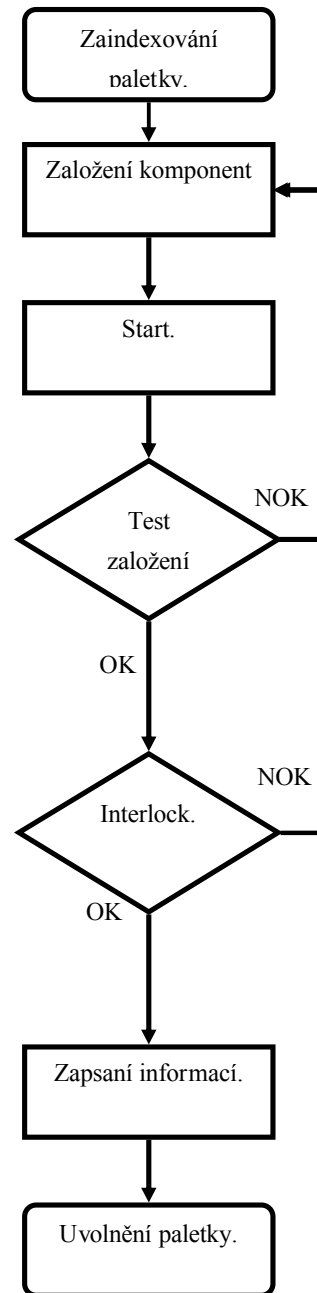


Obr. 4.13 Detekce založené pružiny

4.3. 2. vstupní stanice

Po založení všech komponent, podle kap. 3.4, dá operátor signál řídicímu systému, opět pomocí pákového spínače Möller LS-11S/S. PLC zkontroluje signál od laserových čidel přítomnosti, detekující založení vrchního dílu klíče a založení DPS do spodního dílu, a signál od indukčního čidla, které detekuje přítomnost kroužku.

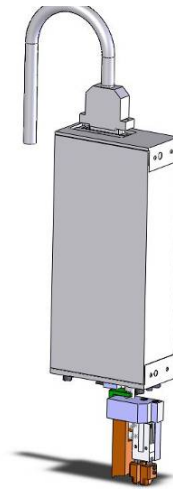
Chybí-li některá komponenta, je o tom obsluha informována svítícím majákem a informační zprávou na operátorském panelu. V případě pozitivního testu, odešle PLC do počítače signál, který spustí testovací program. Začne probíhat test interlockingu (kap. 3.4.3).



Obr. 4.14 Vývojový diagram, 2. vstupní stanice

4.4. Montáž klíče

Typ aktuátoru a jeho vlastnosti byly popsány v kap. 3.5. Program uložený v paměti zařízení lze vyvolat pomocí digitálních signálů nebo příkazy odeslanými přes komunikační protokol RS232.



Obr. 4.15 Montážní zařízení SMAC.

Každý příkaz, který se odesílá do jednotky SMAC musí mít přesně definovaný tvar:

[Axis#] command[argument]<CR> ... např. IMA100

Jako první je uvedena osa, které se příkaz týká, dále samotný příkaz (viz. Tab. 4.6) a parametry příkazů.

Příkaz:	Popis:
MF, MN	Motor vypnout, motor zapnout.
MA, MR	Pohyb na absolutní polohu, posun o relativní hodnotu.
SV, SQ	Nastavení rychlosti, nastavení síly.
WA, WS	Pozastavení programu, počkání na dokončení pohybu.
AL, AR	Načtení hodnoty z akumulátoru, uložení hodnoty do akumulátoru.
IB, IG	Porovnání akumulátoru; <, >.
MD, MC	Definování makra, vyvolání makra.

Tab. 4.6 Základní příkazy pro SMAC

Pro řízení se používají 3 základní módy:

- Position mode – pro použití příkazů pohybu na pozici.
- Velocity mode – použití pro pohyb stanovenou rychlostí a směrem.
- Torque mode – použití pro pohyb definovanou silou a směrem.

Použitá jednotka LAR55-050-75F má 2 osy:

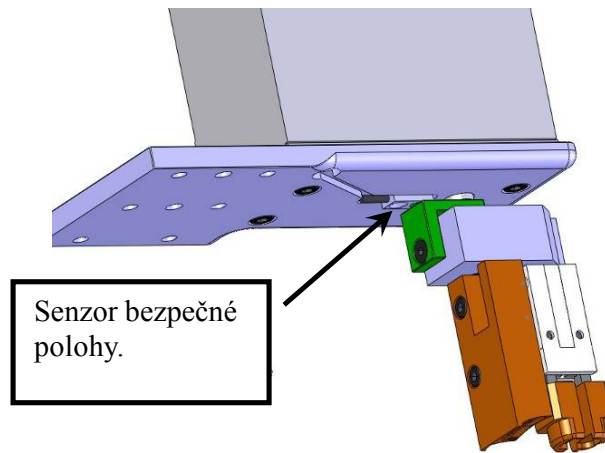
- lineární (označení 1),
- rotační (označení 2).

Jednotlivé kroky programu jsou definovány makrem. Komunikace mezi PLC a zařízením SMAC tedy probíhá pomocí odesílání a přijímání jednoduchých telegramů. Pro vyvolání některého kroku, je odeslán příkaz s číslem žádaného programu. Po vykonání pohybu je zařízením SMAC odeslána zpráva, informující o výsledku.

PLC → SMAC	MS100<CR>	Požadavek na provedení programu 100.
SMAC → PLC	OK100<CR>	Program 100 byl proveden v pořádku.
SMAC → PLC	NO100<CR>	Program 100 neproběhl v pořádku.

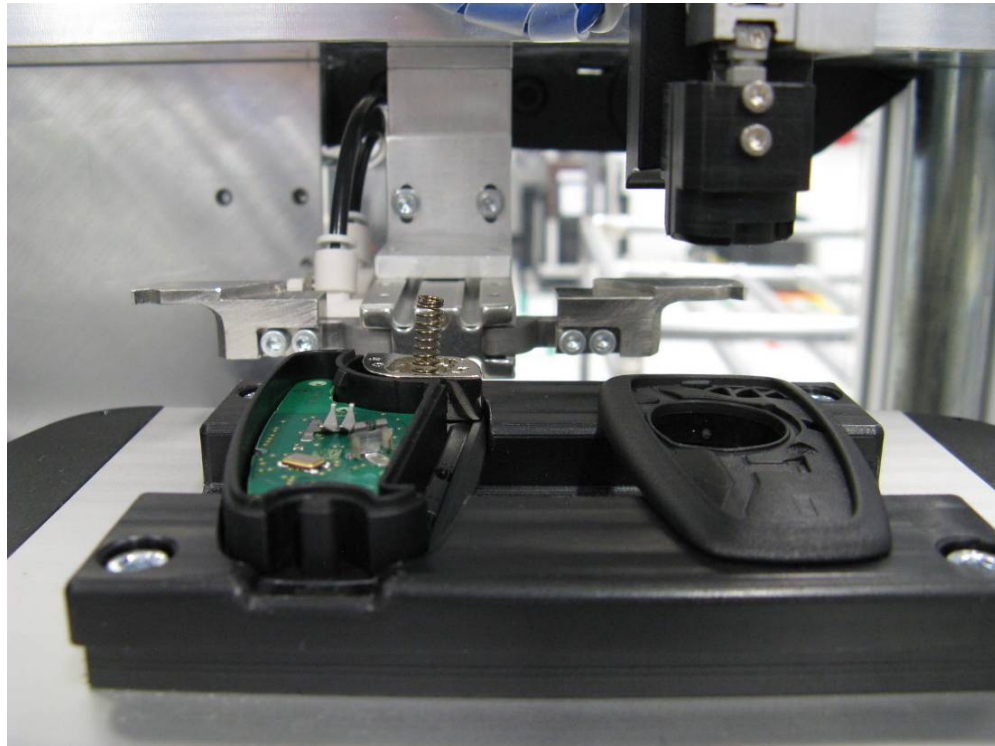
Tab. 4.7 Příklad komunikace mezi PLC a SMAC

Po zaindexování paletky ve stanici, je vyvolán program 110 pro přesun pneumatického válce 2mm nad předpokládaný vrchní díl klíče pomocí "Position mode". Poté je montážní zařízení přepnuto do "Velocity mode" a pomalým pohybem sjíždí na vrchní díl. Jakmile se pneumatický válec dotkne klíče, zvýší se odpor pohybu válce a jednotka SMAC rozpozná, že je v pozici, kdy pneumatický válec může uchytit vrchní díl. V případě, že během 3mm nedojde k uchycení dílu, je odeslán do řídicího systému signál a špatně provedené operaci a paletka je následně odeslána na vstupní stanici, nedojde tedy k montáži klíče.



Obr. 4.16 SMAC a pneumatický válec pro uchycení vrchního dílu.

Po úspěšném uchycení vrchního dílu, je vyzvednut do bezpečné polohy pro přejezd, která je dekována indukčním čidlem Baumer IFFM 08P17A6/KS35L (Obr. 4.16). Pneumatický válec MXW16-75 přesune zařízení SMAC s uchyceným dílem nad zbývající komponenty. Dojde k vycentrování pružiny. Dále se spustí program, který nasune uchycený vrchní díl na pružinu, uvolní se centrování a dojde k natočení vrchního dílu, kolem osy pružiny o 360°. Následuje zacvaknutí vrchní dílu do spodního, uvolnění klíče a přejetí všech válců a zařízení do výchozí polohy. Poté dojde k uvolnění paletky.



Obr. 4.17 Paletka ve stanici montáže klíče - před montáží.

Program 110 – pohyb před klíč

V makru 110, proběhne načtení hodnoty z registru 11 (poloha 3mm před klíčkem), vynásobení obsahem registru 64, a zapsání cílové hodnoty do registru 63. Vynásobení konstantou v registru 64, je pro jednodušší zadávání hodnoty, přímo v 0,01mm.. Po skončení makra se automaticky spustí makro 111.

MD110,AL@11,AM@64,AR63

MD111,1PM,MA@63,SV@30,SA@40,SQ@50,GO,WS10,MC200,MG"OK110",EP

MD200,RW538,IG100,MG"error1",EP,IB-100,MG"error2",EP,RC

V makru 111 se definuje "Position mode" pro lineární osu. Příkazem MA se určí poloha, na kterou má zařízení SMAC dojet. Proběhne načtení rychlosti z registru 30, načtení zrychlení z registru 40, načtení síly z registru 50 a spuštění pohybu příkazem GO. Po ukončení pohybu se spustí makro 200, ve kterém proběhne kontrola, jestli poziční chyba nepřekročila toleranční pásmo. Po úspěšné kontrole odešle SMAC systém zprávu o dokončeném pohybu OK110.

Program 120 – přesun na vrchní díl

V makru 120 proběhne načtení pozice, ve které se předpokládá přítomnost vrchního dílu klíče. V kroku 121 je zapnut "Velocity mode", který je definován rychlostí, silou a směrem pohybu DI0. Po spuštění pohybu se pneumatický válec umístěný na ose SMAC zařízení začne přibližovat k vrchnímu dílu klíče, spustí se makro 122.

MD120,AL@12,AM@64,AR63

MD121,IVM,SV@32,SA@40,SQ@50,DI0,GO,WA20

MD122,RW538,IG10,MG"OK120",MS124,AL@63,AA200,AR60,RL494,IG@60,NO,MS125,RP

MD124,ST,EP

MD125,ST,IPM,MA@63,SV@30,SA@40,SQ@50,GO,WS10,MG"NO120",EP

Jednotka SMAC při pohybu počítá, v jaké pozici by osa měla být a porovnává tuto hodnotu se skutečnou polohou. Rozdíl těchto dvou hodnot se ukládá do registru 538. Makro 122 vyhodnocuje právě obsah registru 538. Porovná jej s hodnotou 10, což odpovídá 0,1mm. Pokud je tedy rozdíl mezi vypočítanou hodnotou a skutečnou polohou větší než 0,1mm, je odeslána zpráva OK120 do řídicího systému, zastaví se pohyb a dojde k uchycení vrchního dílu. Pokud není rozdíl poloh větší než 0,1mm, přeskočí se další dva příkazy a načte se hodnota předpokládané polohy vrchního dílu klíče. Proběhne porovnání aktuální polohy s předpokládanou polohou, ke které se připočítá vzdálenost 2mm. Pokud aktuální poloha přesáhne tuto hranici, je spuštěno makro 125, ve kterém se odeslána chybová zpráva NO120. Pokud se tak nestane, proběhne od začátku makro 122.

Program 130 – přesun vrchního dílu na pružinu

Tento krok má stejný tvar jako v případě programu 110, pouze s jinou souřadnicí žádané polohy.

MD130,AL@10,AM@64,AR63

MD131,IPM,MA@63,SV@31,SA@40,SQ@50,GO,WS10,MC200,MG"OK130",EP

Program 160 – natáčení pružiny

Na začátku programu proběhne vynulování všech pomocných registrů.

MD160,AL0,AR61,AL0,AR70,AL0,AR71,AL0,AR72,AL0,AR73,AL0,AR74,AL0,AR79,AL0,AR80,MS161

Další krokem je nastavení konstant pro rotační osu, a otočení do původní polohy. V případě prvního spuštění se neprovede žádný pohyb, protože osa je ve výchozí poloze. Tento krok je využíván v případě, že neproběhne správně natočení.

MD161,2PM,SA@41,SG275,SI80,SD390,IL3000,FR0,MA@22,SV@34,SQ@51,GO,W S10,MC202,WA20

Dále proběhne samotné natočení. Po otočení klíče kolem osy procházející středem pružiny o 360° proběhne kontrola proudu, vstupující do cívky, která ovládá rotační osu. Zvýšený proud v cívce označuje nutnost vyrovnávat vzniklý krouticí moment, vytvořený natočenou pružinou. Pokud by nebyla zvýšená hodnota proudu, je zřejmé, že natáčení klíče bylo tzv. "naprázdno". Tato situace může nastat, je-li zvolena špatná pružina, nebo pružina vůbec nebyla vložena, nebo pružina při transportu po dopravníku vypadla. V případě negativního vyhodnocení testu natočení, dojde k přetočení dílu na původní polohu a následuje druhý pokus o natočení.

MD162,2PM,MA@21,SV@34,SA@41,SQ@51,GO,CD2000,WS500,MC204,MS168

MD168,RW674,AM-1,AR70,MC220,RP10,MJ163

MD163,RA79,IB@53,MJ164,NO,RA79,IG@55,MJ165,NO,MJ166

Není-li hodnota proudu v mezích stanovenými konstantami uložených v registrech 53 a 55, je spuštěno makro 164 nebo 165, podle toleranční hranice, kterou hodnota proudu překročila. Poté se odešle zpráva řídicímu systému s informacemi o překročené toleranční hranici.

MD164,2PM,SA@41,SG275,SI80,SD390,IL3000,FR0,MA@20,SV@34,SQ@51,GO,W S10,AL@61,IG0,MG"NO160_bez:":79,MJ167,AL@61,AA1,AR61,MJ161

MD165,2PM,SA@41,SG275,SI80,SD390,IL3000,FR0,MA@20,SV@34,SQ@51,GO,W S10,AL@61,IG0,MG"NO160_Moc:":79,MJ167,AL@61,AA1,AR61,MJ161

Je-li hodnota proudu v tolerancích, je spuštěno makro 166 a odeslána zpráva OK160, označující úspěšné natočení vystřelovacího mechanismu.

MD166,MG"OK160",MJ167

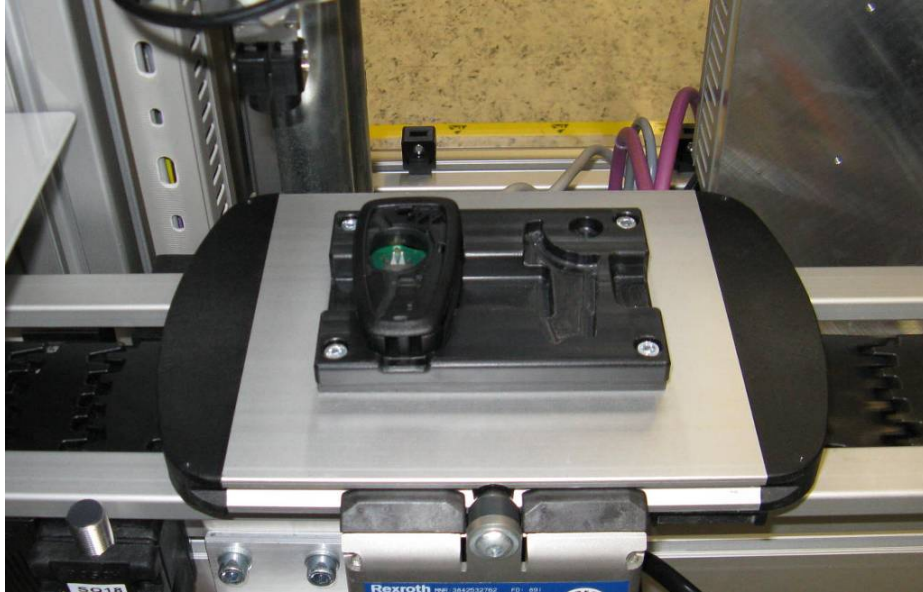
MD167,AL0,AR61,ST,EP

Program 180 – "zacvaknutí" klíče

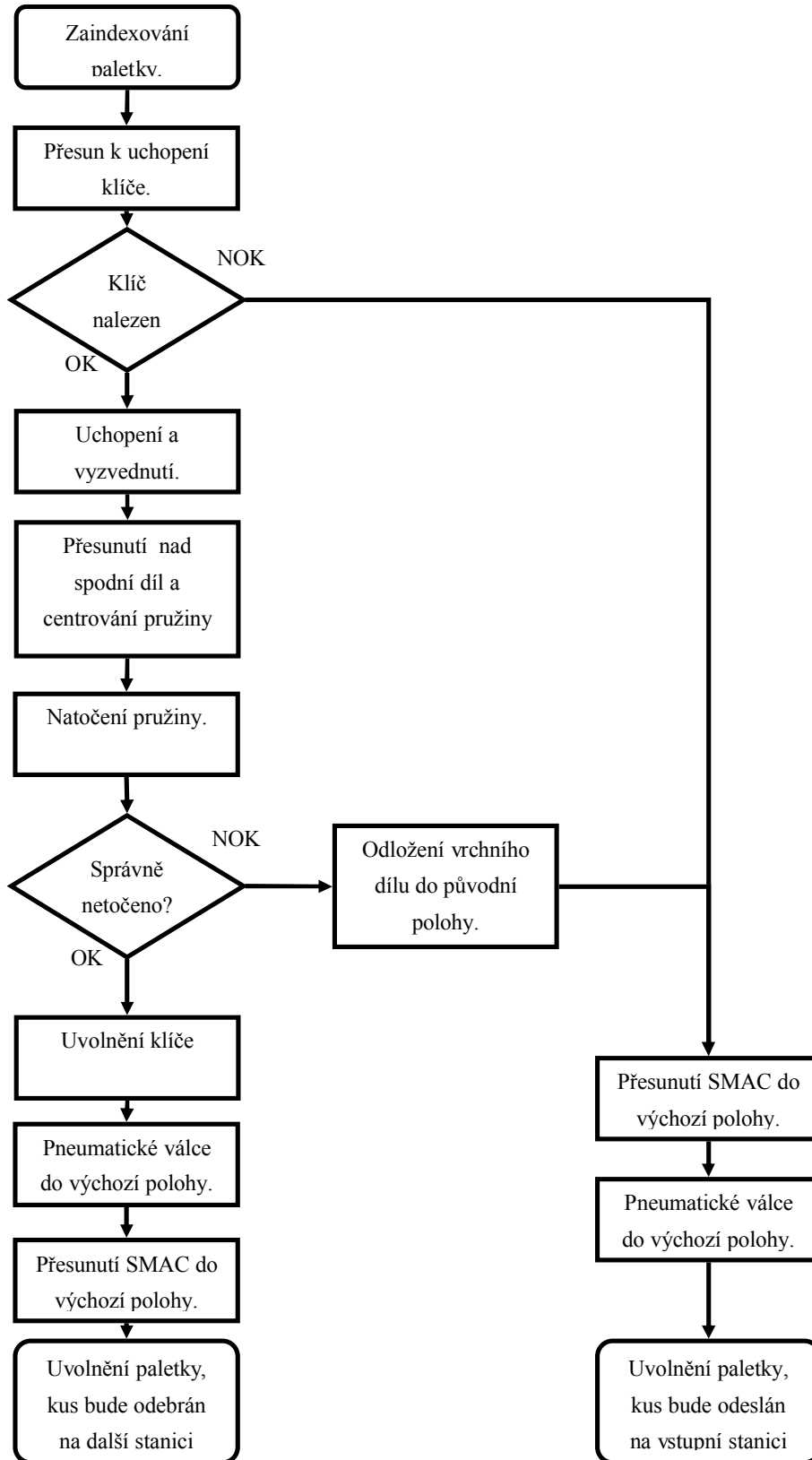
Posledním krokem je zacvaknutí vrchního dílu klíče do spodního. Je nastavena maximální rychlost a maximální síla 39N. Po úspěšném dokončení pohybu, je klíč uvolněn pneumatickým válcem a montážní zařízení SMAC se vrátí do výchozí pozice.

MD180,AL@17,AM@64,AR63

MD181,1PM,SV800000,SQ32000,MA5500,GO,WS,MG"OK180",ST,EP



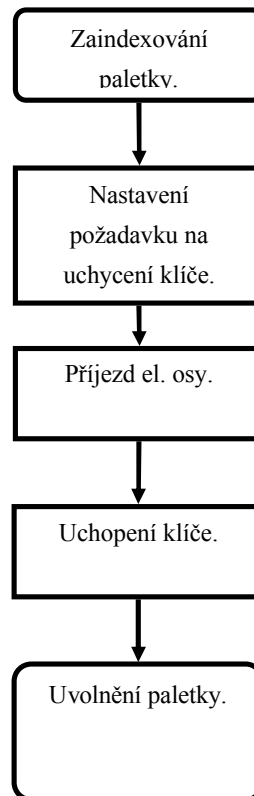
Obr. 4.18 Paletka v předávací stanici - po montáži.



Obr. 4.19 Vývojový diagram, montáž klíče

4.5. Předávací stanice

Poslední stanice s indexační jednotkou na dopravníkovém systému je předávací stanice. Po zaindexování paletky je vyslán požadavek el. ose, pro odebrání smontovaného klíče a předání do dalších stanic. Po odebrání je paletka uvolněna přejede opět na vstupní stanici (kap. 3.3).



Obr. 4.20 Vývojový diagram – předávací stanice

4.6. Uchycení klíče

Odebírání je prováděno soustavou pneumatických válců. Poloha klíče v paletce a v dalších stanicích je pootočena o 90°, proto je nutné po odebrání klíč otočit. Tento pohyb je vyřešen rotačním dvoupístnicovým pneumatickým válcem MSQB10R s vnitřním tlumičem dorazu od firmy SMC.



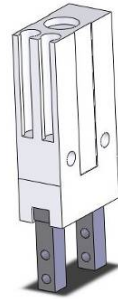
Obr. 4.21 Dvoupístnicový otočný stůl.

Po otočení soustavy do správné polohy, musí být proveden lineární pohyb ke klíči. Ten je proveden pneumatickým válcem s valivým vedením.



Obr. 4.22 Pneumatický válec s valivým vedením.

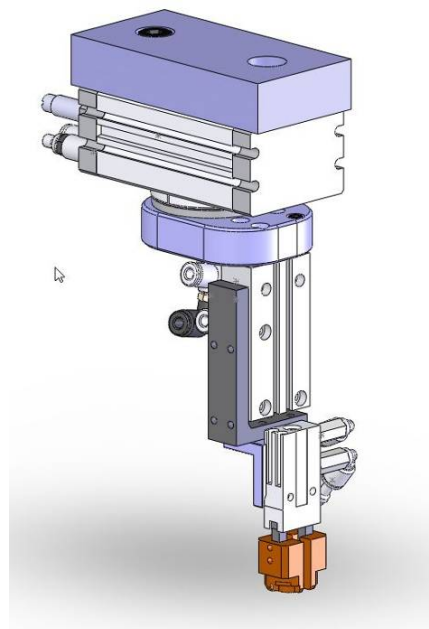
Poslední pohyb pro uchycení klíče je roztažení dvoučelist'ové miniaturní úchopové hlavice s nástavbami, které zaručují přesné uchycení klíče za bateriový otvor.



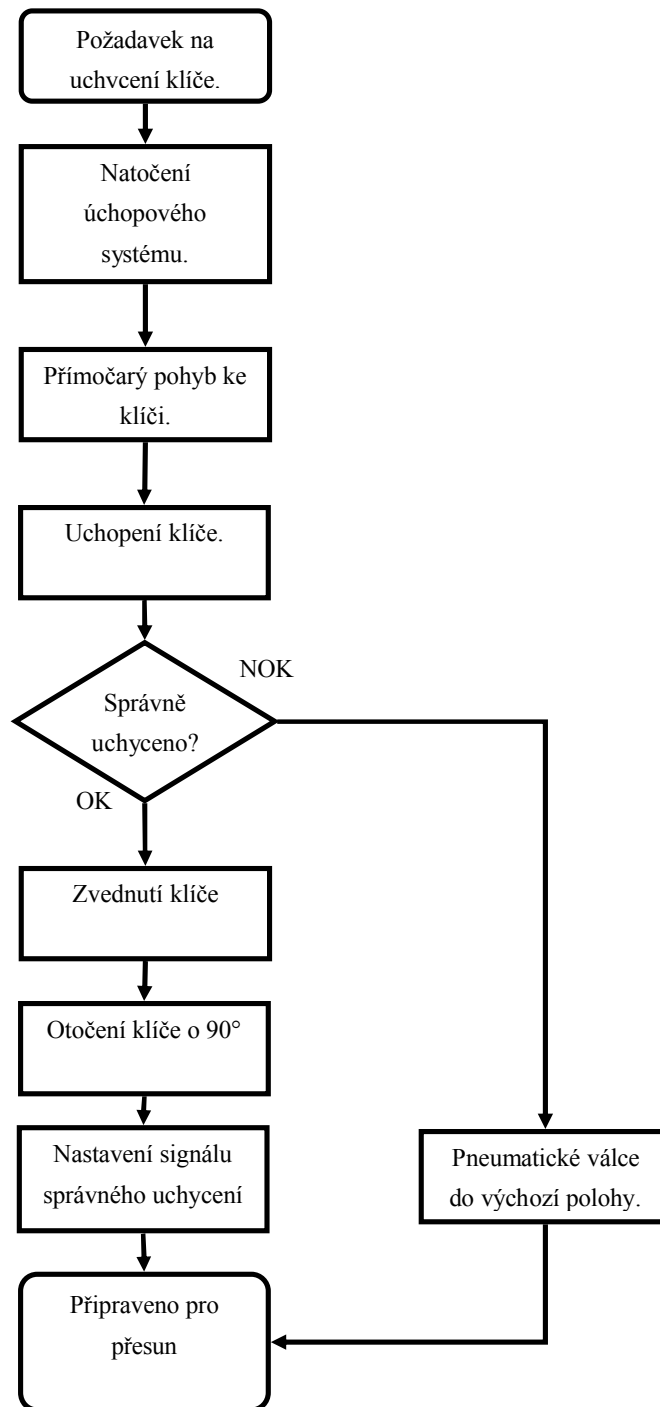
Obr. 4.23 Miniaturní úchopové hlavice

Ve všech případech jsou použité bistabilní pneumatické ventily, které se ovládají dvěma signály. Jsou to takové ventily, které 1. signál nastaví do polohy, ve které zůstane i po odeznění signálu. Vráti se zpět až v případě aktivace druhé cívky.

Sekvence uchopení klíče se tedy skládá z postupného aktivování a deaktivování cívek 3 ventilů, které ovládají pneumatické válce (Obr. 4.25). Otáčení klíče je nutné pouze ve stanici předávání klíče ze paletkového dopravníku. V dalších krocích již je ve správné poloze.



Obr. 4.24 Sestava pro uchycení klíče.



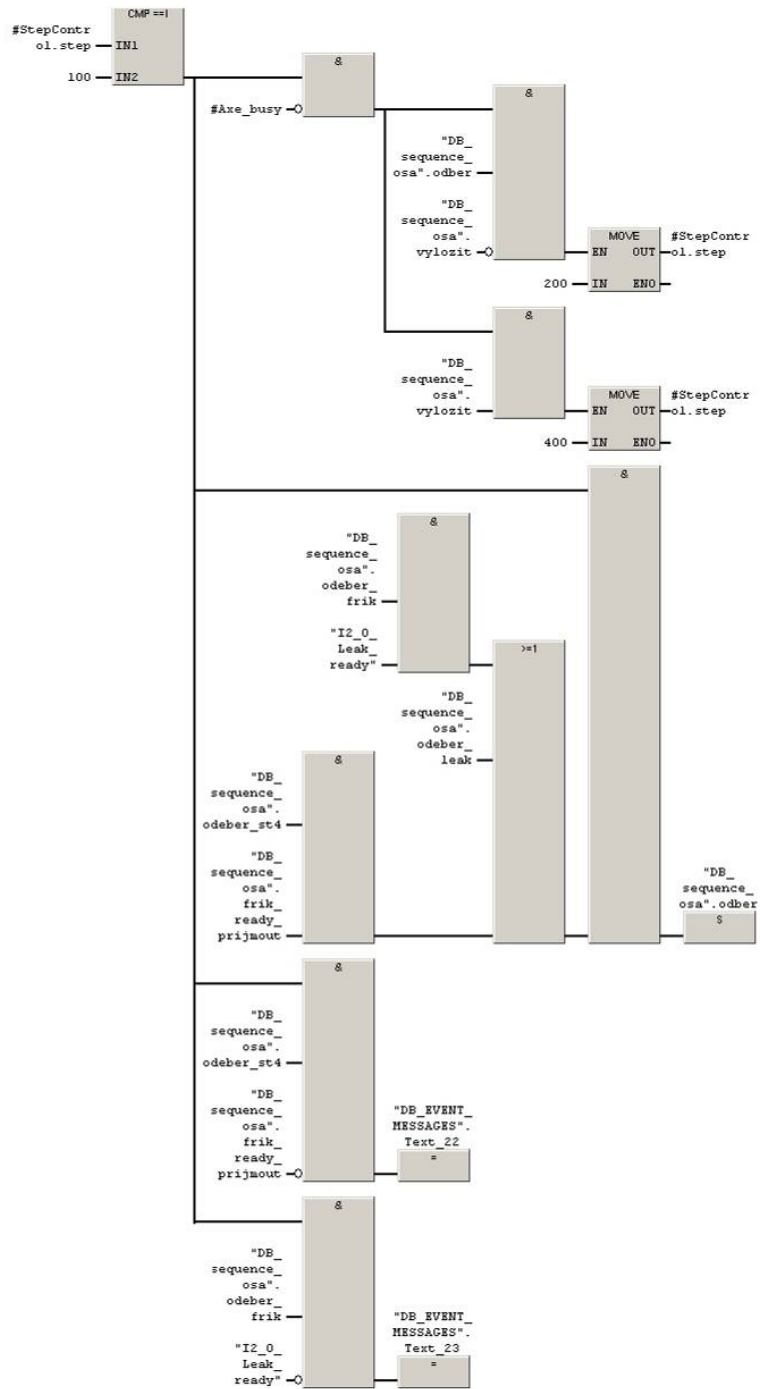
Obr. 4.25 Vývojový diagram – uchycení klíče v předávací stanici

4.7. Předávání klíče

Poskládaný klíč musí být z předávací stanice vyjmut a vložen do stanice vibračního svařování. Po svaření se musí klíč vložit do stanice Leaktestu a Torqtestu. Po provedeném testu, musí být klíč odložen na výstupní pozici, kde dojde k osazení

baterkou. V případě negativního testu, je klíč odložen do červené krabice, jako špatný kus.

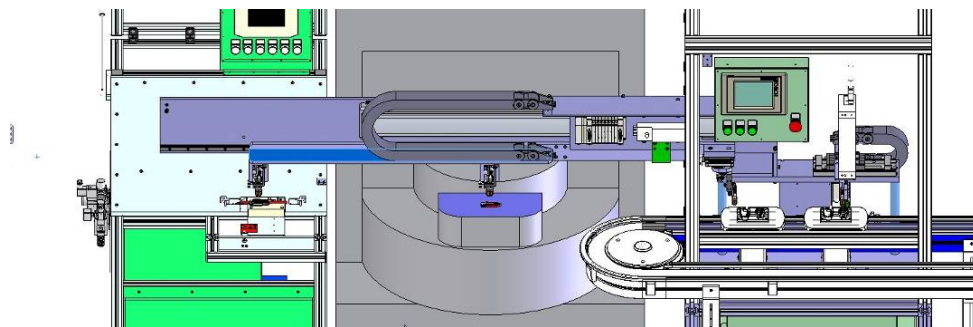
Pohyb el. osy se řídí ve funkčním bloku FB305. Během resetovací sekvence dojde přesunutí osy do polohy odebrání kusu (Obr. 4.27) a čeká v kroku 100.



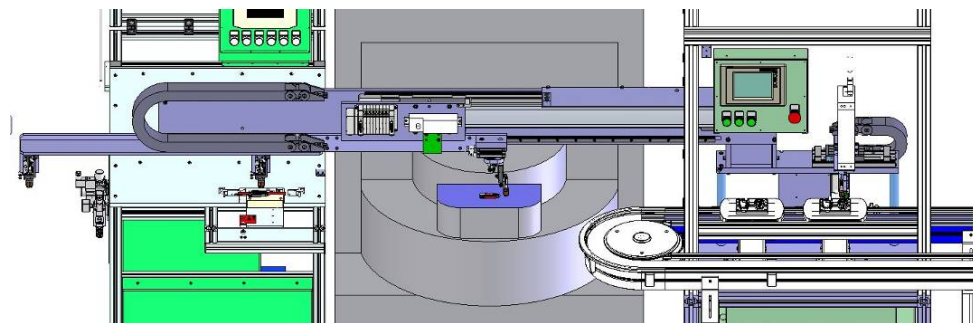
Obr. 4.26 Sekvence ovládání el. osy – krok 100.

V tomto kroku čeká řídicí jednotka na signál od některé ze stanic na signál, že je klíč připraven k vyzvednutí. Může to být předávací stanice (kap. 4.5), stanice vibračního svařování (kap.4.8) nebo stanice "Leaktestu" a "Torqtestu" (kap. 4.9). Signál na odebrání klíče může odeslat jedna stanice, ale i všechny tři najednou. Vše záleží na dokončení operace v jednotlivých stanicích. Po přijetí některého ze signálů, je sekvencer přesunut do kroku 200, kde proběhne příkaz, na přesunutí osy do pozice odebrání klíče (Obr. 4.27).

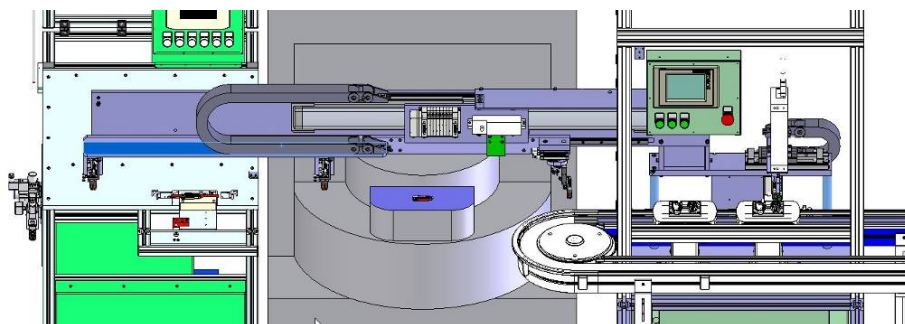
Samotné uchycení klíče proběhne v kroku 220, kde je rozlišeno, ze které stanice přišel požadavek na uchycení. Na základě tohoto vyhodnocení, je spuštěn požadavek na uchycení klíče ve funkčním bloku FB306, FB307 nebo případně FB308. Tyto bloky ovládají jednotlivé sestavy pro uchopení klíče (kap. 4.6). Po uchycení se kontroluje, jestli stanice, do které je určen klíč, je volná a je připravena přijmout klíč. Po úspěšném odebrání klíče je automaticky nastaveno odložení klíče. V případě, že je klíč odebrán z poslední stanice, je vyhodnoceno, zda klíč prošel přes všechny stanice v pořádku. V tom případě se el. osa přesune do polohy odložení hotového kusu, kde kus položí na spádový dopravník (Obr. 4.28). V případě negativního výsledku na "Leaktestu" nebo "Torqtestu" je kus odložen do krabice špatných kusů (Obr. 4.29).



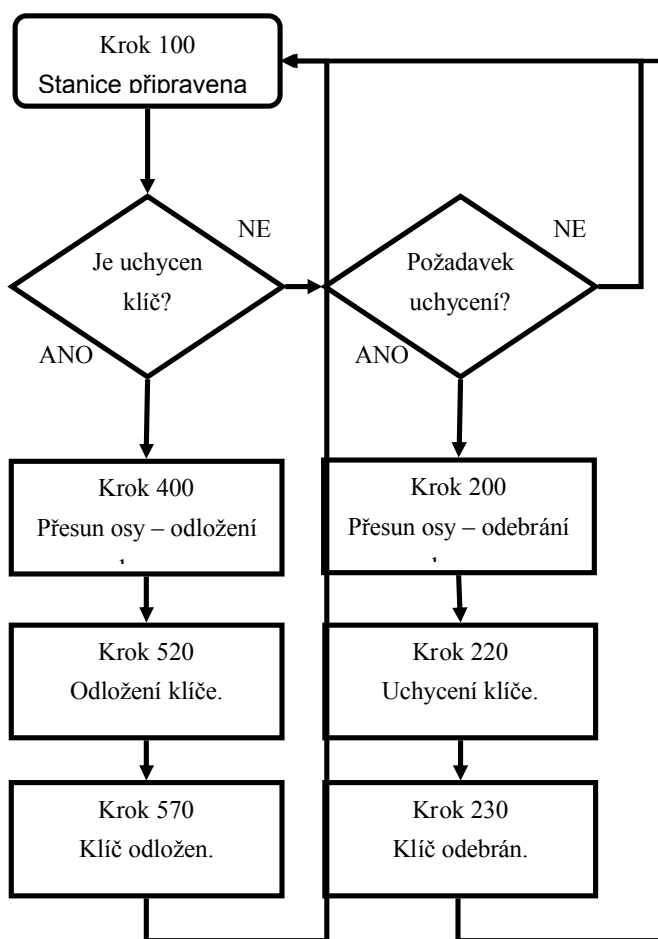
Obr. 4.27 Odebírání klíče.



Obr. 4.28 Odložení dobrého kusu.



Obr. 4.29 Odložení špatného kusu.



Obr. 4.30 Zjednodušený vývojový diagram – předávání klíče.

Z Obr. 4.30 je zřejmé, že pokud přijde požadavek na uchycení klíče, je tento požadavek ignorován do doby, než bude klíč odložen. Poté pokračuje program v uchycení klíče.

Motor je řízený servozsilovačem, který s řídicím systémem komunikuje pomocí protokolu RS232 a digitálními signály. Po odeslání požadované polohy nebo rychlosti přesunu, potvrdí servozsilovač přijetí požadavku. Pro spuštění pohybu nastaví řídicí systém bitový signál SRV_start a el. osa se přesune na požadovanou pozici. Po dokončení pohybu nastaví digitální signál SRV_movement_complete

Označení:	Popis:
<SOH>0BA<STX>01xxxxxxxx<ETX>	Požadavek nastavení rychlosti.
<SOH>0BA<STX>02xxxxxxxx<ETX>	Požadavek nastavení pozice.
<STX>A<ETX>	Požadavek byl přijat a zapsán.
DI1 – SRV_movement_complete	Pohyb dokončen.
DI2 – SRV_ready	Jednotka připravena.
DI3 – SRV_zero_point	Nelezen nulový bod, při reset sekv.
DQ1 – SRV_reset	Potvrzení reset sekvence.
DQ2 – SRV_program_sel_1	Bit 1 pro výběr programu.
DQ3 – SRV_program_sel_2	Bit 2 pro výběr programu.
DQ4 – SRV_start	Požadavek na začátek pohybu.

Tab. 4.8 Komunikace mezi PLC a servozsilovačem

4.8. Stanice vibračního svařování

Stanice vibračního svařování je řešená karuselovým systémem. Dvě lože, umístěné na otočném stole. Do jednoho lože zakládá osový systém se soustavou pneumatických válců klíč. Ve stejném okamžiků probíhá vibrační svaření na druhém loži. Po dokončení svaření, dojde k otočení stolu a klíč může být odebrán.



Obr. 4.31 Stanice vibračního svařování

Na Obr. 4.31 je znázorněné lože, připravené na vložení kusu. Po vložení, dojde k upevnění klíče v loži aretační soustavou, postupným aktivováním 4 pneumatických válců. Otočný stůl svařovací stanice zasahuje do dráhy osového systému. Proto je důležité synchronizovat pohyb el. osy a pohyb aretačního systému, včetně otáčení stolu.

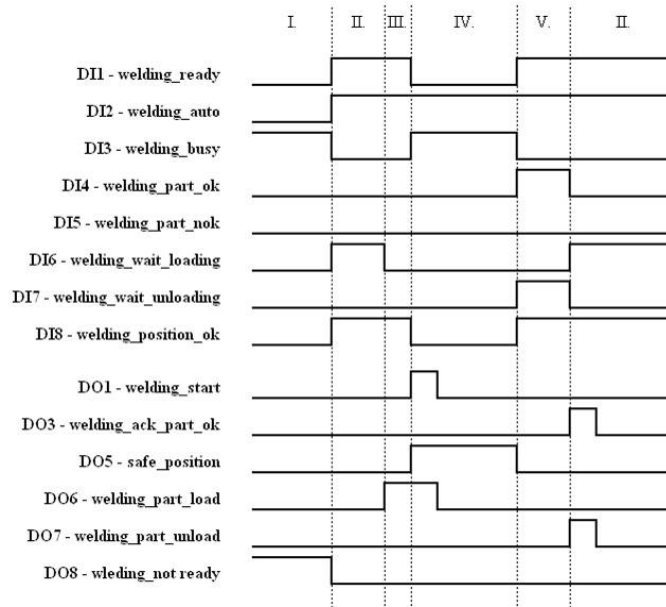
Označení:	Popis:
DI1 – welding_ready	Stanice připravena.
DI2– welding_auto	Stanice v automatickém provozu.
DI3– welding_busy	Stanice provádí příkazy.
DI4– welding_part_ok	Svaření proběhlo v pořádku.
DI5– welding_part_nok	Svaření proběhlo s chybami.
DI6– welding_wait_loading	Stanice čeká na vložení kusu.

DI7– welding_wait_unloading	Stanice čeká na odebrání kusu.
DI8– welding_position_ok	Stanice je připravena na pohyb osy.
DI9 – DI13 – welding_error_code	5 bitů pro chybovou zprávu.
DO1 – welding_start	Signál pro svaření klíče.
DO2 – welding_ack_error	Potvrzení chyby.
DO3 – welding_ack_part_ok	Potvrzení dobrého kusu.
DO4 – welding_ack_part_nok	Potvrzení špatného kusu.
DO5 – welding_safe_position	Bezpečná polohy osy pro pohyb karuselu.
DO6 – welding_part_load	Kus byl vložen.
DO7 – welding_part_unload	Kus byl vyjmut
DO8 – welding_not_ready	Probíhá resetovací sekvence

Tab. 4.9 Komunikační signály – vibrační svařování

Po založení kusu do lože, přejede el. osa do bezpečné polohy, ve které nehrozí kolize otočného stolu se soustavou pneumatických válců pro odebrání a zakládání klíče. V této poloze nastaví řídicí systém signál DO6, D05 a nakonec D01. Tím dojde k zaaretování klíče v loži a otočení stolu. Po otočení nastaví zařízení vibračního svařování signál DI4 nebo DI5 a signály DI7 a DI8. Tím dojde k pohybu osy a odebrání svařeného kusu. Průběh signálů je znázorněn na Obr. 4.32. Lze rozdělit na 5 částí:

- I. reset sekvence
- II. potvrzení vyjmutí svařeného kusu a čekání na vložení nového kusu
- III. založení kusu
- IV. otočení stolu a svaření kusu
- V. vyjmutí svařeného kusu



Obr. 4.32 Časový průběh komunikace při svaření jednoho klíče

4.9. Stanice "Torqtestu" a "Leaktestu"

Ve stejný okamžik, kdy probíhá odebírání kusu ze stanice svařování, probíhá i odebrání kusu z poslední stanice testování. Při odebírání se kontroluje výsledek testů a podle něj, je klíč dále předán na patřičné místo.

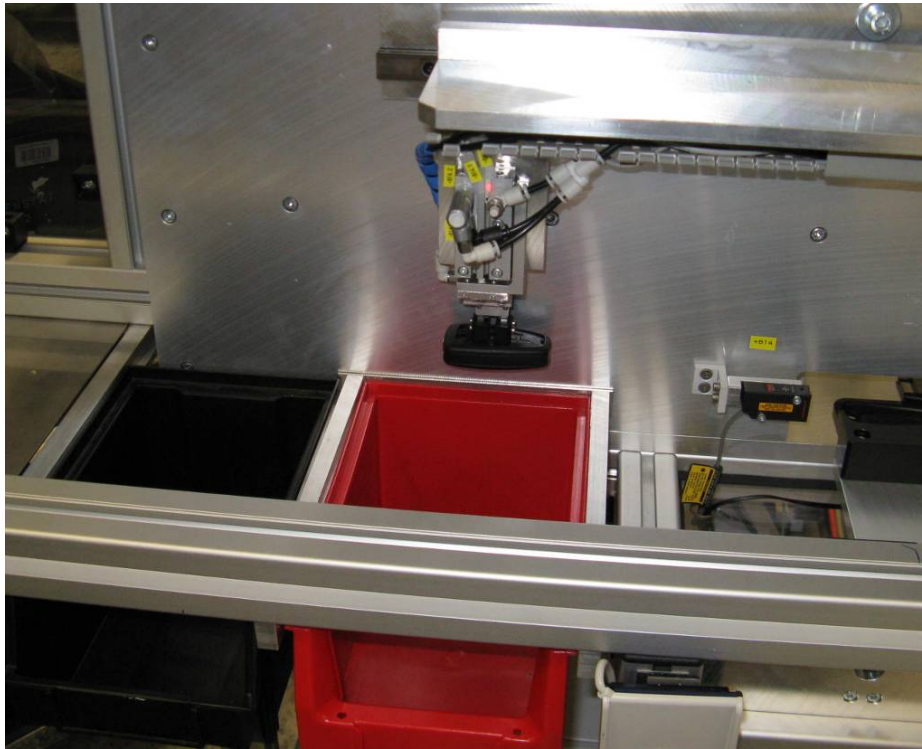
Komunikace se stanicí je řízena pouze pomocí 4 bitových signálů (Tab.).

Označení:	Popis:
DI1 – test_ready	Zařízení je připraveno na vložení kusu.
DI2 – test_ok	Všechny testy pozitivní.
DI3 – test_nok	Některý z testů negativní.
DO1 – test_start	Začátek testování.

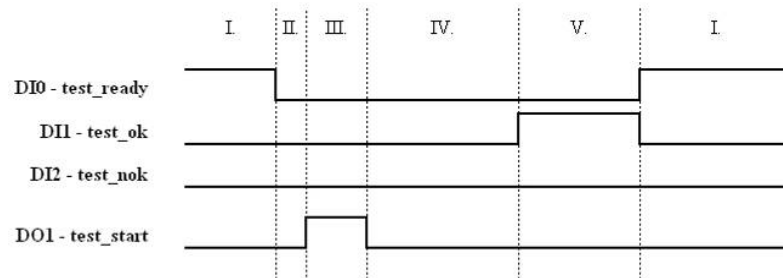
Tab. 4.10 Komunikační signály – Torqtest, Leaktest.

Stanice testování vrací řídicí systému signál DI – test_ready v případě, že nemá vložený žádný kus a je připravena na vložení kusu. V okamžiku, kdy má stanice vložený kus, který ještě nebyl testován, nevrací žádný signál. Poté nastaví řídicí

systém digitální výstup DO1 do log.1 a stanice testování reaguje na náběžnou hranu toho signálu. Začne probíhat test těsnosti a kontrola vystřelovacího mechanismu. Po ukončení testů je nastaven DI2 nebo DI3. Těmito signály dojde k aktivaci požadavku na odebrání kusu. V případě negativního výsledku testů, dojde k odložení kusu do bedny se špatnými kusy (Obr. 4.33)



Obr. 4.33 Odložení špatného kusu.

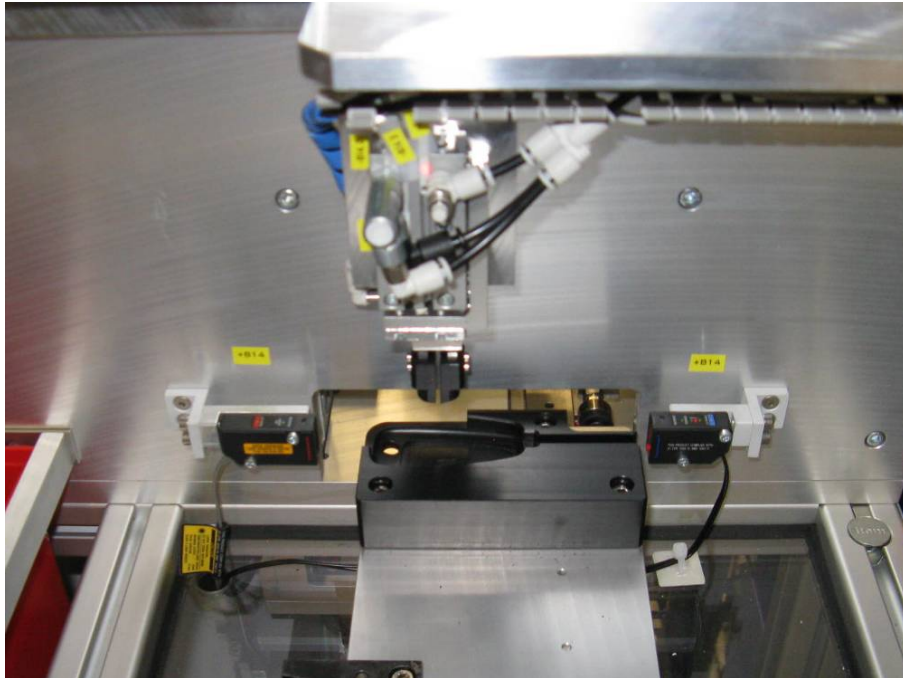


Obr. 4.34 Časový průběh komunikace – Torqtest, Leaktest.

Průběh komunikace lze rozdělit do 5 oblastí (Obr. 4.34):

- I. stanice je připravena na vložení kusu.
- II. kus byl vložen

- III. start testovacího cyklu
- IV. průběh testování
- V. testy dokončeny, čekání na vyzvednutí kusu



Obr. 4.35 Vkládací lože – stanice Leaktestu a Torqtestu.

5. Uživatelský interface

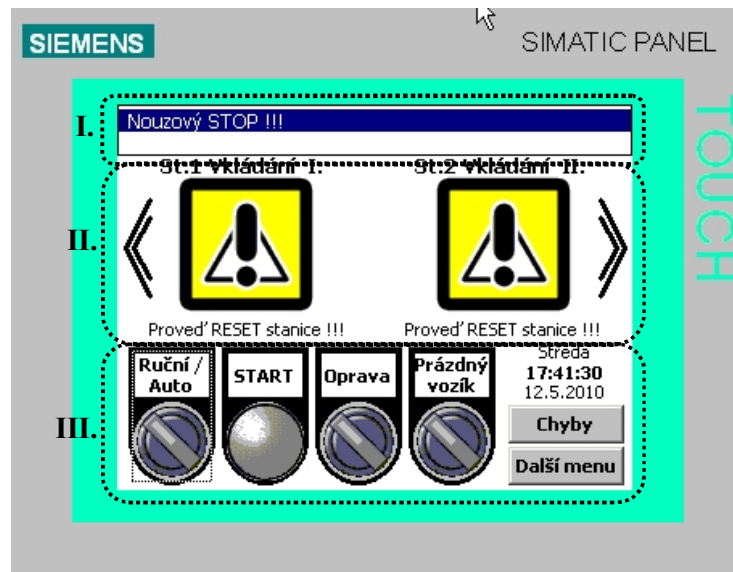
Pro informování a zobrazování všech stavů byl zvolen dotykový panel firmy Siemens TP177B. Dále jsou namontovány signalizační senzory firmy Baumer, které jsou umístěné vždy u vstupních stanic, pro rychlou signalizaci stavu založených komponent. Pro spouštění jednotlivých operací byly použité pákové spínače Möller LS-11S/S (Obr. 4.4). Ovládací panel zařízení se tedy skládá z dotykového panelu TP177B, prosvětleného tlačítka reset, tlačítka nouzového zastavení a signalizačního majáku, který oznamuje stav posledního kusu.



Obr. 5.1 Ovládací panel.

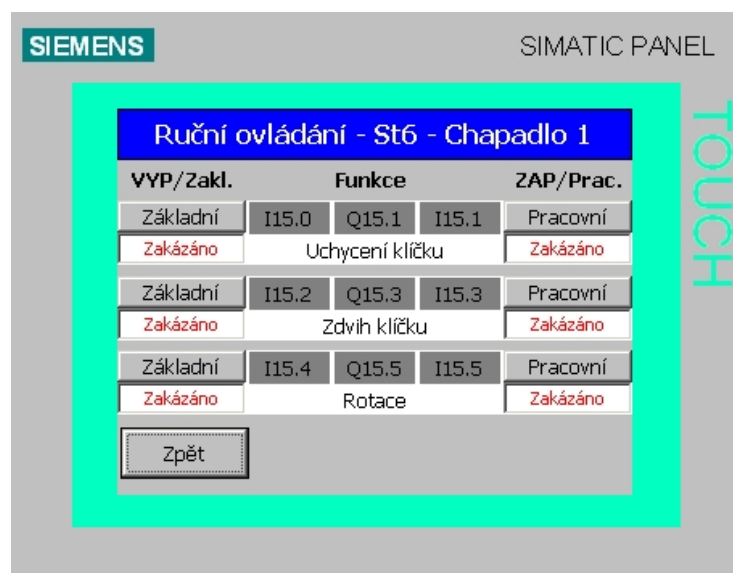
Po zapnutí zařízení je na panelu zobrazena úvodní stránka, která se skládá ze 3 částí:

- I. Informace o chybách.
- II. Informace o vstupních stanicích s popisem pro obsluhu.
- III. Ovládací prvky pro volbu režimů.



Obr. 5.2 Hlavní stránka ovládacího panelu.

Na ovládacím panelu si může obsluha zařízení zobrazit stavy všech stanic, stejně tak v manuálním režimu může ovládat všechny pneumatické válce. V zařízení je možné navolit mód "po opravě". V tomto případě musí obsluha zvolit, jaké klíče bude do zařízení posílat a které stanice se mají používat. Může tedy navolit, jestli bude klíč složen, nebo je už zakládán poskládaný, případně jestli bude použito vibrační svařování nebo testování klíče. Ve všech případech bude v klíči zapsáno, kdy a kam jej obsluha odeslala.



Obr. 5.3 Ukázka manuálního ovládaní přes dotykový panel

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit automatickou linku, pro montáž klíčku do zapalování automobilů. Pro úspěšné zvládnutí tohoto úkolu bylo třeba se seznámit s principy výrobní linky. Po seznámení se s výrobními procesy a jejich vzájemnou vazbou spolu s požadavky výrobních technologií, jsme vytvořili dvě varianty rozmístění pracovišť, ze kterých jsme vybrali tu nejhodnější, s ohledem na tok materiálu, přístupu k zařízením jak pro operátory, tak pro servisní techniky, a efektivnosti využití prostoru.

Po schválení konceptu linky, jsme s konstrukčním oddělením firmy Continental, vybrali nejhodnější aktuátory, pro provádění všech požadovaných operací. Určili jsme senzory a zvolili jsme řídicí systém. Dále následovalo určení decentralizačního systému EX500 s komponenty. Tato volba se postupně ukázala jako velmi dobrá, která ušetřila náklady a čas při kompletaci a elektrickém propojení jednotlivých senzorů a aktuátorů.

Dalším krokem bylo naprogramování jednotlivých stanic. Mezi prvními stanicemi byla samotná montáž klíče, kdy po přesném nastavení mechanických částí proběhlo programování montážního zařízení SMAC. Další výraznou částí programu bylo nastavení kamerového senzoru VeriSens od firmy Baumer. Následovalo naprogramování všech ostatních zařízení, včetně ovládání dopravníkového systému, el. osy a komunikace s ostatními zařízeními.

Po dosažení funkčnosti jednotlivých částí a vytvoření globálního programu ovládající všechny stanice, jsme začali vyrábět první klíče, na kterých jsme odladili všechny stanice. Tato část byla časově stejně náročná, jako tvorba všech programů. Během ladění montážní linky jsme narazili na mnohé problémy, které byli konzultovány s vývojovým centrem v Regensburgu a na jejichž základě proběhla změna designu jednotlivých dílů.

Po půl ročním ladění byla montážní linka předvedena zákazníkovi, který montážní zařízení a celou linku schválil. Na základě tohoto rozhodnutí se ihned rozjela sériová výroba klíčů.

Seznam použitých zkratek:

- PLC – programovatelný logický automat, řídicí prvek používaný v automatizační technice.
- ESD – elektrostatický výboj, jeho vliv na elektronické obvody a ochrana proti tomuto výboji.
- RS232 – sériové rozhraní pro přenos informací mezi dvěma zařízeními. Přenos informací probíhá asynchronně.
- DPS – deska plošných spojů.
- SMAC – obchodní označení montážní zařízení, zahrnující v sobě řídicí jednotku s aktuátorem.

Seznam použité literatury:

- [1] ĎAĎO, Stanislav; Kreidl, Marcel. *Senzory a měřící obvody*. Praha, ČVUT 1999
- [2] Baumer, URL: <http://www.baumeroptronic.com/verisens.html?&L=1>
- [3] SMC, URL: <http://2009.oc.smc-cee.com/cz/index.asp>
- [4] *Elektrický pohon řady LAL/LAR*, SMC, Dostupné z: http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LA_CAT.pdf
- [5] Furness Controls, URL: <http://www.furness-controls.com/products/leak-detection/fco730>
- [6] *Manual_9339A*, Kistler, 2009, Dostupné z: http://www.kistler.com/pk_en-ex/13_Productfinder/App.9339A/Reaction-Torque-Sensor-10-Nm.html
- [7] ŠČERBA, R. *Laboratorní úlohy pro programovatelné automaty*, Brno, VUT, 2007
- [8] *Simatic S7-300*. Siemens, 2005 Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=6ce260aa8e&ctxp=doc_prospekty
- [9] *High Rigidity Direct Acting Guide, Series LJ1H20*, SMC, Dostupné z: http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LJ1H_TEC.pdf

Příloha A. Výpis programu SMAC zařízení.

Příloha B. Výpis programu řídicí jednotky PLC, S7-300

Příloha C. Videozáznam montáže klíče