

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Otakar Planěk

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Balící stroj pro PET lahve

Bakalářská práce

2024

Otakar Planěk

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Otakar Planěk**
Osobní číslo: **I21061**
Studijní program: **B0714A150008 Automatizace**
Téma práce: **Balící stroj pro PET lahve**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Cílem práce je navrhnout a realizovat balící stroj pro PET lahve s dopravníkovým pásem, čidly polohy, akčními členy, svařovací lištou a pecí.

Obsah teoretické části: Student provede rešerši měřicích a akčních členů, které budou použity pro realizaci zařízení, hardwaru a softwarové podpory PLC.

Obsah praktické části: Student navrhne a bude se podílet na realizaci svařovací linky, kde pomocí dopravníkového pásu přichází jednotlivé PET lahve, zarovnají se do požadovaného balení, zabalí se do fólie a zabalené lahve odchází do pece, kde dojde k zatavení fólie. Linka bude řízena pomocí PLC.

Rozsah pracovní zprávy: **50**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
MARTINÁSKOVÁ, Marie. Programovací jazyky pro PLC. Automatizace, ročník 47, číslo 6, 2004.
BALÁŤE, J. Automatické řízení. 2 vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. ledna 2024

Prohlášení

Prohlašuji, práci s názvem Balící stroj pro PET lahve jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice. s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Pardubice 28. duben 2024

.....
Otakar Planěk

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Danielu Honcovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, jeho čas a trpělivost při mé tvorbě bakalářské práce a firmě Horákova benátecká sodovkárna za umožnění realizace projektu.

Anotace

Tato práce se zabývá problematikou balení PET lahví, konkrétně návrhem a realizací balicího stroje pro tyto lahve. Cílem práce je detailní analýza požadavků, návrh konceptuálního řešení a implementace výsledného balicího stroje s využitím moderních technologií automatizace a řízení procesů. Výsledkem práce je funkční balicí stroj, schopný plnit požadavky na efektivitu, spolehlivost a kvalitu balení PET lahví.

Klíčová Slova

PLC; výrobní linka; balicí stroj; Automatizace

Title

Packaging machine for PET bottles

Annotation

This work deals with the issue of packaging PET bottles, specifically the design and implementation of a packaging machine for these bottles. The goal of the work is a detailed analysis of requirements, design of a conceptual solution and implementation of the resulting packaging machine using modern automation and process control technologies. The result of the work is a functional packaging machine capable of meeting the requirements for efficiency, reliability and quality of PET bottle packaging.

Key Words

PLC; production line; packing machine; Automatization

Obsah

Úvod	8
1. Teoretická část	9
1.1 Historie balení vody	9
1.1.1 Starověké civilizace	9
1.1.2 Středověk a renesance	9
1.1.3 18. a 19. století	9
1.1.4 20. století	10
1.1.5 Moderní éra	10
1.2 Polyethylentereftalát (PET) lahve	11
1.2.1 Lehkost a pevnost	11
1.2.2 Průhlednost	11
1.2.3 Chemická odolnost	12
1.2.4 Recyklovatelnost	12
1.2.5 Nízká propustnost	12
1.3 Polyethylenová (PE) fólie	13
1.3.1 LDPE (Low-Density Polyethylene)	13
1.3.2 HDPE (High-Density Polyethylene)	13
1.3.3 LLDPE (Linear Low-Density Polyethylene)	13
1.3.4 Pružnost a tvarovatelnost	13
1.3.5 Odolnost proti vlhkosti a průniku	13
1.3.6 Recyklovatelnost	14
1.4 Použité technologie v balících strojích	14
1.4.1 Dopravníkový systém	14
1.4.2 Senzory polohy	14
1.4.3 Svařovací lišta	14
1.4.4 PLC (Programmable Logic Controller)	15
1.4.5 Indukční senzor polohy	15
1.4.6 Teplotní senzor	16
1.4.7 Optické senzor polohy	16
1.4.8 Kapacitní senzor polohy	17
1.5 Programovatelný logický automat	17
1.6 Typy PLC Rozdělení	18

1.6.1	Průběh programu PLC	18
1.6.2	Programovací jazyky	19
1.6.3	Structured Control Language (SCL)	21
1.7	IDEC FC4A-C24R2X	21
1.7.1	Hlavní vlastnosti a specifikace	22
2.	Praktická část	24
2.1	Analýza požadavků na balicí stroj	24
2.2	Odůvodnění způsobu repase balicího stroje	24
2.3	Kontrola stavu stroje před repasováním	25
2.4	Popis funkce stroje před repasováním	25
2.5	Seznam repasí	26
2.5.1	Přidržovací píst	26
2.5.2	Pomocné vodící zábradlí	27
2.5.3	Termostat	27
2.5.4	Teplota svařování	27
2.5.5	Svařovací lišta	28
2.5.6	Zásobníky pro balicí folii	29
2.5.7	Přítlaky	30
2.5.8	Přidržené kartáče s počítadlem	30
2.5.9	Ovládací panel	31
2.5.10	Píst posuvu lahví	32
2.6	Program PLC	33
2.7	Vývojový diagram	39
2.8	Popis funkce stroje	40
2.9	Popis možných chyb	40
2.10	Popis nastavitelných částí	41
	Závěr	46
	Použitá literatura	47
	Seznam příloha	49

Seznam obrázků

1.1	Panathénajská amfora s bohyní Athénou (DARVILL, 2002)	10
1.2	Preforma pro výrobu PET lahvý	11
1.3	Vyfouknutá PET lahev	12
1.4	Indukční Senzor	15
1.5	Optický Senzor	16
1.6	Kapacitní Senzor	17
1.7	Programová smyčka (ŠMEJKAL, 2002)	19
1.8	Ukázka jazyka LAD	19
1.9	Ukázka jazyka FBD	20
1.10	Ukázka jazyka SCL	21
1.11	Jednotka IDEC FC4A-C24R2X	22
2.1	Přidržení balení při svařování folie	26
2.2	Termostat svařovací teploty	27
2.3	Svařovací lišta	28
2.4	Vrchní zásobník folie	29
2.5	Spodní zásobník folie	30
2.6	Přidržené kartáče s optickým čidlem počítání	31
2.7	Ovládací panel	32
2.8	Píst vysunutí výrobku pro svaření folie	33
2.9	Program 1-8	34
2.10	Program 9-14	35
2.11	Program 15-21	36
2.12	Program 22	37
2.13	Soupis popisu vstupů	37
2.14	Ukázka monitoru PLC v programovacím PC	38
2.15	Vstup výrobků do balicího stroje	43
2.16	Dokončený výrobek před smrštěním folie	44
2.17	Výstup po zabalení do pece na smrštění folie	45
2.18	Hotový finální výrobek	45

Seznam zkratek a značek

Pro snazší orientaci v textu zde čtenáři předkládáme přehled základního značení, které se v celé práci vyskytuje.

PLC	programovatelný logický automat
ISBN	International Standard Book Number
PET	Polyethylen – Tereftalát
LAD	Ladder Diagram
FBD	Function Block Diagram
SCL	Structured Control Language
LDPE	Low-Density Polyethylene
HDPE	High-Density Polyethylene
LLDPE	Linear Low-Density Polyethylene

Úvod

Balení PET lahví je klíčovým prvkem v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. S rostoucí poptávkou po balených produktech stoupá i důležitost efektivity a spolehlivosti balicích strojů, které jsou schopny zvládnout vysoké objemy výroby a zároveň zajistit kvalitní a hygienické balení. Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh a realizaci balicího stroje pro PET lahve. Tento stroj je navržen s využitím moderních technologií automatizace a řízení procesů, které umožňují efektivní a spolehlivé balení PET lahve.

Teoretická část

1.1 Historie balení vody

Balení vody je možná jednou z nejstarších forem balení nápojů, i když se do moderních forem vyvinulo teprve nedávno. Historie balení vody sahá tisíce let do minulosti, kdy lidé začali objevovat způsoby, jak uchovávat pitnou vodu na delší dobu. Zde je stručný přehled klíčových událostí v historii balení vody:

1.1.1 Starověké civilizace

Starověké civilizace jako Egypt, Řecko a Řím vyvinuly rozvinuté techniky pro skladování a distribuci vody. Voda byla často skladována v uzavřených keramických nádobách a amforách na obrázku 1.1, aby se minimalizovala kontaminace a ztráty kapalin. Tyto nádoby sloužili nejen k pití, ale také k rituálním a obřadním účelům. (Azure, 2015)

1.1.2 Středověk a renesance

Během středověku a renesance se technologie balení vody zlepšovala. V některých částech Evropy se k uchování vody používaly dřevěné sudy a nádoby, zejména ve středověkých hradech a kláštrech. Tyto nádoby byly často vybaveny víky a zátkami, aby se zabránilo kontaminaci vody. (Azure, 2015)

1.1.3 18. a 19. století

V průběhu 18. a 19. století začaly vznikat první skleněné lahve používané k balení vody. Tyto láhve umožňovaly distribuci minerálních vod na delší vzdálenosti a staly se oblíbenými zejména v lázeňských městech, kde byly minerální prameny považovány za léčivé. Lahve byly zapečetěny



Obrázek 1.1: Panathénajská amfora s bohyní Athénou (DARVILL, 2002)

voskem nebo korkem a často byly opatřeny etiketou s informacemi o obsahu, složení a původu vody. (WILK, 2006)

1.1.4 20. století

Ve 20. století se s rozvojem průmyslové technologie začaly používat nové materiály pro balení vody. Vynález polyethylentereftalátu (PET) v 70. letech umožnil výrobu lehkých, flexibilních a odolných plastových lahví, které se staly dominantní formou pro balení vody. Plastové lahve byly cenově dostupné, snadno recyklovatelné a odolné vůči poškození, což vedlo k jejich široké distribuci po celém světě. (GLEICK, 2010)

1.1.5 Moderní éra

V dnešní době je balená voda nepostradatelnou součástí života a existuje obrovský trh s mnoha různými typy a značkami vody. Kromě PET lahví jsou k dispozici také skleněné lahve, kartonové obaly a další alternativy. S rostoucím zaměřením na udržitelnost a ochranu životního prostředí je kladen stále větší důraz na recyklaci a snižování plastového odpadu u balených vod. (GLEICK, 2010)



Obrázek 1.2: Preforma pro výrobu PET lahvý

1.2 Polyethylentereftalát (PET) lahve

Polyethylentereftalát (PET) je termoplastický polymer běžně používaný k výrobě lahví a nádob pro různé kapaliny, včetně vod, džusů, nápojů, olejů a kosmetických produktů. PET lahve mají několik výhod, díky kterým jsou oblíbené pro balení:

1.2.1 Lehkost a pevnost

PET lahve jsou lehké, takže se s nimi snadno manipuluje. Jsou dostatečně pevné, aby chránily obsah před poškozením během přepravy a skladování. (EBNESAJJAD, 2012)

1.2.2 Průhlednost

PET materiál je průhledný, což spotřebitelům umožňuje vidět obsah lahve, jenž je důležité při výběru nápoje nebo produktu. (EBNESAJJAD, 2012)



Obrázek 1.3: Vyfouknutá PET lahev

1.2.3 Chemická odolnost

PET lahve odolávají chemickým účinkům mnoha látek a zajišťují dlouhou trvanlivost produktů uvnitř. (EBNESAJJAD, 2012)

1.2.4 Recyklovatelnost

PET je jedním z plastů, který lze nejvíce recyklovat. Recyklace PET lahví je velmi efektivní a umožňuje snížit množství odpadu a šetřit přírodní zdroje. (EBNESAJJAD, 2012)

1.2.5 Nízká propustnost

PET materiál má nízkou propustnost kyslíku, což pomáhá chránit obsah lahve před oxidací a znehodnocením. (EBNESAJJAD, 2012) PET lahve jsou široce používány po celém světě a mají mnoho aplikací v potravinářském, nápojovém a farmaceutickém průmyslu. Jsou symbolem pohodlí, bezpečnosti, odolnosti a udržitelnosti ve světě spotřebitelských výrobků. (EBNESAJJAD, 2012)

1.3 Polyethylenová (PE) fólie

Polyethylen je termoplastický polymer Běžně používaný k výrobě fólií a obalů díky své flexibilitě, odolnosti a široké dostupnosti. Existuje mnoho různých typů polyethylenových fólií, ale nejčastěji používané jsou:

1.3.1 LDPE (Low-Density Polyethylene)

LDPE fólie je měkká, flexibilní a průhledná. Běžně se používají k výrobě pytlů na odpadky, obalů na potraviny a balicích materiálů. LDPE má vysokou odolnost proti průniku vody a plynů, což z něj činí ideální materiál pro balení potravin. (YAM, 2009)

1.3.2 HDPE (High-Density Polyethylene)

HDPE fólie je tvrdší a odolnější než LDPE fólie. Běžně se používá k výrobě nápojových lahví, obalů na čisticí prostředky a různých průmyslových obalů. HDPE má vynikající odolnost proti chemikáliím a UV záření, díky čemuž je vhodným materiálem pro venkovní aplikace. (YAM, 2009)

1.3.3 LLDPE (Linear Low-Density Polyethylene)

LLDPE fólie má kombinaci LDPE a HDPE. Jsou měkké, pružné a odolné proti průniku vody a plynu. Běžně se používají k výrobě nákupních tašek, zemědělských fólií a obalů palet. (YAM, 2009)

Polyethylenové fólie mají několik výhod, díky kterým jsou oblíbené pro balení a obalové účely:

1.3.4 Pružnost a tvarovatelnost

PE fólie se snadno tvaruje a přizpůsobí se různé tvary a velikosti produktů. (YAM, 2009)

1.3.5 Odolnost proti vlhkosti a průniku

PE fólie pomáhá chránit před vlhkostí, prachem a vnějšími vlivy, kromě toho pomáhá prodloužit životnost balených produktů. (YAM, 2009)

1.3.6 Recyklovatelnost

Polyethylenová fólie lze recyklovat a znovu použít, čímž se sníží odpad a šetří přírodní zdroje. (YAM, 2009)

PE fólie je široce používána v potravinářském průmyslu, průmyslu osobní péče, stavebnictví a dalších průmyslových odvětvích pro balení, ochranu a izolaci různých produktů. Jsou jedním z nejoblíbenějších typů obalových materiálů pro svou dostupnou cenu a vlastnosti. (YAM, 2009)

1.4 Použité technologie v balicích strojích

Popis technologií používaných v balicích strojích pro PET lahve zahrnuje širokou škálu vybavení a procesů, které jsou potřebné pro efektivní a spolehlivé balení vody a dalších nápojů. Mezi klíčové technologie patří:

1.4.1 Dopravníkový systém

Dopravníkové pásy jsou základní součástí balicích strojů pro PET lahve. Tyto systémy umožňují přepravu lahví z jednoho pracovního stanoviště na druhé a usnadňují nepřetržitou výrobu. Moderní dopravníkové systémy jsou často vybaveny snímači polohy a systémy pro řízení rychlosti a směru pohybu láhví. (SOROKA, 2002)

1.4.2 Senzory polohy

Senzory polohy jsou důležitou součástí balicího stroje pro detekci polohy láhví během procesu balení. Tyto senzory umožňují stroji přesně určit polohu lahve na dopravníku a řídit manipulaci s lahví během procesu balení. Mezi nejčastěji používané senzory polohy patří fotosenzory, ultrazvukové senzory a indukční snímače. (SOROKA, 2002)

1.4.3 Svařovací lišta

Svařovací lišta je zařízení používané ke svaření fóliového obalu kolem láhví. Tato technologie vytváří pevný a hygienický obal, který chrání obsah lahve před kontaminací a znečištěním.



Obrázek 1.4: Indukční Senzor

Moderní svařovací lišty jsou často vybaveny elektronickými senzory a regulátory teploty, které umožňují přesné a konzistentní svařování fólie. (SOROKA, 2002)

1.4.4 PLC (Programmable Logic Controller)

PLC je základní řídicí prvek stroje pro balení PET lahví. Tento programovatelný hardware umožňuje řízení různých procesů a zařízení v průmyslovém prostředí. PLC přijímá vstupy ze senzorů, provádí logické operace a generuje výstupy pro akční členy, což umožňuje automatické řízení celého procesu balení. (SOROKA, 2002)

1.4.5 Indukční senzor polohy

Princip: Indukční senzory polohy využívají principu elektromagnetické indukce k detekci přítomnosti kovových předmětů. Senzor obsahuje cívku, která vytváří magnetické pole na obrázku 1.4. Když je v blízkosti senzoru umístěn kovový předmět, tento předmět ovlivní magnetické pole a způsobí změnu elektrického proudu v cívce. Tato změna proudu je detekována a interpretována jako přítomnost kovového předmětu. (YURISH, 2012)

Použití: Indukční senzory se běžně používají v průmyslových aplikacích k detekci polohy kovových součástí, jako jsou šrouby, matice, plechy nebo trubky. Jsou odolné vůči prachu, vodě a mechanickému oděru, díky čemuž jsou vhodné do špinavého prostředí. (YURISH, 2012)



Obrázek 1.5: Optický Senzor

1.4.6 Teplotní senzor

Princip: Teplotní senzory měří teplotu okolního prostředí nebo objektu pomocí fyzikálních změn v různých materiálech. Existuje několik typů teplotních senzorů, včetně termistorů, termoelektrických senzorů a tepelně závislých odporů. Tyto senzory měří změnu odporu, napětí nebo proudového signálu v závislosti na teplotě. (SINCLAIR, 2001)

Použití : Teplotní senzory jsou široce používány v průmyslových procesech pro sledování teploty v různých aplikacích, jako jsou pece, chladicí systémy, automobilové motory a elektronické zařízení. Dodávají se v různých typech a provedeních vhodných pro různé teplotní rozsahy a prostředí. (SINCLAIR, 2001)

1.4.7 Optické senzor polohy

Princip: Optické senzory polohy využívají světelné paprsky k detekci přítomnosti nebo nepřítomnosti objektů. Senzor obsahuje zdroj světla (například LED) a před ním umístěný foto detektor. Na obrázku 1.5 Když je objekt umístěn mezi zdroj světla a foto detektor, paprsek se přeruší, což způsobí změnu výstupního signálu foto detektoru. (BOLTON, 2015)

Použití: Optické senzory se běžně používají v průmyslových aplikacích k detekci polohy a přítomnosti objektů na dopravníkových pásmech, výrobních linkách a robotických systémech. Jsou rychlé, spolehlivé a vhodné pro detekci objektů různých velikostí a materiálů. (BOLTON,



Obrázek 1.6: Kapacitní Senzor

2015)

1.4.8 Kapacitní senzor polohy

Princip: Kapacitní senzory polohy využívají ke zjištění přítomnosti předmětu, změnu kapacity mezi dvěma elektrodami. Na obrázku 1.6 Když se objekt umístěn v blízkosti senzoru, změní se kapacita elektrod, což způsobí změnu elektrického signálu. Tato změna signálu je detekována a interpretována jako přítomnost nebo poloha objektu. (YURISH, 2012)

Použití: Kapacitní senzory se běžně používají v průmyslových aplikacích k detekci polohy a přítomnosti objektů, zejména ve špinavém nebo velmi vlhkém prostředí. Jsou vhodné pro detekci nekovových materiálů jako jsou plastové lahve, gumové díly nebo papírové obaly.(YURISH, 2012)

1.5 Programovatelný logický automat

Programovatelné logické automaty jsou určeny pro řízení průmyslových a technologických procesů. Tento automat bývá nejčastěji označován zkratkou PLC. Výhodou těchto automatů jsou kompaktní rozměry, modulárnost a rychlá realizace projektů. Jedná se o velmi spolehlivý nástroj. V technických nástrojích naleznete diagnostické nástroje pro kontrolu chodu systému,

kteře umožňují rychle najít chyby. PLC mají řídicí jednotku, komunikační rozhraní a vstupy a výstupy, z nichž většina je binárních, ale mohou být i analogové. (ŠMEJKAL,2002)

PLC lze ovládat pomocí přímého řízení a zpětnovazebního řízení. Při přímém řízení působí přímo na ovládaný objekt a nehledí na stav dosažený ve výsledku. K programovatelnému automatu jsou připojeny pouze akční členy, které pracují na ovládaném objektu připojeném ke stroji. Při zpětnovazebním řízení jsou informace o stavu řízeného objektu získávány programovatelným automatem. Během řízení porovnává požadované hodnoty se skutečnými hodnotami a na základě povolené odchylky upravuje akční zásahy, pro dosažení žádané hodnoty. (ŠMEJKAL,2002)

1.6 Typy PLC Rozdělení

PLC se mohou lišit v rozměrech, počtu vstupů a výstupů, a možnosti rozšíření. PLC se dělí na modulární, micro a kompaktní. (ŠMEJKAL,2002)

Micro PLC je nejlevnější a nejmenší systém. Poskytuje pouze pevný a omezený pevný počet vstupů a výstupů. Typickou aplikací je ovládání jednoduchých strojů nebo mechanismů. (ŠMEJKAL,2002)

Kompaktní PLC poskytuje komunikační rozhraní, pevný počet integrovaných vstupů a výstupů a možnost připojení omezeného počtu modulů pro rozšíření funkcionality. (ŠMEJKAL,2002)

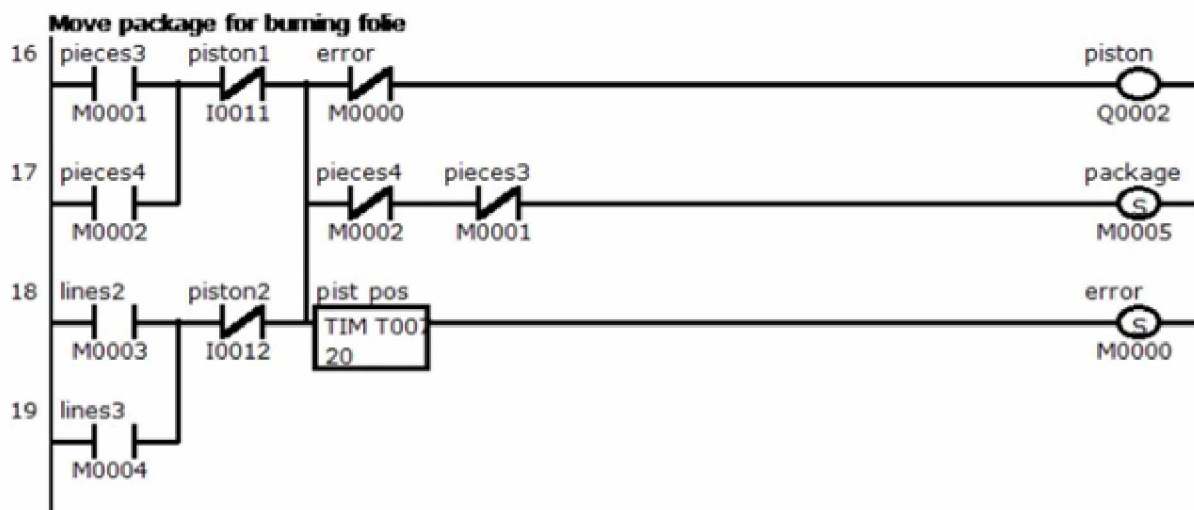
Modulární PLC jsou skládány ze centrální řídicí jednotky, ke které jsou připojovány moduly. Toto řešení nabízí velkou variabilitu a možnost připojení velkého množství modulů. Moduly lze připojit přímo k centrální jednotce, nebo na vzdálenost několika set metrů. Moduly poskytují digitální a analogové vstupy a výstupy, komunikační rozhraní a různé technologické funkce. (ŠMEJKAL, 2002)

1.6.1 Průběh programu PLC

Program se skládá ze sekvence instrukcí a jazykových příkazů. Výchozí režim chodu programu je v cyklické programové smyčce, která je znázorněna na obrázku 1.7. Programátor se nemusí starat návrat programu na začátek nebo konec, o to se postará systém. Program nepracuje s aktuálními hodnotami vstupů a výstupů, ale s jejich obrazy uloženými v paměti. Na začátku programového cyklu systém zapíše vstupní a výstupní hodnoty, aktualizuje časovače, uloží systémové registry



Obrázek 1.7: Programová smyčka (ŠMEJKAL, 2002)

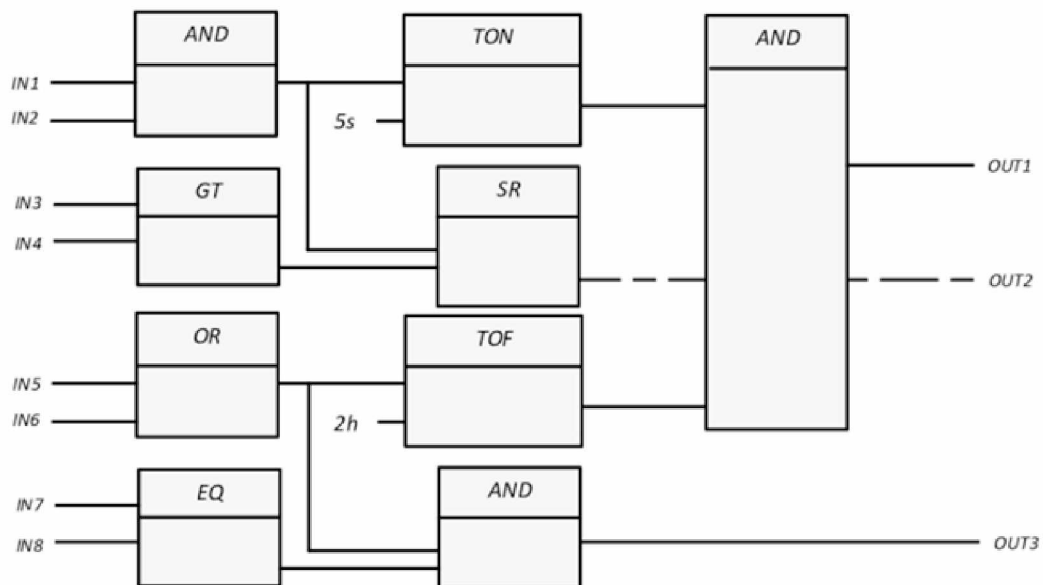


Obrázek 1.8: Ukázka jazyka LAD

a ošetří komunikaci. Následně je předáno řízení řešení uživatelského programu a nakonec se zapíše výstupy, a program se vrátí zpět na začátek cyklu. (ŠMEJKAL, 2002)

1.6.2 Programovací jazyky

Programování PLC využívá specializované jazyky, které usnadňují vytváření logických funkcí. Programovací jazyky od různých výrobců jsou podobné, ale nemusí být přímo přenosné mezi jednotlivými PLC různých výrobců. (ŠMEJKAL, 2002)



Obrázek 1.9: Ukázka jazyka FBD

Ladder Diagram (LAD)

Ladder diagram se v češtině nazývá jazyk kontaktního pole. Jedná se o grafický zápis programu, jak možné vidět na obrázku 1.8. Program je při práci s kontaktními prvky zobrazen jako nakreslený schematicky a zpracovává zleva doprava. Symboly kontaktu a cívky jsou zjednodušeny, takže je lze generovat semigrafickým způsobem. Kontakty se skládají z dvojice svislých čárek a cívky z dvojice závorek. Kromě těchto symbolů se v programu mohou nacházet funkční bloky (např. časovače a čítače), zobrazované jako obdélníkové značky. (ŠMEJKAL,2002)

Jazyk kontaktního pole je vhodný pro programování jednoduchých logických operací a programátor nemusí umět klasické počítačové programování. Není vhodný pro vytváření složitějších programů obsahujících složité instrukce. (ŠMEJKAL, 2002)

Function Block Diagram (FBD)

Function Block Diagram neboli jazyk funkčních bloků či jazyk logických schémat je grafický zápis programu viz obrázek 1.9. Zápis se provádí vkládáním základních logických funkcí, které mají podobu obdélníkových značek, jak ukazuje obrázku níže. Jazyk obsahuje nejen základní logické funkce, ale i komplexní funkční bloky, např. čítač, časovač, aritmetické instrukce atd. Funkční bloky mají různé velikosti v závislosti na počtu vstupů a výstupů bloku. Jazyky funkčních

```

1 //----- REGION 1 -----
2 FOR #i := 0 TO 4 DO
3     IF #myArray[#i] = 3 THEN
4         #bAnElementIs3 := TRUE;
5         EXIT;
6     END_IF;
7 END_FOR;
8 //----- REGION 2 -----
9 FOR #i := 0 TO 4 DO
10    IF #myArray[#i] = 3 THEN
11        #bAnElementIs3 := TRUE;
12        EXIT;
13    END_IF;
14 END_FOR;
15 //----- REGION 3 -----
16 FOR #i := 0 TO 4 DO
17    IF #myArray[#i] = 3 THEN
18        #bAnElementIs3 := TRUE;
19        EXIT;
20    END_IF;
21 END_FOR;

```

Obrázek 1.10: Ukázka jazyka SCL

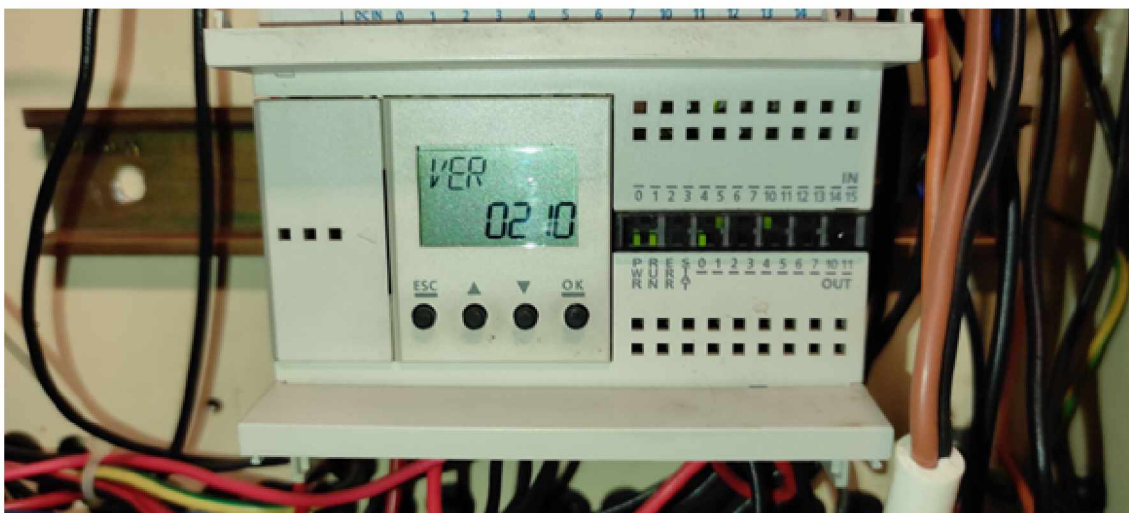
bloků jsou vhodnější pro implementaci složitějších funkcí. (ŠMEJKAL, 2002)

1.6.3 Structured Control Language (SCL)

Structured Control Language do češtiny přeložen jako jazyk strukturovaného textu. Podobá se vyšším programovacím jazykům pro PC viz obrázek 1.10, jak je znázorněno na obrázku níže. Nejvíce se podobá jazyku PASCAL. Obsahuje standardní programovací operátory a řídicí struktury. Jazyky strukturovaného textu jsou vhodné pro složité programy, kde by grafické programovací jazyky ztrácely na jednoduchosti a přehlednosti. (ŠMEJKAL, 2002)

1.7 IDEC FC4A-C24R2X

PLC jednotka IDEC FC4A-C24R2X je kompaktní řídicí jednotka navržená pro různé průmyslové aplikace vyžadující robustní a spolehlivé řízení procesů. Tato jednotka je součástí řady FC4A MicroSmart 1.11, která poskytuje uživatelům flexibilitu, spolehlivost a snadnou integraci do automatizačních systémů. (MicroSmart, 2009)



Obrázek 1.11: Jednotka IDEC FC4A-C24R2X

1.7.1 Hlavní vlastnosti a specifikace

Výkon a vstupy/výstupy:

IDEC FC4A-C24R2X má 24 vstupů/výstupů (14 vstupů a 10 výstupů), které umožňují připojení a řízení různých senzorů, akčních členů a zařízení. Vstupy jsou kompatibilní s širokou škálou signálů, včetně digitálních vstupů pro binární signály a analogových vstupů pro měření napětí nebo proudu. Výstupy umožňují řízení různých zařízení, jako jsou motory, ventily, světelné signály apod. (MicroSmart, 2009)

Komunikace a rozhraní:

PLC jednotka IDEC FC4A-C24R2X je vybavena mnoha komunikačními rozhraními pro propojení s dalšími zařízeními a řídicími systémy. Tato rozhraní zahrnují RS-232C, RS-485 a Ethernet. Tato jednotka podporuje komunikační protokoly jako Modbus RTU, Modbus TCP/IP a ASCII, což umožňuje snadnou integraci do průmyslových sítí a řídicích systémů. (MicroSmart, 2009)

Programování a konfigurace:

IDEC FC4A-C24R2X lze programovat pomocí různých vývojových prostředí, včetně softwaru IDEC WindLDR, který uživatelům poskytuje intuitivní prostředí pro vytváření, úpravu a ladění programů. Uživatelé mohou programovat jednotku v jazyce ladder logic (schodišťová logika), který je běžně používán v průmyslových aplikacích pro programování PLC. (MicroSmart, 2009)

Spolehlivost a odolnost:

PLC jednotka IDEC FC4A-C24R2X je navržena tak, aby splňovala nejvyšší standardy spolehlivosti a odolnosti v průmyslovém prostředí. Jednotka je odolná vůči vibracím, teplotním změnám a elektromagnetickým rušením, což zajišťuje spolehlivý provoz i v náročných podmínkách. Jednotka IDEC FC4A-C24R2X je vhodná pro různé průmyslové aplikace včetně automatizace výrobních linek, řízení procesů, monitorování a řízení systémů budov a mnoho dalšího. Své vlastnosti, výkon a spolehlivost přispívají k efektivitě a bezpečnosti průmyslových provozů.(MicroSmart, 2009)

Praktická část

2.1 Analýza požadavků na balicí stroj

Na začátku praktické části bylo nutné zjistit požadavky pro balicí stroj PET láhví do balíku. Požadavky na stroj byly, aby stroj byl plně automatický s minimem lidského zásahu pro jeho obsluhu, umístění do současných výrobních prostor s nízkými stropy a napojení na již používanou výrobní linku s co nejmenšími stavebními úpravami. Dalším požadavkem byla co nejmenší odstavka výrobní linky. Dalším požadavkem byla možnost přepínat balicí konfiguraci stroje, například balení dvou řad po třech láhvích nebo tři řady po čtyřech láhvích. Dále možnost zpracování různých typů láhví od 0,3 l až po 1,5 l láhve. Láhve jsou různých velikostí a šířek. Mezi další požadavky spadá, aby balicí stroj byl dostatečně rychlý a stíhal zbytek linky. Nejlépe aby byl rychlejší a případně stačil novým strojům při případné repase nebo obměně ostatních strojů na výrobní lince. Posledním požadavkem byla cena, aby konstrukce a provoz stroje byl co nejlevnější a případně i snížit požadavky na náročnost energie při jeho provozu.

2.2 Odůvodnění způsobu repase balicího stroje

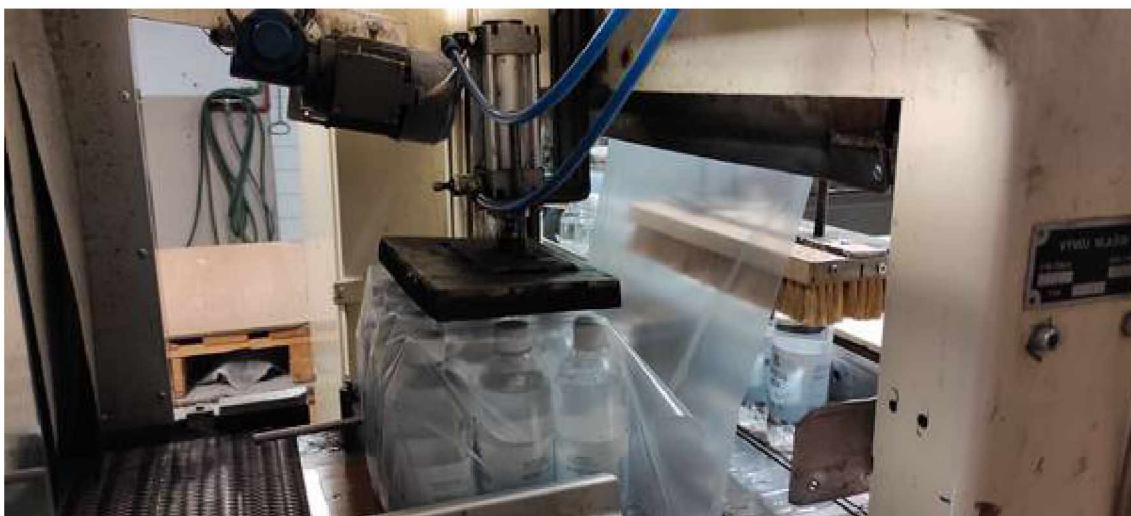
Z důvodů požadavků, obzvláště ceny a prostorové velikosti, byla zvolena možnost repasování starého stroje. Čímž se vyřešil požadavek na velikost a napojení ke zbytku výrobní linky. Přistoupilo se k obměně elektroniky původního stroje a byly doplněny potřebná čidla pro splnění požadavku automatizace stroje. Ve výsledku z původního stroje zůstane pouze kostra, která poslouží jako základ pro nově repasovaný balicí stroj. Koupení či navrhnutí nového stroje od A do Z, tak aby odpovídal požadavkům, by bylo finančně nákladné, a hlavně by se musel nechat vyrobit na zakázku, protože většina těchto strojů je velká a do vyšších výrobních prostor. Dále by montáž a seřízení se zbytkem výrobní linky bylo časově náročnější a vyžadovalo by delší čas na zlepšení výrobní linky.

2.3 Kontrola stavu stroje před repasováním

Stroj před repasováním byl původně poloautomat, potřeboval tedy alespoň jednoho člověka k obsluze. Obsluha řídila stroj pomocí dvou tlačítek, jedno pro posun láhví a druhé pro zavaření balící fólie. Stroj před repasováním obsahoval osazení pro dopravníkový pás, díky kterému se dopravují PET láhve do prostoru pro zabalení. Pístnici dělanou s místem pro čtyři půllitrové láhve v řadě, nastavitelné kartáče pro přidržení láhví. Následně přítlak láhví zastavující láhve před balícím prostorem. Dále svařovací lišta, která měla za úkol svařit balící fólii ve které jsou PET láhve obaleny. Následně stroj obsahoval dva zásobníky pro cívky balící fólie. Jeden je situovaný na spodní části stroje pod pístnicí a druhý na vrchu stroje naproti pístnici pro svařovací lištu. Dále stroj zahrnoval přítlačný píst, který přidržuje láhve při svařování fólie. Poté ovládací panel, na kterém je tlačítko pro start stroje, tlačítko pro svaření fólie, tlačítko pro posun láhví, přepínač pro zastavení příchozích láhví a tlačítko centrální stop. Rozvaděč obsahoval desky plošných spojů, které vykonávaly naprogramované funkcionality a další potřebné silové prvky pro ovládání stroje.

2.4 Popis funkce stroje před repasováním

Stroj byl řízen obsluhou. Láhve přijíždí po dopravníkovém páse do hlavy pístnice. Obsluha musí napočítat správný počet láhví a následně zmáčknout černé tlačítko s názvem „krok“. Při zmačknutí tlačítka se vytáhnou přítlaky a pístnice se vytáhne na první pozici. Následně zajede zpátky na původní polohu a přítlaky se zatáhnou. Tento proces se opakuje podle počtu řad v balení nastavených na ovládacím panelu. Poslední řadu pístnice vytlačí na druhou pozici, a následně se vrátí do původní polohy. Obsluha musí zmáčknout tlačítko pro svaření balení. Zmačknutím tlačítka pro svaření, píst přidrží láhve v jednom místě a svařovací lišta sjede dolů. Svařovací lišta sváří balící fólii a předělí ji. Následně se vrátí do původní pozice a přítlačný píst se zatáhne. Po svaření fólie se láhve nacházejí zabaleny do jednoho balení. Balení je následně vytlačeno dalšími láhvemi na pás, který vede skrz pec, kde se fólie zataví a balení se stane pevným. Díky tomu, že obsluha řídí pístnici a svařovací lištu nezávisle na sobě, tak stroj obsluze umožňuje si připravovat řady balení, před tím, než se předchozí balení svaří.



Obrázek 2.1: Přidržení balení při svařování folie

2.5 Seznam repasí

Z původního stroje zůstala kostra (včetně zásobníků na balící fólii), svařovací lišta, posuvná pístnice, přidržovací píst, termostat, silové prvky v rozvaděči a základní princip systému. Stroj se předělá na plně automatický, což sníží nárok na jeho nutnou obsluhu. Vymění se plošné spoje plnicí funkcionalitu stroje za PLC jednotku. Přidají se nutná čidla pro automatizaci (čidlo pro láhve na vstupu, čidlo pro počítání láhví, čidlo na svařovací liště). Rozšíří se logika systému, aby mohl fungovat plně automaticky. Předělá se ovládací panel, aby vyhovoval novým požadavkům a jako poslední se doplní potřebné silové a pomocné prvky do rozvaděče.

2.5.1 Přidržovací píst

Přidržovací píst se skládá z krátké pístnice ovládané tlakem vzduchu a ke spodku pístnice je přidělaná kovová deska, která slouží pro přidržení láhví v balíkové sestavě pomocí působení tlaku ze shora. Přidržovací píst se sepne při návratu pístnice do výchozí pozice po dobu svařování folie. Po vytlačení nové sestavy balení PET láhví skrze napnutou balící fólii se celý proces opakuje. Přidržovací mechanismus je ovládána elektrickým impulzem s PLC pomocí vzduchového pístu.2.1



Obrázek 2.2: Termostat svařovací teploty

2.5.2 Pomocné vodící zábradlí

Pomocné vodící zábradlí slouží k udržení tvaru balení. Nachází se pod přidržovacím pístem, jak lze vidět na obrázku výše. Jsou konfigurovány, tak aby se balení nemohlo rozjet do stran při nátlaku vystrkování druhým balením. Tato vodící zábradlí musí být v dokonalém položení, aby se o ně balení láhví nepoškodilo, protože i to následně vytváří nechtěné problémy. U některých typů láhví se právě zábradlí (na fotce to které je blíže) sundává, z důvodu přidání dorazu do hlavy hlavní pístnice a následného narážení dorazu do pravé lišty.

2.5.3 Termostat

Termostat ovládá teplotu svařovací lišty. Nastavuje se potenciometrem, který se nachází uprostřed a je vidět na obrázku 2.2. Led diody ukazují aktuální teplotu. Termostat se nachází pod hlavním ovládacím panelem. Termostat ovládá teplotou svařovací lišty pomocí silových prvků, které pouští proud do topného tělesa svařovací lišty.

2.5.4 Teplota svařování

Teplota svařování se může lišit několika faktory. Prvním faktorem je teplota svařovací lišty, při které bude schopná svařit balící fólii a při tom jí rozdělit na dvě části (nový balík a napnutá fólie, jak lze vidět na obrázku 'Přítlak'). Druhým faktorem je stav svařovací lišty, zda není opotřebená a nevykazuje známky poškození teflonového povrchu, který je nutný ke kvalitním

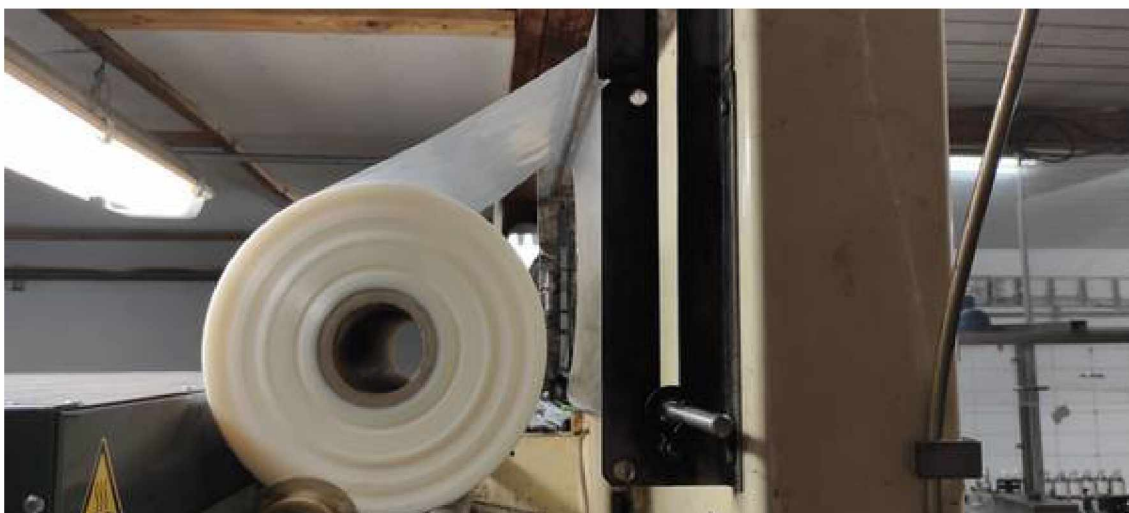


Obrázek 2.3: Svařovací lišta

svárům a dělení balíků. Dalším faktorem může být i vysoká teplota, která vychází z pece, kde se fólie smršťuje. Vysoká teplota může způsobovat, že svár prvního balení je nedostatečně oddělen od druhého balení. Z pece pak vyjedou dvě balení, která jsou spojená a musí se od sebe roztrhnout, což není žádoucí. Při nízké teplotě pak hrozí, že fólie se svaří ale nerozdělí anebo se nesvaří vůbec. Teplota se dá kontrolovat dvěma způsoby. První je teplota lišty, která se ovládá, jak je napsáno výše, termostatem. Druhá je teplota okolí, která se dá ovlivnit pouze průvanem ze dveří anebo s pomocí větráků (v létě jsou větráky jediná možnost). Obvyklá teplota svařování se pohybuje od 170 stupňů Celsia až po 190 stupňů Celsia, nejčastěji je pak termostat nastavený na 180 stupňů Celsia. Toto se však může lišit podle složení a charakteristik balící fólie.

2.5.5 Svařovací lišta

Svařovací lišta za pomoci odporového drátu nastaveného na danou teplotu svařuje a předěluje balící fólii na dvě části. Svařovací lišta se skládá z několika prvků: svařovací lišta obsahující čepel vyhřívanou odporovým drátem, tepelné čidlo, výsuvná pístnice, tlakové ventily, vodící tyče, indukční senzor RMSV001A. Svařovací lišta je přimontována na konec pístnice, která se používá jako přímočarý pohon pro přitlačení lišty na svařovanou fólii. Čepel je vyhřívána odporovým drátem na nastavenou teplotu, aby čepel mohla svařovat a lehce předělovat fólii a nepálila jí. Teplota tělesa je hlídána teplotním snímačem připojeným k termostatu, jenž kontroluje teplotu topného tělesa. Skrze měděnou trubici je přivedený elektrický přívod pro topné těleso. Lišta



Obrázek 2.4: Vrchní zásobník folie

při vypnutém stroji bez vztlaku vzduchu padá vlastní vahou dolu. Za provozu je svařovací lišta zvednutá, aby pod ní mohly projíždět láhve. Při signálu od PLC pro svaření se sepnou tlakové ventily, které ovládají pístnici a ta se spustí na svařovací pult, kde nastavený čas setrvá a následně se zvedne zpět do výchozí pozice. Na vodící tyči je připevněn ohnutý plech, který cestuje s lištou, slouží k sepnutí indukčního senzoru RMSV001A. Senzor posílá signál do PLC v momentě, kdy dopadne na pult pro pokračování programu. Pokud lišta nedojede na senzor v určitém čase, tak je situace vyhodnocena jako chyba a je potřeba zopakovat proces.

2.5.6 Zásobníky pro balící fólii

Zásobníky pro balící fólii držící balící fólii jsou umístěny nad průchodem výrobků 2.3 a druhý je u země pod dopravníkem 2.4. Fólie musí být přiměřeně napnutá, ale nesmí pružit. Proto se role fólie sama odvíjí, a to díky optickému čidlu. Hlídá, aby nepružila a neshazovala láhve zpátky. Balící fólie se svařuje ze dvou rolí umístěných v horní a spodní části stroje. To znamená že stroj má dva zásobníky na fólii. Horní fólie je situována za pístnicí svařovací lišty, jak lze vidět na obrázku 2.3. Balící fólie je umístěná na dvou válcích, z nichž jeden je poháněn motorem. Fólie je vedená přes čtyři otočné hřídele, jak je ukázáno na obrázcích níže, jedna z nich je usazená v kolejnici a slouží jako detektor pro odmotávání. Když se fólie začne příliš napínat, hřídel v kolejnici bude přitahována nahoru. V kolejnici je naschvál nastražený plech, který když se setká s hřídelí tak aktivuje optické čidlo. Optické čidlo spíná motor, který pohání hnaný válec, na kterém sedí cívka fólie, což zapříčiní její odmotání. Tím snížíme tlak na fólii a umožníme



Obrázek 2.5: Spodní zásobník folie

hřídeli sjet na původní pozici. Spodní fólie je situována pod výsuvnou pístnicí a funguje na stejném principu jako horní s rozdílem toho, že hřídele jsou pouze tři. Horní fólie ubývá rychleji z důvodu, že obaluje většinu balení, mezi tím spodní fólie obaluje pouze dna láhví.

2.5.7 Přítlaky

Přítlaky slouží k zastavení láhví před vstupem do balícího prostoru. Skládají se ze dvou pístů a kapacitního čidla. Písty jsou vysouvány tlakem vzduchu. Ve výchozím stavu jsou písty vysunuté a zabraňují vjezdu láhvím. Přijíždějící láhve se nashromáždí před přítlaky, dokud nesepnou kapacitní čidlo. Při sepnutí kapacitního čidla se zasunou přítlaky a spustí proces odpočítávání láhví. Čidlo je vzdáleno tak aby v prostoru před přítlaky bylo alespoň tolik láhví, aby vytvořily jednu řadu z balení. Po odpočítání daného počtu láhví v řadě se přítlaky opět stáhnou, aby se mohly láhve posunout pístem blíže ke svařovací liště a uvolněním se začne řadit další řada láhví. Po dokončení zvoleného počtu řad se celé sestava (balení) vysune za svařovací lištu pro svaření do balíku.

2.5.8 Přidržené kartáče s počítadlem

Přidržené kartáče slouží k tomu, aby přidržovaly láhve při kompletaci žádaného balení 2.5. Kartáče jsou nastavitelné, pomocí čtyř matic, tak aby se dotýkaly víček láhví a zabraňovali tak jejich převracení. Je důležitá přesnost nastavení, aby kartáč nepřekážel láhvím a neshazoval je.



Obrázek 2.6: Přídržné kartáče s optickým čidlem počítání

Na kartáčích je připevněn optický senzor, lze vidět na obrázku níže, jenž má za úkol počítat přijíždějící láhve. Optické čidlo posílá signál do jednotky PLC, kde se počítá počet láhví potřebný pro jednu řadu. Počet láhví v řadě se vybírá na ovládacím panelu.

2.5.9 Ovládací panel

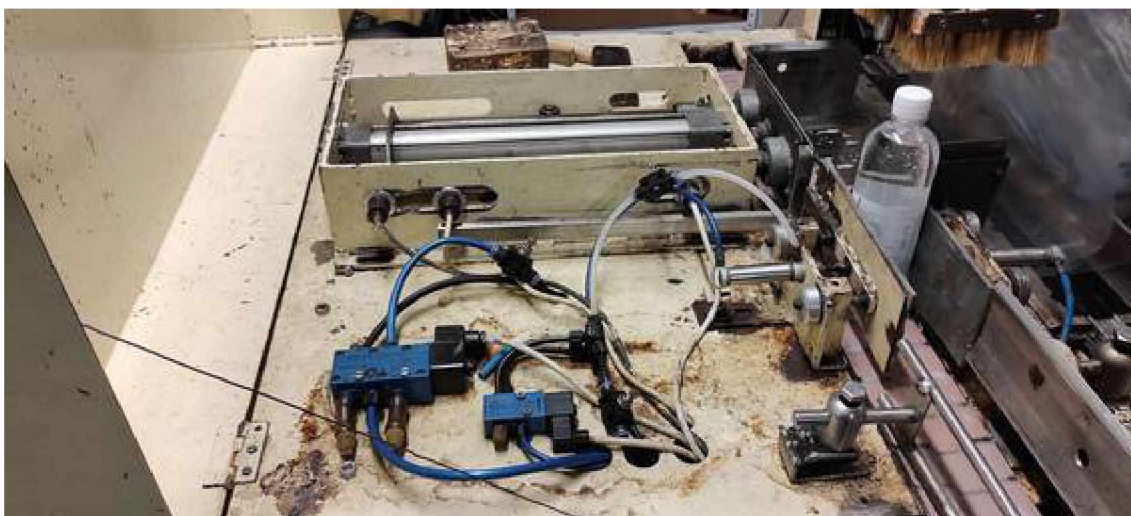
Ovládací panel slouží k ovládnutí a nastavení stroje 2.6. Prvním zeleným přepínačem se vybírá počet řad, jestli balení bude mít dvě nebo tři řady. Vedle něj se nachází černý přepínač, kterým nastavujeme počet kusů v řadě, v řadě mohou být tři či čtyři láhve. Většina větších láhví, například litrové PET láhve, se dělají pouze v řadě po třech, a to z důvodu šířky láhví (více láhví se do řady v případě tohoto stroje nevejde). Zelené tlačítko slouží pro spuštění stroje. Červené tlačítko vedle slouží na opakování poslední akce stroje, zejména se používá při resetování chyb. Černý přepínač slouží pro částečné zastavení stroje. Přepínač v poloze doprava vypne kapacitní čidlo na vstupu a optické čidlo pro počítání 2.5. Používá se nejčastěji pro bezpečnost obsluhy, když odstraňují chybu, například popadané láhve. Červené velké tlačítko napravo slouží jako nouzového zastavení strojního zařízení. Po použití se musí stroj opět nastartovat zeleným tlačítkem a nespustí se samovolně jak nařizuje – Bezpečnost strojních zařízení. Displej uprostřed je počítadlo udělaných balení. Ukazuje nám, kolik balení stroj zabalil. A poslední máme tlačítko, které se nachází mimo ovládací panel, slouží pro manuální svaření, například při výměně role či při přetrhnutí fólie, kdy je potřeba fólie spojit v jednu. Lze použít kdykoliv když stroj nehlásí chybný stav. Tlačítka a přepínače jsou navedená do jednotky PLC jako vstupy.



Obrázek 2.7: Ovládací panel

2.5.10 Píst posuvu láhví

Hlavní pístnice má za úkol vysouvat řady láhví a kompletovat balení 2.7. Hlavní pístnice se skládá z pístnice, tří indukčních čidel, tlakových ventilů, dorazového plechu, hlavy pístnice a vodící hřídele. Pístnice je osazená v rámu, se kterým se může pohybovat dozadu a dopředu, z důvodu seřízení pro různé rozměry láhví. V rámu jsou také osazeny čidla a vodící hřídele. Vodící hřídele jsou spojeny zadní výztuhou, jak je vidět na obrázku níže. Výztuha slouží také jako aktivátor čidel. Pístnice a vodící hřídele jsou spojené s hlavou pístnice. Hlava pístnice je situovaná do tvaru písmena L a díky tomu nám vytváří prostor, kde se láhve zastaví a vytvoří řadu pro balení. Následně slouží pro vytlačení všech láhví zároveň. Když se pístnice vysune, tak hlava pístnice spolu s dorazovým plechem tvoří krabicový tvar, který srovná láhve do perfektní řady. Dorazový plech je osazen na odpružených hřídelích a slouží k eliminaci pohybu láhví do stran. Kdyby dorazový plech nebyl odpružen, tak se může stát že láhve do něj narazí a řada se pokroučí nebo láhve spadnou. Čidla indikují pozice pístnice. Čidlo nejvíce vlevo je čidlo výchozí pozice. Čidlo uprostřed slouží k dorazu pro posunutí řady. Posunutím řady uděláme místo pro další řadu, ale láhve pořad zůstanou pod kartáči. Poslední čidlo slouží jako doraz pro plné vysunutí, kdy vysouváme celé balení pro zabalení. Se všemi třemi čidly se dá hýbat z důvodu nastavitelnosti pro různé rozměry láhví. Pístnice je poháněna tlakem vzduchu, který se dá regulovat pomocí šroubovacího škrťacího ventilu, pro jemnější a plynulejší běh. Čím více ventil přiškrtneme, tím pomaleji výsun pístnice bude probíhat, což zpomaluje celkový chod stroje,

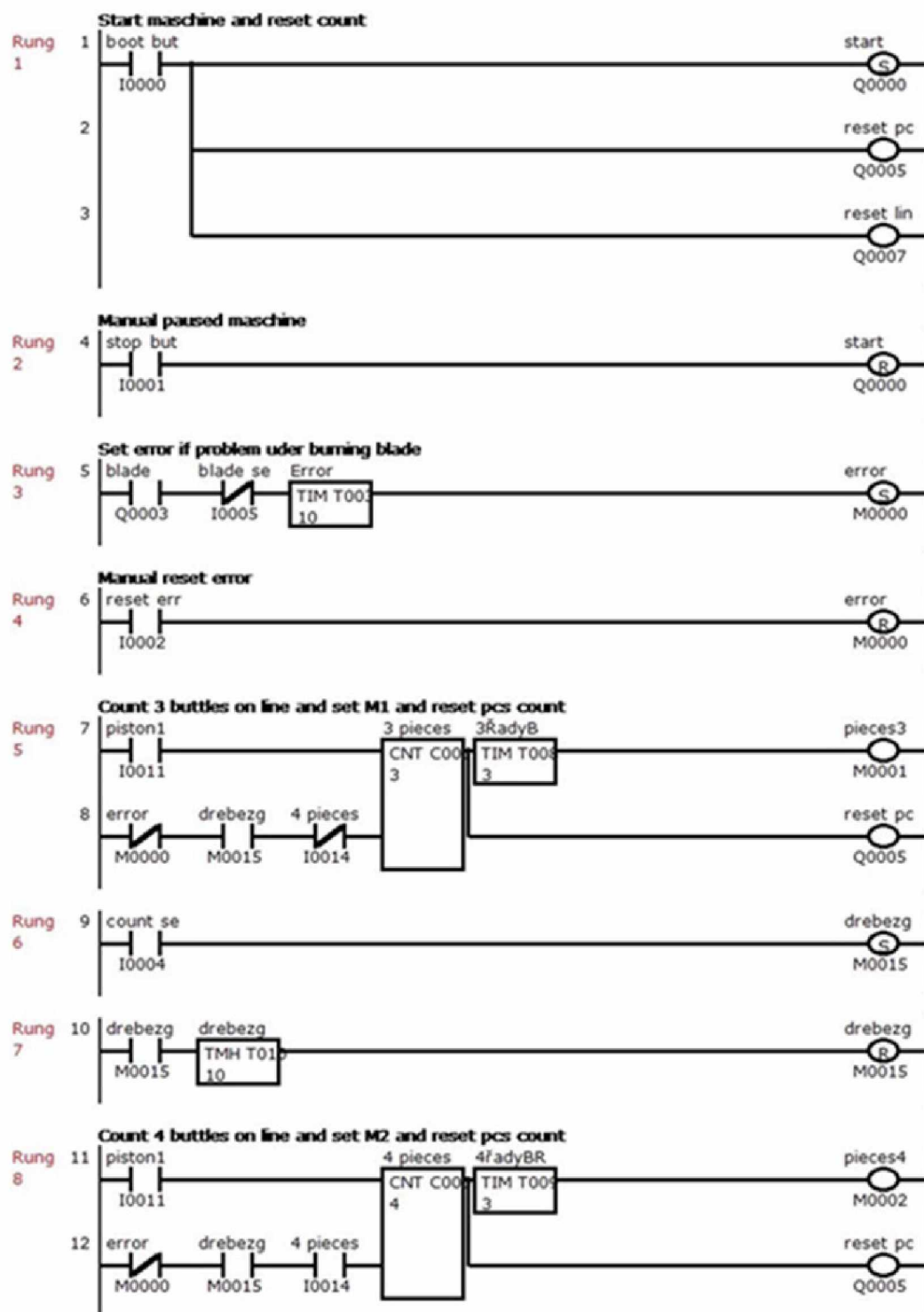


Obrázek 2.8: Píst vysunutí výrobku pro svaření folie

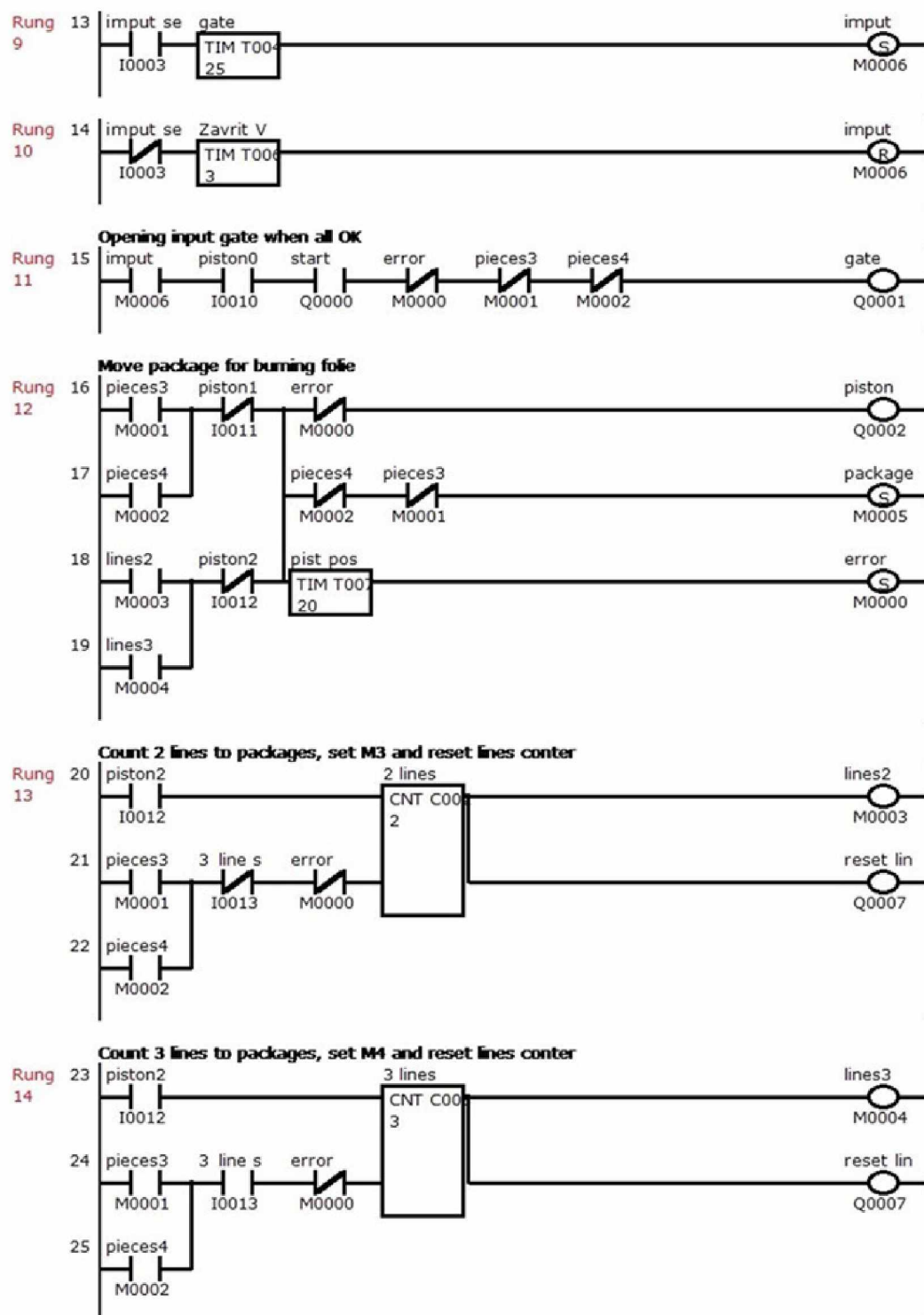
jenž může být nežádoucí. Pístnice vysune láhve do první polohy (na prostřední čidlo), poté co optické čidlo napočítá chtěný počet láhví nastavený na ovládacím panelu. Tato akce se opakuje podle nastavených počtu řad. Poslední řadu pístnice vysune na druhou pozici (na pozici pravého čidla), následně se pístnice zasune na původní pozici před tím než svařovací lišta svaří fólie a poté proces začíná opět od začátku.

2.6 Program PLC

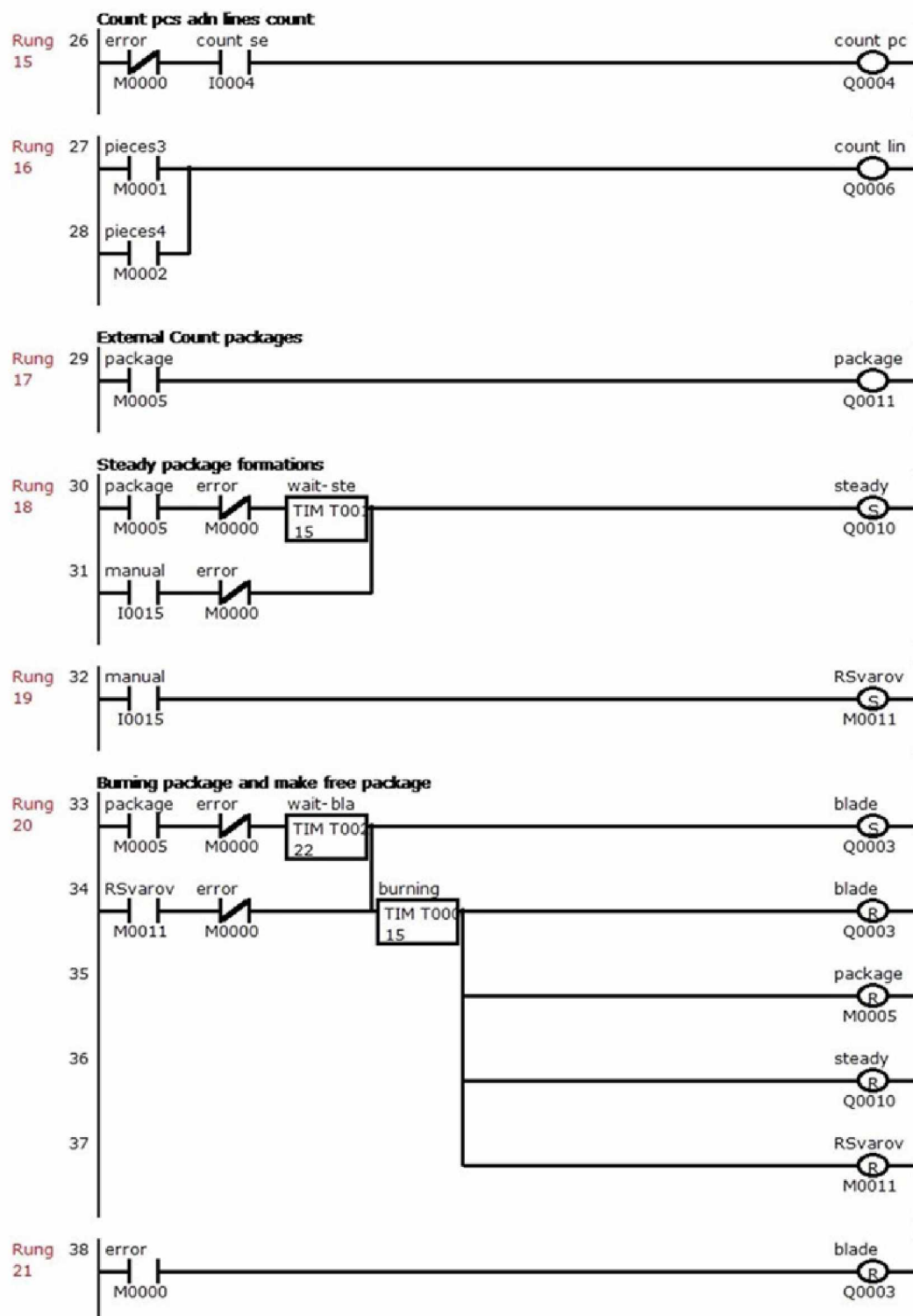
Výpis programu ovládní PLC 2.9 a soupis popisu vstupů, výstupů a časovačů použitých v programu se nachází na obrázku 2.13. Tlačítkem start se uvede PLC do režimu připraveno. „Stop tlačítko“ stroj v jakékoli části programu okamžitě zastaví. Po zastavení se stroj opět uvede do provozu stlačením tlačítka reset chyby. Program počítá průchod láhví a to 3 nebo 4 kusů dle polohy „přepínače kusy“. Po načtení daného počtu a vysunutí pístu se čítač resetuje pro další načítání. Toto se opakuje, dokud se nenaplní čítač řad dle nastaveného přepínače řad. Po splnění této podmínky se píst vysune na druhou pozici a vytlačí tím balení na pozici pro svaření fólie. Přidržovací píst se vysune a spustí se svařovací lišta, aby svařila fólii. Po nastavené čase se svařovací lišta vrátí do výchozí pozice. Následně se zatáhne přidržovací píst. Na displeji počítadla výrobků se přičte jedno balení a poté se proces opakuje.



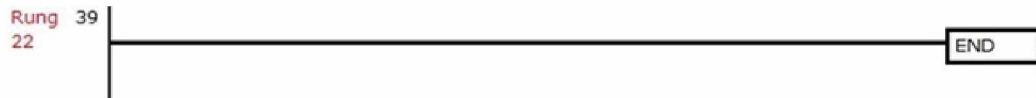
Obrázek 2.9: Program 1-8



Obrázek 2.10: Program 9-14



Obrázek 2.11: Program 15-21

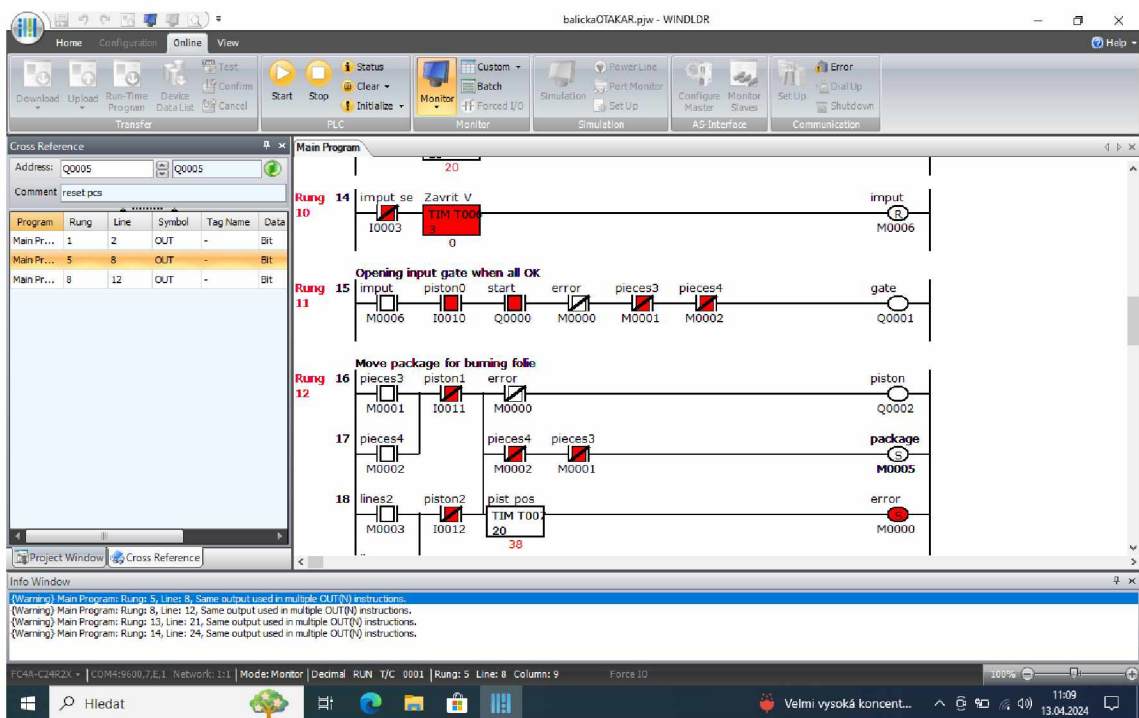


Obrázek 2.12: Program 22

Tag Name list

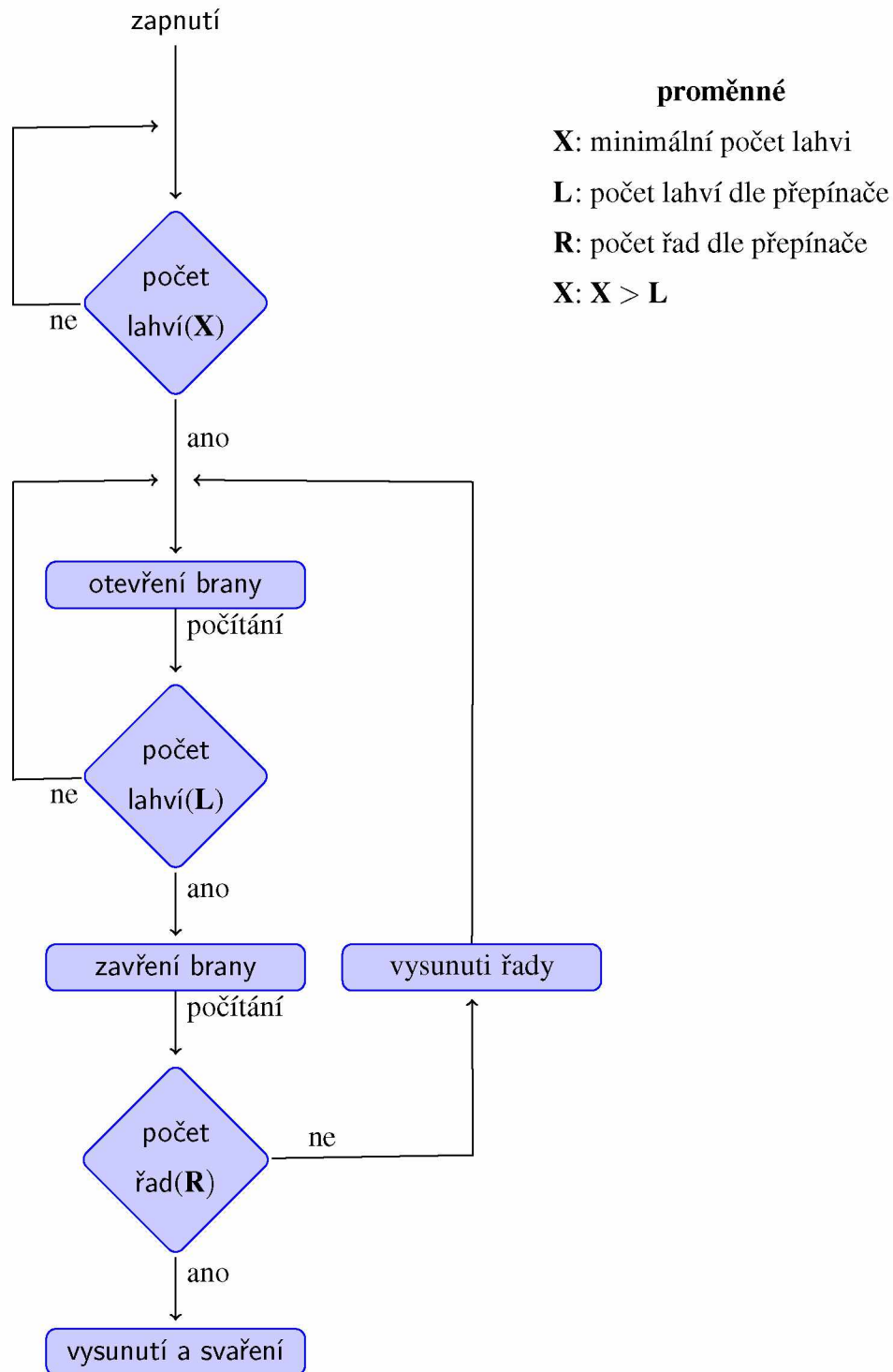
Device Address	Tag Name	USED	Comments
C000	-	1	4 pieces
C001	-	1	3 pieces
C002	-	1	2 lines
C003	-	1	3 lines
I0000	-	1	boot button
I0001	-	1	stop button
I0002	-	1	reset error button
I0003	-	2	input sensor
I0004	-	2	count sensor
I0005	-	1	blade sensor
I0010	-	1	piston0
I0011	-	3	piston1
I0012	-	3	piston2
I0013	-	2	3 line switch
I0014	-	2	4 pieces switch
I0015	-	2	manual burning
Q0000	-	3	start
Q0001	-	1	gate
Q0002	-	1	piston
Q0003	-	4	blade
Q0004	-	1	count pcs
Q0005	-	3	reset pcs
Q0006	-	1	count lines
Q0007	-	3	reset lines
Q0010	-	2	steady
Q0011	-	1	packages count
T000	-	1	burning
T001	-	1	wait-steady-piston
T002	-	1	wait-blade-piston
T003	-	1	Error
T004	-	1	gate
T006	-	1	Zavrit Vchod
T007	-	1	pist posunu chyba
T008	-	1	3řadyBRANA
T009	-	1	4řadyBRANA
T010	-	1	drebezg

Obrázek 2.13: Soupis popisu vstupů



Obrázek 2.14: Ukázka monitoru PLC v programovacím PC

2.7 Vývojový diagram



2.8 Popis funkce stroje

Vše začíná přijetím láhví na dopravníkovém pásu k přítlakové bráně na vstupu. Přítlaky jsou vytažené a blokují láhvím ve vjezdu. Čeká se na nashromáždění dostatečného počtu láhví, aby aktivovali kapacitní čidlo na vstupu. Po sepnutí čidla se přítlaky zatáhnou a láhve vjedou do balicího prostoru hlavy pístnice. Přijíždějící láhve jsou počítány pomocí optického čidla, které je připevněno ke kartáčům přidržujících formaci láhví. Jakmile čidlo napočítá vybraný počet láhví (tři a nebo čtyři v řadě) přítlaky se vysunou a zabrání vstupu dalších přijíždějících láhví. Následně se pístnice vysune do první polohy a posune řadu láhví dopředu pod kartáče, které je drží stabilně na jednom místě. Pístnice se vrátí do původní polohy a přítlaky se zatáhnou a vpustí další řadu láhví. Pokud máme vybráno, že balení je po třech řadách tak se tento krok opakuje, s tím že posune první řadu o kousek dále za pomocí druhé řady. Po vytvoření poslední řady se přítlaky vytáhnou a pístnice vysune všechny řady láhví na druhou pozici. Láhve jsou tlačeny skrze balicí fólii, pod svařovací lištou, a to až dobu kdy skončí pod přidržovacím pístem. Následně se pístnice vrátí do výchozí polohy. Poté se vysune přidržovací píst, který přidrží láhve na místě. Následně svařovací lišta sjede dolů a svaří a předělí fólii. Svařovací lišta po svaření vyjede nahoru do výchozí pozice. Přidržovací píst se zasune a láhve jsou obalené balicí fólii. Balení je následně vytlačeno dalším balíkem láhví na pás směrem do pece. Balík se v peci teplem pevně smrští a zafixuje okolo láhví a dokončí tak balení. Hlavní pístnice a svařovací lišta fungují separátně. Což znamená, že když svařovací lišta svařuje balík, tak hlavní pístnice si už připravuje řadu pro další balení. Avšak podmínkou pro vysunutí balení do druhé pozice je, že svařovací lišta musí být ve výchozí pozici.

2.9 Popis možných chyb

Chyby se nejčastěji stávají při špatném nastavení, nepozornosti obsluhy či kvůli špatně vyfouklým a nestabilním láhvím. Chyby týkající se nastavení a personálu se dají redukovat. Docílíme toho například lepším nastavením a personálem, který dává pozor. Chyby, které se týkají láhví se nedají moc dobře ovlivnit, a proto se s nimi musí počítat. U některých láhví jsou problémy skoro nulové, ale u jiných, například láhve s objemem litr a půl, které mají těžiště vysoko, se musí počítat s nestabilitou a s tím, že se s nimi budou problémy. Nejčastější problém u nestabilních láhví je, že spadnou, což pak má za příčinu, že do stroje vjede láhev naležato. Jedno z řešení je

zpomalit dopravník a mít bystrou obsluhu. Dalším případem jsou kývající láhve, které projedou pod optickým čidlem bez započtení, a to má za příčinu, že se řada neposune, protože si PLC myslí, že nemá dost láhví či přijede více láhví, než chcete. Balení pak může mít sedm láhví místo šesti. Tento problém se dá vyřešit zúžením dráhy, co nejvíce co to jde, ale tak aby láhve mohly stále volně projíždět. Ze zkušeností víme, že láhve mohou spadnout při vysunutí, což způsobuje, že balení bude mít špatný tvar a nebo se mohou spadlé láhve dokonce zaseknout ve stroji. Toto lze spravit upravením výšky kartáčů či snížením tlaku v hlavní pístnici pro jemnější posun. Jediné, co obsluha může udělat je, že stroj zastaví černým přepínačem a láhve srovná. Dále láhve mohou také spadnout do stroje při balení do fólie, což může způsobit, že se pod svařovací lištou objeví láhev a balení nebude svařeno. V absolutně nejhorším případě se láhev zasekne do pomocných zábradlí a zabrání pístnici ve vysunutí do druhé polohy a pístnice se potká se svařovací lištou. Tento problém se nedá plně odstranit, protože se nejčastěji stává u nestabilních láhví. Jediná řešení jsou zpomalit pístnici a mít u balícího stroje bystrou obsluhu, která bude stíhat opravovat chyby.

2.10 Popis nastavitelných částí

Stroj byl stavěn na balení různých typů láhví, takže má hodně nastavitelných částí. V této kapitole si u jednotlivých částí přiblížíme jejich nastavitelnost. Přidržovací píst: U přidržovacího pístu můžeme nastavit jeho výšku a jeho tlak působící na láhve. Hlavní pístnice: U hlavní pístnice lze nastavit tlak vzduchu jdoucí do pístnice, pro pomalejší a jemnější posun láhví či pro rychlý a agresivní posun. Také lze hýbat nosným rámem dopředu a dozadu pro zvětšení nebo zmenšení prostoru pro láhve. Následně jsou nastavitelné jednotlivé pozice pístnice, pomocí posunutí jednotlivých indukčních čidel. Čidlo nalevo určuje výchozí pozici, takže můžeme nastavit, že píst vždy bude trochu povytažený. Čidlo uprostřed určuje první polohu, pohnutím čidla ovlivníme, jak daleko pístnice dosune láhve. To samé platí pro čidlo vpravo s rozdílem, že se jedná o druhou pozici. A nakonec můžeme na hlavu pístnice přidělat doraz pro zúžení prostoru pro některé typy balení, například balení púllitrových láhví v konfiguraci dvě řady po třech láhvích. Svařovací lišta: U svařovací lišty lze nastavit jaký tlak jde do pístnice svařovací lišty. Přidržené kartáče s počítadlem: U kartáčů lze nastavit výška. Také lze nastavit náklon kartáčů. U optického čidla můžeme nastavit zaostření a můžeme ho naklonit, aby spínalo dříve či později. Přítlaky: U přítlaků se dá nastavit jejich pozice, jak moc jsou od sebe a dá se nastavit

tlak přicházející do pístů. Ovládací panel: Na ovládacím panelu lze nastavit pouze počet láhví v řadě a počet řad v balení. Zásobníky pro balící fólii: Nelze nastavovat. Termostat: Lze na něm nastavovat teplota čepele svařovací lišty. Pomocné vodící zábradlí: Zábradlí lze posouvat ven či dovnitř, pro užší dráhu pro balení. Jdou také úplně vyndat a fungovat bez nich.



Obrázek 2.15: Vstup výrobků do balícího stroje



Obrázek 2.16: Dokončený výrobek před smrštění folie



Obrázek 2.17: Výstup po zabalení do pece na smrštění folie



Obrázek 2.18: Hotový finální výrobek

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit stroj, který by balil PET láhve po určeném množství do balíků a byl by složen z dopravníkového pásu, čidel polohy, akčních členů, svařovací lišty a pece.

Pro splnění cíle bylo nutné seznámit se s požadavky na balicí stroj pro PET lahve, vymyslet způsob realizace daných požadavků a zajistit potřebné komponenty pro realizaci. Následovalo seznámení se s PLC jednotkou IDEC FC4A-C24R2X a jejím vývojovým prostředím.

V další fázi byly zapojeny všechny části, které měly být ovládány jednotkou PLC. Po připojení všech prvků, jež jsou ovládané skrze PLC, byla naprogramována logika, na které balicí stroj bude operovat. Po mnoha komplikacích a opravách, například vyhoření relátek či zkratování obvodů, byl stroj zkompletován, naprogramován a schopný provozu.

Při testování bylo zjištěno, že nový stroj vyhovuje všem požadavkům, a dokonce že zrychlil výrobu, díky odstranění rychlostních limitů předchozího balicího stroje.

Použitá literatura

- [1] AZURE WATER, 2015. What is the history of the water container, [online]. [cit. 2015-10-01]. Dostupné z: <https://azurewater.com/2015/10/01/history-water-container/>
- [2] BOLTON, William, 2015. Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering, Harlow: Pearson Education Limited, 6. ed., ISBN 9781292076683
- [3] DARVILL, Timothy, 2002. The Concise Oxford Dictionary of Archaeology. Oxford: Oxford University Press, 2. ed., ISBN 9780199534043
- [4] EBNESAJJAD, Sina, 2012. Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology, and Applications, Norwich: William Andrew, ISBN 1455731129
- [5] GLEICK, Peter H., 2010. Bottled and Sold : The Story Behind Our Obsession with Bottled Water, Washington: Island Press, ISBN 1597265284
- [6] IDEC, 2009. MicroSmart User's Manual, [online]. Dostupné z: <https://us.idec.com/idec-us/en/USD/medias/FC9Y-B1143-0-V100.pdf?context=bWFzdGVyfGRvY3VtZW50c3w4NDA0NTQ5fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZn>
- [7] SINCLAIR, Ian, 2001. Sensors and transducers, Oxford: Newnes, 3. ed., ISBN 0750649321
- [8] SOROKO, Walter, 2002. Fundamentals of Packaging Technology, Naperville: Institute of Packaging Professionals, 3. ed., ISBN 1930268254
- [9] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ, 2002. PLC a automatizace 1: základní pojmy, úvod do programování, Praha: BEN – technická literatura, ISBN 80-86056-58-9
- [10] WILK, Richard, 2006. Bottled Water. Journal of Consumer Culture, č. 6, s. 303-325. DOI 10.1177/1469540506068681

- [11] YAM, Kit L., 2009. Encyclopedia of Packaging Technology, Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 3. ed., ISBN 0470087048
- [12] YURISH, Sergey, 2012. Modern Sensors, Transducers and Sensor Networks, Barcelona: International Frequency sensor Association, ISBN 8461596137

Seznam příloha

Příloha A: CD

Příloha k bakalářské práci

Balicí stroj pro PET lahve

Otakar Planěk

CD

Obsah

1. Text bakalářské práce ve formátu PDF
2. Úplný zdrojový kód aplikace
3. Fotodokumentace stroje

