

Vytvoření univerzálního testovacího zařízení pro měření těsnosti

Creation of a Universal Leakage Testing Device

Bc. Petr Chlup

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Chlup**
Osobní číslo: **A12464**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vytvoření univerzálního testovacího zařízení pro měření těsnosti**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma testovacího zařízení. Popište současný stav v této oblasti.
2. Provedte návrh univerzálního testovacího zařízení pro měření těsnosti.
3. Vytvořte program pro řídicí programovatelný automat (PLC) včetně obsluhy rozhraní operátorského panelu.
4. Navrhněte a realizujte propojení PLC s detektorem měření úniku.
5. Vyřešte ukládání zadaných parametrů základacích přípravků.
6. Navrhněte a realizujte způsob, jakým bude systém ukládat vzory tisku včetně možnosti tisku z PLC přes RS232.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HRUŠKA, František. **Technické prostředky integrované automatizace [online].** Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012 [cit. 2014-01-16]. ISBN 978-80-7454-234-3. Dostupné z: <https://dspace.k.utb.cz/handle/10563/18664>.
2. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. **Řízení programovatelnými automaty.** Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 160 s. ISBN 80-010-2925-5.
3. Firemní literatura k průmyslové tiskárně Zebra Technologies Corporation.
4. Firemní literatura k programovatelným automatům Mitsubishi Electric.
5. Firemní literatura k operátorským panelům Mitsubishi Electric.
6. Firemní literatura k detektoru netěsností Ateq.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

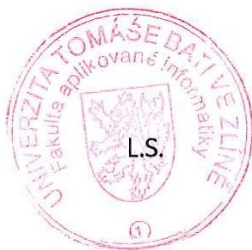
21. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2014

Ve Zlíně dne 21. února 2014


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce řeší konkrétní zadání měření těsností sériově vyráběných trubek motorových vstřikovacích rozvodů v automobilovém průmyslu za použití diferenční metody. V úvodní části jsou stručně popsány obecné metody a principy měření těsností. Dále jsou uvedeny možnosti automatizace kontrol měření těsností sériově vyráběných dílů. Zařízení je navrženo jako univerzální, kdy je možné snadným způsobem změnit základací přípravek artiklu pro následné testování dílů. Mimo kontroly těsnosti existuje možnost nastavení provádění souvisejících kontrol a jejich vzájemného provázání. Pro označení shodných dílů je použito tiskárny samolepicích etiket, jejichž tisk řídí samotné PLC. Výstupem je etiketa s 2D kódem a textem. Zprávy odesílané do tiskárny jsou před tiskem měněny. Část textů je zadána v parametrech jednotlivých programů základacích přípravků a další je sestavena z aktuálního datumu a času testu.

Klíčová slova:

Měření úniku, těsnost, HMI, GOT, Mitsubishi, PLC, Melsec, tiskárna, etiketa, štítek, Zebra, ZPL, měření rovinnosti, úchylkoměr, Mitutoyo.

ABSTRACT

The Thesis deals with particular specification of leak tests for high volume motor injection system pipes using the differential method. The introductory part describes general methods and principles of leak tests. Next, it describes possibilities of the automation of leak tests in high volume parts. The unit has been designed as universal; it enables a quick change of the clamping fixture for subsequent part testing. Apart from the leak test, it also enables additional setting to perform other relating checks and their correlation. A self-adhesive label printer is used to mark conforming product; the print is controlled by the PLC. The output is a label with a 2D code and text. Messages sent to the printer are modified before print. Part of the submitted text is based on the parameters of individual programs of clamping fixtures and the rest is compiled using the current date and time.

Key words:

Leak test, leak tightness, HMI, GOT, Mitsubishi, PLC, Melsec, printer, label, plate, Zebra, ZPL, flatness measurement, dial gauge, Mitutoyo.

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Tomášovi Sysalovi, Ph.D., za odborné vedení a rady k diplomové práci.

Poděkování také patří pracovníkům technické podpory společností AutoCont Control Systems, s. r. o. a Kodys, s. r. o.

Také bych chtěl poděkovat mé přítelkyni za trpělivost a podporu během studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY MĚŘENÍ TĚSNOSTI	13
1.1 DEFINICE NETĚSNOSTI.....	13
1.2 POUŽÍVANÉ METODY MĚŘENÍ TĚSNOSTI.....	13
2 NÁVRH ZAŘÍZENÍ.....	17
2.1 PŮVODNÍ ZAŘÍZENÍ.....	17
2.2 NOVÉ ZAŘÍZENÍ.....	18
2.2.1 Vstupy a výstupy.....	21
2.3 FUNKČNÍ POŽADAVKY.....	23
2.4 PŘÍPADY UŽITÍ.....	23
2.5 NEFUNKČNÍ POŽADAVKY.....	24
2.6 DIAGRAM NASAZENÍ.....	25
2.7 ŘIDICÍ SYSTÉM - PLC.....	25
2.7.1 Rozšiřující moduly.....	27
2.7.2 Instrukce a nástroje jednotky.....	28
2.7.3 Programování.....	28
2.8 OPERÁTORSKÝ PANEL.....	28
2.9 DETEKTOR ÚNIKU.....	29
2.9.1 Fáze testovacího cyklu.....	30
2.9.2 Volba programů.....	31
2.9.3 Parametry testu.....	31
2.10 ÚCHYLKOMĚR.....	32
2.11 TISKÁRNA.....	33
2.12 SNÍMACÍ PRVKY.....	34
2.12.1 Indukční snímač.....	34
2.12.2 Magnetický snímač.....	34
2.12.3 Optický snímač.....	35
2.13 ELEKTROPNEUMATICKÉ PRVKY.....	36
2.13.1 Elektropneumatický terminál.....	36
2.13.2 Pneumatické lineární válce.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
3 OPERÁTORSKÝ PANEL.....	39
3.1 DIAGRAM OBRAZOVEK.....	39
3.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH OBRAZOVEK.....	39
3.2.1 Základní obrazovka.....	39
3.2.2 Nulování počítadel kusů.....	40
3.2.3 Výběr.....	40
3.2.4 Výběr nastavení.....	41
3.2.5 Nastavení datumu.....	41
3.2.6 Zobrazení nastavení přípravku 1/2.....	42
3.2.7 Zobrazení nastavení přípravku 2/2.....	43

3.2.8	Informace o P - parametrech	44
3.2.9	Nastavení přípravku 1/2	44
3.2.10	Nastavení přípravku 2/2	45
3.2.11	Servis	46
3.2.12	Vstupy 1/2	46
3.2.13	Vstupy 2/2	47
3.2.14	Výstupy	47
3.2.15	Přehledy	48
4	PLC PROGRAM	49
4.1	STAVOVÉ DIAGRAMY	49
4.1.1	Zapnutí PLC	49
4.1.2	PLC - RUN	49
4.1.3	Řízení zapnuto	50
4.1.3.1	Stanice kontroly těsnosti	52
4.1.3.2	Stanice měření roviny	54
4.1.3.3	Stanice tisku	56
4.1.4	Vzájemné blokování stanic	56
4.2	KÓDOVÁNÍ PŘÍPRAVKŮ	57
4.3	PARAMETRY PŘÍPRAVKU	58
4.3.1	Uložení parametrů v paměti	58
4.3.2	Zobrazení parametrů pracovní paměti	59
4.3.3	Rozdělení pracovní paměti	61
4.4	DETEKTOR ÚNIKU F520	61
4.4.1	Nastavení programu detektoru	62
4.4.2	Start cyklu detektoru	63
4.4.3	Reset cyklu detektoru	63
4.4.4	Konec cyklu detektoru	63
4.4.5	Vyhodnocení měření	63
4.5	KONTROLA DRŽÁKU	63
4.6	MĚŘENÍ DÉLKY	64
4.7	ÚCHYLKOMĚR	65
4.8	TISKÁRNA	68
4.8.1	Rozhraní RS232	68
4.8.1.1	Nastavení přenosových parametrů	68
4.8.1.2	Vymezení oblasti paměti	70
4.8.1.3	Spuštění přenosu	70
4.8.2	Vzory zpráv	70
4.8.3	Sestavení zprávy	70
4.8.4	Etiketa 35 mm	73
4.8.4.1	Kód vzoru zprávy	73
4.8.4.2	Kód zprávy při použití vzoru	75
4.8.5	Etiketa 15 mm	75
4.8.5.1	Kód zprávy bez použití vzoru	76
	ZÁVĚR	77
	CONCLUSION	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	80
SEZNAM OBRÁZKŮ	81
SEZNAM TABULEK.....	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Práce řeší vytvoření univerzálního testovacího zařízení pro finální kontrolu výrobků s možností výběru prováděných kontrol. V současnosti se používá jednoúčelové zařízení (Obr. 6) určené vždy pro jeden výrobní artikl. Primární kontrolou je zkouška těsnosti dle schválených parametrů. Mezi další kontroly patří kontrola správné délky, přítomnosti a polohy držáků, značení shodného dílu.

Tento způsob je vhodný pro velké série, ale z důvodu nárůstu malých sérií a úspory nákladů vznikl požadavek na vytvoření univerzálního zařízení, které by umožnilo jednoduchým způsobem změnit výrobní artikl při zachování stanovených parametrů a předepsaných kontrol. Dále byl požadavek rozšířen o možnost kontroly roviny příruby a značení výrobku formou samolepicích štítků obsahujících 2D kód a text.

Z těchto důvodů bylo navrženo rozdělení zařízení do tří stanic, kde by první stanice obsahovala výměnné zakládací přípravky složené ze samotných desek osazených příslušnými komponentami každého artiklu. Zakládací přípravek bude propojen se zařízením pomocí elektrických a pneumatických konektorů, které zajistí správné připojení a nastavení testovacích parametrů. Každý zakládací přípravek bude mít jedinečné označení pomocí kódování elektrického konektoru.

Druhou stanicí je kontrola rovinnosti příruby. Pro automatizaci této kontroly je potřeba použít úchylkoměr s výstupem signálu.

Třetí stanicí je tiskárna samolepicích štítků, která bude připojena přes sériové rozhraní se samotným PLC. PLC bude sestavovat zprávy podle požadovaných zákaznických vzorů a posílat textové řetězce přímo do tiskárny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY MĚŘENÍ TĚSNOSTI

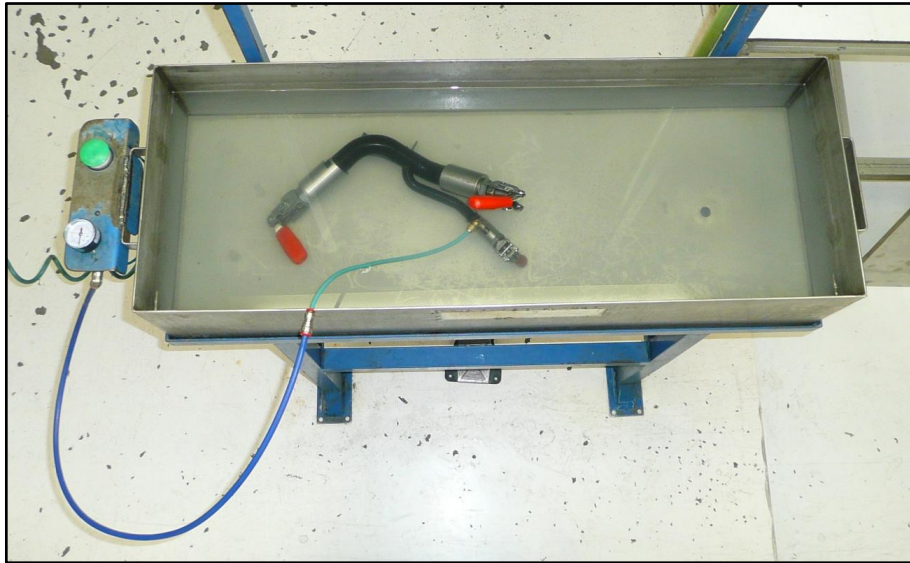
1.1 Definice netěsnosti

"Netěsnost se dá specifikovat jako neplánovaná trhlina, díra, pórovitost v obalu či spojích výrobků, které při provozu obsahují různé tekutiny a plyny. Dále je nežádoucí, aby tyto média z daného výrobku těmito netěsnostmi unikala. Při měření těsnosti může být ztráta média způsobena jediným otvorem (netěsností), řadou otvorů nebo celkovou pórovitostí." [1].

1.2 Používané metody měření těsnosti.

Jedná se o metody, které dokáží odhalit samotnou netěsnost, popřípadě jsou schopné změřit rychlost úniku. Metody se můžou lišit svou složitostí provedení, spolehlivostí a úrovní možné automatizace. Mezi nejběžnější metody měření těsnosti dílů sériové výroby v současné době patří:

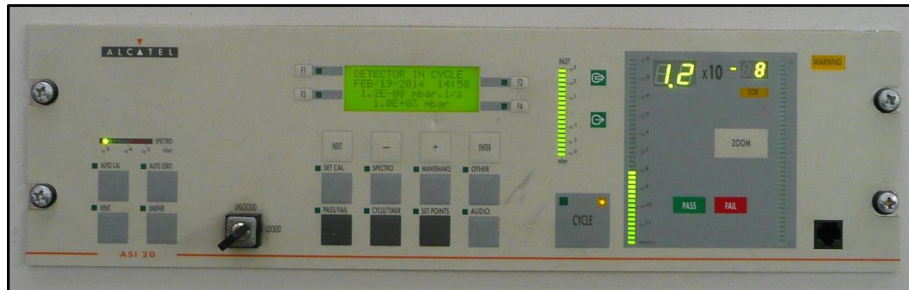
- Takzvaná "bublinková" metoda, kdy se testovaná součást ponoří do vody a naplní se předepsaným tlakem vzduchu (Obr. 1), popřípadě heliem (Obr. 2). Následně se zkoumá únik bublinek ve vodě. Jedná se o jednoduchou metodu detekující únik, která se však dá obtížně automatizovat. Spolehlivost metody závisí na pozornosti operátora, který test provádí. Další nevýhodou je nutnost otestované díly vysušit a u dílů náchylných ke korozi použít pasivátor.
- Metody spektrometrické, využívající určitých druhů plynů, například helia ve spojení se speciálním detektorem, například ASI-20 výrobce Alcatel (Obr. 3). Jednou metodou může být uzavření dílu do kazety (Obr. 4) a natlakování dílu heliem. Následné odsávání prostoru kazety a přivedení do detektoru, kde jsou vyhledávány molekuly helia. Jinou metodou může být přivádění helia z vnějšku k testovaným spojům, následné odsávání prostoru dílu s přívodem do detektoru. Jedná se o přesné a dobře automatizovatelné metody, vhodné pro použití u dílů s plynným médiem, například rozvody chladicích soustav. Nevýhodou je nákladné pořízení a údržba detektoru.



Obr. 1. Metoda vzduch - voda.



Obr. 2. Metoda helium - voda.

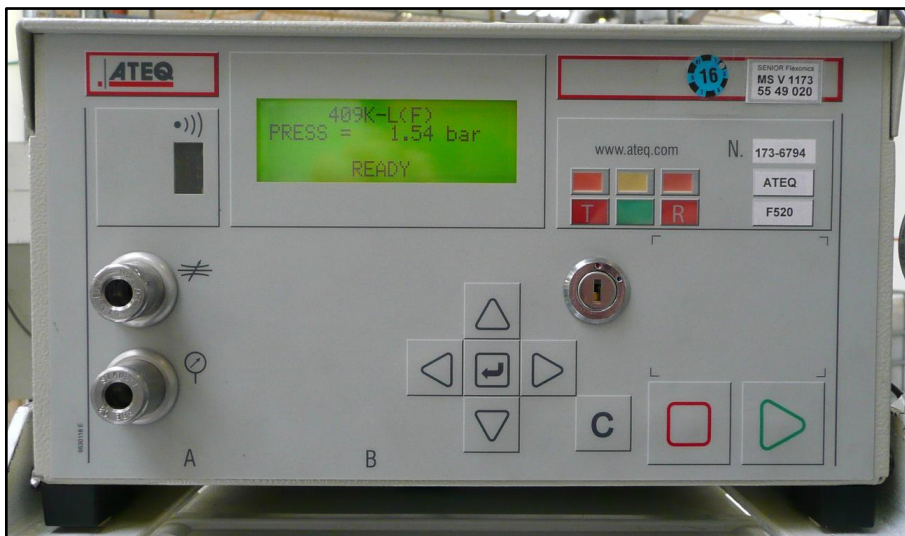


Obr. 3. Detektor Alcatel ASI-20.



Obr. 4. Kazeta s testovaným dílem.

- Metody měřící průtok nebo pokles tlaku vzduchu. Například detektory společnosti Ateq (Obr. 5) využívají pro měření poklesu tlaku absolutní nebo diferenciální metodu. Používají se pro měření malých netěsností s vyhodnocením v krátkém čase. Jsou jednoduše automatizovatelné a vhodné pro sériové testy.



Obr. 5. Detektor Ateq F-520.

Velikost úniku závisí na viskozitě použitého média, například většina plynů má nižší viskozitu než běžně používané kapaliny. Pórovitým materiálem plyn pronikne snáze oproti kapalině, která stejným pórem projít nemusí. Z tohoto důvodu je metoda poklesu tlaku vzduchu vhodná k testování součástí určených pro kapaliny.

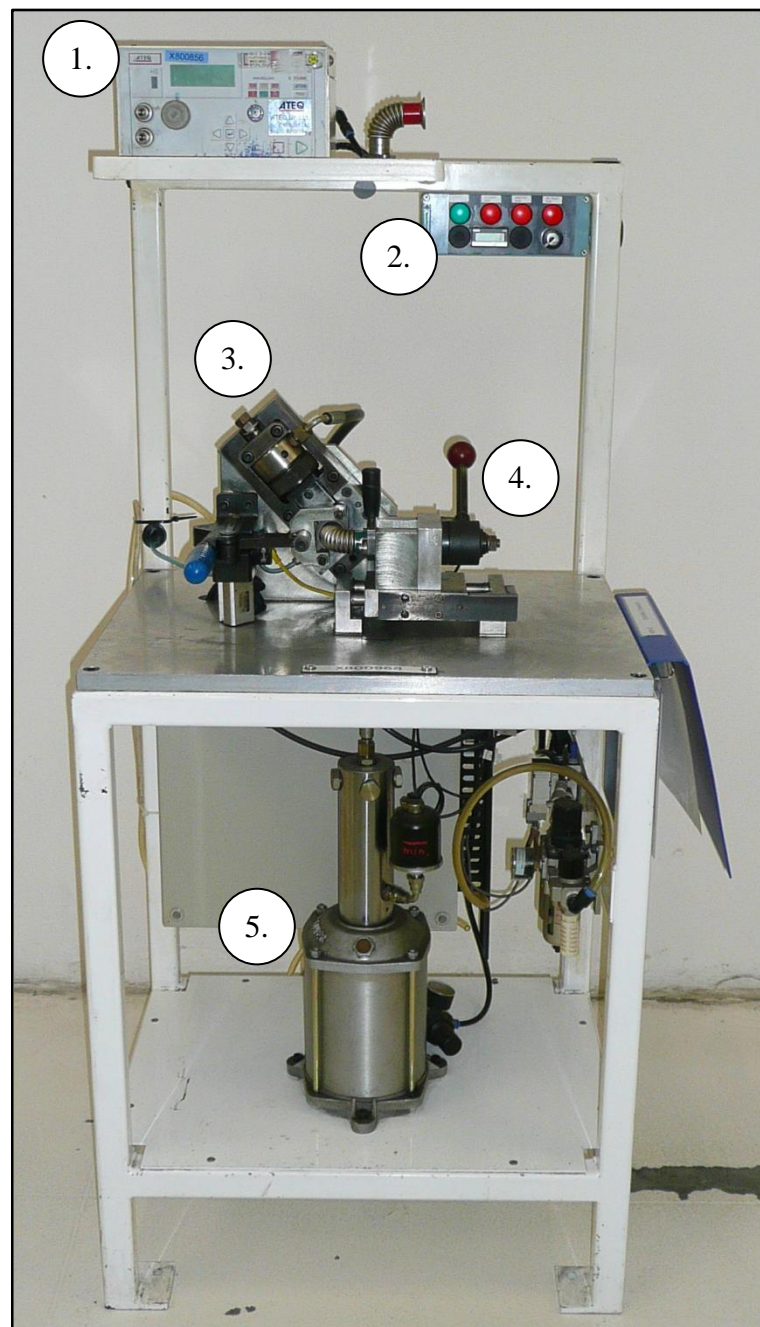
Pro vyjádření jednotek poklesu tlaku v součásti se používají pascaly (Pa) nebo pascaly za jednotku času (Pa/s). Při známém objemu měřené součásti se můžou použít jednotky objemu za jednotku času (např. cm³/s).

Jednotky Pa/s nezohledňují objem testované součásti a při stejném poklesu tlaku můžou být úniky rozdílné. Například u velkého objemu malý pokles tlaku může znamenat malý únik oproti malému objemu, kde se při stejném poklesu tlaku jedná o velký únik.

2 NÁVRH ZAŘÍZENÍ

2.1 Původní zařízení

Návrh zařízení vychází z již používaných testovacích stolů, které umožňují testování úniků a kontrolu délky pouze pro jeden artikl. Ovládací panel neobsahuje žádný displej, který by informoval obsluhu o fázi testu, případně o chybových stavech.



Obr. 6. Původní testovací zařízení.

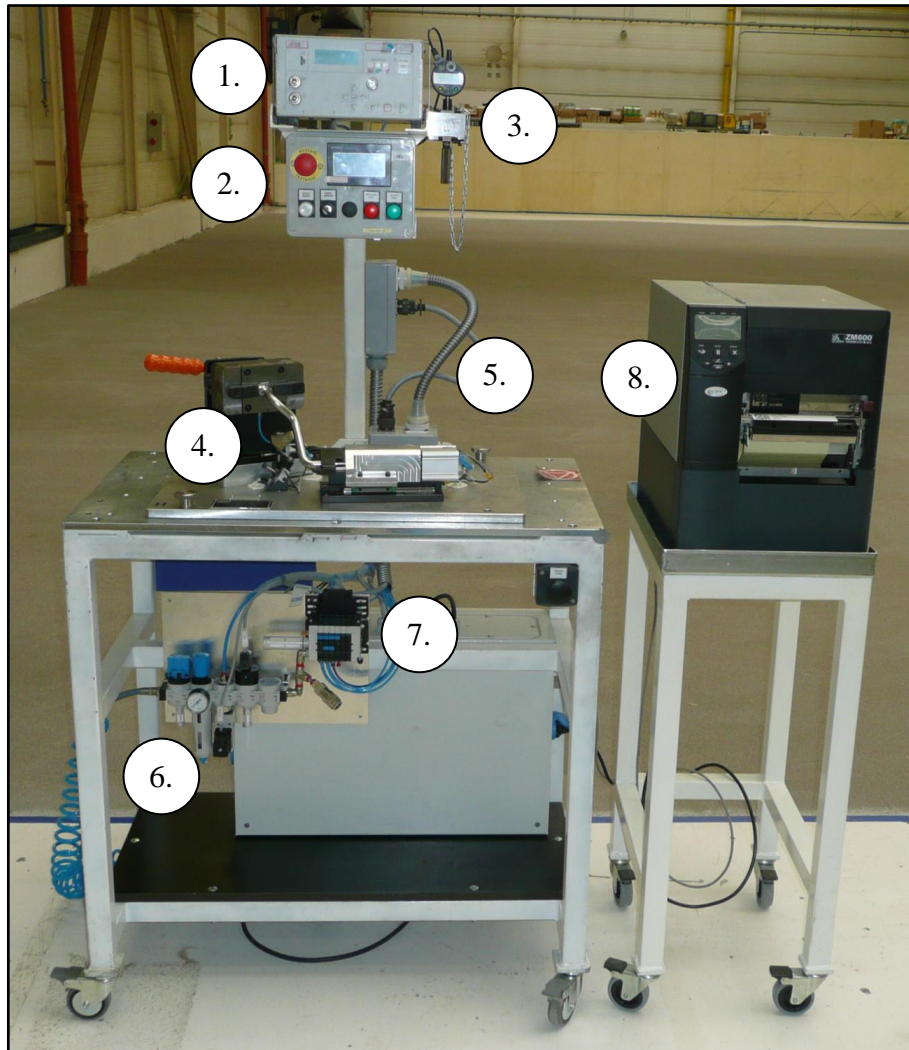
Popis obrázku nahoře:

1. Detektor F520 s ručním ventilem nastavení testovacího tlaku.
2. Ovládací panel.
3. Hydraulický válec značení na přírubu dílu.
4. Zakládací přípravek bez možnosti výměny.
5. Pneumaticko-hydraulický převodník značení.

2.2 Nové zařízení

Nové řešení (Obr. 7) oproti původnímu umožňuje testování více artiklů jednoduchou výměnou zakládacího přípravku (Obr. 8) a připojením pomocí elektrických a pneumatických konektorů. Zařízení bude vybaveno operátorským panelem, který bude průběžně zobrazovat informační texty, chybová hlášení a umožní zadávání parametrů pro jednotlivé přípravky.

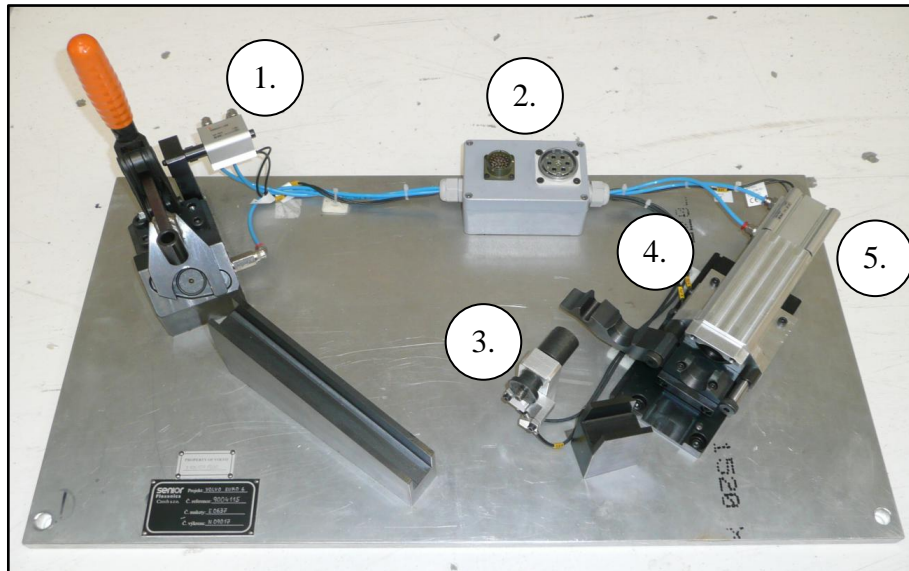
Přípravky budou podle výbavy umožňovat provedení dalších kontrol. Pro zvýšení přesnosti měření správné délky budou použity optické snímače namísto dříve používaných indukčních snímačů. K zatěsnění konců trubek, stejně jako u původního provedení, budou použity pneumatické válce s příslušnými magnetickými snímači koncových poloh. Pro snímání přítomnosti a polohy držáků budou použity indukční snímače. Detektor bude vybaven automatickým regulátorem nastavení testovacího tlaku, z důvodu automatizace změny programu podle nastavených parametrů.



Obr. 7. Nové testovací zařízení.

Popis obrázku nahoře:

1. Detektor F520 s automatickým regulátorem nastavení testovacího tlaku.
2. Ovládací panel s dotykovým displejem.
3. Stanice měření rovinnosti příruby.
4. Vyměnitelný zakládací přípravek.
5. Propojovací konektory.
6. Úpravna vzduchu.
7. Elektro - pneumatický terminál.
8. Tiskárna štítků.



Obr. 8. Zakládací přípravek.

Popis obrázku nahoře:

1. Pneumatický válec zajištění testovaného dílu s magnetickými snímači.
2. Připojovací konektory.
3. Kontrola držáku se dvěma indukčními snímači.
4. Kontrola délky se dvěma optickými snímači.
5. Pneumatický válec zatěsnění konce dílu s magnetickými snímači.

2.2.1 Vstupy a výstupy

V následujících tabulkách jsou uvedeny navržené vstupní a výstupní signály.

Tabulka 1. Seznam vstupů

X0	Řízení zapnuto	Signál z bezpečnostního okruhu nouzového vypnutí.
X1	Rezerva	
X2	Klíč - RESET	Ovladač s klíčem.
X3	Tlačítko - START CYKLU	
X4	Ateq - těsný kus	Výstupní signál z detektoru.
X5	Ateq - netěsný kus	
X6	Ateq - netěsný referenční kus	
X7	Ateq - konec měření	
X10	Rezerva	
X11	Rezerva	
X12	Rezerva	
X13	Rezerva	
X14	OS - délka trubky - krátká	Optický snímač krátké trubky.
X15	OS - délka trubky - dlouhá	Optický snímač dlouhé trubky.
X16	MS - upínka odjištěna	Magnetický snímač pneumatického válce.
X17	MS - upínka zajištěna	
X20	MS - trubka uvolněna	
X21	MS - trubka zatěsněna	
X22	IS - držák 1 - 1	Indukční snímač přítomnosti držáku.
X23	IS - držák 1 - 2	Indukční snímač polohy držáku.
X24	IS - držák 2 - 1	Indukční snímač přítomnosti držáku.
X25	IS - držák 2 - 2	Indukční snímač polohy držáku.
X26	Rezerva	
X27	Kódování makety 4	6 vstupů pro kódování makety.
X30	Kódování makety 5	
X31	Kódování makety 6	
X32	Raznice Ateq v zákl. poloze	Magnetický snímač pneumatického válce.
X33	Rovina - přítomnost kusu	Indukční snímač přítomnosti kusu.
X34	Rovina - NG-	Výstupní signál z úchylkoměru.
X35	Rovina - OK	
X36	Rovina - NG+	
X37	Raznice rovina v základní poloze	Magnetický snímač pneumatického válce.
X40	Kódování makety 1	6 vstupů pro kódování makety.
X41	Kódování makety 2	
X42	Kódování makety 3	
X43	Tlak vzduchu na vstupu	Snímač tlaku úpravny vzduchu.

Tabulka 2. Seznam výstupů.

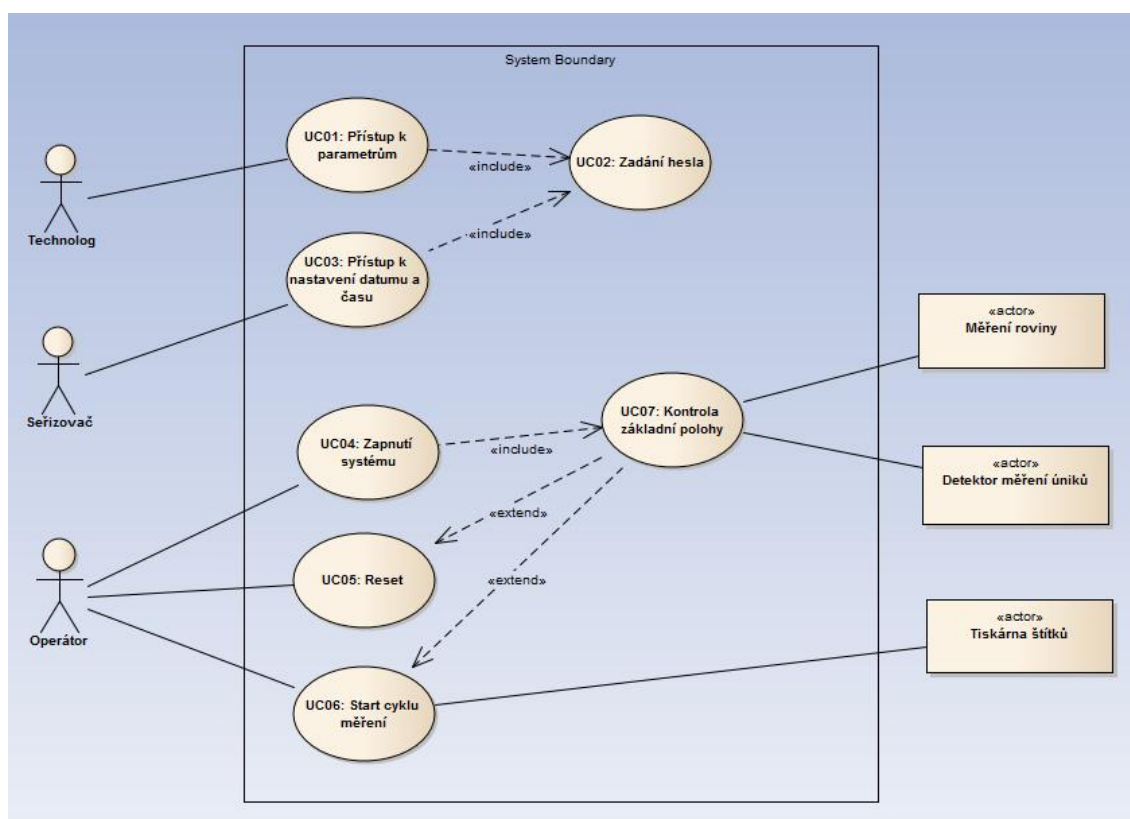
Y0	Povolení řízení	Signál z PLC pro okruh bezpečnostního nouzového vypnutí.
Y1	Rezerva	
Y2	Rezerva	
Y3	Rezerva	
Y4	Rezerva	
Y5	Sig - těsný kus	Zelená kontrolka.
Y6	Sig - netěsný kus	Červená kontrolka.
Y7	Ateq - reset	Výstup pro reset detektoru.
Y10	Ateq - výběr programu 1	5 výstupů pro volbu programu detektoru.
Y11	Ateq - výběr programu 2	
Y12	Ateq - výběr programu 3	
Y13	Ateq - výběr programu 4	
Y14	Ateq - výběr programu 5	
Y15	Rezerva	
Y16	Rezerva	
Y17	Rezerva	
Y20	Ateq - start	Výstup pro start měření detektoru.
Y21	Vzduch na desku	Výstupy pro ovládání pneumatického terminálu.
Y22	Pn. válec - ucpávka zavřít	
Y23	Pn. válec - blokování upínky odjistit	
Y24	Přívod vzduchu	Ovládání pneumatického ventilu na vstupní úpravně vzduchu.
Y25	Pn. válec - blokování upínky zajistit	Výstupy pro ovládání pneumatického terminálu.
Y26	Pn. válec - zajištění kusu v rovině	Výstupy pro ovládání pneumatického terminálu.
Y27	Pn. válec - značení v rovině	

2.3 Funkční požadavky



Obr. 9. Funkční požadavky.

2.4 Případy užití



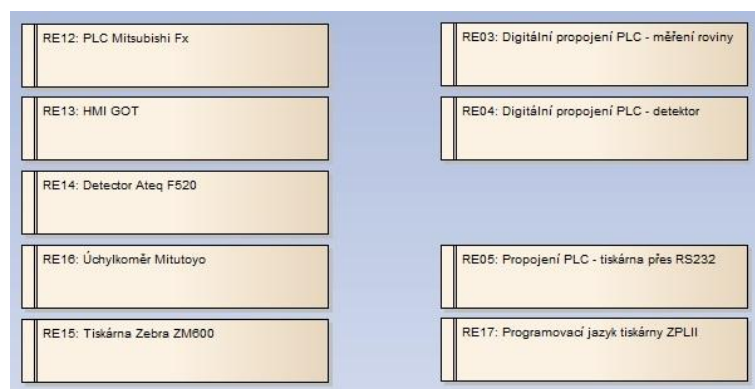
Obr. 10. Případy užití.

Aktéři jsou rozděleni do tří rolí, operátor, seřizovač a technolog. Jednotlivým rolím mimo operátora jsou přidělena přístupová hesla, která umožní přístup do zabezpečených zobrazení na operátorského panelu.

2.5 Nefunkční požadavky

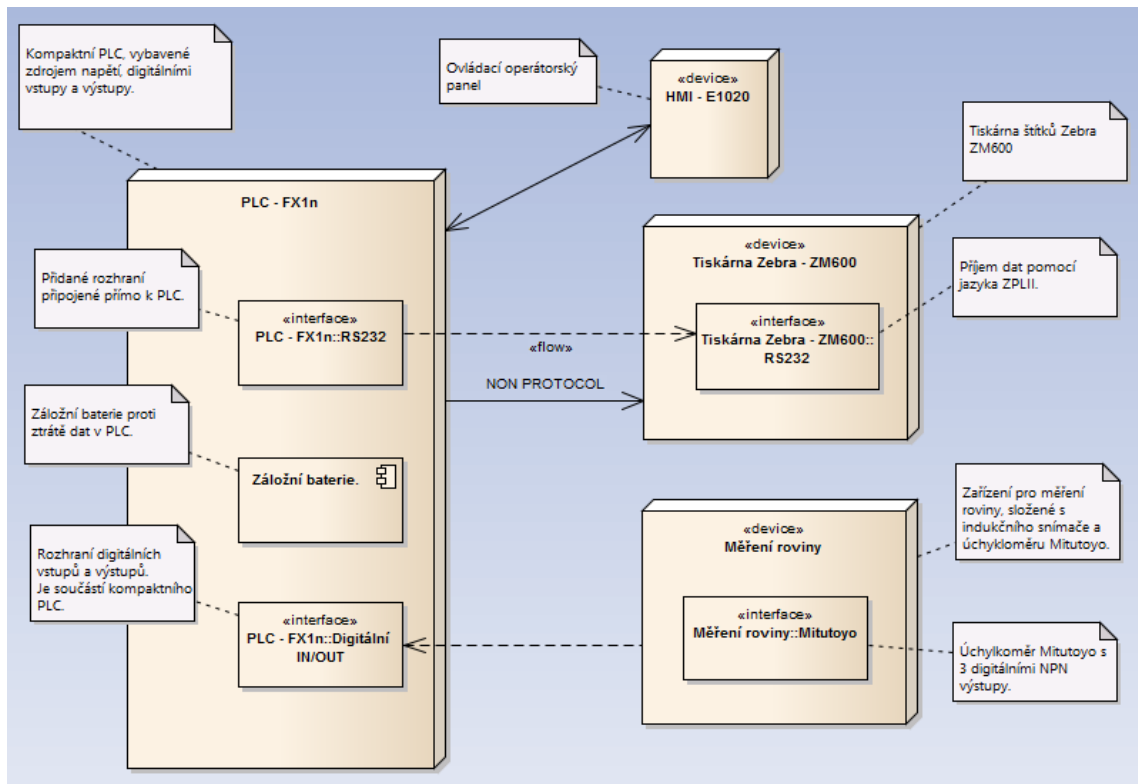
Při výběru jednotlivých částí se vycházelo z již používaných systémů a z požadavku nízkých pořizovacích nákladů. Z těchto důvodů bylo použito kompaktního PLC řady Fx a dotykového operátorského panelu výrobce Mitsubishi Electric. Jako detektor úniku je ve společnosti používaný model F520 výrobce Ateq. Pro měření roviny s možností komunikace s PLC byl navržen úchylkoměr Mitutoyo série 543-280B s výstupem signálu. Z důvodu tisku 2D kódů v předepsaném formátu byla pořízena tiskárna samolepicích štítků Zebra ZM600.

Mezi další použité prvky patří optické a indukční snímače výrobců Balluff a Telemecanique. Pro pneumatické a elektropneumatické prvky je použito řady výrobků společnosti Festo a SMC. Podmínkou výběru byly již používané díly, které tvoří minimální zásobu skladu náhradních dílů a jejich dostupnost v případě potřeby.



Obr. 11. Nefunkční požadavky.

2.6 Diagram nasazení

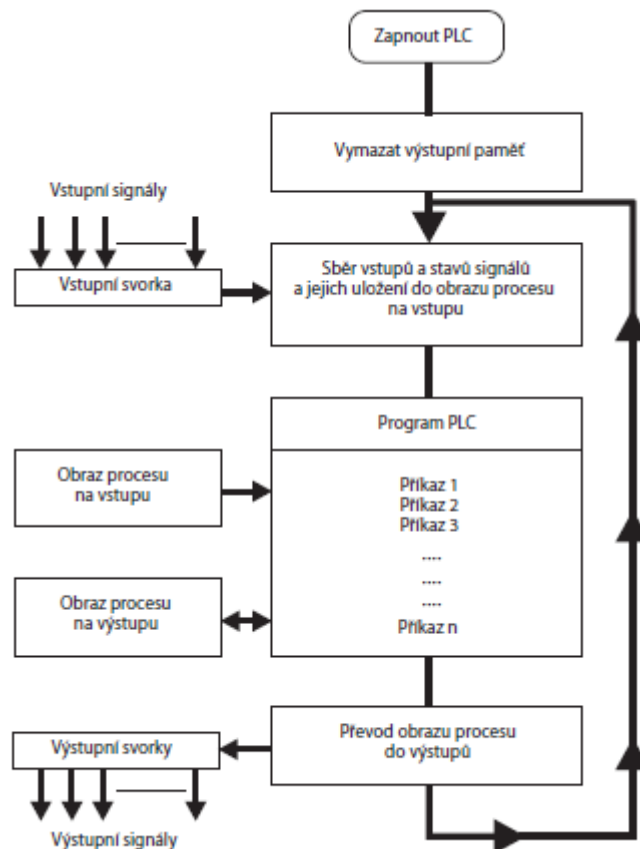


Obr. 12. Diagram nasazení.

2.7 Řídicí systém - PLC

Programovatelný logický automat je zařízení, jehož funkce je řízena programem. Funkce může být kdykoli upravena změnou programu, bez nutnosti měnit stávající zapojení. Zpracování probíhá cyklicky ve třech krocích.

1. Vstupní krok načte signály z bloku vstupů, ty přicházejí především z tlačítek a snímačů. Poté stav uloží do takzvaného obrazu.
2. Zpracování obrazu pomocí operací daných uloženým programem.
3. Přenesení výsledků zpracování obrazu na výstupní blok reprezentovaný tranzistory nebo relé.



Obr. 13. Zpracování programu [8].

Další informace budou vztaženy ke kompaktnímu PLC Melsec Fx výrobce Mitsubishi Electric. V nabídce jsou různé typy provedení, lišící se především počtem digitálních vstupů (6 - 64), digitálních výstupů (8 - 64), napájecím napětím (12 VDC - 240VAC), typem výstupů (tranzistorové, réleové)...

Specifikace	FX1S	FX1N	FX2N	FX2NC	FX3G	FX3U	FX3UC
Max. počet integrovaných I/O bodů	30	60	128	96	60	128	96
Možnosti rozšiřování (max. možný počet I/O)	34	132	256	256	256	384	384
Programová paměť (kroky)	2000	8000	16000	16000	32000	64000	64000
Čas cyklu na log. příkaz (μs)	0,55-0,7	0,55-0,7	0,08	0,08	0,21/0,42	0,065	0,065
Počet příkazů (standard/krokově/speciální funkce)	27/2/85	27/2/89	27/2/107	27/2/107	29/2/123	27/2/209	29/2/209
Max. počet speciálních funkčních modulů	—	2	8	4	8 vpravo 4 vlevo	8 vpravo 10 vlevo	8 vpravo 6 vlevo

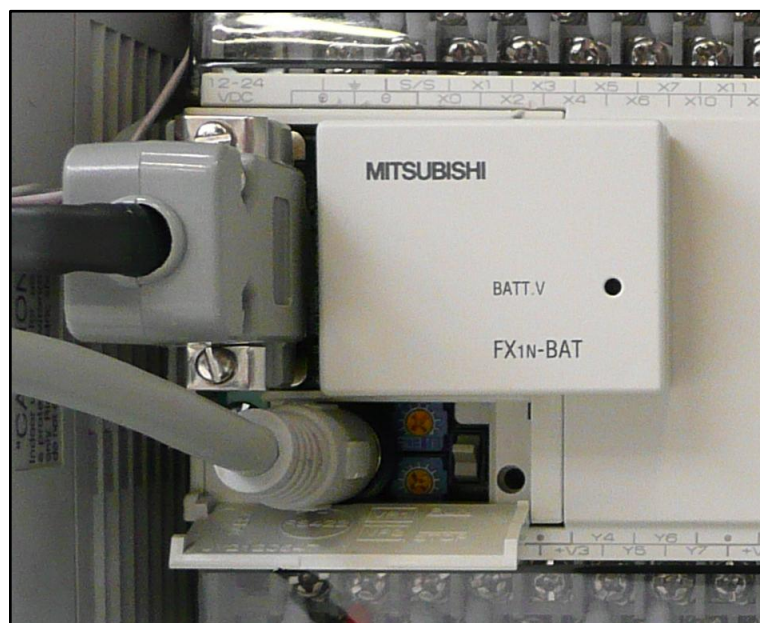
Obr. 14. Přehled kompaktních automatů řady Melsec Fx [8].

Pro aplikaci je navrženo připojení 31 vstupních signálů a 18 výstupních signálů. Pro tento účel byl vybrán model kompaktního PLC FX1n-60MT-DSS, který je vybaven 36 vstupy a 24 tranzistorovými výstupy.

Jednotka může komunikovat s ostatními PLC, regulačními systémy a rozhraními člověk-stroj, tzv. HMI. Jednotky lze integrovat jako lokální stanice nebo je začlenit jako podřízené jednotky v otevřených datových sítích, např. PROFIBUS/DP. K rozšíření funkčnosti lze využít rozšiřujících modulů.

2.7.1 Rozšiřující moduly

- Mezi nejjednodušší možnosti rozšíření patří deskový adaptér. Připojuje se z přední strany přímo do základní jednotky a umožňuje rozšíření o malé množství digitálních, analogových vstupů a výstupů, komunikačních rozhraní (RS232, RS422), připojení informačního displeje nebo záložní baterie (Obr. 15).
- Kompaktní a modulární rozšiřující jednotky připojitelné k PLC zprava umožňují rozšířit funkci o digitální i analogové vstupy a výstupy, snímání teploty, komunikační síťové moduly, vysokorychlostní čítací moduly a moduly přímého zpracování polohových dat.
- Speciální adaptéry připojitelné pouze z levé strany PLC.



Obr. 15. Záložní baterie.

2.7.2 Instrukce a nástroje jednotky

K programování lze využít různých instrukcí, které se liší podle konkrétního typu jednotky.

Základní nástroje jsou pro většinu typů podobné, liší se především svým rozsahem a počtem. Mezi základní nástroje patří pomocná relé (M-coils) a stavová relé (S-coils), časovače, čítače, vysokorychlostní čítače, datové registry a pointry. Data jsou uložena v paměti EEPROM nebo v paměti zálohované kondenzátorem, u které výrobce garantuje uchování po 10 dnů při teplotě 25°C. V případě složitějších aplikací lze samozřejmě PLC vybavit záložní baterií.

2.7.3 Programování

K programování logických automatů typu Melsec Fx lze použít dodávaný dokumentační a programovací software GX Developer firmy Mitsubishi Electric, který umožňuje programování formou seznamu instrukcí nebo programování v jazyce kontaktních schémat. Tento software obsahuje monitorovací funkce, např. kontroly stavů operandů, zobrazení obsahů vyrovnávacích paměti speciálních modulů a monitorování stavů přímo v kontaktním zobrazení.

2.8 Operátorský panel

Slouží jako rozhraní mezi strojem a člověkem (HMI). Pomocí panelu je možné zobrazovat stavy a požadavky aplikace nebo zadávat různé hodnoty parametrům. Většina HMI umožňuje tzv. transparentní režim, kdy se využívá propojení mezi HMI a PLC. Pak lze programovat samotné PLC pomocí PC připojeného k operátorskému panelu.

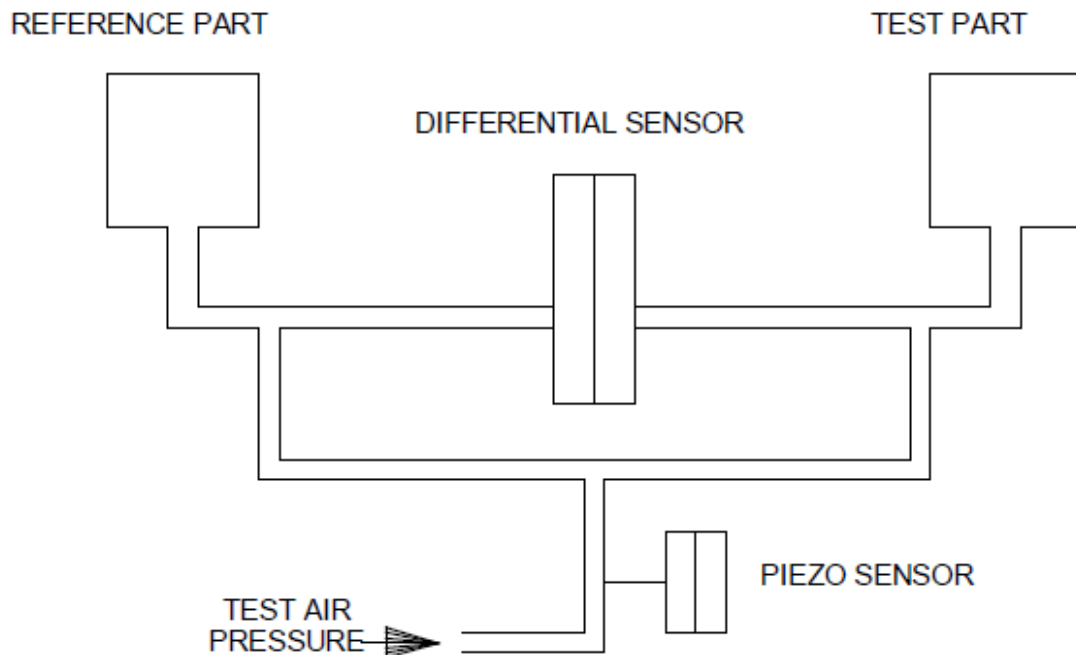
Jako HMI byl použit operátorský panel GT1020 výrobce Mitsubishi Electric. Jedná se o nejmenší dotykový panel ze série GT1000 s širokouhlým monochromatickým displejem SNT 3,7" / 4,5" rozlišením 160 x 64 pixelů, třibarevným LED podsvícením, vnitřní paměti ROM max. 512 kB, portem RS232 pro programování a RS422 pro spojení s PLC. Pro programování panelu byl použit SW GT Designer2.



Obr. 16. HMI série GT10XX [9].

2.9 Detektor úniku

Kompaktní detektor F520 výrobce Ateq slouží k automatickému měření poklesu tlaku podle nastavených parametrů. Měření je založeno na snímání velmi malých diferenčních tlakových poklesů mezi testovací a referenční částí pneumatického obvodu za definovaného zkušební tlaku.



Obr. 17. Princip měření detektoru F520 [10].

Pro jednoduché aplikace lze detektor využít pro řízení procesů pomocí rozhraní vestavěných digitálních vstupů a výstupů. Pro složitější aplikace lze toto rozhraní využít ke komunikaci s řídicím PLC. Dále je detektor vybaven sériovým rozhraním RS232, přes které lze odesílat výsledky přímo na tiskárnu nebo do sběrného zařízení naměřených hodnot.

F520 se vyrábí s mechanickým nebo elektronickým regulátorem nastavení testovacího tlaku. V aplikaci která používá více programů detektoru je výhodnější použít automatický regulátor, který sám nastaví hodnotu testovacího tlaku.

2.9.1 Fáze testovacího cyklu

Testovací cyklus probíhá v jednotlivých fázích (Obr. 18):

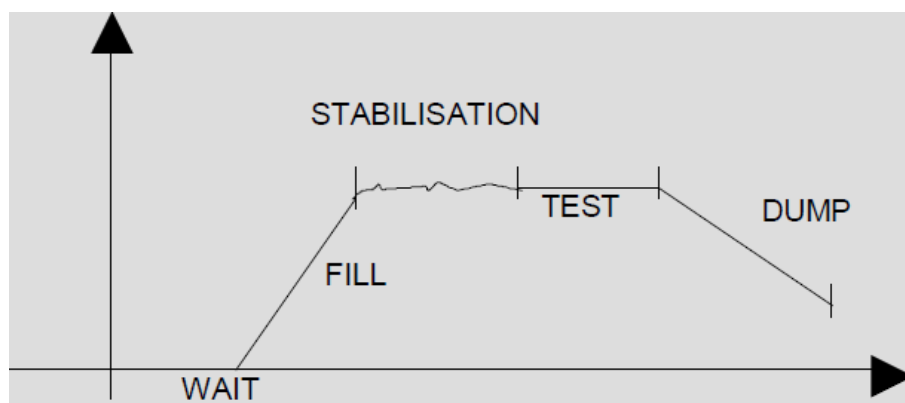
WAIT - čas pro fixaci a utěsnění součásti.

FILL - natlakování součásti předepsaným tlakem.

STABILISATION - izolování součásti od zdroje tlaku. Slouží k ustálení hodnoty tlaku a teploty v testovacím okruhu.

TEST - měření relativního rozdílu tlaku diferenciálním senzorem.

DUMP - odvzdušnění pneumatického okruhu z důvodu bezpečného vyjmutí součásti.



Obr. 18. Fáze testovacího cyklu F520 [10].

2.9.2 Volba programů

Detektor je vybaven pamětí pro 32 různých programů, kde u každého lze nastavit samostatné parametry. Programy může přepínat obsluha buď ručně na ovládacím panelu detektoru za pomoci klíče nebo lze využít automatickou volbu programů přes rozhraní, kde je pro volbu programů vyčleněno 5 digitálních vstupů.

2.9.3 Parametry testu

Pro jednotlivé fáze testu každého použitého programu se musí zadat konkrétní hodnoty. Některé parametry jsou přístupné pouze pro určité volby (např. objem součásti).

V parametrech: COUPLING TIME, FILL TIME, STABILISATION TIME, TEST TIME, DUMP TIME se nastavuje hodnota času fáze.

PRESSURE UNITS - volba tlakových jednotek mbar, PSI, Pa, kPa, MPa.

MAXIMUM FILL - horní tlaková mez, její překročení je detektorem signalizováno.

MINIMUM FILL - dolní tlaková mez, její překročení je detektorem signalizováno.

SET FILL - tento parametr je pouze u detektoru s automatickým regulátorem, nastavuje se zde hodnota, na kterou bude součást natlakována. Pokud je detektor vybaven mechanickým regulátorem, musí být nastavena hodnota mezi horní a dolní tlakovou mezí ručně.

LEAK UNIT - jednotky pro vyhodnocení poklesu tlaku Pa, Pa/s, Pa(HR), Pa(HR)/s nebo jednotky průtoku ml/h, ml/min, ml/s, mm³/s, cm³/h, cm³/min, cm³/s. U jednotek průtoku je nutno zadat další tři parametry.

TEST REJECT - hranice odmítnutí součásti.

REFERENCE REJECT - hranice odmítnutí referenční součásti.

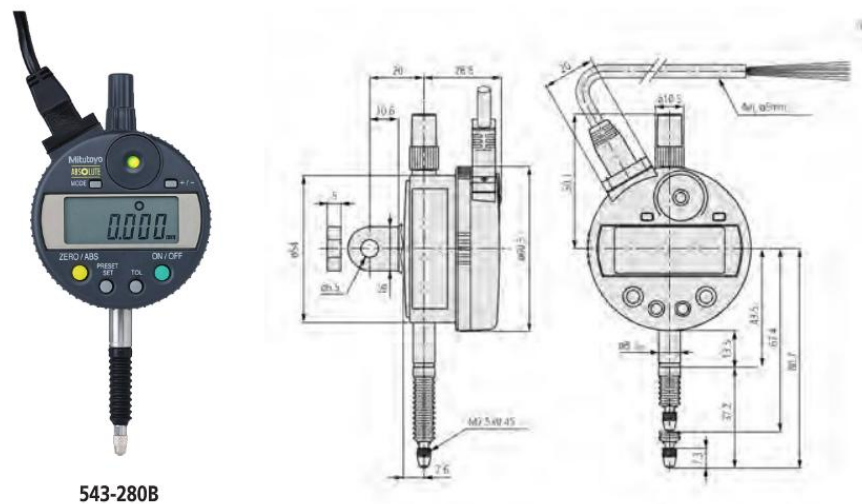
REJECT CALK - kalkulace průtoku v Pa nebo Pa/s.

VOLUME UNIT - jednotky objemu součásti včetně pneumatického okruhu (L, ml, mm³, cm³).

VOLUME - hodnota objemu součásti včetně pneumatického okruhu.

2.10 Úchylkoměr

Pro potřeby této aplikace byl použit úchylkoměr Mitutoyo série 543-280B (Obr. 19) s výstupem signálu přes připojení NPN otevřeným kolektorem, který lze použít k automatizaci kontroly. Maximální výstupní napětí je 24VDC a maximální proudové zatížení výstupu je 30 mA. Oproti standardním úchylkoměrům, tento neobsahuje napájecí baterii a nelze ho použít samostatně.



Obr. 19. Úchylkoměr 543-280B [11].

Výsledky měření zobrazují hodnotu přímo na displeji LCD, po nastavení tolerančního pole lze využít symbolů "<" hodnota pod tolerancí, "O" v toleranci, ">" hodnota nad tolerancí nebo dvoubarevné LED diody. V následující tabulce jsou uvedeny stavy výstupních signálů.

Barva drátku	$\overline{n.OK}$	\overline{OK}	$n.OK$	Chyba složení
Oranžová ($\overline{n.OK}$)	Nízká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
Zelená (\overline{OK})	Vysoká	Nízká	Vysoká	Vysoká
Hnědá ($n.OK$)	Vysoká	Vysoká	Nízká	Vysoká
LED dioda	Červená	Zelená	Červená	Červená (blikající)

Obr. 20. Stavy výstupních signálů [11].

2.11 Tiskárna

Pro tisk samolepicích etiket byla vybrána tiskárna ZM600 (Obr. 21) výrobce Zebra Technologies, která je lídrem v oblasti čárových kódů a RFID technologií. Jedná se o průmyslovou tiskárnu umožňující vysokorychlostní a velkoobjemový tisk s šířkou potisku max. 168 mm a maximální délkou etikety 991 mm.

Dostupná rozhraní jsou USB, RS-232, obousměrné paralelní, interní nebo externí ZebraNet PrintServer 10/100, bezdrátový ZebraNet PrintServer PLUS pro připojení do RF sítě.

Pro řízení lze využít Zebra Programming Language ZPL II, zajišťující kompatibilitu s ostatními tiskárnami Zebra.

Samozřejmostí je možnost tisku čárových kódů jak lineárních (např. Codabar, Code 11, 39, 93, 128, EAN-8, Planet Code, Industrial 2 of 5, RSS-14), tak i dvojdimenzionálních (2D, např. Aztec, Code 49, QR Code, DataMatrix).



Obr. 21. Tiskárna Zebra ZM600.

2.12 Snímací prvky

V této části budou stručně popsány obecné principy použitých snímacích prvků polohy v aplikaci. Pro podrobnější přehled lze čerpat například ze zdroje [3] na straně 79.

2.12.1 Indukční snímač

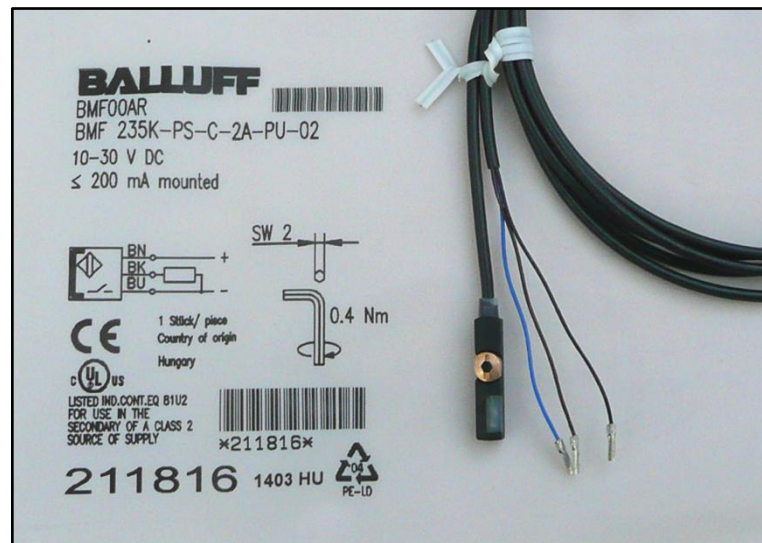
Řadí se mezi nejstarší snímače polohy kovového předmětu. Princip je v potlačení magnetického pole, které vede ke změně indukčnosti cívky snímače. Podle druhu snímaného kovu se mění uvedená snímací vzdálenost. Ta je primárně stanovena pro železo, ale pro měď je jen třicetiprocentní. Jsou vyráběny ve variantách PNP, NPN s otevřeným kolektorem nebo v bezpotenciální variantě "NAMUR" s dvoudrátovým zapojením [3].



Obr. 22. Indukční snímač.

2.12.2 Magnetický snímač

Reaguje na zmagnetované předměty nebo permanentní magnety. Nereaguje na kovy a materiály bez magnetické indukce [3]. Využívá se například u pneumatických válců pro snímání polohy pístu, který musí být vybaven permanentním magnetem.



Obr. 23. Magnetický snímač.

2.12.3 Optický snímač

Využívá metody přerušení, odrazu nebo zaostření paprsku elektromagnetického světelného zdroje. Pro těžce dostupná místa lze využít optických vláken. Základní principy snímání jsou následující [3]:

- Jednocestná závora složená ze samostatného vysílače a přijímače paprsku. Přerušení paprsku snímaným předmětem je následně vyhodnoceno přijímačem paprsku.
- Reflexní závora obsahuje vysílač a přijímač v jednom snímači a využívá odrazu paprsku od reflexní plochy. Pokud snímaný předmět tento paprsek přeruší dojde k vyhodnocení ve snímači.
- Difuzní snímač obsahuje podobně jako reflexní závora vysílač a přijímač paprsku v jednom zařízení. Využívá zaostření paprsku pomocí optické soustavy na určitý bod a vrácení odraženého paprsku zpět do přijímače snímače. Pokud nedojde k odrazu podle nastavení, není předmět identifikován.

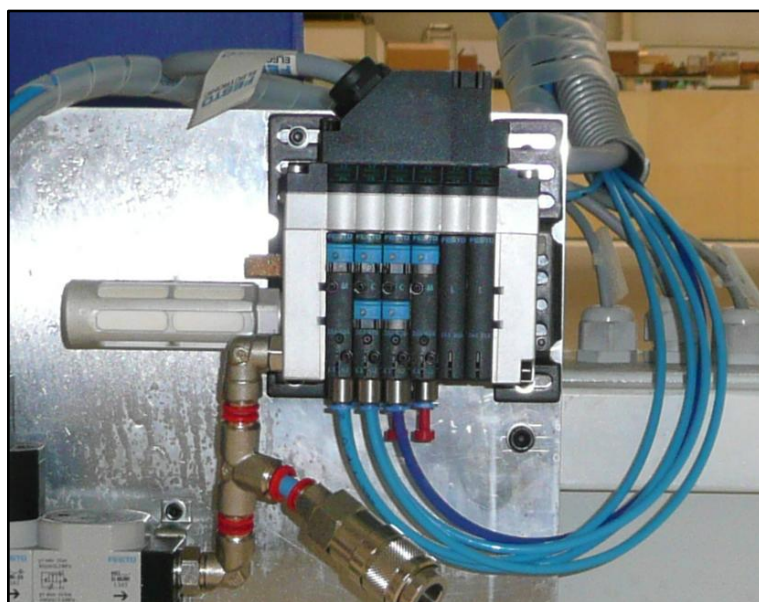


Obr. 24. Optický snímač.

2.13 Elektropneumatické prvky

2.13.1 Elektropneumatický terminál

Slouží k ovládání pneumatických ventilů pomocí výstupních elektrických signálů z PLC. Terminál podle provedení obsahuje určitý počet pozic, které se dají osadit potřebnými typy ventilů. V aplikaci je použitý šesti pozici terminál Festo (Obr. 25) osazený ventily M, C, C, M, L, L.



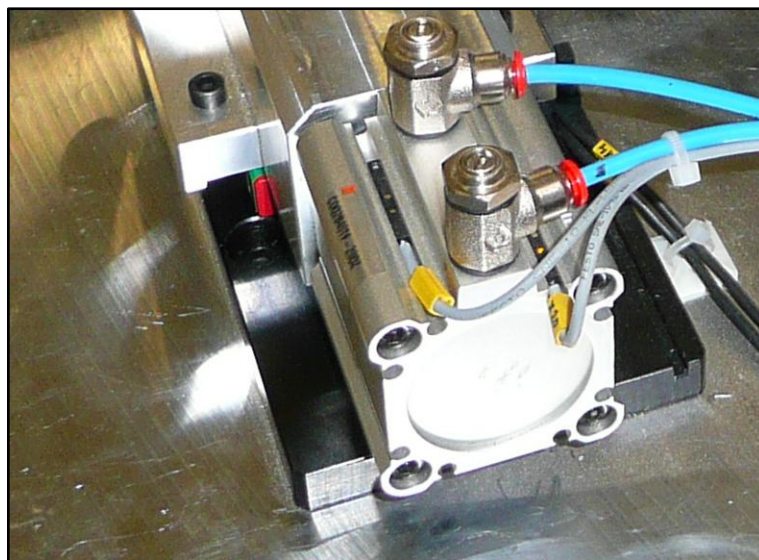
Obr. 25. Elektropneumatický terminál.

- M - 5/2 monostabilní ventil, s jednou ovládací cívkou.
- C - 2x 2/2, dva monostabilní ventily v klidu uzavřené.
- L - pouze výplň, bez ventilu.

Terminál je ovládaný napětím 24VDC nebo ho lze přepnout ručně např. ze servisních důvodů.

2.13.2 Pneumatické lineární válce

Slouží k převodu pneumatické energie na lineární mechanický pohyb. V aplikaci jsou válce použity k zatěsnění konců měřených trubek (Obr. 26) nebo k zablokování otevření upínek. Válce jsou připojeny na hadičky pneumatického rozvodu přes jednosměrné škrťací ventily, které regulují rychlost pístu válce.

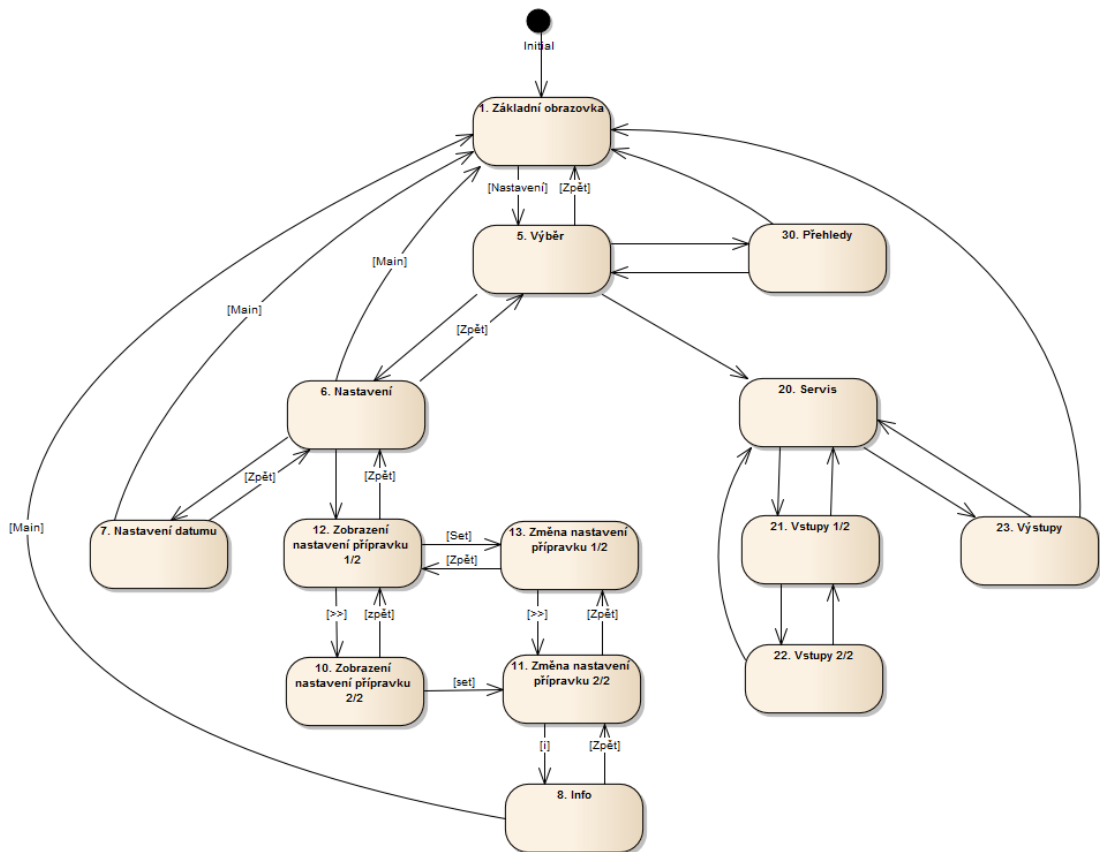


Obr. 26. Pneumatický lineární válec.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 OPERÁTORSKÝ PANEL

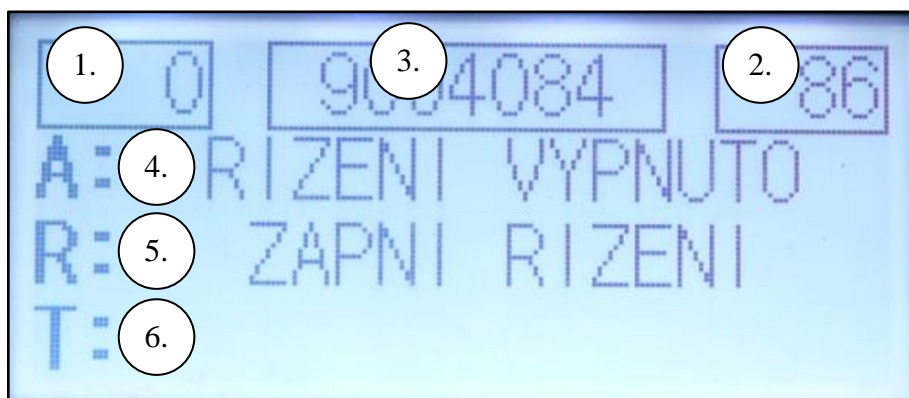
3.1 Diagram obrazovek



Obr. 27. Diagram přepínání obrazovek.

3.2 Popis jednotlivých obrazovek

3.2.1 Základní obrazovka



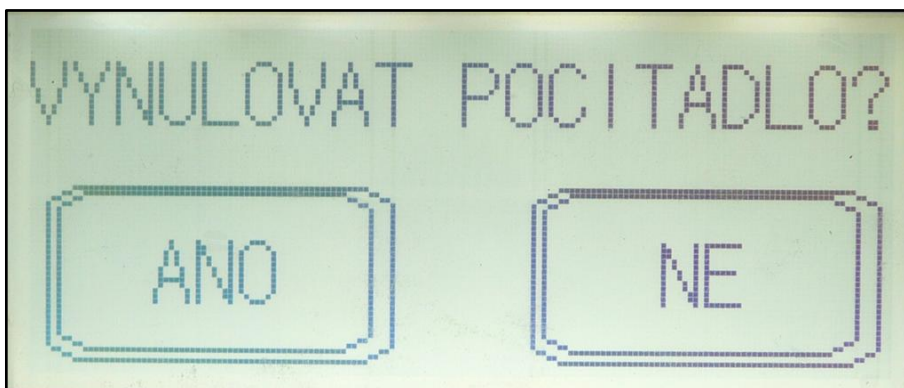
Obr. 28. Základní obrazovka.

Popis obrázku nahoře:

1. Zobrazení stavu prvního počítadla vyrobených kusů. Stiskem se přejde na obrazovku nulování stavu tohoto počítadla.
2. Zobrazení stavu druhého počítadla vyrobených kusů. Stiskem se přejde na obrazovku nulování stavu tohoto počítadla.
3. Zobrazení čísla artiklu připojeného testovacího přípravku. Stiskem se přejde na obrazovku dalšího výběru.
4. Informační text pro stanici detektoru (A jako Ateq).
5. Informační text pro stanici měření roviny (R jako rovina).
6. Informační text pro tiskárnu (T jako tisk).

3.2.2 Nulování počítadel kusů

Na základní obrazovce jsou umístěny dvě samostatná počítadla vyrobených kusů, které lze využít například pro zobrazení počtu vyrobených kusů za hodinu a za směnu. Stav lze nulovat samostatně stiskem příslušného tlačítka.

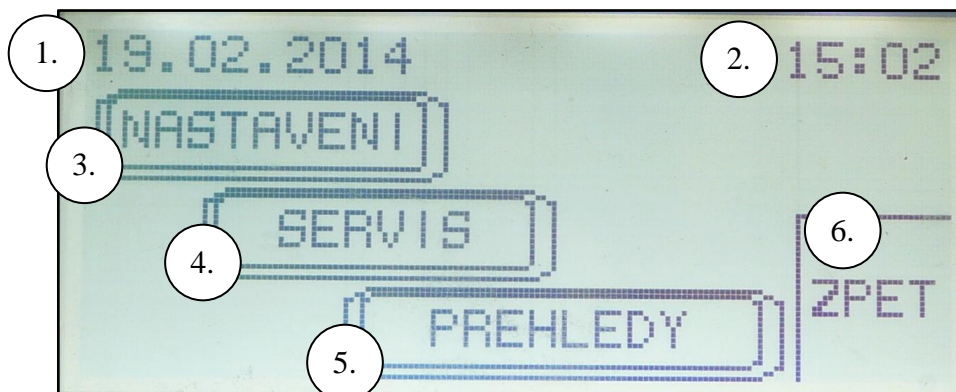


Obr. 29. Nulování počítadel kusů.

3.2.3 Výběr

Popis obrázku dole:

1. Zobrazení systémového datumu.
2. Zobrazení systémového času.
3. Tlačítko pro přechod na obrazovku výběru nastavení.
4. Tlačítko pro přechod na servisní obrazovku.
5. Tlačítko pro přechod na obrazovku přehledů.
6. Tlačítko pro návrat na předchozí obrazovku.

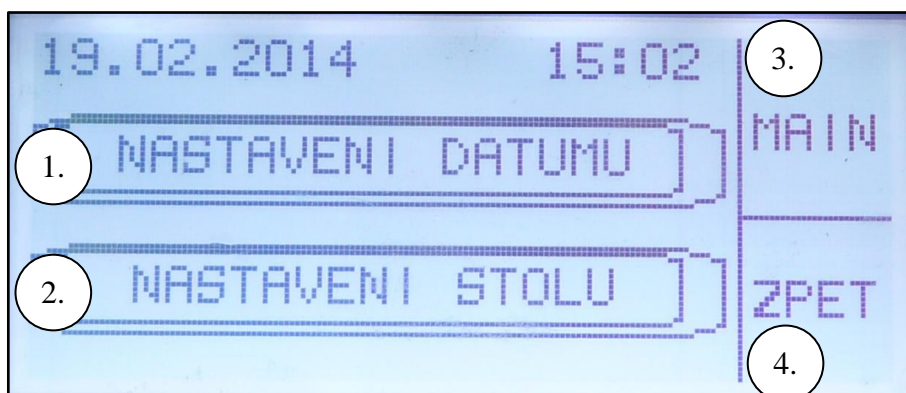


Obr. 30. Obrazovka dalšího výběru.

3.2.4 Výběr nastavení

Popis obrázku dole:

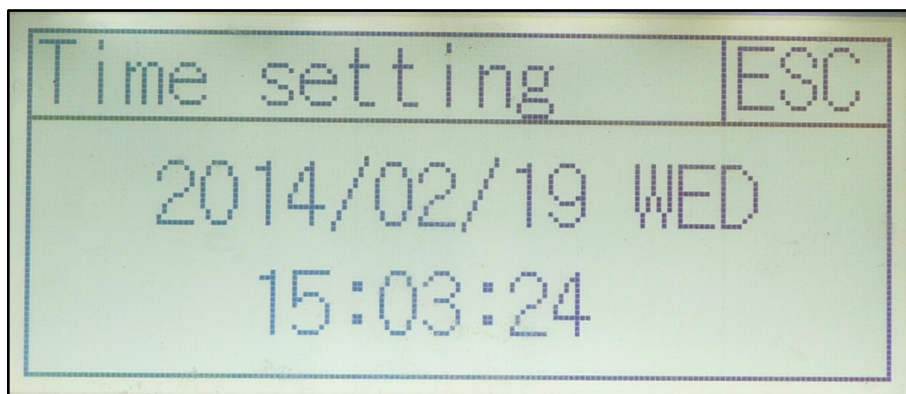
1. Tlačítko pro přechod na obrazovku změny systémového datumu a času.
2. Tlačítko pro přechod na obrazovku nastavení přípravků.
3. Tlačítko pro přechod na základní obrazovku.
4. Tlačítko pro návrat na předchozí obrazovku.



Obr. 31. Obrazovka dalšího výběru nastavení.

3.2.5 Nastavení datumu

Pro přístup k tomuto nastavení je vyžadováno zadání hesla první úrovně. Standardně je heslo pro první úroveň nastaveno na hodnotu 100. Změna se provede stiskem příslušného parametru a zadáním nové hodnoty.



Obr. 32. Obrazovka dalšího výběru.

3.2.6 Zobrazení nastavení přípravku 1/2

Zobrazení nastavení aktuálně připojeného přípravku. Parametry nastavení jsou rozděleny do dvou obrazovek.



Obr. 33. Zobrazení nastavení přípravku 1/2.

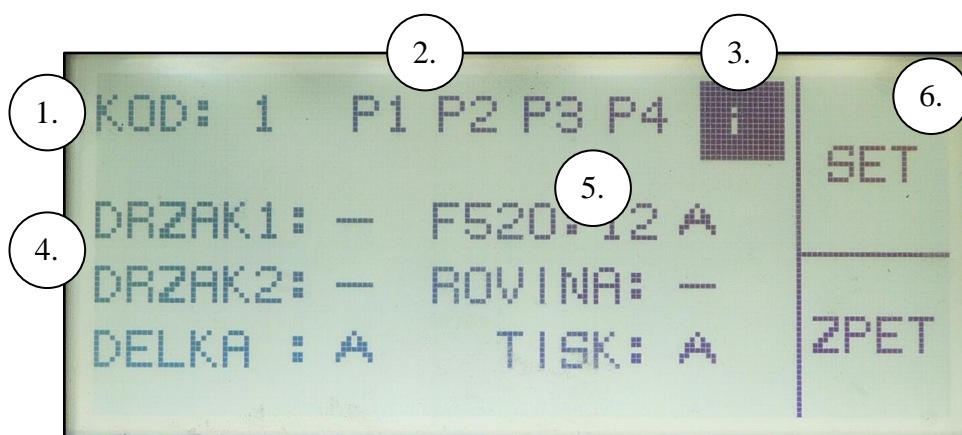
Popis obrázku nahoře:

1. Kód připojeného přípravku. Nastavení je dáno propojením příslušných pinů připojovacího elektrického konektoru umístěném v krabici na vyměnitelném přípravku.
2. Artikl je číslo, pod kterým je evidována výrobní dokumentace. Slouží ke kontrole operátorem před započítím práce.
3. Text požadovaný zákazníkem, který je vytištěn na štítku shodného kusu. Označuje číslo artiklu zákazníka.
4. Text požadovaný zákazníkem, který je vytištěn na štítku shodného kusu. Označuje číslo dodavatele.

5. Výška samolepicí etikety v tiskárně. Používá se bílá 35 mm etiketa a částečně barevné 15 mm etikety. Viz 4.8 Tiskárna.
6. Tlačítko pro přechod k dalším parametrům.

3.2.7 Zobrazení nastavení přípravku 2/2

Zobrazení nastavení druhé části parametrů aktuálně připojeného přípravku.



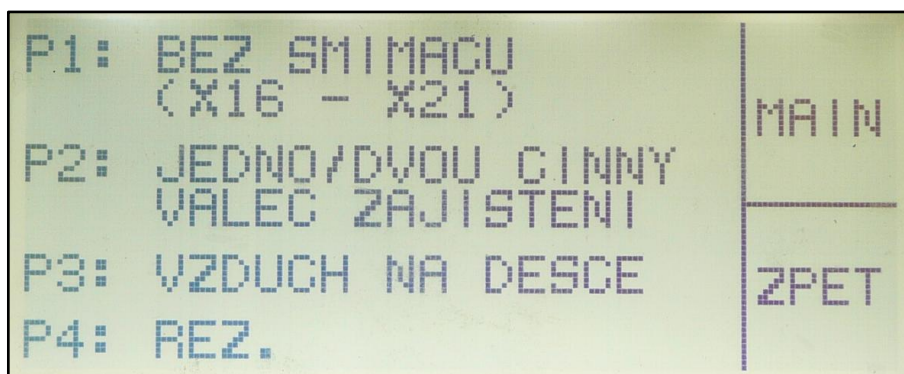
Obr. 34. Zobrazení nastavení přípravku 2/2.

Popis obrázku nahoře:

1. Kód připojeného přípravku. Nastavení je dáno propojením příslušných pinů připojovacího elektrického konektoru umístěném v krabici na vyměnitelném přípravku.
2. Sada čtyř parametrů, volba se provádí při sestavení testovacího přípravku podle použitých součástek.
3. Tlačítko pro přechod do informační obrazovky P - parametrů (Obr. 35).
4. Zobrazení aktivace jednotlivých kontrol, pokud je zobrazen příznak "A", kontrola bude v cyklu provedena.
5. Číslo programu detektoru F520. Pokud není nastaveno, lze na detektoru ručně navolit jakýkoli program pro tlakovou zkoušku. Pokud je toto číslo nastaveno, je vždy po spuštění testu provedena kontrola a nastavení tohoto programu.
6. Tlačítko pro přechod na obrazovku nastavení parametrů jednotlivých programů testovacích přípravků.

3.2.8 Informace o P - parametrech

Zde jsou zobrazeny stručné informace k jednotlivým P - parametrům.

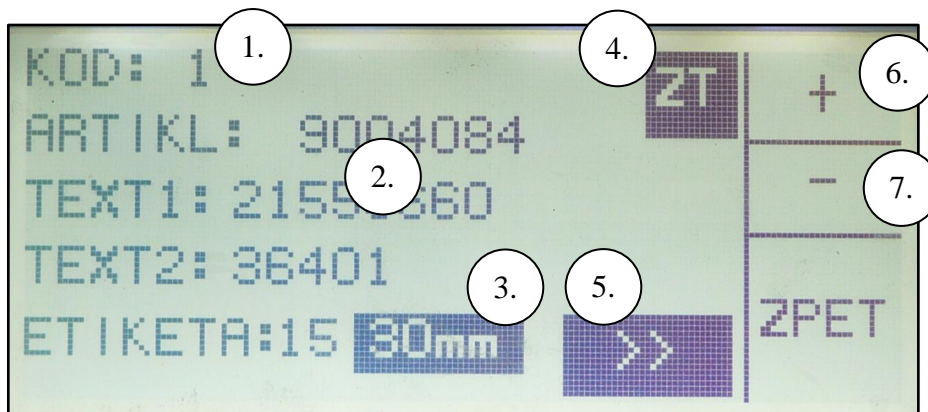


Obr. 35. Informační obrazovka.

- P1 - Přípravek, na kterém nejsou použity snímače koncových poloh pneumatických válců zatěsnění a zajištění dílu (například z důvodu odlišného provedení zajištění dílu).
- P2 - Parametr se aktivuje při použití dvojjinného pneumatického válce zajištění dílu na přípravku namísto jednočinného.
- P3 - Pro přivedení přímého tlaku vzduchu na přípravek (například z důvodu ručního zajištění dílu).
- P4 - Nepoužitý parametr.

3.2.9 Nastavení přípravku 1/2

Pro přístup k tomuto nastavení je vyžadováno zadání hesla druhé úrovně. Standardně je heslo pro druhou úroveň nastaveno na hodnotu 200.



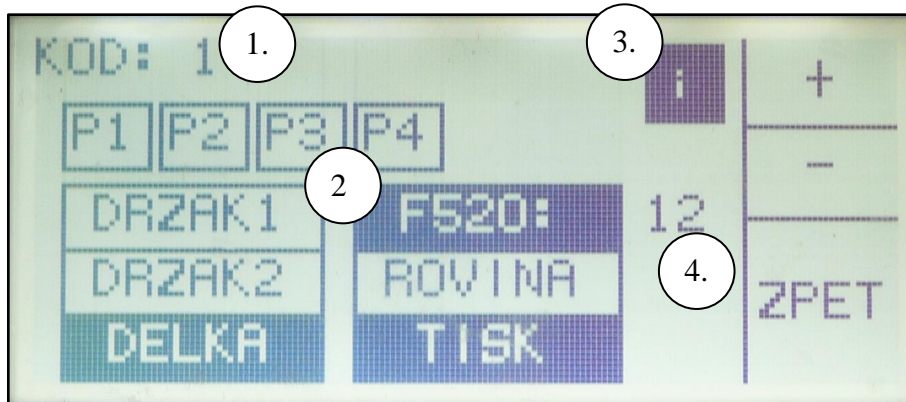
Obr. 36. Nastavení přípravku 1/2.

Popis obrázku nahoře:

1. Kód připojeného přípravku. Nastavení je dáno propojením příslušných pinů připojovacího elektrického konektoru umístěném v krabici na vyměnitelném přípravku.
2. Stiskem hodnoty artiklu, textu 1 a textu 2 se aktivuje příslušný zadávací mód pole.
3. Stiskem hodnoty se přepne na 15 nebo 30 mm výšku etikety. Tento parametr určuje nastavený design tištěné etikety, 2D kód a strukturu textů.
4. Tlačítko pro zkušební tisk. Po stisku bude vytisknuta jedna etiketa.
5. Tlačítko pro přechod k dalším parametrům.
6. Zobrazení parametrů dalšího programu přípravku. Cyklicky lze procházet vzestupně programy 1 - 32.
7. Zobrazení parametrů předchozího programu přípravku. Cyklicky lze procházet sestupně programy 32 - 1.

3.2.10 Nastavení přípravku 2/2

Zobrazení nastavení druhé části parametrů aktuálně připojeného přípravku.



Obr. 37. Nastavení přípravku 2/2.

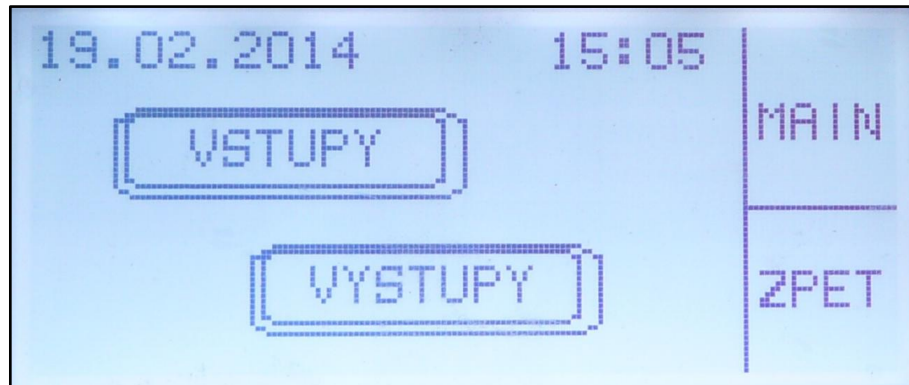
Popis obrázku nahoře:

1. Kód připojeného přípravku. Nastavení je dáno propojením příslušných pinů připojovacího elektrického konektoru umístěném v krabici na vyměnitelném přípravku.
2. Stiskem jednotlivých tlačítek se aktivuje (deaktivuje) příslušná funkce.
3. Tlačítko pro přechod na informační obrazovku P - parametrů (Obr. 35).

- Číslo programu detektoru F520. Pokud není nastaveno, lze na detektoru ručně navolit jakýkoli program pro tlakovou zkoušku. Pokud je toto číslo nastaveno, je vždy po spuštění testu provedena kontrola a nastavení tohoto čísla programu.

3.2.11 Servis

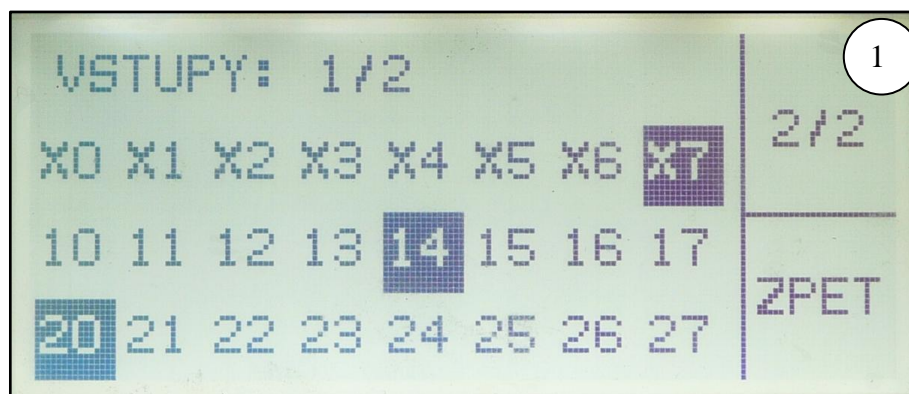
Obrazovka pro servisní účely, výběrem lze zobrazit stavy vstupů a výstupů PLC.



Obr. 38. Servisní obrazovka.

3.2.12 Vstupy 1/2

První ze dvou obrazovek zobrazení aktuálního stavu vstupů.



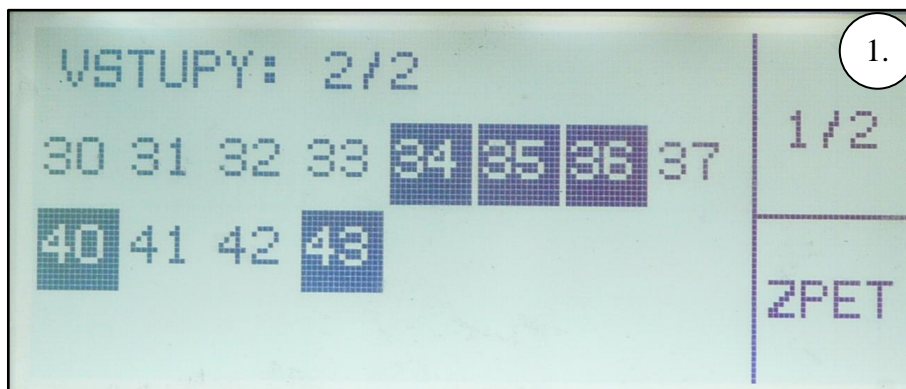
Obr. 39. Vstupy 1/2.

Popis obrázku nahoře:

- Tlačítko pro přechod na druhou obrazovku zobrazení vstupů.

3.2.13 Vstupy 2/2

Druhá ze dvou obrazovek zobrazení aktuálního stavu vstupů.



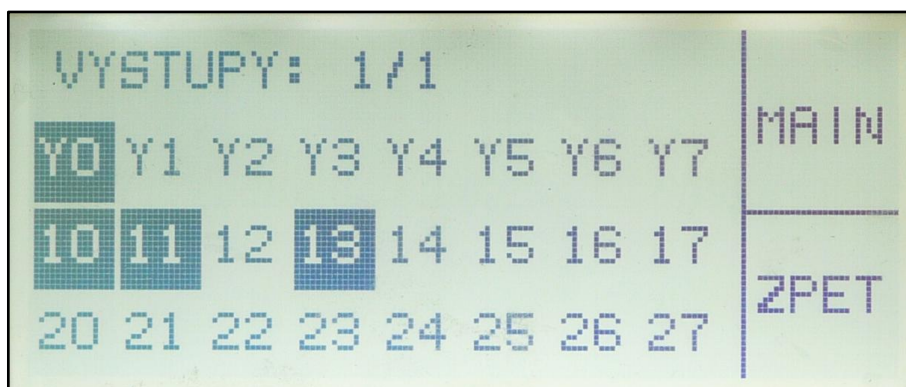
Obr. 40. Vstupy 2/2.

Popis obrázku nahoře:

1. Tlačítko pro přechod na první obrazovku zobrazení vstupů.

3.2.14 Výstupy

Zobrazení aktuálního stavu výstupů.



Obr. 41. Výstupy.

3.2.15 Přehledy

Zobrazení počítadel kusů jednotlivých operací.

ATEQ CELKEM:	49546	MAIN
OK:	41503	
NOK:	7287	
<hr/>		
ROV. CELKEM:	0	ZPET
OK:	0	
NOK:	0	
<hr/>		
TISK ZEBRA:	22788	

Obr. 42. Přehledy.

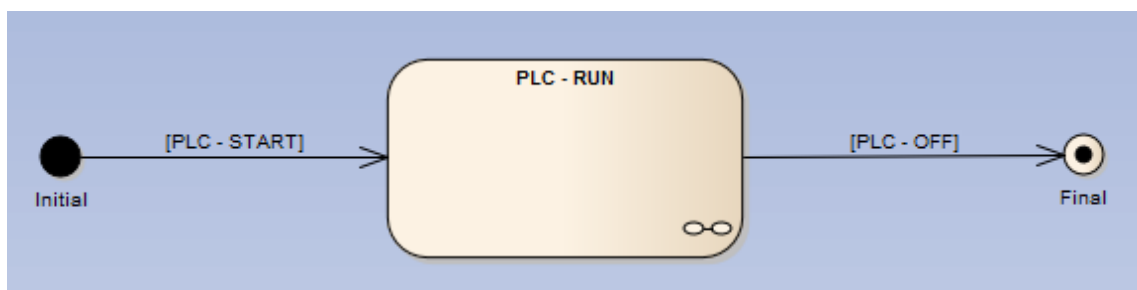
4 PLC PROGRAM

4.1 Stavové diagramy

V následující kapitole budou zobrazeny a popsány stavové diagramy návrhu celé aplikace.

4.1.1 Zapnutí PLC

Přechod do počátečního stavu PLC-RUN (Obr. 43) je inicializován událostí zapnutí PLC. Běžně to bývá zapnutí hlavního vypínače zařízení. Pokud není dosaženo tohoto stavu, nelze zařízení použít pro daný účel. Důvodem může být porucha samotného řídicího systému, ztráta dat způsobená poruchou záložní baterie nebo chybou nově vytvořeného programu. Přechod systému do koncového stavu je standardně vyvolán událostí vypnutí hlavního vypínače.



Obr. 43. Stavový diagram zapnutí PLC.

4.1.2 PLC - RUN

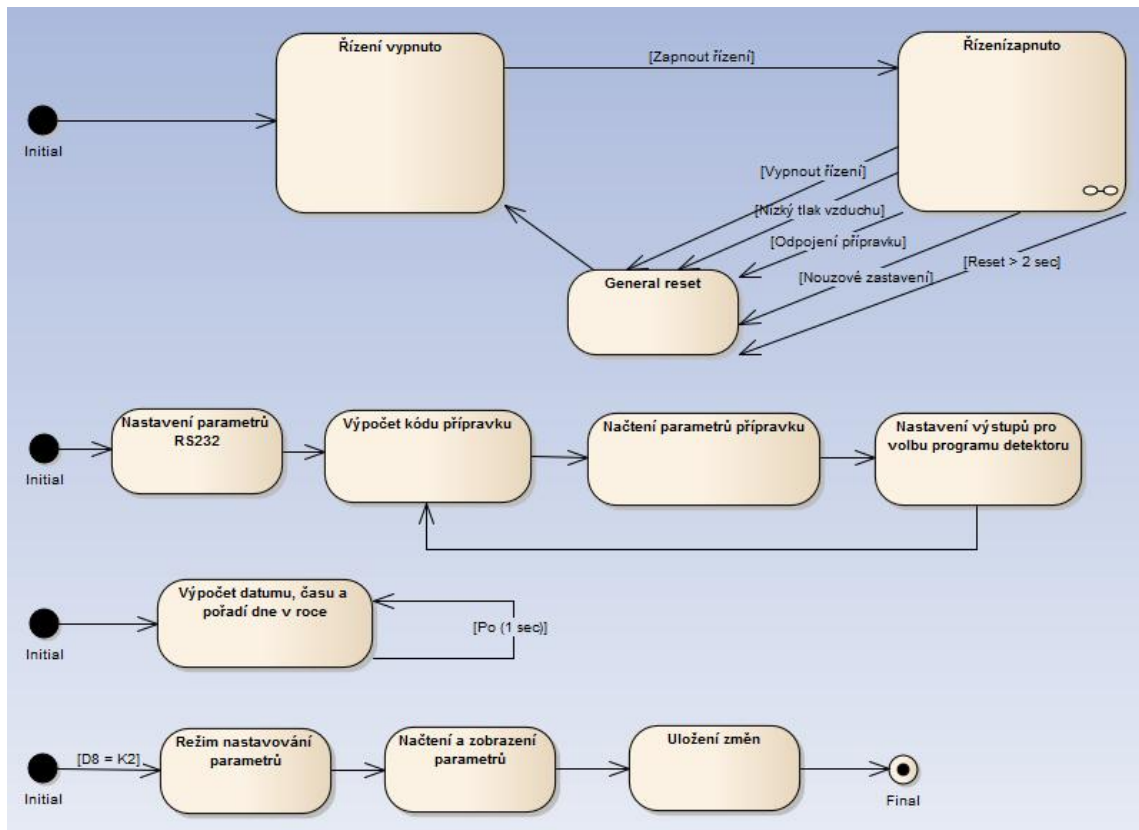
Jedná se o složený stav, který obsahuje více vnořených stavových automatů. V diagramu jsou zobrazeny čtyři souběžně složené stavy (Obr. 44).

První automat řeší přechody mezi stavy řízení zapnuto, vypnuto a reset zařízení. Stav řízení zapnuto je opět složeným stavem a bude popsán dále.

Druhý automat slouží k nastavení přenosových parametrů sériového portu RS232 a k cyklické kontrole připojení přípravku s nastavením příslušných parametrů a programu detektoru.

Třetí automat cyklicky každou sekundu vypočítává a aktualizuje hodnoty kalendáře a času.

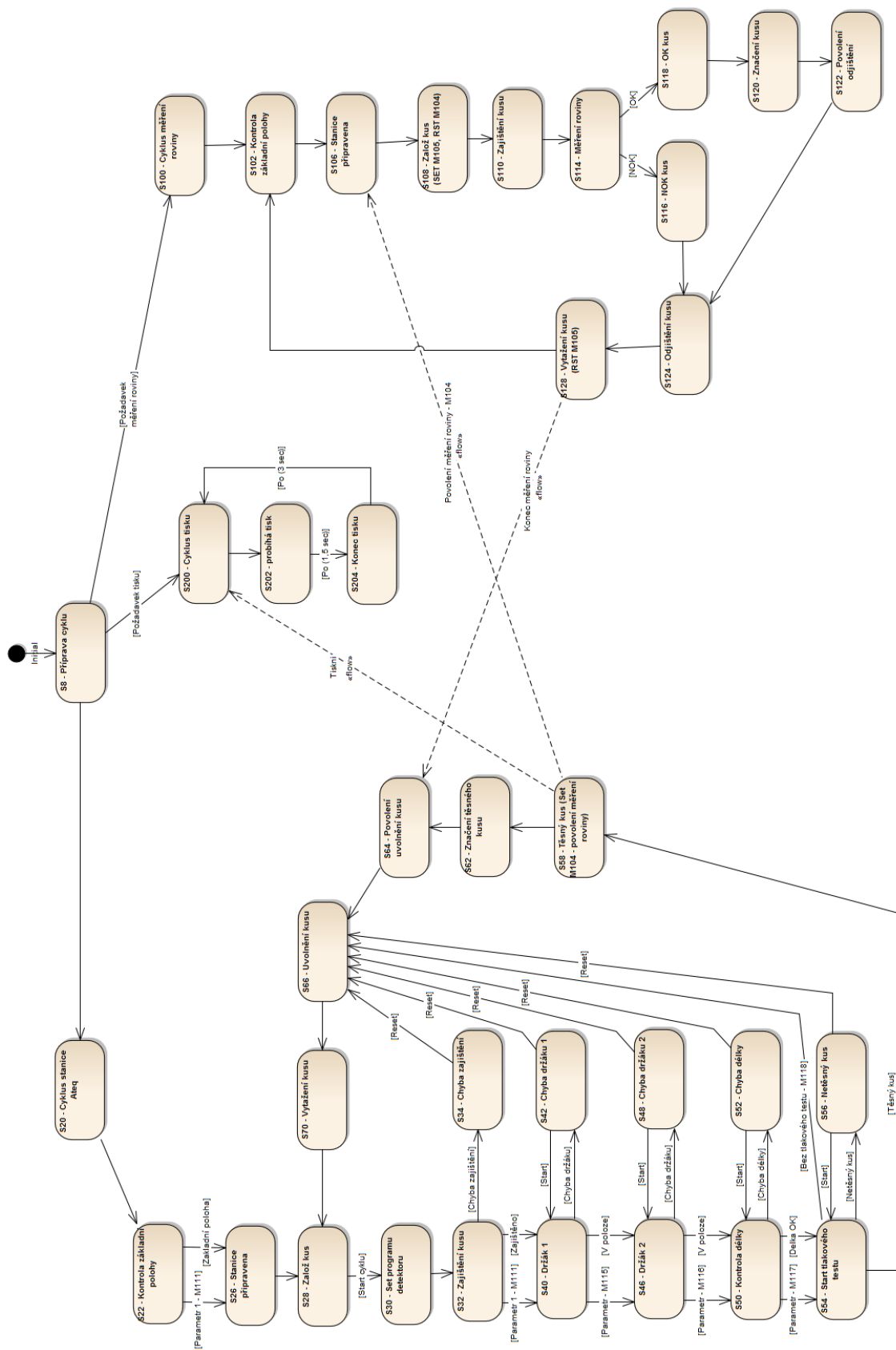
Čtvrtý automat řídí režim nastavování a je spouštěn vždy, když obsluha na operátorském panelu přepne na obrazovku nastavení.



Obr. 44. Stavový diagram PLC - RUN.

4.1.3 Řízení zapnuto

Tento složený sekvenční stav (Obr. 45) řídí jednotlivé kroky kontroly výroků. Je složen ze tří základních cyklů, které mezi sebou komunikují prostřednictvím atributů. Každý cyklus řídí jednu stanici. Stanice kontroly úniku součástí, stanice měření rovinnosti příruby a stanice tiskárny štítků (Obr. 7).



Obr. 45. Stavový diagram řízení zapnuto.

4.1.3.1 Stanice kontroly těsnosti

Na této stanici se provádí kontrola délky, držáků a těsnosti výrobku. Výrobek se zakládá na upínací místo, kde je pomocí pneumatických válců upnut a zatěsněn. Kontroly jsou provedeny podle nastavení připojeného přípravku.

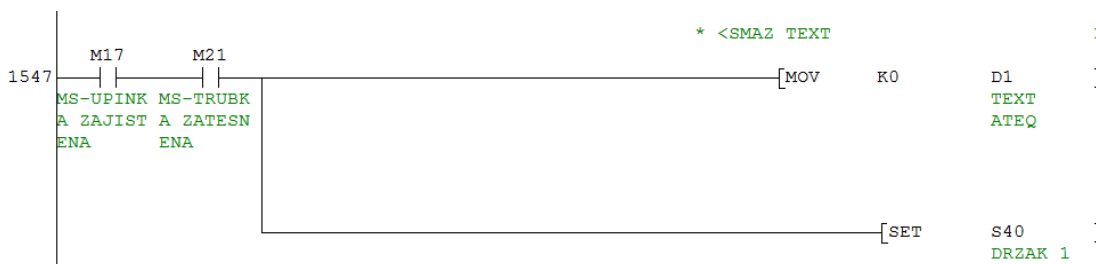
Popis jednotlivých stavů:

- **Cyklus stanice ateq (S20)** - V tomto stavu jsou nastaveny výstupy upínky a ucpávky do základních poloh. Ověření je provedeno v dalších stavech.
- **Kontrola základní polohy (S22)** - Je prováděna pouze jednou, při přechodu do stavu zapnutí řízení. Pokud není dosaženo základní polohy, zobrazí se na HMI hlášení s informací o nesplněné podmínce. Kontrola může být vynechána, pokud je zvolen parametr P1.



Obr. 46. Podmínky pro splnění kontroly základní polohy.

- **Stanice připravena (S26)** - Tento stav pouze změní texty na HMI.
- **Založ kus (S28)** - Čeká se na založení dílu ke kontrole a následnému potvrzení tlačítkem START CYKLU.
- **Nastavení programu detektoru (S30)** - Spouští cyklus nastavení programu detektoru z důvodu možné změny mezi jednotlivými testovanými díly. Nastavení čísla programu je zadáno v parametrech přípravku, ale přes ovládací panel detektoru je možné tento program změnit. Z tohoto důvodu je po každém spuštění cyklu provedena kontrola nastavení programu detektoru.
- **Zajištění kusu (S32)** - Tento stav nastaví výstupy blokování upínky a zatěsnění ucpávky do pracovních poloh. Pro přechod do dalšího stavu je nutné splnění podmínek. Kontrola může být vynechána, pokud je zvolen parametr P1.



Obr. 47. Podmínky pro splnění kontroly zajištění kusu.

- **Chyba zajištění (S34)** - Pokud nejsou ve stanoveném čase splněny podmínky pro zajištění dílu, je na HMI zobrazeno chybové hlášení. Pro pokračování je nutné otočit resetovacím klíčem, kdy následně systém přejde do stavu pro uvolnění dílu.
- **Držák 1 (S40)** - Pro kontrolu jsou použity dva indukční snímače, kdy jeden kontroluje přítomnost držáku a druhý jeho správnou polohu. Pro přechod do dalšího stavu musí být ve stanoveném čase splněny obě podmínky.
- **Chyba držáku 1 (S42)** - Tento stav zobrazí na HMI hlášení, pro pokračování lze zvolit opakování testu tlačítkem START CYKLU nebo ukončení testu a uvolnění dílu resetovacím klíčem RESET.
- **Držák 2 (S46)** - Stejná kontrola jako pro první držák, s použitím vlastních indukčních snímačů.
- **Chyba držáku 2 (S48)** - Stejný princip jako při chybě prvního držáku.
- **Kontrola délky (S50)** - Pro kontrolu délky je použito dvojice optických snímačů. pro splnění podmínek pro přechod do dalšího stavu musí vstupní signály odpovídat hodnotám uvedeným v následující tabulce.

Tabulka 3. Signály kontroly délky.

	Snímač krátký díl	Snímač dlouhý díl
Správná délka	1	1
Krátký díl	0	X
Dlouhý díl	X	0

- **Chyba délky (S52)** - Tento stav zobrazí na HMI hlášení, pro pokračování lze zvolit opakování testu tlačítkem START CYKLU nebo ukončení testu a uvolnění dílu resetovacím klíčem RESET.
- **Start tlakového testu (S54)** - Nastaví na určený čas výstup pro spuštění cyklu detektoru a čeká na signál ukončení cyklu měření z detektoru. Po přijetí signálu konec měření provede vyhodnocení testu s následným přechodem do dalších stavů.
- **Netěsný kus (S56)** - Tento stav zobrazí na HMI hlášení a rozsvítí červenou kontrolku NETĚSNÝ KUS. Pro pokračování lze zvolit opakování testu tlačítkem START CYKLU nebo ukončení testu a uvolnění dílu resetovacím klíčem RESET.
- **Těsný kus (S58)** - Rozsvítí zelenou kontrolku TĚSNÝ KUS a nastaví atribut povolení měření roviny.
- **Značení těsného kusu (S62)** - Vybrané díly mohou být mechanicky značeny.
- **Povolení uvolnění kusu (S64)** - Čeká na atribut odeslaný stanicí měření roviny, pokud je tato kontrola nastavena.
- **Uvolnění kusu (S66)** - Nastavení výstupů blokování upínky a zatěsnění ucpávky do výchozích poloh. Výchozí polohy jsou kontrolovány magnetickými snímači umístěnými na pneumatických válcích. Nedosažení poloh je zobrazeno hlášením na HMI.
- **Vytažení kusu (S70)** - Zabraňuje opakování testu stejného dílu bez jeho vytažení, využívá signál optického snímače pro dlouhý díl. Přechází do stavu založení kusu.

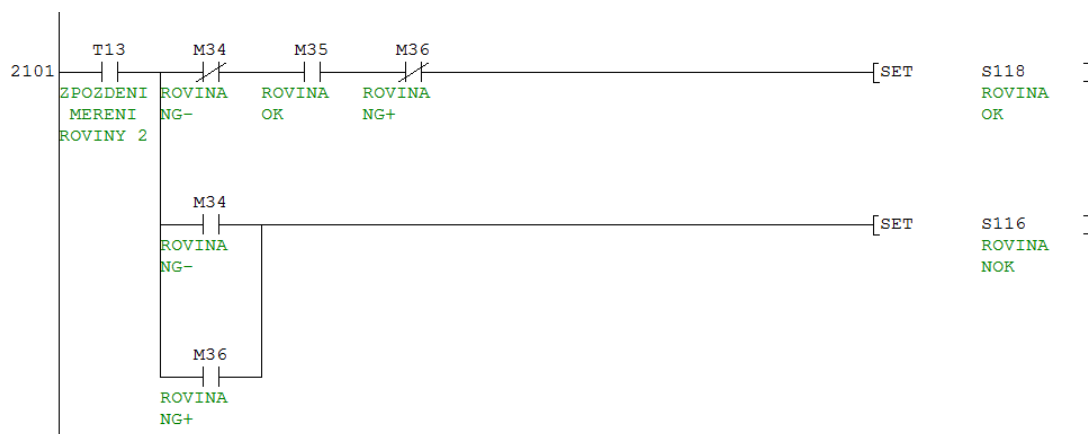
4.1.3.2 Stanice měření roviny

Na této stanici se provádí kontrola rovinnosti příruby za pomoci úchylkoměru Mitutoyo. Zakládací pozice je vybavena snímačem přítomnosti dílu a bylo uvažováno i se zajištěním a značením dílu na této stanici.

Popis jednotlivých stavů:

- **Cyklus stanice roviny (S100)** - Smazání textu v poli pro hlášení stanice měření roviny.

- **Kontrola základní polohy (S102)** - Ověření základních stavů vstupů z indukčního snímače přítomnosti kusu a úchylkoměru pro měření roviny příruby.
- **Stanice připravena (S106)** - Čeká na atribut povolení měření roviny nebo na opakování testu stanice.
- **Založ kus (S108)** - Čeká na signál z indukčního snímače kus na pozici.
- **Zajištění kusu (S110)** - Nastaví výstup pro zajištění kusu pomocí pneumatického válce.
- **Měření roviny (S114)** - Po nastaveném zpoždění se provede vyhodnocení úrovní signálů obdržených s úchylkoměru.



Obr. 48. Vyhodnocení měření roviny.

- **NOK kus (S116)** - Nastaví atribut pro opakování měření roviny a přejde do stavu odjištění kusu.
- **OK kus (S118)** - Zobrazí na HMI informaci o vyhovující rovinnosti příruby a přejde do stavu značení.
- **Značení kusu (S120)** - Označí vyhovující díl.
- **Povolení odjištění (S122)** - Čeká na atribut povolení odjištění od stanice měření těsnosti.
- **Odjištění kusu (S124)** - Nastaví výstup zajištění do základní polohy.
- **Vytažení kusu (S128)** - Čeká na vyjmutí dílu ze stanice, využívá signálu indukčního snímače díl na pozici. Přechází do stavu kontroly základní polohy.

4.1.3.3 Stanice tisku

Stanice je realizována pomocí samostatné průmyslové tiskárny, která je s PLC propojena pomocí rozhraní RS232, přes které PLC po sestavení posílá zprávy k tisku.

Popis jednotlivých stavů:

- **Cyklus tisku (S200)** - Smazání textu v poli pro hlášení stanice tisku. V případě aktivního parametru pro tisk a pulzu těsný kus přejde do následujícího stavu.
- **Probíhá tisk (S202)** - Pulz pro samotný tisk, zobrazení textu na HMI.
- **Konec tisku (S204)** - Oznámení o ukončení tisku, přechod do stavu cyklus tisku.

4.1.4 Vzájemné blokování stanic

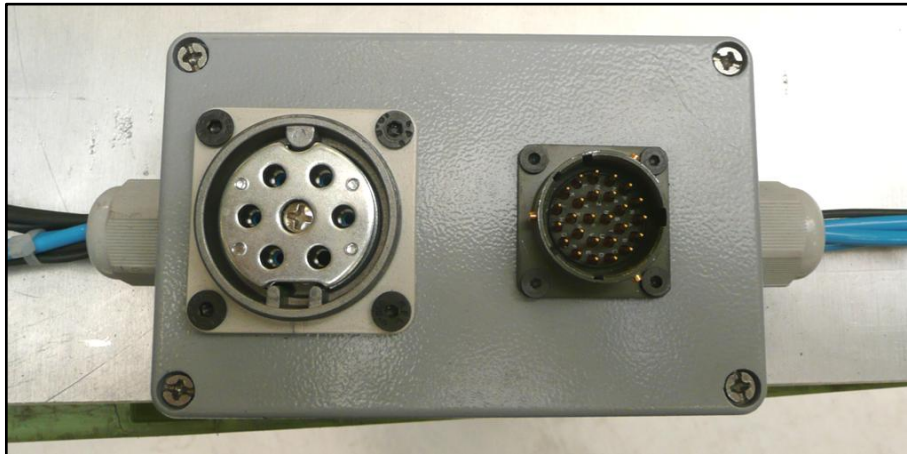
Při použití volby kontroly měření roviny je mezi stanicemi kontroly těsnosti a měření roviny provedeno blokování dílu, kdy nedojde k uvolnění druhého těsného dílu v první stanici, dokud nebude provedeno a kladně vyhodnoceno měření prvního dílu ve druhé stanici. Mohou nastat dva případy:

1. Pro celý testovací cyklus na obou stanicích bude použitý pouze jeden díl. Po ukončení cyklu na první stanici bude tento uvolněn, vytažen a založen do druhé stanice, ze které bude po ukončení měření roviny vyjmut.
2. Pro testovací cyklus budou použity dva díly. Na první stanici bude po ukončení cyklu prvního dílu umožněno jeho vyjmutí, bude provedena výměna dílů s následným spuštěním kontroly druhého dílu v první stanici. Po ukončení kontroly druhého dílu na první stanici nesmí dojít k jeho uvolnění, dokud nebude dokončen cyklus prvního dílu na druhé stanici měření roviny.

Pro řízení blokování jsou použita dvě pomocná relé M104 a M105 (Obr. 45). M104 signalizuje povolení cyklu měření roviny a je nastaveno v S58 (těsný kus). Reset je proveden až po založení dílu do stanice měření roviny v S108. M105 signalizuje probíhající cyklus měření roviny. Relé je nastaveno v S106 (stanice roviny připravena) a je resetováno až po vytažení dílu v S128.

4.2 Kódování přípravků

Každý přípravek je připojen k zařízení elektrickým a pneumatickým konektorem (Obr. 49).



Obr. 49. Připojovací konektory přípravku.

Pro rozlišení jednotlivých přípravků je vyhrazeno šest pinů elektrického konektoru, které přivádí kladné napětí 24VDC na vstupy PLC. První stav, kdy hodnoty všech šesti vstupů jsou rovny log. 0, je vyhrazen pro informaci o absenci připojeného přípravku. Navíc při odpojení konektoru přechází automat do stavu "Řízení vypnuto" a zastavuje přívod vzduchu k terminálu, potažmo k pneumatickému konektoru. Dalších 63 stavů je určeno pro rozlišení základacích přípravků (viz příloha 1).

V PLC programu jsou jednotlivé vstupy kódování přípravku (X40, X41, X42, X27, X30, X31) namapovány na pomocné relé M161 - M166. Odkud jsou stavy zkopírovány pomocí instrukce MOV ze zdroje pro kopírování do datového registru D10. Jako zdroj kopírování je použit příkaz pro přesun skupin bitových zařízení K2M161, kde K2 znamená přesun dvou skupin po 4 zařízeních, tzn. 8 zařízení a M161 je adresa prvního bitového zařízení. Tímto příkazem dojde ke zkopírování 8 relé od M161 do M167. V datovém registru D10 je uloženo číslo přípravku v desítkové soustavě. Tento řádek je cyklicky prováděn pokud je příznak M8000 (PLC RUN) v log. 1.



Obr. 50. Výpočet čísla přípravku.

4.3 Parametry přípravku

Parametry přípravku jsou rozděleny do pěti částí.

1. Paměť pro uložení jedenácti nastavení (Obr. 33, Obr. 36, Obr. 37) pro které postačuje velikost 1 bitu. Jedná se o parametry P1 - P4, volbu tisku a šest dílčích testů (držák 1 a 2, měření délky, tlakový test, měření roviny a požadavek tisku). PLC Melsec FX obsahuje 16 bitové datové registry, z tohoto důvodu je dostačující použití jednoho datového registru.
2. Uložení čísla programu detektoru (Obr. 37). F520 umožňuje pomocí pěti vstupů zvolit požadovaný program v rozsahu 1 až 32. Pro uložení hodnoty je dostačující použití jednoho datového registru.
3. Parametr pro uložení prvního textu (Obr. 33, Obr. 36) uložený do deseti datových registrů.
4. Parametr pro uložení druhého textu (Obr. 33, Obr. 36) uložený do deseti datových registrů.
5. Parametr pro uložení třetího textu (Obr. 33, Obr. 36) uložený do deseti datových registrů.


Požadavek zákazníka na maximální délku textu byl stanoven na 15 znaků. Deset datových registrů je postačujících a umožňuje uložení dvaceti znaků ASCII kódu (viz příloha 2).

4.3.1 Uložení parametrů v paměti

- Jednou z možností je pro každý přípravek navrhnout samostatnou obrazovku na HMI a na ní staticky vytvořit odkazy objektů na jednotlivé datové registry a pomocná relé. Tento způsob je pracný pro větší počet přípravků - obrazovek (použití přibližně do 20 obrazovek) a je omezen celkovou pamětí HMI. Maximální počet přípravků je 63, proto není tento způsob vyhovující.
- Druhou možností je seřazení parametrů jednotlivých přípravků do bloků s následným uložením v datových registrech postupně za sebou. Pro zobrazení konkrétního nastavení přípravku je nejprve proveden výpočet adresy bloku a tento je následně zkopírován do pracovní části paměti. Parametry pracovní paměti jsou namapovány na jednotlivé objekty obrazovek HMI. Potřebný počet datových registrů pro tuto aplikaci je 2016 a PLC Melsec FX1N disponuje počtem 8000

(Obr. 51). Při použití rozsáhlejších částí paměti pro uchování dat po dobu delší než 10 dnů, je potřeba doplnit PLC záložní baterií (Obr. 15).

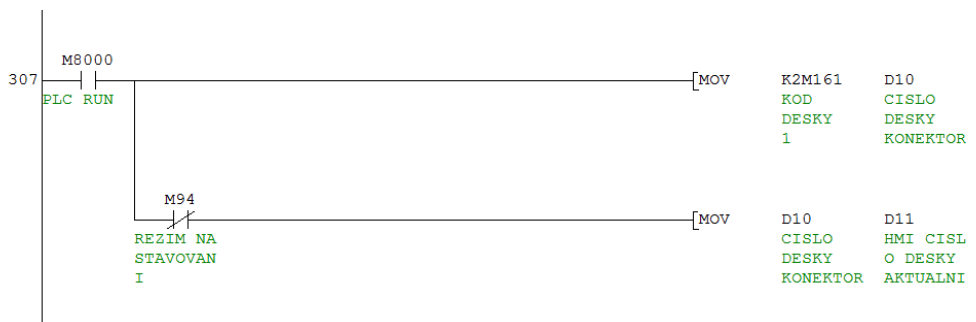
FX1N Series Programmable Controllers		Diagnostics 7.		
Item	Specification	Remarks		
Data registers (D)	General	128 points	D0 to D127 Type: 16 bit data storage register pair for 32 bit device	1
	Latched (EEPROM backed-up)	7872 points EEPROM keep: 128 points Capacitor keep: 7744 points	D128 to D7999 EEPROM keep: D128 to D255 Capacitor keep: D256 to D7999 Type: 16 bit data storage register pair for 32 bit device	2
	File	Maximum 7000 points	D1000 to D7999 set by parameter in 14 blocks of 500 program steps Type: 16 bit data storage register	3
	Externally adjusted	2 points Range: 0 to 255	D8030 & D8031 Data is entered indirectly through the external setting potentiometer	4
	Special	256 points (inclusive of D8030 and D8031)	From the range D8000 to D8255 Type: 16 bit data storage register	5
	Index	16 points	V and Z Type: 16 bit data storage register	6
Pointers (P)	For use with CALL	128 points	P0 to P127	7
	For use with interrupts	6 points	100□ to 150□ (rising trigger □ = 1, falling trigger □ = 0)	8
Nest levels		8 points for use with MC and MCR	N0 to N7	


7-13

Obr. 51. Přehled datových registrů [12].

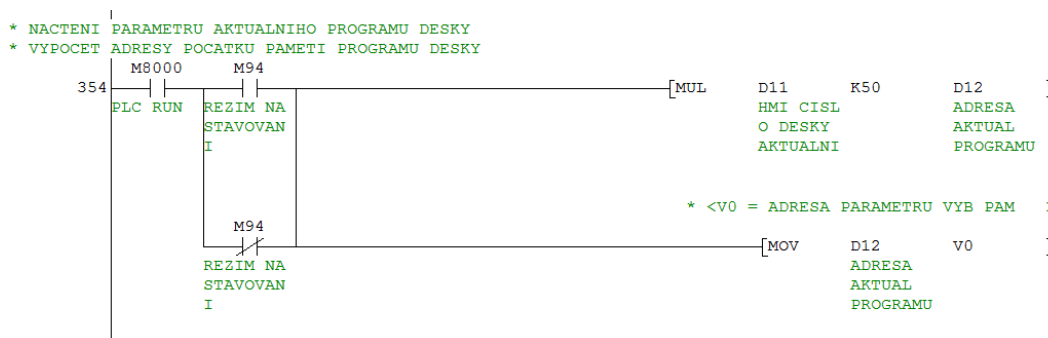
4.3.2 Zobrazení parametrů pracovní paměti

Parametry jsou načteny do pracovní paměti při připojení přípravku nebo v režimu nastavování. Pro určení čísla přípravku, jehož parametry mají být načteny je použitý datový registr D11. Pokud je aktivní režim nastavování (M94), je umožněna inkrementace, popř. dekrementace (Obr. 36, Obr. 37) hodnoty D11, což umožňuje procházení parametrů i při připojeném přípravku (Obr. 52). Po ukončení režimu nastavování jsou opět načteny parametry připojeného přípravku.



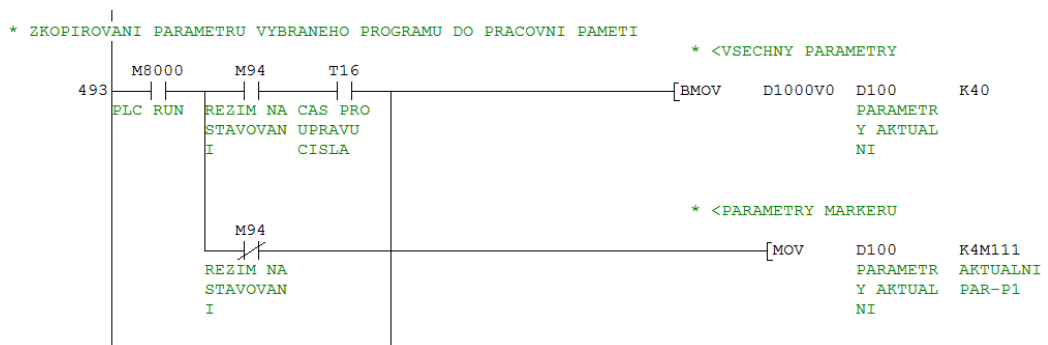
Obr. 52. Načtení čísla přípravku.

Dalším krokem je výpočet posunutí počátku adresy datového registru v určeném paměťovém prostoru, ve kterém začíná sada dat parametrů požadovaného čísla přípravku. Určený paměťový prostor začíná datovým registrem D1000 pro přípravek nula (není použitý) a končí D4199 (pokud by došlo k rozšíření počtu zakládacích přípravků, může být paměťový prostor dále rozšířen). Hodnota posunutí musí být uložena do indexového registru V nebo Z (Obr. 53), z důvodu následného dynamického výpočtu adresy požadované sady dat.



Obr. 53. Výpočet posunutí počátku adresy sady parametrů.

V tomto kroku je dokončeno určení adresy počátku požadované sady dat. K adrese D1000 je přidána hodnota indexového registru V0 a výsledkem je skutečná adresa datového registru, kde je uložena žádaná sada dat. Následně je zkopírováno 40 datových registrů pomocí instrukce BMOV do oblasti pracovní paměti začínající na adrese D100 (Obr. 54). Hodnoty v pracovní paměti jsou zobrazeny na obrazovkách HMI (Obr. 28, Obr. 33, Obr. 34, Obr. 36, Obr. 37).



Obr. 54. Výpočet adresy a přesun sady parametrů.

4.3.3 Rozdělení pracovní paměti

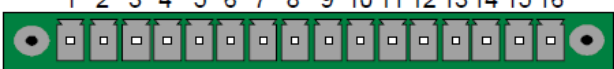
Po načtení sady parametrů jsou tyto rozděleny v pracovní části paměti do pěti oblastí datového registru.

1. D100 slouží k uložení bitových parametrů nastavení. Hodnota je převedena příkazem pro přesun skupin bitových zařízení K4M111, který zkopíruje 16 bitů z D100 do pomocných relé M111 - M126 (Obr. 54).
2. D101 slouží k uložení čísla programu detektoru.
3. D110 - D119 slouží k uložení prvního textu.
4. D120 - D129 slouží k uložení druhého textu.
5. D130 - D139 slouží k uložení třetího textu.

4.4 Detektor úniku F520

Pro ovládání detektoru je potřeba připojit výstupy PLC se vstupy detektoru. Jedná se o signály nastavení programu, spuštění a reset cyklu detektoru. Pro zpětnou vazbu z detektoru je potřeba zpracovat jeho výstupní signály (těsný díl, netěsný díl, netěsný referenční díl a konec cyklu měření) pomocí vstupů PLC (Obr. 55).

2.2.1. 3) J3 Konektor (I/O vstup/výstup)



PIN 1	Reset (input 1)	DRY CONTACT VSTUP
PIN 2	Common (+ 24 V)	
PIN 3	START (input 2)	
PIN 4	Common (+ 24 V)	
PIN 5	Vstup 3 (Výběr programu)	
PIN 6	vstup 4 Výběr programu ()	
PIN 7	vstup 5 (Výběr programu)	
PIN 8	vstup 6 (Výběr programu)	
PIN 9	vstup 7 (Výběr programu)	
PIN 10	Common	
PIN 11	Test Součást OK - výstup	DRY CONTACT VÝSTUP 60V AC / DC Max 200mA Max
PIN 12	Test Součást špatná – výstup	
PIN 13	Reference součást špatná výstup	
PIN 14	Upozornění	
PIN 15	Konec cyklu výstup	
PIN 16	0 V	

Obr. 55. F520 - konektor J3 [10].

4.4.1 Nastavení programu detektoru

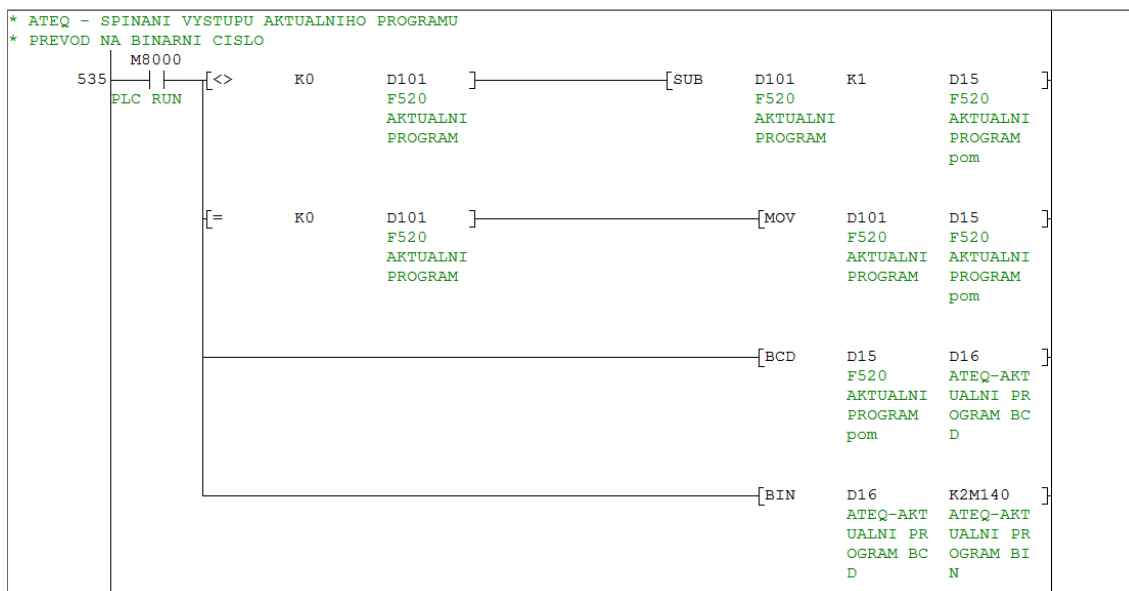
Nastavení výstupů PLC pro volbu čísla programu detektoru je provedeno ve čtyřech krocích (Obr. 56).

1. Hodnota čísla programu detektoru je uložena v datovém registru pracovní paměti D101. Pokud je hodnota nulová, je přímo uložena do D15, pokud není nulová, je její hodnota snížena o 1 z důvodu provedení kombinací pinů detektoru pro výběr programu výrobcem zařízení. Pro nastavení programu číslo 1 musí být kombinace pěti vstupních pinů v log. 0.
2. Pomocí instrukce BCD je desítková hodnota z D15 uložena do D16 v podobě BCD kódu.

Tabulka 4. Příklad BCD instrukce.

D15	(23) ₁₀	(0001 0111) ₂	
D16	(35) ₁₀	(0010 0011) ₂	BCD(2 3) ₁₀

3. Instrukce BIN zkopíruje 8 bitů (K2M140) z D16 do relé M140 - M147.
4. Posledním krokem je namapování relé M140 - M144 na příslušné výstupy PLC.



Obr. 56. Nastavení výstupů PLC pro výběr programu F520.

4.4.2 Start cyklu detektoru

Signál pro spuštění cyklu detektoru je v log. 1 dokud detektor neukončí cyklus měření a PLC nevyhodnotí výsledek měření.

4.4.3 Reset cyklu detektoru

Ukončí průběh cyklu detektoru a zabrání vyhodnocení testu. Funkce je použita při celkovém resetu zařízení, vzestupné a sestupné hraně zapnutí řízení.

4.4.4 Konec cyklu detektoru

Tento signál povoluje programu PLC provedení vyhodnocení měření detektoru.

4.4.5 Vyhodnocení měření

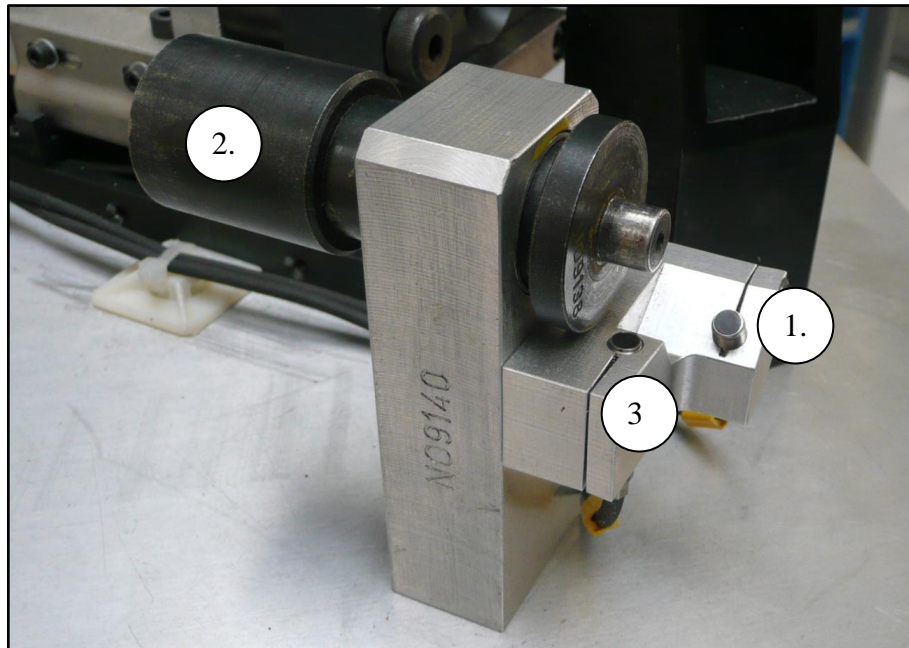
Pro vyhodnocení měření jsou zpracovány tři signály z detektoru F520 (Tabulka 5).

Tabulka 5. Signály vyhodnocení měření detektoru.

	F520 - Těsný díl (X4)	F520 - Netěsný díl (X5)	F520 - Netěsný referenční díl (X6)
PLC - OK	1	0	0
PLC - NOK	X	1	X
PLC - NOK	X	X	1

4.5 Kontrola držáku

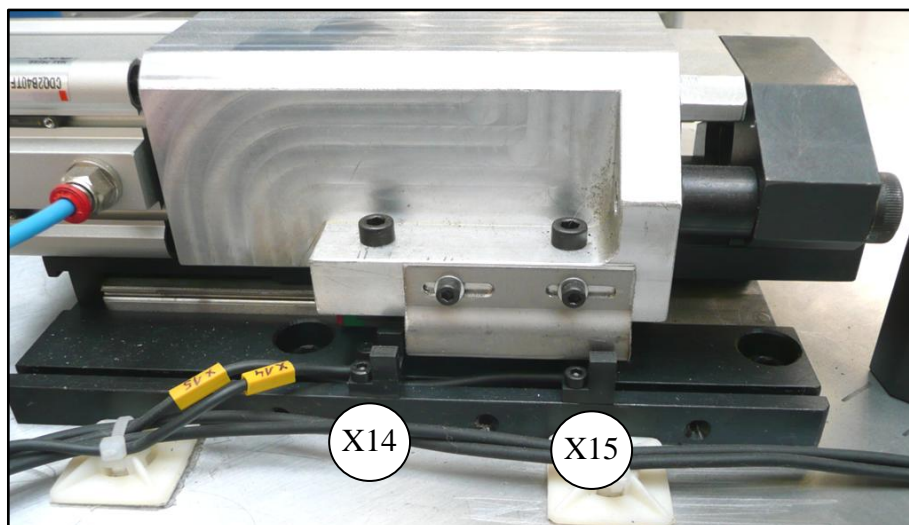
Pro kontrolu jednoho držáku byli vyčleněny dva vstupy indukčních snímačů. Po založení testovaného dílu s držákem ve správné poloze do zakládacího přípravku dojde k aktivaci snímače kontroly přítomnosti držáku (Obr. 57, poz. 1). V dalším kroku obsluha vysune tělo válečku (Obr. 57, poz. 2) do středícího otvoru v držáku, kdy je aktivován druhý snímač správné polohy (Obr. 57, poz. 3). Pro kladný výsledek kontroly musí mít oba snímače hodnotu log. 1.



Obr. 57. Kontrola držáku.

4.6 Měření délky

Pro měření délky dílu (Obr. 58) byli vyčleněny dva vstupy pro optické snímače. Na pohyblivém vozíku je namontována clona s přesnou šířkou, uvažující toleranci délky dílu. U použitých optických snímačů (Obr. 24) jsou zapojeny NC výstupy signálu, kde u dílu v toleranci jsou paprsky obou snímačů přerušeny clonou. Tabulka 6 popisuje signály vyhodnocení měření délky.



Obr. 58. Měření délky.

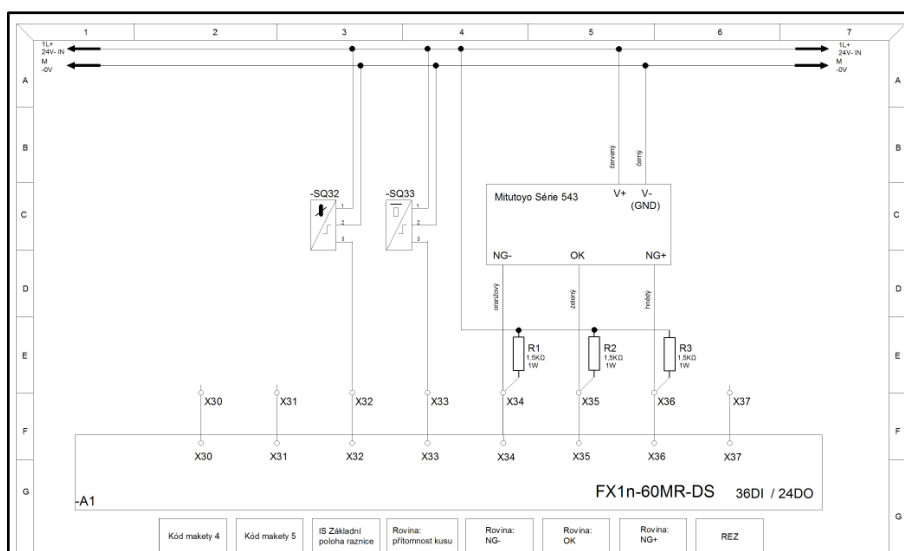
Tabulka 6. Signály vyhodnocení měření délky.

	X14	X15
Délka - OK	1	1
Krátký kus	0	X
Dlouhý kus	X	0

4.7 Úchylkoměr

Pro měření roviny byla navržena stanice s úchylkoměrem (Obr. 19), se dvěma vstupy z indukčních snímačů, s výstupy pro pneumatické zajištění a značení dílu. V konečném provedení byla tato stanice omezena pouze na samotný úchylkoměr s jedním indukčním snímačem přítomnosti založení dílu (Obr. 60).

Prvním úkolem bylo přizpůsobit výstupní NPN signály měřidla s PNP zapojením PLC. To bylo vyřešeno přidáním rezistorů (Obr. 59) a omezením proudu na přibližně polovinu maximální zátěže výstupu měřidla. Tabulka 7 uvádí postupné transformace signálu pro rovinu v toleranci.



Obr. 59. Elektrické zapojení úchylkoměru.



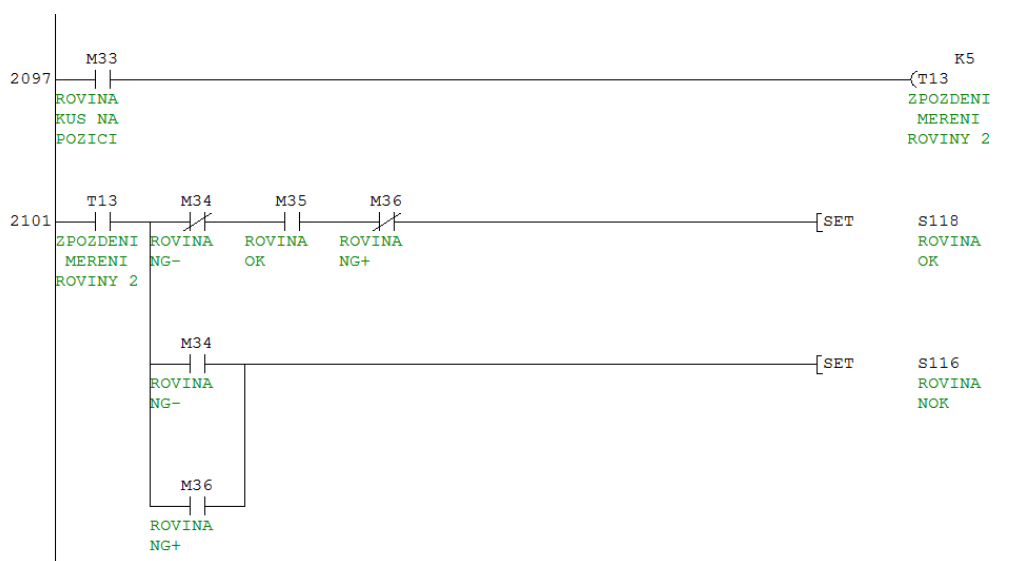
Obr. 60. Měření roviny.

Tabulka 7. Transformace signálů z úchylkoměru roviny v toleranci.

	- NOK (oranžový vodič)	OK (zelený vodič)	+ NOK (hnědý vodič)
Výstup z měřidla	H	L	H
Vstup PLC	1	0	1
Negovaný vstup	0	1	0



Obr. 61. Negování vstupů měření roviny.

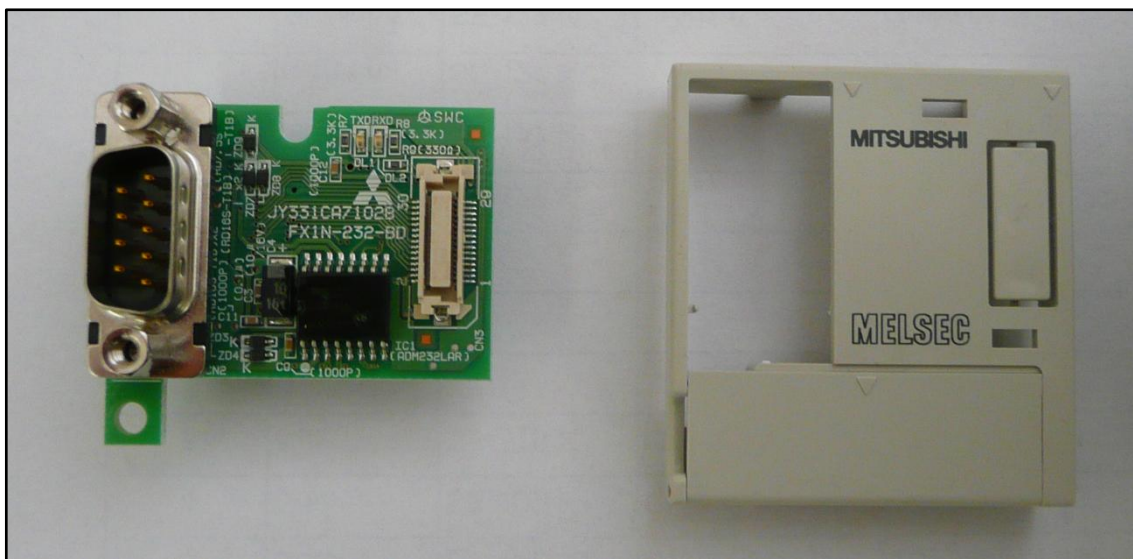


Obr. 62. Vyhodnocení měření roviny.

4.8 Tiskárna

4.8.1 Rozhraní RS232

Nejjednodušší variantou je propojení PLC s tiskárnou pomocí sériového rozhraní RS232. PLC není standardně tímto rozhraním vybaveno a pro jeho rozšíření bylo použito čelního deskového adaptéru (Obr. 63).



Obr. 63. Komunikační rozhraní RS232C.

V tiskárně se přenosové parametry nastavují standardně v menu přes ovládací panel. V PLC se využívá RS instrukcí a nastavení přímo v programu. Nastavení a odeslání zprávy probíhá ve třech krocích (nastavení přenosových parametrů, vymezení oblasti paměti a spuštění přenosu).

4.8.1.1 Nastavení přenosových parametrů

Při pulzu PLC RUN je hodnota H86 zkopírována do datového registru D8120 (Obr. 64), který slouží k nastavení komunikačního formátu (Obr. 65). Tabulka 8 zobrazuje nastavení pro hodnotu $(86)_h = (10000110)_2$.



Obr. 64. Nastavení přenosových parametrů v PLC.

1. D8120 (communication format)
 By setting values to D8120, the data length, parity, baud rate, etc. can be set.
 The table below shows the contents of D8120.

Bit No.	Name	Contents	
		0 (bit = OFF)	1 (bit = ON)
b0	Data length	7-bit	8-bit
b1 b2	Parity	b2, b1 (0, 0): Not provided (0, 1): Odd (1, 1): Even	
b3	Stop bit	1-bit	2-bit
b4 b5 b6 b7	Baud rate (bps)	b7, b6, b5, b4 (0, 0, 1, 1): 300 (0, 1, 0, 0): 600 (0, 1, 0, 1): 1200 (0, 1, 1, 0): 2400	b7, b6, b5, b4 (0, 1, 1, 1): 4800 (1, 0, 0, 0): 9600 (1, 0, 0, 1): 19200
b8	Header	Not provided	Provided (D8124) initial value: STX (02H)
b9	Terminator	Not provided	Provided (D8125) initial value: ETX (03H)
b10 b11	Control line	Non-protocol communication	b11, b10 (0, 0): Not provided <RS-232C interface> (0, 1): Standard mode <RS-232C interface> (1, 0): Interlink mode <RS-232C interface> (FX2N whose version is Ver. 2.00 or later, FX3U, FX2NC, and FX3UC) (1, 1): Modem mode <RS-232C interface, RS-485/RS-422 interface ^{*2} >
		Computer link	b11, b10 (0, 0): RS-485/RS-422 interface (1, 0): RS-232C interface
b12		Not applicable	
b13 ^{*1}	Sum check	Not added	Added
b14 ^{*1}	Protocol	Not used	Used
b15 ^{*1}	Control procedure	Format 1	Format 4

^{*1}. Make sure to set as "0" when using non-protocol communication.
^{*2}. When using the RS-485/RS-422 interface, only FX1S, FX0N, FX1N, FX2N, FX3U, FX1NC, FX2NC, and FX3UC PLCs are applicable.

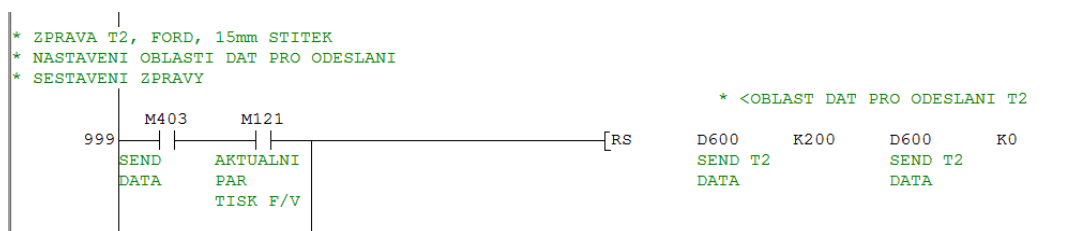
Obr. 65. Nastavení komunikačního formátu [14].

Tabulka 8. Nastavení komunikačních parametrů.

[b15, ..., b0] = [1000 0110]	
Data length	7-bit
Parity	Even
Stop bit	1-bit
Baud rate	9600 bps
Protokol	Non-protokol

4.8.1.2 Vymezení oblasti paměti

RS instrukce nastavuje adresy a rozsah paměti pro příjem a odeslání zprávy (Obr. 66). Pro odeslání zprávy je vymezena paměť v datovém registru od D600 v délce 200 bytů (100 datových registrů), pro příjem je vymezena stejná paměť ale nulové délky. Toto nastavení slouží pouze pro odesílání dat.



Obr. 66. Vymezení oblasti paměti.

4.8.1.3 Spuštění přenosu

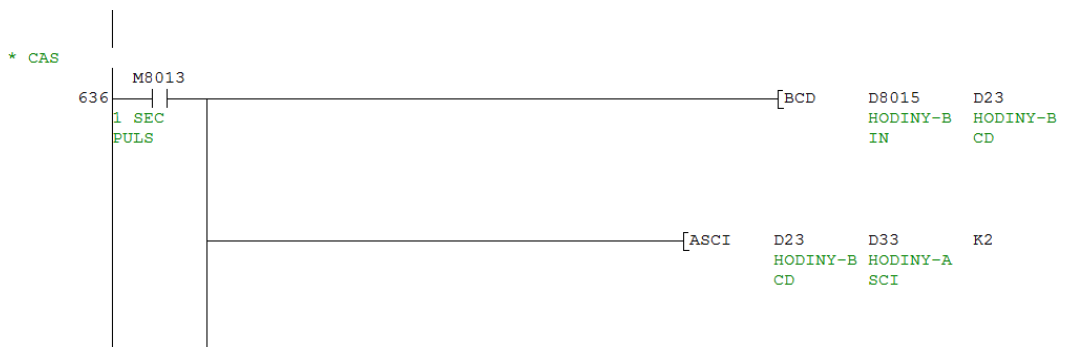
Pro spuštění přenosu odesílání dat nastavíme relé M8122 na hodnotu 1. Po odeslání dat je relé automaticky resetováno.

4.8.2 Vzory zpráv

Z důvodu různých požadavků zákazníků, je v parametrech nastavení možnost výběru výšky etikety (Obr. 36). Tento parametr řídí relé M121 (Obr. 66), které mění programovou sekvenci nastavení RS instrukce a sestavení samotné zprávy. Pro realizaci jsou použity dvě různé metody tisku štítků. První metodou je tisk zprávy pomocí vzoru uloženého v tiskárně s odesláním samostatných parametrů (4.8.4) a druhou je odeslání celé zprávy (4.8.5).

4.8.3 Sestavení zprávy

Zprávy jsou složeny z řetězce ACSII kódů, které obsahují statická klíčová slova jazyka ZPLII a dynamicky sestavené části. Tyto musí být v programu vytvořeny a umístěny na správnou adresu z důvodu korektního zpracování tiskárnou. Mezi základní dynamické parametry patří hodnoty nastavené přes HMI (Obr. 36), které jsou přímo ukládány v kódech ASCII znaků a reálné datum s čas, který je potřeba na ASCII znaky převést (Obr. 67).

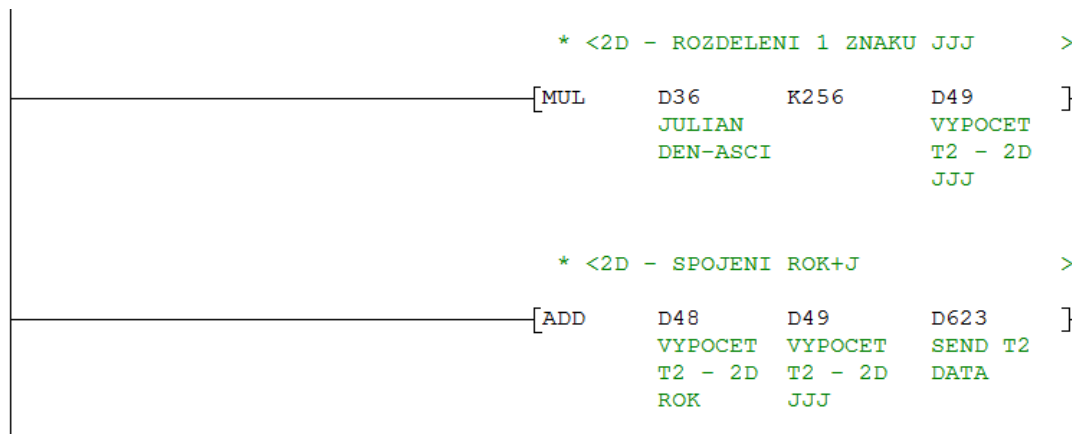


Obr. 67. Převod reálných hodin.

Na obrázku výše je zobrazen převod reálné hodnoty hodin získané z datového registru PLC D8015. Např. 14 hodin s binární reprezentací $(1110)_2$ je v prvním kroku uloženo pomocí instrukce BCD do registru D23 jako dvojice desítkových číslic $(0001\ 0100)_2$, které jsou v druhém kroku obě přečteny (2 čtveřice bitů) z D23 pomocí instrukce ASCII a uloženy do D33 jako dva znaky ASCII kódu $(34\ 31)_{\text{hex}}$, což odpovídá $(00110100\ 00110001)_2$.

Při převodu datumu nebo času budeme převádět vždy dvojice číslic (DD, MM, RR, hh, ...), kdy je jednoduché následné kopírování celých registrů do příslušných pozic řetězce zprávy. V případě požadavku výpočtu pořadového dne v roce, který se skládá ze tří číslic (JJJ), je nutné provádět rotace (posuny) bitů a doplnění příslušného znaku před zkopírováním registru na příslušnou pozici řetězce. PLC FX1n však tyto instrukce neobsahuje.

Řešením je použití instrukcí MUL a DIV ve spojení s konstantou 256 (Obr. 68), kdy dosáhneme požadovaného bitového posunu dat pro rozdělení ASCII znaků. Pro požadované spojení použijeme instrukci ADD.



Obr. 68. Posun a spojení ASCII znaků.

Tabulka 9 zobrazuje data v registru D36. Instrukcí MUL provedeme posun dat o 8 bitů doleva, kdy v D49 ve spodním bytu budou samé nuly a do horního bytu se přesune hodnota $(0011\ 0010)_2$. Horní byte z D36 po výpočtu přeteče do spodního bytu D50.

Tabulka 9. Rozdělení ASCII znaků.

[b15, ..., b0]			
	BIN	ASCII kód	ASCII znak
D36	0011 1001 0011 0010	39 32	92
D49	0011 0010 0000 0000	32 00	2 NULL
D50	0000 0000 0011 1001	00 39	NULL 9

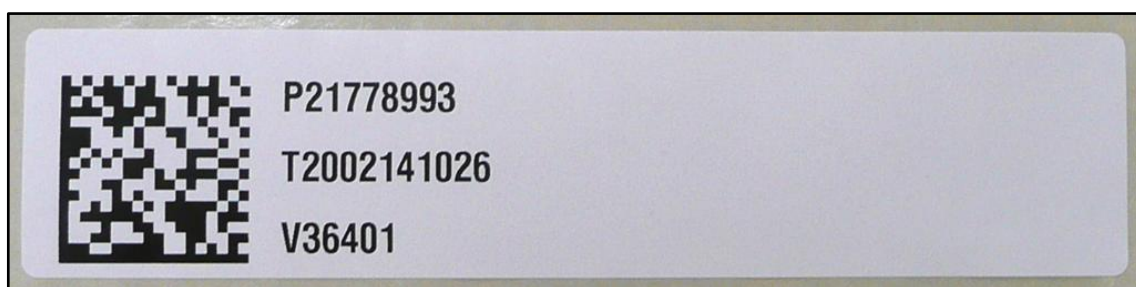
Tabulka 10 zobrazuje průběh aritmetického výpočtu instrukce ADD (Obr. 68), kdy je výsledek součtu uložen do registru D623 tvořícího část výsledného řetězce znaků zprávy k odeslání.

Tabulka 10. Spojení ASCII znaků.

[b15, ..., b0]			
	BIN	ASCII kód	ASCII znak
D48	0000 0000 0011 0100	00 34	NULL 4
D49	0011 0010 0000 0000	32 00	2 NULL
D623	0011 0010 0011 0100	32 34	24

4.8.4 Etiketa 35 mm

První zpráva má být podle požadavků zákazníka vytisknuta na 35 mm vysokou samolepicí etiketu, kde bude jako první zleva umístěn 2D kód formátu Data Matrix a tři textová pole (Obr. 69).



Obr. 69. Etiketa 35mm.

První textové pole s indexem "P" obsahuje číslo dodavatele (21778993), které se skládá z osmi číslic a je nastavitelné v parametrech přípravku.

Druhé textové pole s indexem "T" obsahuje datum a čas ve formátu DDMMRRRRhhmm. Tato hodnota je automaticky sestavena a doplněna do zprávy.

Třetí textové pole s indexem "V" obsahuje pět číslic označení výrobce (36401) a je nastavitelné v parametrech přípravku.

V 2D kódu jsou obsaženy všechny tři textová pole, které jsou vzájemně odděleny znakem "#" (P21778993#T2002141026#V36401#).

4.8.4.1 Kód vzoru zprávy

Do tiskárny se nahraje vzor zprávy (Obr. 70) určující celkový design etikety a příslušné indexy proměnných, které budou obsaženy až v samotné zprávě. Samotná zpráva odeslaná z PLC pak obsahuje název vzoru a řetězce znaků proměnných (Obr. 71).

```

^XA
^DFE:VZOR.ZPL
^FT345,110^A0N,58,57^FH\^FN1^FS
^FT345,211^A0N,58,57^FH\^FN2^FS
^FT345,312^A0N,58,57^FH\^FN3^FS
^BY270,270^FT31,327^BXN,15,200,0,0,1
^FN4^FS
^PQ1,0,1,Y
^XZ

```

Obr. 70. Vzor zprávy.

Tabulka 11: ZPL II - popis vzoru zprávy [13].

^XA	Začátek zprávy.
^DFE	Uložení zprávy do tiskárny na jednotku "E:" jako vzor s názvem "VZOR.ZPL".
^FT 345, 110	Začátek textového bloku a nastavení jeho polohy v bodech (X = 345, Y = 110).
^A 0 N, 58, 57	Nastavení fontu (0), orientace (N), šířky (58 bodů) a výšky (57 bodů).
^FH \	Zvolení symbolu "\", za kterým bude uvedena hexadecimální hodnota ASCII znaku.
^FN 1	Číslo datového bloku parametru.
^FS	Konec příkazu textového bloku.
^BY	Nastavení modulu bar kódu.
^BX	Nastavení Data Matrix Bar kódu.
^PQ	Nastavení tisku jedné etikety.
^XZ	Konec zprávy.

4.8.4.2 Kód zprávy při použití vzoru

```

^XA^XFE:VZOR.ZPL
^FN1^FDP12345678^FS
^FN2 ^FDTDDMMYYHHMM^FS
^FN3^FDV36401^FS
^FN4^FH\^FDP12345678\23TDDMMYYHHMM\23V36401\23^FS
^PQ1,0,1,Y^XZ

```

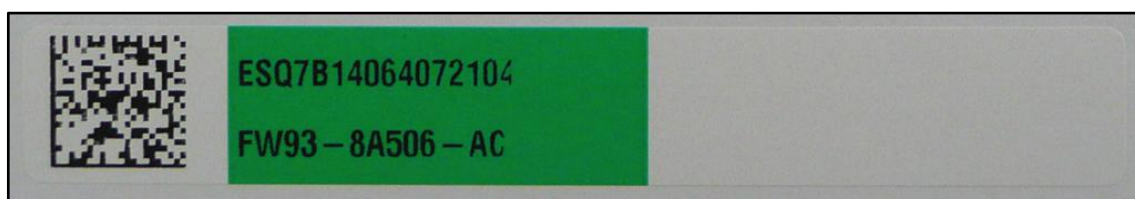
Obr. 71. Zpráva 1.

Tabulka 12: ZPL II - popis zprávy s využitím vzoru v tiskárně [13].

^XA	Začátek zprávy.
^XFE:	Volání uloženého vzoru zprávy na jednotce "E:" s názvem "VZOR.ZPL".
^FN 1	První datový blok zprávy.
^FD	Označení počátku znaků datového bloku.
^FS	Konec příkazu datového bloku.
^FN 2, 3	Datové bloky 2 a 3.
^FN 4	Datový blok pro 2D kód.
^FH \	Zvolení symbolu "\", za kterým bude uvedena hexadecimální hodnota ASCII znaku (znaky "\23" budou nahrazeny symbolem "#").
^PQ	Nastavení tisku jedné etikety.
^XZ	Konec zprávy.

4.8.5 Etiketa 15 mm

Druhá zpráva má být podle požadavků zákazníka vytisknuta na 15 mm vysokou samolepicí etiketu, kde bude jako první zleva umístěn 2D kód formátu Data Metrix a dvě textová pole (Obr. 72).



Obr. 72. Etiketa 15mm.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracování návrhu a samotná realizace univerzálního testovacího zařízení pro měření těsnosti sériově vyráběných trubek. Základem bylo především seznámení se s možnostmi stávajícího řešení, jeho analýza a návrh nového řešení. Dalším neopomenutelným krokem bylo nastudování možností použitých technologií a jejich vzájemná komunikace.

Navržené řešení eliminuje možné chyby obsluhy, především odpovědnost za nastavení správných testovacích parametrů a zkracuje dobu potřebnou pro změnu testovaného artiklu. Po jednoduchém připojení základního přípravku pomocí propojů s konektory je zařízení připraveno k sériové výrobě včetně nastavení volitelných kontrol a správných testovacích parametrů. Odpovědnost za nastavení je přesunuta na vyšší úroveň technologů, kteří mají po zadání hesla možnost tato nastavení měnit.

Pro zlepšení komunikace mezi obsluhou a strojem jsou na HMI zobrazovány probíhající kroky a nápovědy. Případné chybové stavy jsou doplněny stručným popisem, jež má usnadnit a zrychlit opravu zařízení.

Z ekonomického hlediska by vyšlo pořízení původního zařízení (270 tis. Kč) včetně detektoru (180 tis. Kč) na 450 tis. Kč. V současné době jsou v provozu dvě nové univerzální zařízení a 27 základních přípravků. Pořízení 27 původních zařízení včetně detektorů by stálo více jak 12,1 mil. Kč. Další variantou by bylo pořízení 27 původních zařízení s pouze dvěma detektory, které by se podle potřeby vyměňovaly, což by stálo víc než 7,6 mil. Kč. Při použití univerzálního zařízení (210 tis. Kč) jehož cena včetně detektoru je 390 tis. Kč a 27 základních přípravků s průměrnou cenou každého z nich 135 tis. Kč výše investice nepřesáhla 4,5 mil. Kč.

Výsledné řešení logicky vyplývá ze současného trendu snižování výrobních nákladů a investic, nutnosti rychlé reakce na zákaznické požadavky a reakcí na snižování objemů sériové výroby.

CONCLUSION

The aim of the Diploma Thesis was to design and then make a universal testing device for the performance of high volume pipe leak tests. The prerequisite was to get acquainted with possibilities of the existing solution, its analysis and a design of a new solution. Another important step was the study of possibilities of the processes used and their mutual communication.

The proposed design eliminates potential operator errors, especially the responsibility to correctly set the test parameters and it shortens the time necessary for testing of the given part. After a simple connection of the clamping fixture using snap connectors, the unit is ready for batch production including the setting of optional checks and correct test parameters. The responsibility for the setting is moved to a higher level of process engineers. The change of setting is protected by password.

To improve the communication between the operator and the machine, HMI displays current steps and help. Potential error statuses are amended with a brief description facilitating and expediting the correction of the status.

In respect to the economy, the cost of the original device (CZK 270,000) including a detector (CZK 180,000) would amount to CZK 450,000. Two new universal units and 27 clamping fixtures are currently in operation. The purchase of 27 original devices including detectors would cost over CZK 12.1 mil. Another option would be a purchase of 27 original devices with two detectors only which could be changed as needed - that would amount to over CZK 7.6 mil. Using the universal unit (CZK 210,000), the cost of which including the detector is CZK 390,000 and 27 clamping fixtures with an average price of CZK 135,000, reduced the overall investment to CZK 4.5 mil.

The resulting solution is a logical outcome of the current trend of operating cost and investment reduction, a need to quickly respond to customer requirements and a response to the batch production volume reduction.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Co je to netěsnost (únik)? *Měření těsnosti – tlak, průtokoměry*. [online]. 8.1.2014 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://merenitesnosti.cz/co-je-to-netesnost-unik/>
- [2] Zkoušky těsnosti a úniků. *Měření těsnosti – tlak, průtokoměry*. [online]. [13.1.2014] [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://merenitesnosti.cz/zkousky-tesnosti-a-uniku/>
- [3] HRUŠKA, František. Technické prostředky integrované automatizace [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012 [cit. 2014-01-16]. ISBN 978-80-7454-234-3. Dostupné z: <https://dspace.k.utb.cz/handle/10563/18664>
- [4] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 160 s. ISBN 80-010-2925-5.
- [5] Firemní literatura k operátorským panelům Mitsubishi Electric.
- [6] Firemní literatura k programovatelným automatům Mitsubishi Electric.
- [7] Firemní literatura k průmyslové tiskárně Zebra Technologies Corporation.
- [8] MITSUBISHI ELECTRIC. *PLC Melsec FX: Příručka pro začátečníky*. 2011.
- [9] Průmyslová automatizace: Operátorské panely. *AutoCont Control Systems* [online]. 2013 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.accs.cz/FAList?dept=100027>
- [10] ATEQ. *Uživatelský manuál: ATEQ F520*. 2004.
- [11] MITUTOYO. *Katalog měřicích přístrojů 2013/2014*. 2013.
- [12] MITSUBISHI. *Hardware manual: FX1N Series programmable controllers*. 2008.
- [13] ZEBRA TECHNOLOGIES. *ZPL II Programming: Guide*. 2008.
- [14] MITSUBISHI. *MELSEC FX Series: Users Manual (Data Communication Edition)*. 2009.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ASCII	Americký standardní kód pro výměnu informací (American Standard Code for Information Interchange).
cm ³	Centimetr krychlový.
cm ³ /h	Centimetr krychlový za hodinu.
cm ³ /min	Centimetr krychlový za minutu.
cm ³ /s	Centimetr krychlový za sekundu.
GOT	Grafický ovládací terminál (Graphic Operation Terminal).
HMI	Ovládací panel (Human Machine Interface).
l	Litr
ml	Mililitr
ml/min	Mililitr za minutu
ml/s	Mililitr za sekundu
mm ³	Milimetr krychlový
mm ³ /s	Milimetr krychlový za sekundu
NOK	Neshodný díl
OK	Shodný díl
Pa	Pascal
Pa(HR)	Pascal (s velkým rozlišením 0,1 Pa, High Resolution).
Pa(HR)/s	Pascal (s velkým rozlišením 0,1 Pa) za sekundu (High Resolution).
Pa/s	Pascal za sekundu
Pasivátor	Chemická látka, jejímž působením ztrácejí kovy v některém prostředí náchylnost ke korozi.
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller).
PSI	Jednotka tlaku (pound per square inch).
ZPL	Programovací jazyk společnosti Zebra Technologies.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Metoda vzduch - voda.	14
Obr. 2. Metoda helium - voda.....	14
Obr. 3. Detektor Alcatel ASI-20.....	15
Obr. 4. Kazeta s testovaným dílem.	15
Obr. 5. Detektor Ateq F-520.....	16
Obr. 6. Původní testovací zařízení.	17
Obr. 7. Nové testovací zařízení.....	19
Obr. 8. Zakládací přípravek.	20
Obr. 9. Funkční požadavky.....	23
Obr. 10. Případy užití.....	23
Obr. 11. Nefunkční požadavky.	24
Obr. 12. Diagram nasazení.	25
Obr. 13. Zpracování programu [8].....	26
Obr. 14. Přehled kompaktních automatů řady Melsec Fx [8].....	26
Obr. 15. Záložní baterie.	27
Obr. 16. HMI série GT10XX [9].	29
Obr. 17. Princip měření detektoru F520 [10].....	29
Obr. 18. Fáze testovacího cyklu F520 [10].....	30
Obr. 19. Úchylkoměr 543-280B [11].....	32
Obr. 20. Stavý výstupních signálů [11].	32
Obr. 21. Tiskárna Zebra ZM600.....	33
Obr. 22. Indukční snímač.....	34
Obr. 23. Magnetický snímač.....	35
Obr. 24. Optický snímač.	36
Obr. 25. Elektropneumatický terminál.	36
Obr. 26. Pneumatický lineární válec.....	37
Obr. 27. Diagram přepínání obrazovek.	39
Obr. 28. Základní obrazovka.	39
Obr. 29. Nulování počítadel kusů.	40
Obr. 30. Obrazovka dalšího výběru.	41
Obr. 31. Obrazovka dalšího výběru nastavení.....	41
Obr. 32. Obrazovka dalšího výběru.	42

Obr. 33. Zobrazení nastavení přípravku 1/2.	42
Obr. 34. Zobrazení nastavení přípravku 2/2.	43
Obr. 35. Informační obrazovka.	44
Obr. 36. Nastavení přípravku 1/2.	44
Obr. 37. Nastavení přípravku 2/2.	45
Obr. 38. Servisní obrazovka.	46
Obr. 39. Vstupy 1/2.	46
Obr. 40. Vstupy 2/2.	47
Obr. 41. Výstupy.	47
Obr. 42. Přehledy.	48
Obr. 43. Stavový diagram zapnutí PLC.	49
Obr. 44. Stavový diagram PLC - RUN.	50
Obr. 45. Stavový diagram řízení zapnuto.	51
Obr. 46. Podmínky pro splnění kontroly základní polohy.	52
Obr. 47. Podmínky pro splnění kontroly zajištění kusu.	53
Obr. 48. Vyhodnocení měření roviny.	55
Obr. 49. Připojovací konektory přípravku.	57
Obr. 50. Výpočet čísla přípravku.	57
Obr. 51. Přehled datových registrů [12].	59
Obr. 52. Načtení čísla přípravku.	59
Obr. 53. Výpočet posunutí počátku adresy sady parametrů.	60
Obr. 54. Výpočet adresy a přesun sady parametrů.	60
Obr. 55. F520 - konektor J3 [10].	61
Obr. 56. Nastavení výstupů PLC pro výběr programu F520.	62
Obr. 57. Kontrola držáku.	64
Obr. 58. Měření délky.	64
Obr. 59. Elektrické zapojení úchytkoměru.	65
Obr. 60. Měření roviny.	66
Obr. 61. Negování vstupů měření roviny.	67
Obr. 62. Vyhodnocení měření roviny.	67
Obr. 63. Komunikační rozhraní RS232C.	68
Obr. 64. Nastavení přenosových parametrů v PLC.	69
Obr. 65. Nastavení komunikačního formátu [14].	69

Obr. 66. Vymezení oblasti paměti.	70
Obr. 67. Převod reálných hodin.	71
Obr. 68. Posun a spojení ASCII znaků.	72
Obr. 69. Etiketa 35mm.	73
Obr. 70. Vzor zprávy.	74
Obr. 71. Zpráva 1.	75
Obr. 72. Etiketa 15mm.	75
Obr. 73. Požadavek zákazníka na obsah 15mm etikety.	76
Obr. 74. Zpráva 2.	76
Obr. 75. Tabulka ASCII znaků [13].	87

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Seznam vstupů.....	21
Tabulka 2. Seznam výstupů.....	22
Tabulka 3. Signály kontroly délky.....	53
Tabulka 4. Příklad BCD instrukce.....	62
Tabulka 5. Signály vyhodnocení měření detektoru.....	63
Tabulka 6. Signály vyhodnocení měření délky.....	65
Tabulka 7. Transformace signálů z úchylkoměru roviny v toleranci.....	66
Tabulka 8. Nastavení komunikačních parametrů.....	69
Tabulka 9. Rozdělení ASCII znaků.....	72
Tabulka 10. Spojení ASCII znaků.....	72
Tabulka 11: ZPL II - popis vzoru zprávy [13].....	74
Tabulka 12: ZPL II - popis zprávy s využitím vzoru v tiskárně [13].....	75
Tabulka 13: ZPL II - popis zprávy bez využití vzoru v tiskárně [13].....	76

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Tabulka zapojení přípravků.
- P II Tabulka ASCII znaků.

PŘÍLOHA P II: TABULKA ASCII ZNAKŮ

Table 2 • Zebra Used ASCII Code

HEX	Character	HEX	Character	HEX	Character	HEX	Character
00	NUL	20	Space	40	@	60	`
01	SOH	21	!	41	A	61	a
02	STX	22	"	42	B	62	b
03	ETX	23	#	43	C	63	c
04	EOT	24	\$	44	D	64	d
05	ENQ	25	%	45	E	65	e
06	ACK	26	&	46	F	66	f
07	BEL	27	'	47	G	67	g
08	BS	28	(	48	H	68	h
09	HT	29	)	49	I	69	i
0A	LF	2A	*	4A	J	6A	j
0B	VT	2B	+	4B	K	6B	k
0C	FF	2C	,	4C	L	6C	l
0D	CR	2D	-	4D	M	6D	m
0E	SO	2E	.	4E	N	6E	n
0F	SI	2F	/	4F	O	6F	o
10	DLE	30	0	50	P	70	p
11	DC1	31	1	51	Q	71	q
12	DC2	32	2	52	R	72	r
13	DC3	33	3	53	S	73	s
14	DC4	34	4	54	T	74	t
15	NAK	35	5	55	U	75	u
16	SYN	36	6	56	V	76	v
17	ETB	37	7	57	W	77	w
18	CAN	38	8	58	X	78	x
19	EM	39	9	59	Y	79	y
1A	SUB	3A	:	5A	Z	7A	z
1B	ESC	3B	;	5B	[	7B	{
1C	FS	3C	<	5C	\	7C	|
1D	GS	3D	=	5D	]	7D	}
1E	RS	3E	>	5E	^	7E	~
1F	US	3F	?	5F	_	7F	DEL

Obr. 75. Tabulka ASCII znaků [13].