

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

**NÁVRH A REALIZACE ŘÍDÍCÍHO
PROGRAMU PRO DÁVKOVACÍ
ZAŘÍZENÍ**

2019

**LADISLAV
ČERVINKA**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Červinka** Jméno: **Ladislav** Osobní číslo: **457653**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávající katedra/ústav: **Ústav přístrojové a řídicí techniky**
 Studijní program: **Strojirenství**
 Studijní obor: **Informační a automatizační technika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a realizace řídicího programu pro dávkovací zařízení

Název bakalářské práce anglicky:

Design and implementation of control program for dosing device

Pokyny pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na téma dávkovací systémy kapalin.
2. Navrhněte a realizujte řídicí program pro dávkovací zařízení.
3. Navrhněte a realizujte uživatelské rozhraní pro HMI.
4. Vypracujte rozvalu na senzorové rozšíření stávajícího řídicího systému za účelem prediktivní detekce poruchy.
5. Navržené prvky řídicího systému prakticky ověřte.
6. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené literatury:

CHIANG, Leo H.; RUSSELL, Evan L.; BRAATZ, Richard D. Fault detection and diagnosis in industrial systems. Springer Science & Business Media, 2000.
 CHEN, Zhiwen. Data-Driven Fault Detection for Industrial Processes. Springer: Wiesbaden, Germany, 2017.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Bušek, U12110.3

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Bušek
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

26-04-2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího bakalářské práce jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků bakalářské práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Praze dne 12.6.2019

.....
Ladislav Červinka

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na programování programovatelných logických automatů (PLC) a human machine interface (HMI) panelu dávkovacího zařízení. V rešerši jsou popsány různé, a především průmyslové dávkovací systémy kapalin. Dále je v teoretické části popsána funkce samotného zařízení a rozvaha na sensorové rozšíření stávajícího řídicího systému za účelem prediktivní detekce poruchy. Praktická část se zabývá návrhem a realizací řídicího programu PLC a uživatelského rozhraní HMI.

Klíčová slova

dávkovací systémy, dávkovač nápojů, diagnostika, FATEK, HMI, PLC, prediktivní detekce poruchy, SCADA, sensorika, údržba

Abstract

The bachelor thesis is focused on programming programmable logic controller (PLC) and human machine interface (HMI) panel for dosing device. In the research are described various and especially industrial liquid dispense systems. Furthermore the theoretical part describes the function of the device itself and the reflection essay describes the sensor extension of the existing control system for the purpose of predictive fault detection. The practical part deals with design and implementation of control program for PLC and user interface for HMI.

Key words

beverage dispenser, diagnostics, dosing systems, FATEK, HMI, maintenance, PLC, predictive fault detection, SCADA, sensors

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Jaroslavu Buškovi za připomínky a podněty při vedení této bakalářské práce a oborového projektu. Současně bych tak chtěl poděkovat pánům Václavu Holcovi a Michalu Veiglovi za pomoc při výrobě součástí. Dále děkuji panu Ing. Lukáši Procházkovi za obecnou technickou podporu a panu Václavu Čížkovi za rady spojené s programováním. Nakonec děkuji rodině a přátelům za pomoc a podporu během celého studia.

Ladislav Červinka

OBSAH

ÚVOD	8
1 DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN	9
1.1 ELEKTRONICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN	9
1.1.1 ROTAČNÍ PERISTALTICKÉ ČERPADLO	9
1.1.2 ZUBOVÉ ČERPADLO	10
1.1.3 ZUBOVÉ ČERPADLO S VNĚJŠÍM OZUBENÍM	11
1.1.4 ZUBOVÉ ČERPADLO S VNITŘNÍM OZUBENÍM	11
1.1.5 PÍSTOVÉ ČERPADLO DVOUDOBÉ	12
1.1.6 VÁHA NA KAPALNÉ MATERIÁLY	13
1.1.7 E.M. ČERPADLO	14
1.1.8 VŘETENOVÉ ČERPADLO	14
1.1.9 JEDNOVŘETENOVÉ ČERPADLO	15
1.1.10 DVOUVŘETENOVÉ ČERPADLO	15
1.1.11 TŘÍVŘETENOVÉ ČERPADLO	16
1.2 PNEUMATICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN	16
1.2.1 JEHLOVÝ VENTIL	16
1.2.2 RUČNÍ DÁVKOVACÍ VENTIL	17
1.3 MECHANICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN	18
1.4 DÁVKOVAČE DESTILÁTŮ „DRINKOMAT“	18
1.4.1 PRIPCIP DÁVKOVAČE DESTILÁTŮ „DRINKOMAT“	19
1.5 SHRUTÍ KAPITOLY	20
2 PRINCIP A FUNKCE ZAŘÍZENÍ	22
3 ROZVAHA NA SENZOROVÉ ROZŠÍŘENÍ	26
3.1 ELEKTRICKÝ ROZVADĚČ	28
3.2 LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO	28
3.3 ÚNIK DÁVKOVANÝCH KAPALIN	29
3.4 PŘEVODOVÝ MECHANISMUS SPÍNÁNÍ DÁVKOVAČŮ	29
3.5 KROKOVÝ MOTOR	30
4 NÁVRH A REALIZACE ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU PRO PLC	31
4.1 POPIS POUŽITÉHO PLC AUTOMATU	31
4.2 POPIS PROGRAMU WINPROLADDER	31

4.3	PŮVODNÍ PROGRAM V PLC.....	32
4.4	NÁVRH ŘÍDÍČÍHO PROGRAMU PRO PLC	33
4.5	REALIZACE ŘÍDÍČÍHO PROGRAMU PRO PLC	33
5	NÁVRH A REALIZACE UŽIVATELSKÉHO ROZHRANÍ PRO HMI	
	PANEL	37
5.1	PŮVODNÍ HMI PANEL	37
5.2	STÁVAJÍCÍ HMI PANEL.....	37
5.2.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PM DESIGNER	37
5.2.2	KOMUNIKACE S PLC.....	38
5.3	NÁVRH VIZUALIZACE	39
5.4	TVORBA ZÁKLADNÍ VIZUALIZACE	45
5.4.1	ROZDĚLENÍ VIZUALIZACE.....	45
5.4.2	TVORBA PROGRAMU	47
5.4.3	NÁVRH VIZUALIZACE PRO SENZOROVÉ ROZŠÍŘENÍ	51
6	PRAKTICKÉ OVEŘENÍ A VÝSLEDKY	55
	ZÁVĚR	57
	PŘÍLOHY	64
	PŘÍLOHA A – VIZUALIZACE.....	64
	PŘÍLOHA B – VÝROBA MECHANICKÝCH SOUČÁSTÍ	73
	PŘÍLOHA C – NÁVOD	77

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací řídicího programu pro dávkovací zařízení jménem *Dávkovač nápojů*, které slouží pro dávkování kapalin. Toto zařízení v současné době slouží jako výuková pomůcka ve škole SPŠ na Proseku v Praze, která tento projekt zastřešuje. Zařízení nemá v současné době doladěné programování a nemůže tak plnohodnotně sloužit svému účelu. Cílem této práce je proto navrhnout a vytvořit funkční *Dávkovač nápojů* s návrhem sensoriky na prediktivní údržbu.

Pro řízení bezobslužných aplikací i jiných samočinných systémů v technologických procesech, ale i mimo ně, se používají programovatelné logické automaty (PLC). Hodí se nejen pro řízení jednoduchých aplikací, ale také pro řízení velkých regulačních a řídicích systémů, např. v potravinářském průmyslu. Prediktivní detekce poruch, tzv. prediktivní údržba, pomáhá s velmi dobrou efektivitou identifikovat různé poruchové stavy dříve, než k nim dojde. Volba správných metod prediktivní údržby může mít zásadní vliv na funkčnost a spolehlivost technických zařízení, čímž významně ovlivňuje jejich bezpečnost.

Teoretická část této bakalářské práce za pomoci rešerše dostupné literatury popisuje některé dávkovací systémy a možné způsoby dávkování kapalin pro zmíněné zařízení, a to včetně základních charakteristik příslušného hardwaru. Dále je zpracována rozvaha o vhodném sensorovém rozšíření stávajícího řídicího systému, za účelem dosažení prediktivní detekce poruch.

Praktická část této práce se zabývá již konkrétním návrhem a následnou realizací řídicího programu pro dávkovací zařízení a uživatelského rozhraní pro HMI panel (human machine interface), včetně vizualizace pro sensorové rozšíření. Součástí této práce je také praktické ověření navržených prvků řídicího systému, výroba nových součástí přístroje (příloha B) a sepsání uživatelského návodu k zařízení (příloha C).

1 DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN

Dávkovací systémy kapalin, tedy čerpadla a soustavy určené k jejich řízení, jsou velmi důležité prvky, které stojí v pozadí běžného lidského života. Tyto systémy se, jak se uvádí v [1], se primárně rozdělují dle využití: v různých odvětví průmyslu, v medicíně a farmacii, v chemických a jiných laboratorních, v domácnostech, nebo třeba ve vodním hospodářství. Z principiálního hlediska se rozdělují dle řízení na manuální, pneumatické, elektrické, speciální a kombinované. Mohou se lišit z hlediska rychlosti průtoku, tlaku, přesnosti dávkování, chemické odolnosti, možnosti změny požadovaného objemu a hmotnosti dávek, dávkování za určitých teplot a v mnoha dalších kategoriích. Řízeny mohou být výše zmíněné systémy dávkování kapalin na libovolné úrovni automatizace, a to v široké škále aplikací v průmyslu i mimo něj.

1.1 ELEKTRONICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN

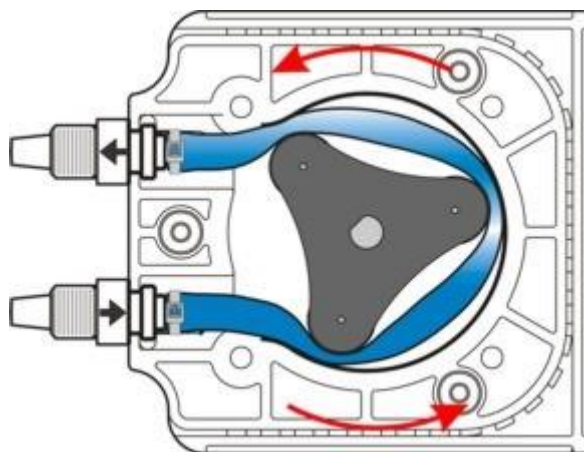
Elektronickými dávkovacími systémy rozumíme takové dávkovací systémy, jejichž srdcem je elektricky poháněný akční člen, který zprostředkovává čerpání dávkované látky [1]. Akční člen je elektricky, pneumaticky nebo hydraulicky poháněná část soustavy, která převádí informační část procesu na technickou, nastavuje tak akční veličinu a zasahuje tím do řízeného stroje [2]. Typickým příkladem akčních členů jsou DC (stejnoseměrné) elektrické pohony, které za pomoci přivedeného elektrického proudu vytváří kroučící moment.

1.1.1 ROTAČNÍ PERISTALTICKÉ ČERPADLO

Rotační peristaltické čerpadlo, tzv. hadicové čerpadlo, má velmi přesné dávkování malých až středních objemů a není příliš složité z pohledu řízení. Používá se především pro čerpání médií a surovin s kapalnou nebo pastovitou konzistencí, a to v aplikacích, kde je např. zapotřebí nižší průtok, vysoká přesnost dávkování nebo změna průtoku kapalin [3]. Nejčastěji se dá nalézt zejména ve zdravotnictví, farmacii a potravinářském průmyslu, kde je zapotřebí jemné dávkování a 100% oddělení čerpaného média od okolí. Existují i lineární peristaltická čerpadla s obdobným principem činnosti [4].

Toto čerpadlo se skládá z ohnuté pružné hadice s pevnou stěnou na vnějším průměru, včetně s dvěma a více válečky, akčního členu, potrubí a potrubním příslušenství (spony, šroubení, těsnění...), jak je popsáno v [4]. Základní princip peristaltického čerpadla by se dal rozdělit na dvě fáze: nasátí a výtlač. Pružná hadice je stlačována válečky, které rotují za pomoci akčního členu tak, aby válečky zcela zneprůchodnily stlačené místo. Válečky postupují podél uzavřené hadice a tlačí kapalinu před sebou do výtlačného potrubí, tím vzniká podtlak v sacím potrubí, čímž čerpá danou surovinu [3].

Mezi jeho výhody patří především velmi dobrá přesnost dávkování, dlouhá životnost, možnost čerpání látek s agresivním chováním a krátkodobý chod nasucho. Vyvolá maximální tlak do 20 barů při průtoku od 0,01 ml/min do 1800 l/min. Má snadnou údržbu a možnost běhu i ve zpětném chodu. Chybovost těchto čerpadel se pohybuje v řádech desetin procent [3]. Nejsou však vhodné pro trvalý chod, protože se hadice uvnitř čerpadla snadno opotřebuje a její výměna je velmi častá [4].



OBR. 1 – PRŮŘEZ ROTAČNÍM PERISTALTICKÝM ČERPADLEM [4]

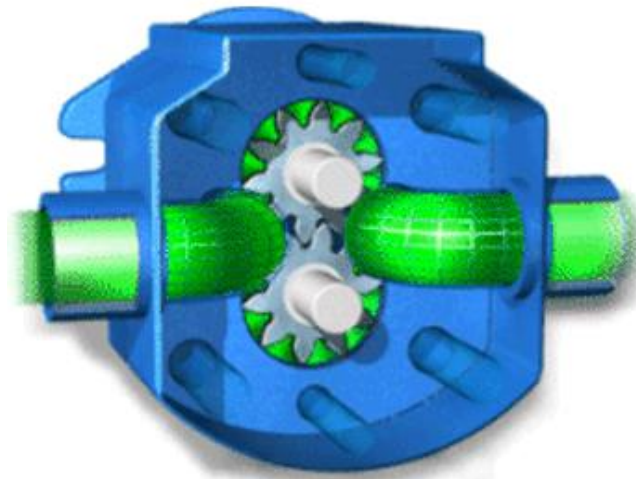
1.1.2 ZUBOVÉ ČERPADLO

Jedním z nejvíce používaných čerpadel v průmyslových dávkovacích systémech kapalin je zubové čerpadlo. Zubová čerpadla se rozdělují dle provedení ozubení na vnější, vnitřní a speciální [5].

Základem čerpání a dávkování za pomoci těchto čerpadel je ozubené soukolí, které zabírá v uzavřeném tělese a v prostorech mezi zuby se přenáší dávkovaná kapalina, detailněji popsáno v [6]. Pokud jsou tedy známy parametry ozubených kol a jejich rychlost otáčení, lze snadno spočítat průtok, čímž je jednoduché dávkovat potřebné množství médií [5].

1.1.3 ZUBOVÉ ČERPADLO S VNĚJŠÍM OZUBENÍM

Jak je popsáno v [7], toto zubové čerpadlo funguje tak, že dvě identická ozubená kola s vnějším ozubením rotují, společně zabírají a proti stěnám tělesa vytváří prázdné kapsy. Za pomoci atmosférického tlaku dochází k plnění kapes mezi zuby čerpaným médiem. V těchto prostorech se rotací kol transportuje médium od sací části, okolo vnějšího obvodu tělesa, až do výtlačného potrubí.

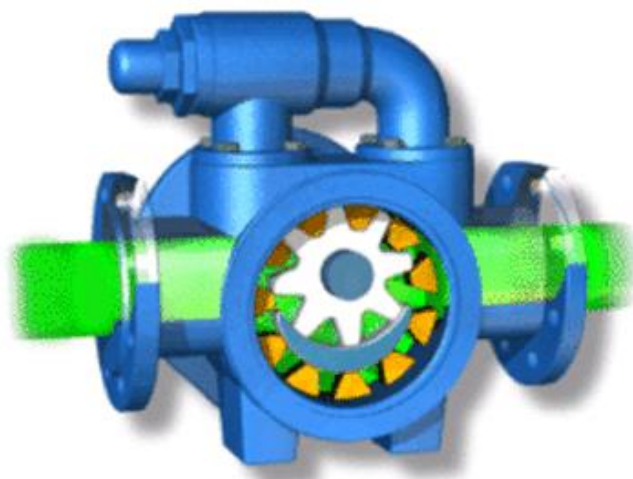


OBR. 2 – PRŮŘEZ ZUBOVÉHO ČERPADLA S VNĚJŠÍM OZUBENÍM [7]

Mezi jeho typické vlastnosti patří schopnost vyvinout tlak až 200 barů při otáčkách pohonu do 3500 ot/min u malých čerpadel a 700 ot/min u velkých čerpadel, při průtoku 0,2 až 800 l/min [7]. Používají se především ve strojírenském, farmaceutickém, chemickém a potravinářském průmyslu, například v sirupárnách (*Coca Cola* atp.) či pivovarech, především díky plynulému průtoku, přesnému dávkování a možnosti přizpůsobení konstrukce různým produktům, jak je psáno např. v [5]. Dále v posledním zmíněném zdroji tvrdí, že nevýhodou je neschopnost přepravovat sypká média a fakt, že se ložiska nachází v přímém kontaktu s čerpaným produktem.

1.1.4 ZUBOVÉ ČERPADLO S VNITŘNÍM OZUBENÍM

Tato čerpadla jsou považována za univerzální, protože jsou samonasávací, dají se využít pro širokou škálu kapalin při průtoku až 6000 l/min, a to i pro vysoce viskózní média a média s malými pevnými částicemi [5]. Některá provedení těchto čerpadel lze krátkodobě provozovat i bez čerpaného produktu. Dosahují však menších provozních tlaků, max. do 30 barů [8].



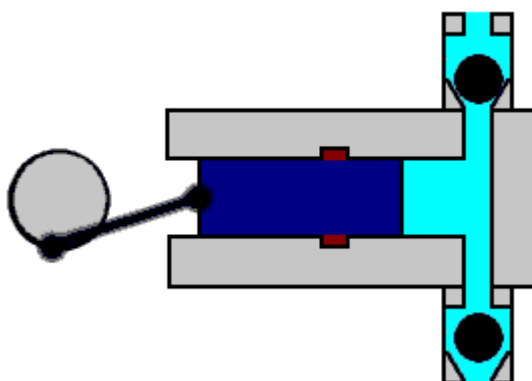
OBR. 3 – PRŮŘEZ ZUBOVÉHO ČERPADLA S VNITŘNÍM OZUBENÍM [8]

Zubové čerpadlo využívá dvou, v sobě zasazených, ozubených kol, kdy vnější ozubené kolo pohání vnitřní ozubené kolo. Čerpané médium zaplňuje prostor mezi zuby a díky srpkovitému oblouku není čerpání média pulsuující, protože komůrka vnitřního kola se nachází v místě zubu rotoru a naopak, do výtlačného potrubí je vynášeno médium střídavě z obou ozubených kol [8].

1.1.5 PÍSTOVÉ ČERPADLO DVOUDOBÉ

Klasické elektricky poháněné pístové čerpadlo se skládá z tělesa, ve kterém se nachází píst ve válci, se kterým pohybuje akční člen za pomoci vačkového nebo jiného převodového mechanismu a zpětných ventilů, které zajišťují jednosměrný průtok médií [9].

Jak uvádí v [9], dvoudobý cyklus je typickým principem pro většinu druhů pístových čerpadel. V první fázi nasává píst ve válci, při pohybu z dolní úvratě do úvratě horní. V druhé fázi se píst pohybuje naopak, čímž z válce vytlačí nasátou látku. Mezi další typické konstrukce a principy pístových čerpadel patří např. jednočinná, diferenciální, zdvižná a axiální.



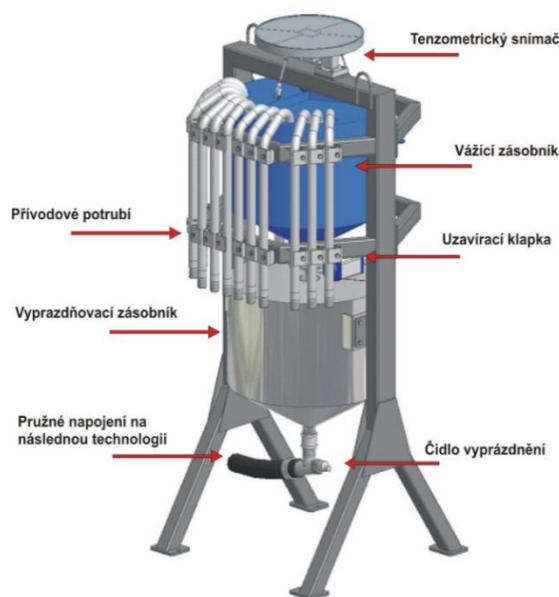
OBR. 4 – PRŮŘEZ PÍSTOVÉHO ČERPADLA [9]

Mezi jeho typické vlastnosti patří průtok 10 až 4000 l/min při tlaku až 1000 barů, a to do 1500 otáček pohonu za minutu. Jsou vhodné i pro čerpání viskózních médií, a především pro přesné dávkování. Mimo to mají výborné sací vlastnosti, stálý výtlač a možnost chodu nasucho. Využívají se především v potravinářském, chemickém a automobilovém průmyslu. Jsou ovšem konstrukčně složité a výstupní průtok i tlak může být pulsující [9].

1.1.6 VÁHA NA KAPALNÉ MATERIÁLY

Jak je uvedeno v katalozích [10], dávkovací váhy určené pro navažování jakýchkoliv kapalných materiálů jsou používány pro dávkování jednoho a více materiálů za účelem dalšího zpracování, jako např. mísení ingrediencí dle různých receptur. Dávkování nádob těchto vah je možné realizovat za pomoci vhodného typu čerpadla, a to pro navažování a dávkování od několika gramů, přes stovky kilogramů, až do jednotek tun kapalných materiálů při dobré přesnosti.

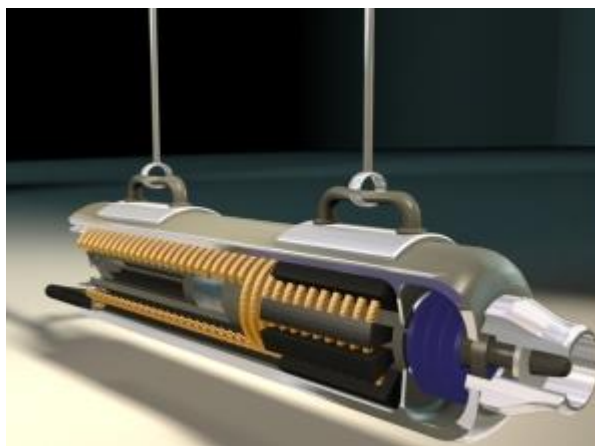
Váhy na kapalně materiály se dělí dle technologie a druhu kapalin, pro které jsou využity a většinou jsou navrženy podle potřeby na míru. Měření hmotnosti je zajištěno tenzometry [10]. Tenzometr převádí deformaci mechanicky namáhaného vodiče na změnu odporu. Se změnou délky a průřezu vodiče se tedy mění jeho rezistivita a měřením této veličiny se zjišťuje hmotnost. Rezistivita je materiálová konstanta a popisuje vodivostní vlastnosti látek vedoucí elektrický proud v ohmech [11].



OBR. 5 – TENZOMETRICKÁ VÁHA NA KAPALINY [12]

1.1.7 E.M. ČERPADLO

Tato zařízení jsou vyrobena bez mechanických součástí a slouží k čerpání elektricky vodivých kapalin. Dále jsem v [13] zjistil, že médium se uděluje pohyb působením střídavého magnetického pole, vytvářeného cívkami, které na médium působí za pomoci vzniklé mechanické síly. Z tohoto principu vyplývá výhoda, že je čerpaná kapalina oddělená od okolí a funkčních součástí čerpadla. Další typickou výhodou je přesná elektronická regulace průtoku, dlouhá životnost čerpadla a téměř bezúdržbová konstrukce. Mezi další vlastnosti se řadí max. tlak v jednotkách barů, průtok v řádech stovek litrů za minutu s nanejvýš 50% účinností. Využívají se pro čerpání nebezpečných látek, v metalurgii, nebo chemickém průmyslu a energetice [13].



OBR. 6 – EM ČERPADLO "ALIP" [13]

1.1.8 VŘETENOVÉ ČERPADLO

Vřetenová čerpadla jsou pro svou univerzálnost vhodná pro mnoho aplikací. Používají se především v potravinářském, chemickém a zemědělském průmyslu. Podle tvaru rotoru se využívají základní druhy s: Archimédovým šroubem, excentrickým šnekovým rotorem, vřetenovým obdélníkovým závitem a dalšími druhy závitů. Dále se rozdělují podle počtu použitých vřeten v konstrukci na: jednovřetenová, dvouvřetenová a třívřetenová čerpadla. Provozní vlastnosti se vždy liší podle konkrétního provedení a typu závitů rotoru [14].

1.1.9 JEDNOVŘETENOVÉ ČERPADLO

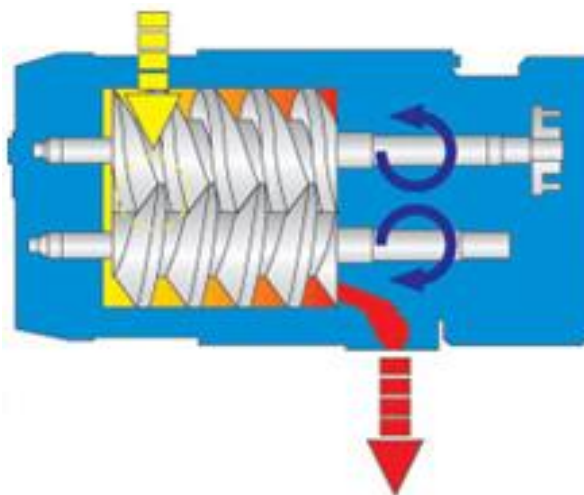
Na světovém trhu jsou jednovřetenová čerpadla z nabídky vřetenových čerpadel nejčastější. Využívají se podle konstrukce pro dopravu kapalin až do středních tlaků (cca 60 barů) při vysokých průtocích až 5000 l/min. Princip spočívá v rotaci jednoho rotoru, kdy se kapalina pohybuje v mezeře závitů ve směru šroubovice [14].



OBR. 7 – JEDNOVŘETEN. ČERP. S EXCENTR. ŠNEK. ROTOREM [14]

1.1.10 DVOUVŘETENOVÉ ČERPADLO

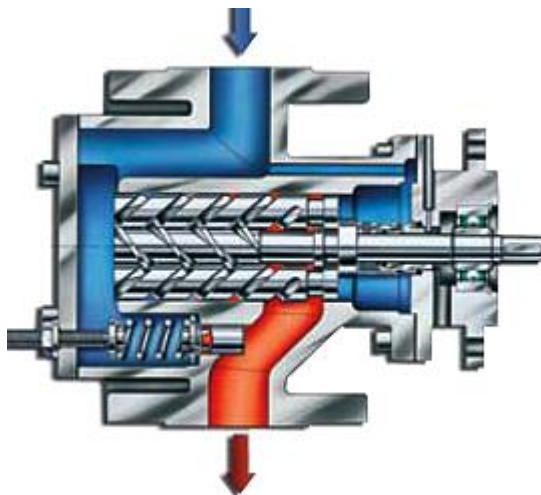
Jak je řečeno v [14], činnost tohoto čerpadla spočívá v přesunu kapaliny ve směru pohybu šroubovice, kde je médium uzavřeno v zubových mezerách mezi dvěma vřeteny. Zubová mezera se otevře výběhem závitů vřeten ze závitů ve výtlačném místě a postupným zmenšením prostoru otevřené závitové mezery se začne vytlačovat kapalina z čerpadla. Nejčastěji se používají obdélníkové a lichoběžníkové profily závitů a poháněna mohou být obě vřetena. Hodí se pro tlaky do 20 barů, vysoké průtoky (až do 15000 l/min) a čerpání špatně mazných, viskózních nebo i mírně agresivních a abrazivních kapalin.



OBR. 8 – SCHÉMA DVOUVŘETENOVÉHO ČERPADLA [14]

1.1.11 TŘÍVŘETENOVÉ ČERPADLO

Tato čerpadla mají obdobný princip, jako dvouvřetenová čerpadla, ale skládají se ze tří vřeten. Hlavní vřeteno, které je uprostřed, je poháněno a zároveň dopravuje kapalinu. Pomocná vřetena jej těsní a oddělují pracovní prostor na vícero menších objemů, ve kterých je médium přepravováno. Mají obvykle cykloidní závit, který se projevuje mít největší účinnost. Nejčastěji se používají pro čerpání mazacích a čistících olejů při tlacích až do 300 barů a vysokém průtoku do 12 000 l/min [14].



OBR. 9 – SCHÉMA PRINCIPU TŘÍVŘETENOVÉHO ČERPADLA [14]

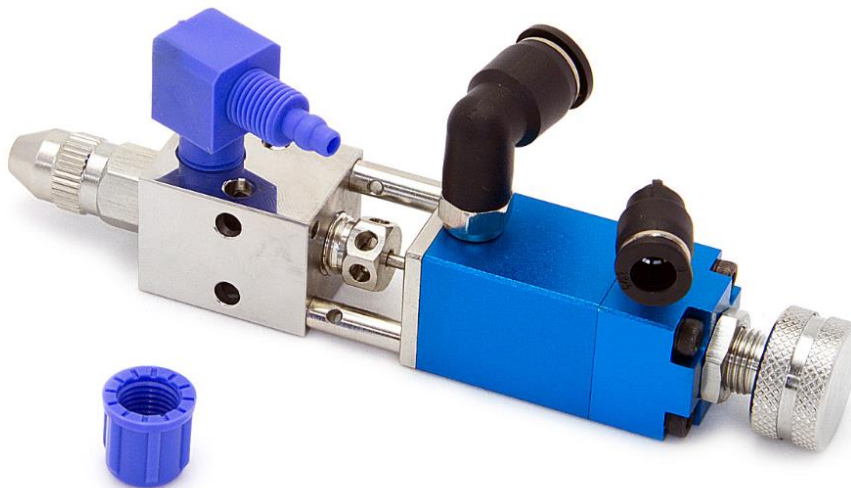
1.2 PNEUMATICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN

Tyto systémy, popsány v [15], které jsou řízené za pomoci pneumatických akčních členů a obvodů, jsou obecně používány v průmyslu tam, kde je zapotřebí rozstřiku kapalin, anebo kde jsou pneumatické systémy vhodnější než jiné dávkovací systémy, např. v různých odvětvích automobilového a potravinářského průmyslu.

1.2.1 JEHLOVÝ VENTIL

Na obr. 10 je konkrétní jehlový jednocestný ventil [16], který je ovládán jednočinným nebo dvojčinným pístovým mechanismem s aretovatelným šroubem, kterým je možné jemně ladit průtok dávkované kapaliny. V případě jednočinného ventilu je přiveden jeden přívod stlačeného vzduchu, který otevírá ventil a za pomoci pružiny se ventil uzavírá, čímž se ukončí dávka. Dvojčinné ventily mají přivedené dvě hadice, jedna pro otevření a druhá pro uzavření ventilu. Stejně tak mohou mít dvojčinné ventily přivedenu jen jednu hadici za předpokladu, že je v pneumatickém obvodu možnost vytvářet podtlak. Pístnice, která je vysouvána, ovládá svým jehlovým zakončením

výpust a s dobrou přesností reguluje dávkování médií. Dávkovaná látka, která je přiváděna do ventilu, musí být pod stálým a konstantním tlakem. Mají vždy minimální dávku a maximální provozní frekvenci dávkování danou svou konstrukcí. Využívají se především pro dávkování kapalin a tekutin s nižší viskozitou. Vstupní tlak dávkované kapaliny se může pohybovat od 1 do 10 barů při minimální dávce v setinách mililitrů dávkované kapaliny.



OBR. 10 – PNEU. ŘÍZENÝ JEHLOVÝ DÁVKOVACÍ JEDNOCEST. VENTIL [16]

1.2.2 RUČNÍ DÁVKOVACÍ VENTIL

Jednosložkové nebo vícesložkové ruční dávkovací ventily poháněné stlačeným vzduchem (konkrétně např. [17]) jsou používány pro dávkování lepidel, tuků, rozpouštědel, olejů a jiných látek, které je zapotřebí dávkovat do bodů nebo čar. Stisknutím spouště dojde k uvolnění ventilu a k průchodu kapaliny. Po uvolnění spouště se ventil zase uzavře. Velikost dávky závisí na době stisku, tlaku a konstrukci ventilu, běžně se tlak pohybuje v rozmezí 1 až 10 barů při minimální dávce v desetinách mililitrů dávkované kapaliny.



OBR. 11 – JEDNOSLOŽKOVÝ RUČNÍ DÁVKOVACÍ VENTIL [17]

1.3 MECHANICKÉ DÁVKOVACÍ SYSTÉMY KAPALIN

Mechanické dávkovače jsou založené na jednoduchých mechanických principech a k jejich spínání je zapotřebí vyvolat mechanickou práci. Výhodou těchto dávkovačů je snadná rozebíratelnost a s tím spojená jednoduchá oprava, čištění nebo výměna komponentů. Zároveň jsou, narozdíl od výše popsaných dávkovacích systémů, relativně levné. Jsou často používány ve farmaceutických a dalších laboratorních oborech (byrety, pipety...), stejně tak jako v hygienických odvětvích, v pohostinství (dávkovače destilátů) a v mnoha dalších oborech. Nevýhodou takovýchto dávkovačů je jejich nepřílišná vhodnost pro automatizaci a u některých z nich nepredikovatelné stavy mechanických součástí.

1.4 DÁVKOVAČE DESTILÁTŮ „DRINKOMAT“

Tento dávkovač tzv. *Drinkomat* při mechanickém sepnutí ventilu vypustí přesný objem kapaliny. Cyklením dávek je tak možné dávkovat násobky daného objemu dávkované kapaliny. Tyto dávkovače se vyrábí v mnoha modelech s různým objemem dávkované kapaliny, běžně do 5 CL [18].

Tyto dávkovače lze pořídit levně, nejsou příliš velké a jsou snadno rozebíratelné. Prodávají se s nastavitelnými držáky na lahve, které slouží k uchycení lahví o objemu až 1 l [19]. Nevýhodou mohou být nepredikovatelné stavy mechanických součástí, díky čemuž nemusejí být tyto dávkovače příliš přesné [18].

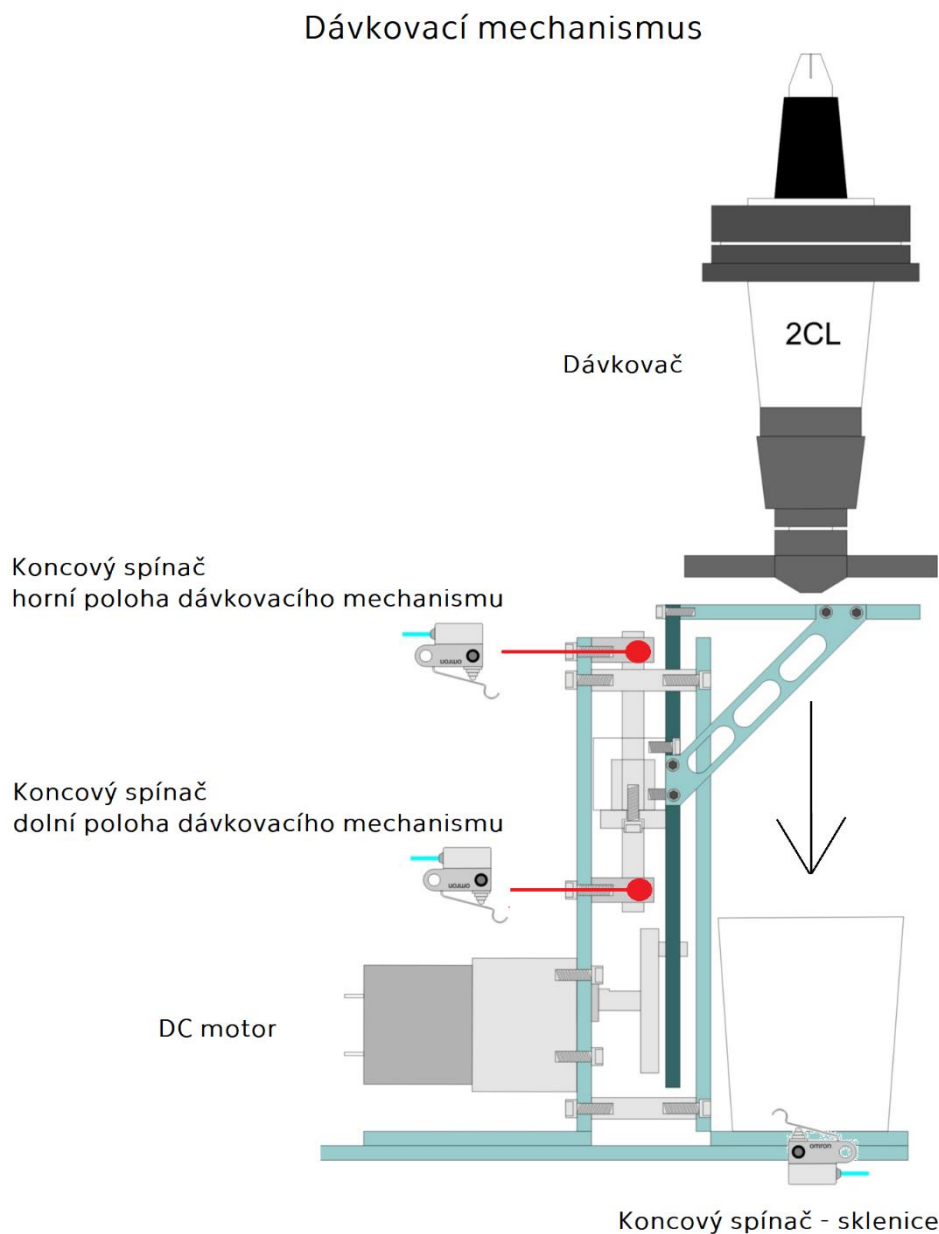


OBR. 12 – DÁVKOVAČ PRIMA 2CL [19]

1.4.1 PRIPCIPI DÁVKOVAČE DESTILÁTŮ „DRINKOMAT“

Samotný dávkovač se vysune ze slotu a nasadí se na lahev s kapalinou, kterou je v úmyslu dávkovat. Jedná se však pouze o neperlivé kapaliny, perlivé by zapříčinily postupné tlakování vzduchu v lahvi a vylétnutí lahve ze zásobníku, protože lahev je během dávkování otočená v poloze náústkem směrem dolů. Poté se lahev s nasazeným dávkovačem nasadí do zásobníku a mezitím, co se lahev se zásobníkem otočí, se nádobka v dávkovači naplní přesnou dávkou kapaliny. Horní ventilek sloužící k dávkování kapaliny z lahve do dávkovače, je ve výchozím stavu otevřený a připravená dávka kapaliny se začne dávkovat ve chvíli stlačení spodní části zařízení směrem nahoru. V ten okamžik se otevře výpustní ventilek, který je ve výchozí poloze uzavřený a zároveň se uzavře horní ventilek pro napouštění nádobky dávkovače. Když spodní část již nebude stisknuta, tzn. když je daný objem kapaliny nadávkován, uzavře se spodní ventilek a opět se otevře horní ventilek pro napouštění kapaliny z lahve do nádobky dávkovače.

Mechanický dávkovač *drinkomat* je využit pro dávkování kapalin v tomto zařízení. Ovládán je akčním členem, modelářským DC elektrickým motorem s převodovkou *GM25-370CHV-286-R* a vačkovým převodovým mechanismem [18].



OBR. 13 – SCHÉMA DÁVKOVACÍHO MECHANISMU

1.5 SHRnutí KAPITOLY

Cílem této rešerše bylo zmapování vybraných dávkovacích systémů kapalin, za účelem komparace a analýzy vhodnosti pro jejich využití pro *Dávkovač nápojů* a rozšíření znalostí v oboru mé bakalářské práce zaměřené na dávkování kapalin.

Pneumatické dávkovací systémy nejsou pro tento projekt vhodné, bylo by zapotřebí dalších financí a návrhů ohledně pneumatického obvodu, který by dávkování poháněl. Jiné mechanické dávkovače by nebyly vhodné, protože jejich zautomatizování by bylo příliš složité. Zubová čerpadla s vnitřním ozubením jsou vhodná spíše pro aplikace s vyššími průtoky a pro

vysoce viskózní média anebo média s malými pevnými částicemi. Váha na kapalné materiály není vhodná, protože se používá spíše pro technologicky složitější operace. EM čerpadlo v tomto případě nelze použít, protože *Dávkovač nápojů* není zařízení určené k dávkování elektricky vodivých kapalin. Vřetenová čerpadla jsou zařízení používaná pro čerpání mnohem větších průtoků při mnohem vyšších tlacích, než je v tomto projektu potřeba.

Dvoudobé pístové čerpadlo by se mohlo jevit jako vhodné řešení, protože tyto přístroje obecně dosahují velmi dobrých přesností dávkování v různých aplikacích. Ovšem jsou konstrukčně složité a pro jejich údržbu by tak nebyly vhodné.

Naopak některé zmíněné elektrické dávkovací systémy kapalin a jejich různé verze by byly vhodnou alternativou namísto stávajícího dávkovacího mechanismu. Použít by se dala např. peristaltická čerpadla pro jejich velmi dobrou přesnost dávkování, dlouhou životnost a možnost krátkodobého chodu nasucho. Umožňují průtok od 0,01 ml/min do 1800 l/min při max. tlaku 20 barů. Bylo by tedy možné navrhnout nebo pořídit takové peristaltické dávkovače, které by byly schopné nahradit stávající způsob dávkování. Dále by bylo možné použít zubové čerpadlo s vnějším ozubením. Provozní tlak běžného zubového čerpadla s vnějším ozubením dosahuje až 200 barů při průtoku 0,2 až 800 l/min dávkované kapaliny, mohou však čerpat i při nižších tlacích. To znamená, že by bylo možné navrhnout takové čerpadlo, které by bylo schopné dávkovat malé dávky za nižších tlaků, a tak by mohlo být dobrou náhradou aktuálního způsobu dávkování v tomto zařízení.

2 PRINCIP A FUNKCE ZAŘÍZENÍ

Dávkovačem nápojů se dávkuje neperlivé kapalné látky ze 4 lahví do nádoby, za pomoci krokového a DC motorů, mechanických převodů a dvou elektromagnetů. Zařízení je řízeno pomocí PLC a HMI panelu.

Zařízení je ovládáno uživatelem skrz rozhraní dotykového HMI panelu. Do očíslovaných slotů v zásobníku se vloží lahve s kapalinami, které je v úmyslu dávkovat, po zapojení zařízení do elektřiny a jeho zapnutí, zařízení ožije. Poté se přes HMI panel nastaví parametry dávkovaných látek (objemy a názvy látek v lahvích) a je možné začít dávkovat. Na určené místo s koncovým spínačem se vloží nádoba, do které je v úmyslu dávkovat a poté se na panelu volí dávkování. Jedna dávka z dávkovače je 20 ml. Zásobník s lahvemi se otáčí podle toho, jaká kapalina je zvolena pro dávkování. Se zásobníkem otáčí krokový motor s pomocí řemenového převodu. Pokud v lahvi dávkovaná kapalina dojde, znemožní pak program její dávkování za předpokladu, že byl objem na panelu správně nastaven. Zařízení lze nastavit do servisní polohy, kdy je možné vyndat celý zásobník mimo zařízení. RFID čtečka (radio frequency identification) slouží primárně k přihlašování uživatelů na HMI panelu.

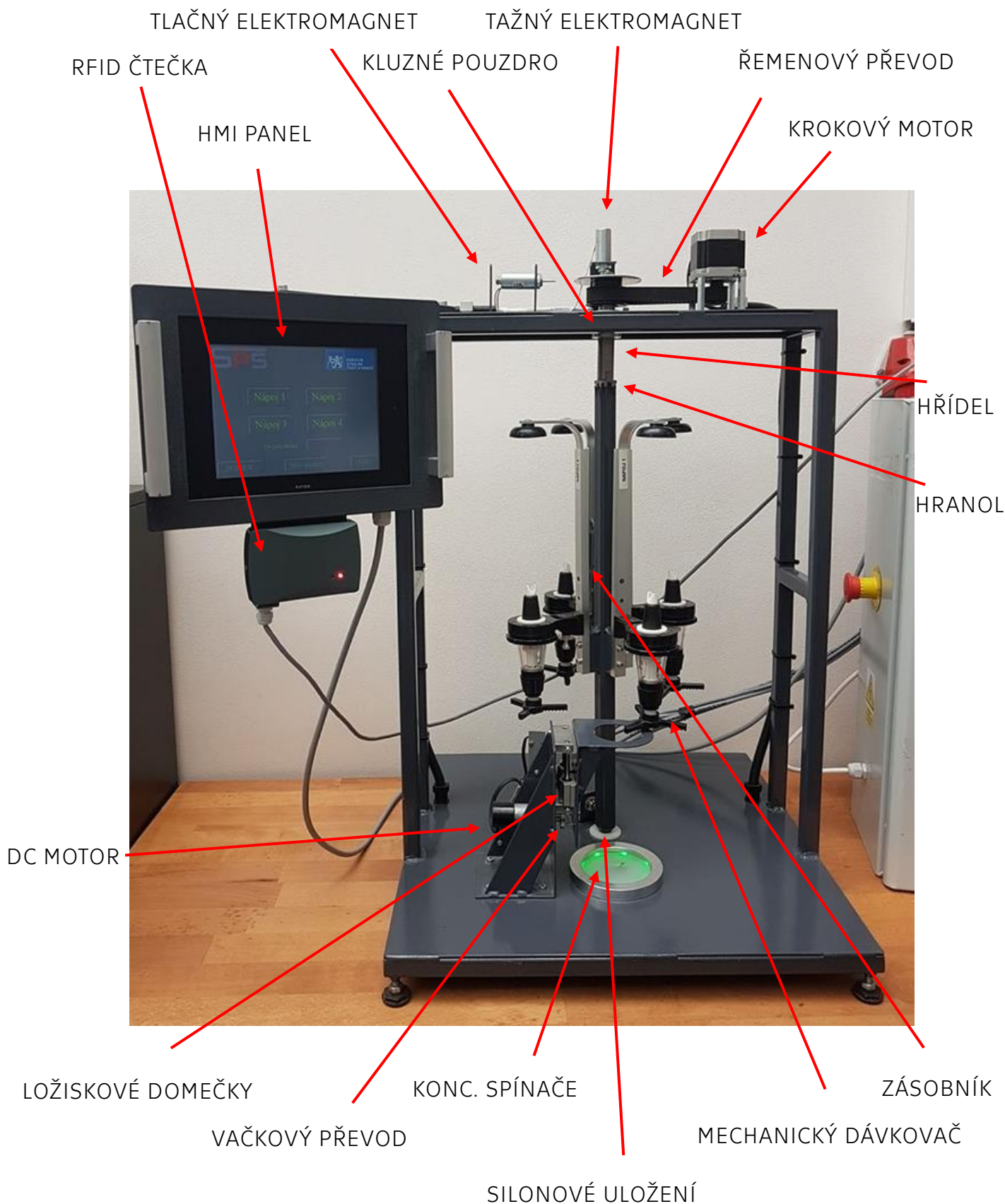
Krokový motor s řemenovým převodem jsou využity pro otáčení se zásobníkem a samotné dávkování zprostředkovává modelářský DC motor s vačkovým převodovým mechanismem, schéma mechanismu dávkování viz obr. 13 v kapitole 1.4.1. Tažný elektromagnet je využit pro uzamykání otáčení zásobníku, a to především z důvodu, aby nebylo možné se zásobníkem (a tak i s krokovým motorem) otáčet v době vypnutého zařízení. Krokový motor nezná informaci o svém natočení a pokud by po opětovném zapnutí byl v jiné poloze, program by nesprávně dávkoval a mohlo by dojít i k poškození dávkovačů. Dále je tento elektromagnet využit pro uzamknutí řemenice (a tím i krokového motoru) v servisní poloze. Zařízení disponuje také tlačným elektromagnetem, který zajišťuje, aby nebylo možné zásobník odendat mimo servisní polohu. Na jeklu zásobníku je na jedné straně přišroubován kus oceli, který je při daném natočení zásobníku snímán indukčním snímačem, a tak je kontrolována přítomnost zásobníku v servisním režimu. V rozvaděči jsou uloženy všechny elektro komponenty a instalace, které zajišťují provoz celého zařízení.

KOMPONENTY V ZAŘÍZENÍ
(1) Rozvaděč
(2) HMI panel
(3) RFID čtečka
(4) Tažný elektromagnet
(5) Tlačný elektromagnet
(6) Krokový motor
(7) Řemenový převod
(8) DC motor
(9) Koncové spínače
(10) 4x mechanický dávkovač
(11) Silonové uložení
(12) Kluzné pouzdro
(13) Vačkový převod
(14) Zásobník
(15) Řemenový převod
(16) 2x ložiskový domeček

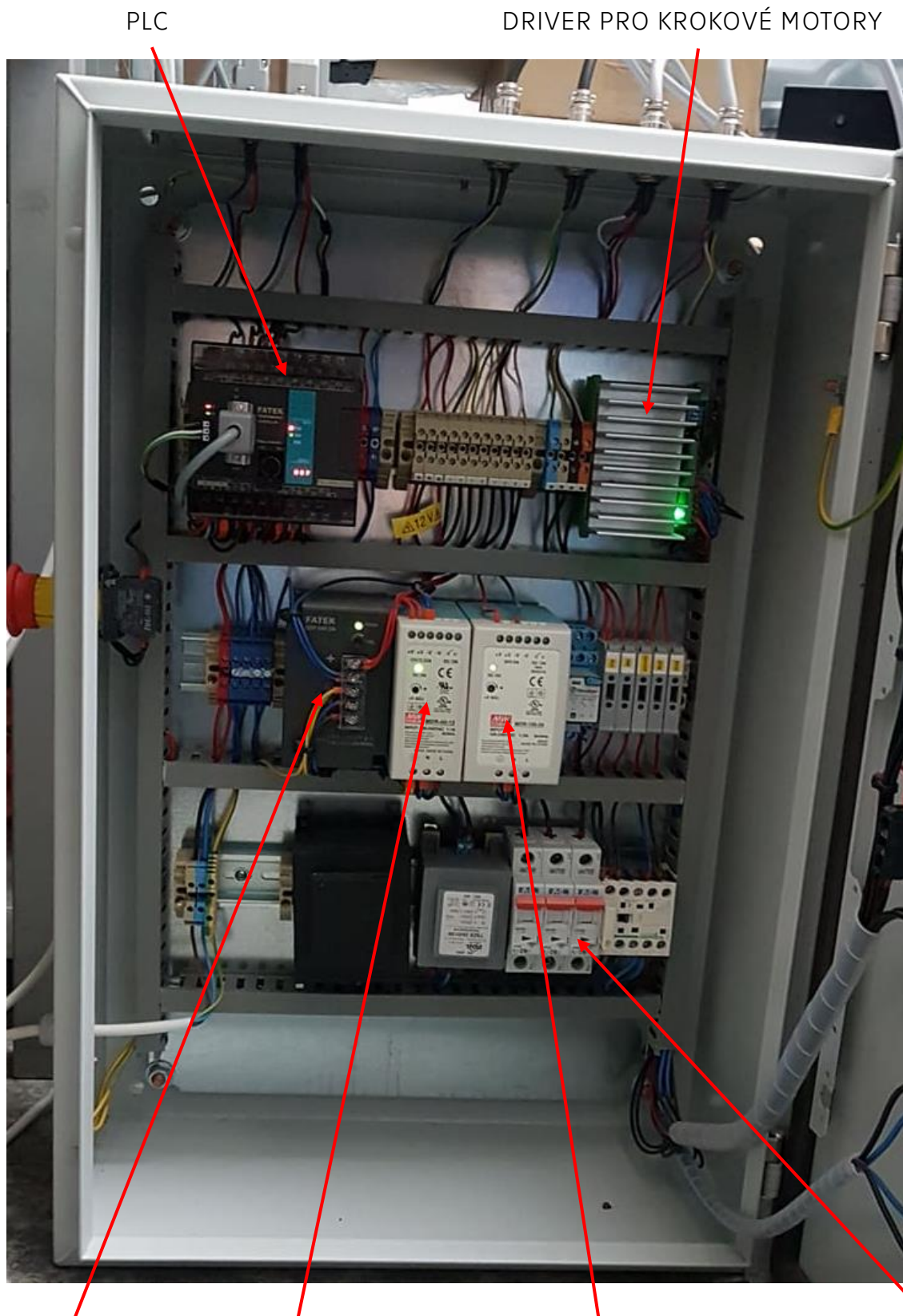
TAB. 1 – KOMPONENTY V ZAŘÍZENÍ

ZÁKLADNÍ KOMPONENTY V ROZVADĚČI
(1) PLC FATEK FBs-24MA
(2) Napájecí zdroj FATEK, 2A
(3) Driver pro krokové motory S-STEPPER-TO45-1
(4) Spínaný zdroj 24V/3,2A pro krokový motor
(5) Spínaný zdroj 12V/1,25A pro RFID čtečku
(6) Jističe

TAB. 2 – KOMPONENTY V ROZVADĚČI



OBR. 14 – DÁVKOVAČ NÁPOJŮ



PLC

DRIVER PRO KROKOVÉ MOTORY

NAPÁJECÍ ZDROJ FATEK

SPÍNANÝ ZDROJ 12 V

SPÍNANÝ ZDROJ 24 V

JISTIČE

OBR. 15 – ROZVADĚČ

3 ROZVAHA NA SENZOROVÉ ROZŠÍŘENÍ

Jak je popsáno v [20], za pomoci prediktivní detekce, diagnostiky poruch a údržby provozovatelé průmyslových zařízení systematicky předvídají nutnost údržby, zachovávají tak přístrojovou provozuschopnost a provoz bez fatálních chyb. Technická diagnostika hlídá především vyšší spolehlivost, bezpečnost, delší životnost přístrojů, včasným odhalováním poruch [21]. Opotřebované anebo poruchou ohrožené součásti se vyměňují a opravují v optimálním předstihu, čehož důsledkem by tak měl být pokles nákladů oprav na minimum. Údržba a diagnostika systémů se rozděluje podle jejich charakteru na:

- poporuchovou – porucha se řeší, až když nastane
- preventivní – pravidelné kontroly
- prediktivní – viz odstavec výše
- proaktivní – jde o typ prediktivní údržby/diagnostiky, ale senzorové vybavení a software jsou součástí přístroje již od jeho návrhu a ne až po vyrobení přístroje, jako v případě této práce [22]

Stávající přístroj *Dávkovač nápojů* se skládá z akčních členů s několika mechanickými převody, indukčním snímačem, pomocí kterého se nastavuje servisní poloha zařízení, celé zařízení je v ocelové a nechráněné konstrukci. Druhou majoritní částí přístroje je rozvaděč, ve kterém se nachází elektrické prvky a obvody. Každý z těchto komponentů je možné „sledovat“ a sbírat data potřebná k preventivnímu odstínění nežádoucích poruch přístroje. Důležitost provádění prediktivní, nebo alespoň preventivní údržby je popsána v tab. 3. V této rozvaze se zabývám senzorovým rozšířením stávajícího řídicího systému, a to především za účelem prediktivní detekce poruch nedestruktivní technickou diagnostikou.

Komponenty	Možnost P.D.P.	Důležitost P.D.P.	Náročnost opravy/výměny	Nebezpečnost pro obsluhu při poruše
(1) Rozvaděč	ano	vysoká	liší se	nízká
(2) HMI panel	ano	vyšší	střední	žádná
(3) RFID čtečka	ano	nízká	nižší	žádná
(4) Tažný elektromagnet	ano	vysoká	nižší	střední
(5) Tlačný elektromagnet	ano	nizká	nižší	střední
(6) Krokový motor	ano	vysoká	střední	sřední
(7) DC motor	ano	střední	střední	střední
(8) Koncové spínače	ne	/	nižší	žádná
(9) 4x mechanický dávkovač	ano	nízká	nízká	střední
(10) Silonové uložení	ano	vyšší	střední	žádná
(11) Kluzné pouzdro	ano	střední	střední	žádná
(12) Vačka převodu	ano	nižší	střední	žádná
(13) 2x ložiskový domeček	ano	vyšší	nižší	žádná

TAB. 3 – PORUCHOVÉ KOMPONENTY

V tab. 3 jsou popsány komponenty, u kterých by mohla hrozit porucha, jestli mají možnost prediktivní detekce poruchy (P.D.P.), jaká je její důležitost, náročnost opravy/výměny daného komponentu a nebezpečnost pro obsluhu v případě poruchy, v rozmezí: žádná – nízká – nižší – střední – vyšší – vysoká. Důležitost P.D.P. jsem posuzoval podle využívání daného komponentu v zařízení, jeho ceny a náročnosti oprav.

3.1 ELEKTRICKÝ ROZVADĚČ

V elektrickém rozvaděči by mohlo hrozit přehřívání jednotlivých kontaktů a prvků v obvodech. Mohlo by docházet např. k přetížení jističů, přetížení světelných obvodů, zahřívání kontaktů např. na PLC nebo driveru krokového motoru v důsledku nesprávné manipulace (zvýšení přechodového odporu v důsledku nesprávného připojení kabelů), přehřívání stykačů a napájecích zdrojů, pokud by došlo k poruchám v elektrickém vedení nebo akčních členech. Nejjednodušší metodou, jak kontrolovat elektrický rozvaděč, je za pomoci pyrometru, nebo termovizního měření pro bezdotykové měření teploty. Způsob měření a vyhodnocení by nebyl složitý, za pomoci termovize se provádí měření v místech, kde se předpokládá, že by mohlo dojít k příznakům potíží [20]. Obecně se termovizí snímkuje např. povrchové teploty, identifikují se tepelné mosty a odhalují se nekvalitní izolace rozvodů [23]. Takto lze také bez problémů kontrolovat i zbylé elektro součásti v přístroji, i mimo rozvaděč. Bylo by zapotřebí vybrat takovou termokameru, která by měla dostatečně velké rozlišení a zorný úhel objektivu na vnitřek rozvaděče pro zautomatizování procesu, případně využít kamer více [20].

Teplotní rozdíl a rostoucí teplotní trend vůči ostatním spojům a prvkům v obvodu se jeví jako hlavní kritérium pro rozhodování o stavu spojů. Na základě zaznamenaných dat a hodnot, jejich sledováním a porovnáváním, by bylo jednoduché rozhodnout o stavech spojů a prvků v rozvaděči i mimo něj. Pokud by se podezření na špatnou komponentu potvrdilo, byla by nutná kontrola připojení a dále proměření z hlediska elektrických vlastností a případná výměna nebo přepojení [20].

3.2 LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO

V lineárním kluzném pouzdře je vedena hřídel, která se otáčí, a tak dochází k tření, díky kterému vzniká odpor, teplo a opotřebení. Mazání těchto součástí nepřípadá v úvahu z provozních a ekologických důvodů. Technickou diagnostiku by bylo možné provádět za pomoci ultrazvuku [24]. Z fyzikální skutečnosti vychází, že ultrazvuk je generován suchým třením a jeho monitorováním se dá snadno zjistit, zda nedochází např. k vzniku příliš velkého tření, tepla a opotřebení, které by vedlo k nepredikovaným stavům zařízení a případným poruchám [25]. Bylo by zapotřebí ultrazvukového

přijímače, zesilovače signálu a elektronické vyhodnocovací zařízení pro vyhodnocování akustického výkonu a frekvenční analýzy spektra hluku [24]. Ovšem bylo by jednodušší měřit vzniklé teplo pomocí pyrometru nebo termovize.

3.3 ÚNIK DÁVKOVANÝCH KAPALIN

Celé zařízení se zabývá dávkováním kapalin, a tak může dojít k jejich nechtěnému úniku do prostor, kde by mohly zavinit poruchu nebo zkrat jiných komponent. K preventivní ochraně by mohl sloužit kontrolní vlhkoměr, který by měl umístěné sondy v okolí akčních členů a elektrických rozvodů, které jsou v přímém ohrožení. Při zjištění náhlého zvýšení vlhkosti, a tedy předpokladu přítomnosti vody nebo nepřijatelných hodnot vlhkosti, by byl vypnut elektrický proud daných komponentů a oznámil nutnost kontroly obsluze.

3.4 PŘEVODOVÝ MECHANISMUS SPÍNÁNÍ DÁVKOVAČŮ

Vačka převodového mechanismu pro spínání dávkovačů a je z celého převodu „nejslabší součástí“. Je jako jediná funkční součást vyrobena z duralu a zároveň je její nejtenčí část lepená, aby výroba byla jednodušší. Při nadměrném nebo dlouhodobém používání by mohlo hrozit, že se rozlomí. Její rozlomení by mohlo mít opět za následek nepredikované stavy mechanismů v zařízení. Funkčnost vačky by mohly hlídat již přítomné koncové spínače, ovšem to už se nejedná o diagnostiku prediktivní, nýbrž poporuchovou.

Posloucháním vibrací a jejich analýzou, by bylo možné kontinuálně monitorovat a zjišťovat, zda v tzv. ložiskových domečcích nevznikají nebo se nerozvíjí materiální a spojové poruchy. Využít by se mohlo jednoduchých vibrometrů, které měří např. mechanické chvění, rázy a porovnávají vibrační frekvenční charakteristiku v daném rozsahu [24].

3.5 KROKOVÝ MOTOR

Otáčení se zásobníkem je zprostředkováno krokovým motorem s pomocí řemenového převodu. *Dávkovač nápojů* disponuje elektromagnetickým zámkem, pomocí kterého uzamyká zásobník proti jeho otáčení. Vše je řízeno programem v PLC, za pomoci driveru krokového motoru. Pokud by nastala v PLC chyba a zásobník byl uzamknut, ale krokový motor by se pokoušel se zásobníkem otáčet, mohlo by rychle dojít k poničení krokového motoru.

Za základní parametr motoru, který je nutné kontrolovat, se dá považovat hodnota pracovního proudu odebíraného motorem. Proud motoru se nedá měřit přímo, měří se úbytek napětí na odporu vinutí za pomoci Ohmova zákona [26]. Za předpokladu, že rozmezí pracovních hodnot proudu, zapsané v katalogu daného krokového motoru, je korektní, by bylo možné s pomocí měřicího obvodu zjišťovat náhlé zvýšení proudu, pokud by se motor zaseknul [27]. Zmíněný měřicí obvod bývá součástí driveru daného elektro motoru, ovšem to se netýká driveru v tomto zařízení, a tak by bylo nutné navrhnout obvod nový. V případě náhlého zvýšení proudu vinutí motoru, a tedy předpokladu zaseknutí krokového motoru kvůli chybě/poruše, by posléze došlo k vypnutí proudu a oznámení naměřených hodnot.

4 NÁVRH A REALIZACE ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU PRO PLC

4.1 POPIS POUŽITÉHO PLC AUTOMATU

Zařízení je řízeno programem v PLC značky *FATEK* řady *FBS-24MA*, jeho základní parametry jsou popsány v tab. 4. Mimo parametry ve zmíněné tabulce má PLC stupeň krytí IP20 a možnou pracovní teplotu v rozsahu od 5 do 45 °C v uzavřeném prostoru nebo až 55 °C v prostoru otevřeném. PLC se programuje v softwarovém prostředí *WinProLadder*.

PLC	vstupy	výstupy	moduly	jazyk	typ výstupů	komunikace	napájení
FATEK FBS-24MA	14	10	0	LD	relé/tranz.	RS-232/485	230V, 24V, 14V

TAB. 4 – POPIS PLC

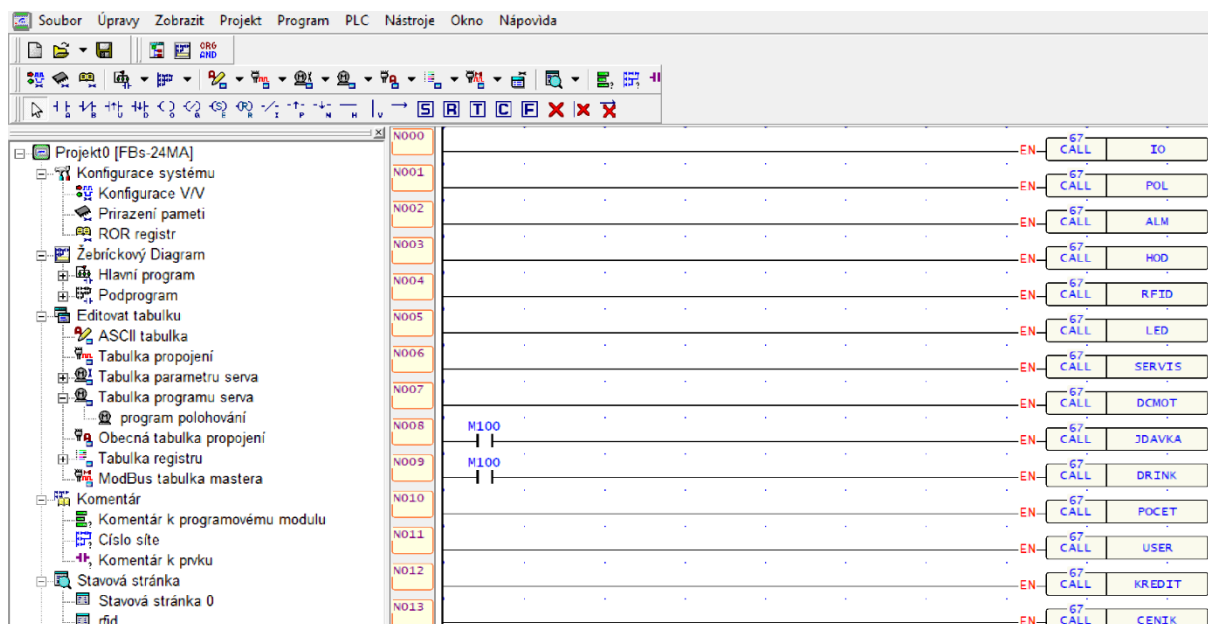


OBR. 16 – PLC FATEK FBS-24MA

4.2 POPIS PROGRAMU WINPROLADDER

K naprogramování programu, nahrání do PLC a ladění slouží PC software *WinProLadder*, který je zdarma ke stažení na internetu. Program je relativně intuitivní a při práci s manuálem je vcelku snadné se s programem naučit pracovat.

Mimo typického reléového schématu, lze v programu vytvořit i různé bloky hodnot např. servo parameter table, servo program table, register table, link table atp. a některé z těchto tabulkových/blokových hodnot jsou použity v PLC programu *Dávkovače nápojů*.



OBR. 17 – WINPROLADDER

4.3 PŮVODNÍ PROGRAM V PLC

Původní program byl rozdělen na 1 hlavní program a 14 podprogramů. Většina proměnných celého programu byla bez popisků, a proto bylo složité se v programu vyznat a pochopit jej. Hlavní program *Main_unit1* slouží k volání zbylých podprogramů a k provedení základních operací při zapnutí zařízení.

Podprogramy:

- *IO* – definice vstupů a výstupů
- *POL* – řízení krokového motoru
- *ALM* – chybová hlášení/alarmy
- *HOD* – počítání celkového provozu PLC (celého zařízení)
- *RFID* – čtení čipů RFID
- *LED* – LED podsvícení
- *SERVIS* – servisní režim
- *DCMOT* – řízení DC motoru
- *JDAVKA* – vyhodnocování požadavku dávkování
- *DRINK* – kombinované dávkování

- *POCET* – počítání objemu v lahvích
- *KREDIT* – počítání kreditu uživatelů s pomocí RFID
- *USER* – login uživatelů přes RFID
- *CENIK* – odečítání ceny jedné dávky nápoje od kreditu

4.4 NÁVRH ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU PRO PLC

Úkolem této práce byla především oprava řídicího programu, který obsahuje řadu chyb a nejasností, které jsem měl za úkol zanalyzovat, vyjasnit a opravit. Dalším úkolem bylo popsání programu za pomoci poznámek přímo v programu, aby byl program snadněji editovatelný a přehledný. Dalším úkolem byl návrh na upgrade řídicího programu a další jeho tvorba.

4.5 REALIZACE ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU PRO PLC

První věcí, kterou jsem udělal, byla analýza programu. Následovalo odstranění přebytečných proměnných, větví programu a odkazů, které neměly žádné využití. Programátor původního programu měl pravděpodobně v plánu program rozšířit, ale v původní zprávě [18] a ani v programu nejsou žádné informace o tom, co měl v úmyslu dále. Obecně jsem popsal všechny podprogramy v poznámkách programu a krátce okomentoval nejasné proměnné, které program používá.

Původní podprogram *ALM*, starající se o chybová hlášení/alarmy, jsem celý smazal a udělal nový. V původní verzi byly kombinované alarmy pomocí dvou registrů, kde funkce pomocného registru nebyla příliš jasná. V HMI panelu je nastavení jednodušší přes jeden registr, a tak jsem alarmy sjednotil. Přidal jsem alarmy pro hlášení všech prázdných lahví, na rozdíl od původního podprogramu, který hlásil pouze prázdnou lahev, ale neukázal která. Ovládací markery těchto registrů jsou zároveň použity jako hlídající relé, aby nebylo možné začít sekvenci dávkování, když má daná lahev (resp. daný registr) aktuální objem na nule. Původní program totiž pravděpodobně počítal s hlídáním nulového objemu v HMI panelu za pomoci makra.

Podprogram *POCET*, který odečítá kapacitu lahví o jednu dávku (20 ml) v daných registrech, jsem rozšířil o markery, pomocí kterých se přes HMI panel nastavuje maximální kapacita (1000 ml). Zároveň resetují markery, které aktivují alarmy pro prázdnou lahev, dále vypínají alarmy.

Podprogram *JDAVKA*, řídící jednotlivé dávky, jsem rozšířil o funkci, která znemožní dávkování v průběhu servisního režimu. Podle mých zjištění byl původní program udělán tak, že tato funkce byla pouze v HMI panelu, kde znemožňovala kliknutí na dávkovací tlačítka. Do HMI panelu jsem tuto funkci dal také. Toto redundantní řešení jsem vybral z důvodu nepredikovaných stavů celého programu.

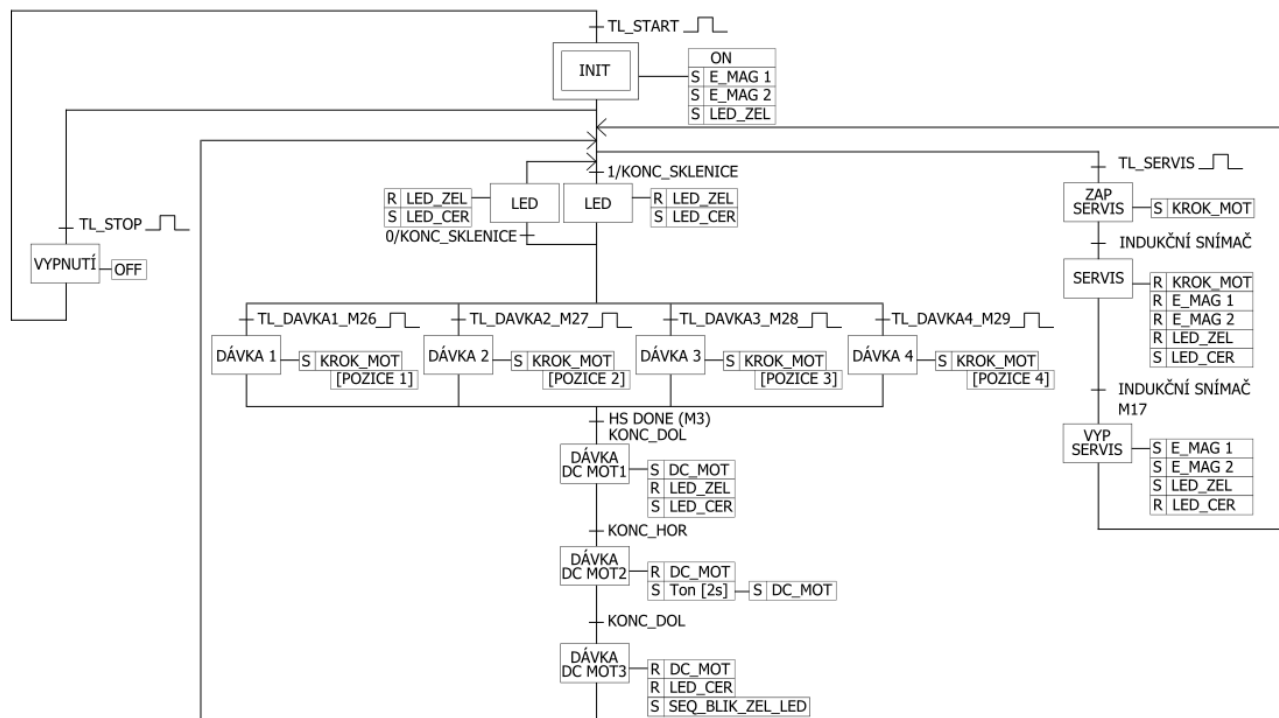
Narazil jsem na problém ohledně servisního režimu, podprogram *SERVIS*, který se stará o servisní režim. Byl původně napsán s několika chybami. Servisní režim se zapíná stiskem modrého tlačítka *SERVIS* na rozvaděči, ovšem při opakovaném mačkání zmíněného tlačítka se servisní režim zasekl a nebylo dál možné pokračovat kamkoliv v programu. Zároveň, pokud se servisní tlačítko mačkalo při dávkování, mohlo za určitých podmínek během dávkovacího cyklu dojít k otáčení krokového motoru, a to by mohlo vést k poškození vačkového mechanismu, nebo dávkovačů. Servisní režim jsem tak napsal nový a těchto chyb se vyvaroval.

Po naprogramování HMI panelu jsem zjistil, že nesprávně funguje odečítání kreditu uživatelů, kteří kredit pro dávkování nepotřebují. V podprogramu *CENIK* tak bylo zapotřebí upravit původní větve a vytvořit nové větve programu pro dávkování kapalin bez odečítání kreditu zmíněných uživatelů. Řešeno to bylo původně pomocí nastavení kreditu na maximální hodnotu (2000) a poté se kredit stále odečítal i v případě, kdy neměl být nijak využit. Nyní, s pomocí přihlašovacího makra v HMI panelu a úprav v PLC programu, se po přihlášení těchto uživatelů, kredit nijak nevyužívá, a tak nemůže dojít k vyčerpání kreditu za řečených podmínek. Kombinací posledního zmíněného makra v HMI panelu a dalších úprav v podprogramu *CENIK* jsem zprovoznil dávkování bez nutnosti loginu přes RFID, původní program neměl informaci o aktuálním loginu v HMI panelu bez využití RFID.

Dále jsem vytvořil podprogram *CENIKO*, za účelem odečítání dvojnásobného kreditu za dvojnásobnou dávku, která se dá na HMI panelu přepínat dvoustavovým přepínačem. Přepínačem je v programu ovládáno relé, které určuje, ze kterého podprogramu bude kredit počítán (*CENIK* nebo *CENIKO*).

V průběhu programování jsem narazil na problém s podprogramem LED, proto jsem jej také předělal. Tento podprogram řídí chování červených a zelených LED daných v místě polohy pro sklenici.

SFC sekvence dávkování



OBR. 18 – SFC SEKVENCE DÁVKOVÁNÍ

SFC diagram na obr. 18 popisuje pouze základní cykly týkající se dávkování. Podle SFC diagramu se servisní režim nedá zapnout, když je sepnut koncový spínač určený pro sklenici, nakonec jsem tuto podmínku vypustil a servisní režim je možné zapnout i s tímto seplým koncovým spínačem.

VSTUPY	Popis
KONC_SKLENICE	Koncový spínač - přítomnost sklenice
KONC_DOL	Koncový spínač - dolní poloha dávkovacího mechanismu
KONC_HOR	Koncový spínač - horní poloha dávkovacího mechanismu
TL_START	Tlačítko START
TL_SERVIS	Tlačítko SERVIS
TL_STOP	Tlačítko STOP
INDUKČNÍ SNÍMAČ	Indukční snímač
M17	Marker pro HMI na vypnutí servisního režimu
TL_DAVKA1_M26	Marker pro HMI na dávkování z 1. lahve
TL_DAVKA2_M27	Marker pro HMI na dávkování z 2. lahve
TL_DAVKA3_M28	Marker pro HMI na dávkování z 3. lahve
TL_DAVKA4_M29	Marker pro HMI na dávkování z 4. lahve
HS DONE (M3)	Oznámení krokového motoru o ukončení otáčení

TAB. 5 – ZÁKLADNÍ SEZNAM VSTUPŮ PRO SFC

VÝSTUPY	Popis
E_MAG 1	Elektro magnet - proti otáčení zásobníku
E_MAG 2	Elektro magnet - proti vyndávání zásobníku
LED_ZEL	Zelené LED
LED_CER	Červené LED
KROK_MOT	Krokový motor
DC_MOT	Stejnoseměrný motor dávkovacího mechanismu
SEQ_BLIK_ZEL_LED	Sekvence blikání zelených LED

TAB. 6 – ZÁKLADNÍ SEZNAM VÝSTUPŮ PRO SFC

KROK	Popis
INIT	Inicializace / Start
VYPNUTÍ	Vypnutí
LED	Svícení červené/zelené LED
ZAP SERVIS	Zapnutí servisního režimu
SERVIS	Servisní režim
VYP SERVIS	Vypnutí servisního režimu
DÁVKA 1	Dávkování z 1. lahve
DÁVKA 2	Dávkování z 2. lahve
DÁVKA 3	Dávkování z 3. lahve
DÁVKA 4	Dávkování z 4. lahve
DÁVKA DC MOT1	Vysunutí dávkovacího mechanismu
DÁVKA DC MOT2	Stop a setrvání v horní poloze
DÁVKA DC MOT3	Zasunutí dávkovacího mechanismu

TAB. 7 – ZÁKLADNÍ SEZNAM KROKŮ PRO SFC

5 NÁVRH A REALIZACE UŽIVATELSKÉHO ROZHRAŇÍ PRO HMI PANEL

Pro přímé ovládání zařízení je využit HMI panel. Pro tento panel jsem musel vytvořit uživatelské rozhraní (vizualizaci). HMI je rozhraní, které je určené ke komunikaci mezi PLC a obsluhou přístroje, v tomto případě se jedná o výše zmíněný panel. Úkolem tohoto rozhraní je zprostředkovat zapisování do ovládaných proměnných PLC, číst stav těchto proměnných a zobrazovat jejich stav a případně varovat o chybě přístroje.

5.1 PŮVODNÍ HMI PANEL

V původním zařízení byl pro ovládání zařízení využit HMI panel *MT080* – *TNT* od firmy *LG System*, jehož vizualizace byla vytvořena v softwarovém prostředí *Maxtech Designer*. Tento panel byl však jen dočasně zapůjčený.

5.2 STÁVAJÍCÍ HMI PANEL

Nově je k zařízení připojený *FATEK HMI* panel *FT-080NT – T51*, který se programuje v intuitivním softwarovém prostředí *PM Designer* pomocí rozhraní USB. Panel je vidět na obr. 14 v kapitole 2.

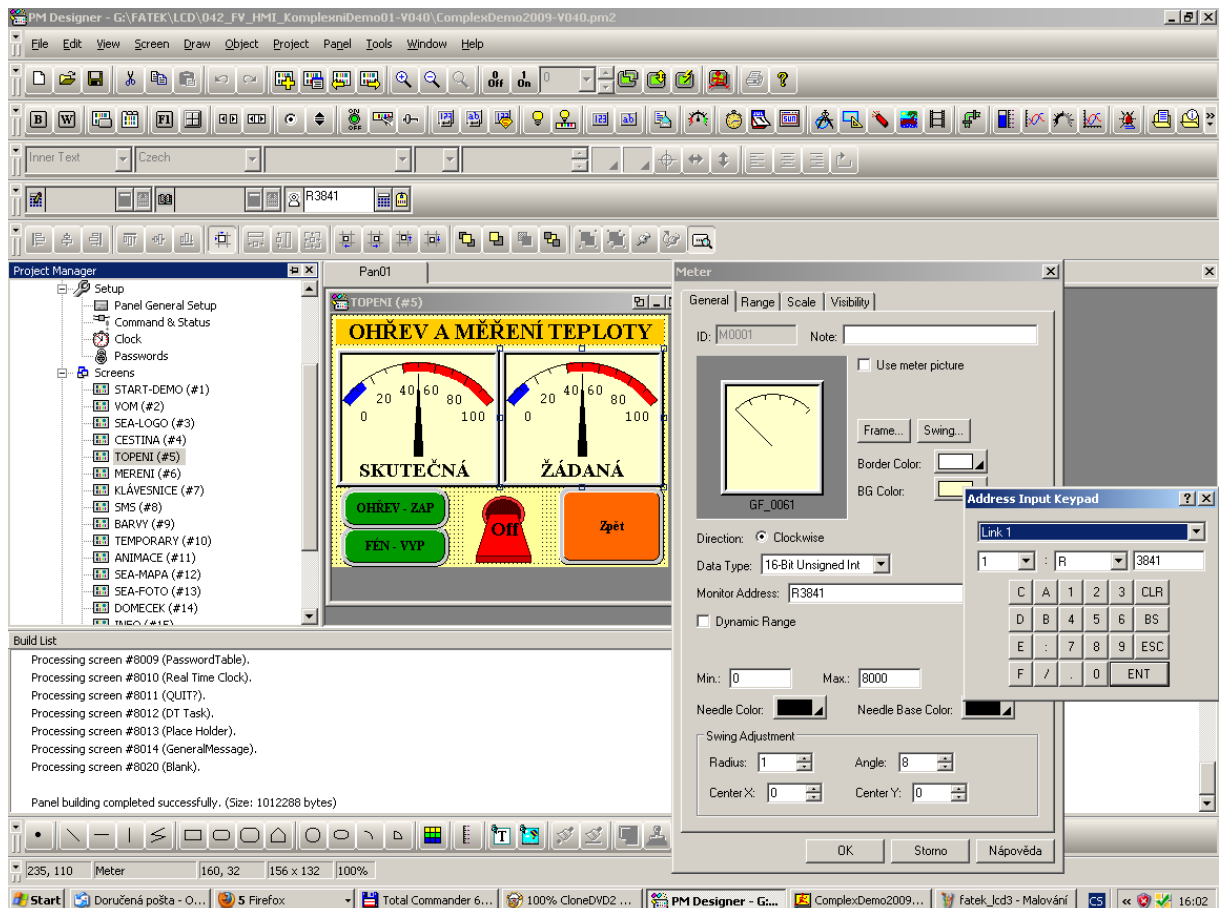
HMI Panel	Displej LCD	Komunikace	Krytí	Napájení
FAC-FT-080NT-T51	8.0" TFT, 800x600	RS232, RS 485, Micro SD	IP 65	DC 24V

TAB. 8 – POPIS HMI PANELU

5.2.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PM DESIGNER

Vývojové prostředí *PM Designer* sloužící k práci a programování pro HMI panely řady *FATEK FAC-FT/FV*, umožňuje pomocí PC vytvářet, nahrávat a simulovat vizualizační program do dotykového panelu. Toto vývojové prostředí je zdarma ke stažení na internetu. Při seznamování s programem jsem využil manuálu a vlastních praktických zkušeností.

Při zakládání nového projektu se vybere z nabízených modelů daný typ HMI panelu, se kterým se bude pracovat. Na horní straně se nachází záložky se všemi potřebnými funkcemi a nástroji pro vytváření vizualizace. Na levé straně se pak nachází *project manager*, za pomoci kterého se detailněji nastavuje HMI panel, obrazovky (masky), program vizualizace, makra, alarmy, recepty,... [28].



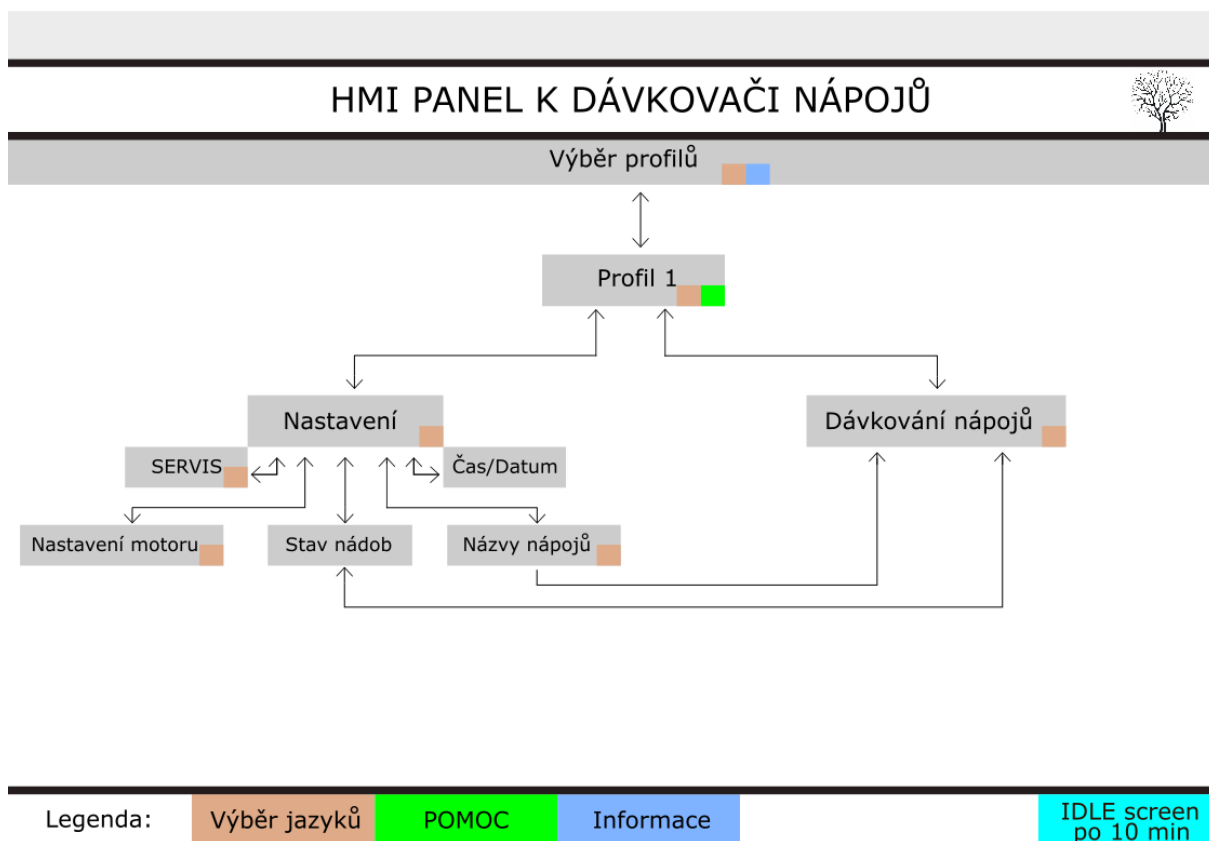
OBR. 19 – PM DESIGNER

5.2.2 KOMUNIKACE S PLC

Pro komunikaci s PLC se využívá na panelu přítomných sériových komunikačních rozhraní RS-232/RS-485. Zároveň je možné připojit více panelů na jedno PLC, stejně tak jako více PLC na jeden panel. Komunikace probíhá zcela automaticky, požaduje pouze prvotní nastavení a pro její funkčnost se po propojení nastavuje HMI panel i PLC.

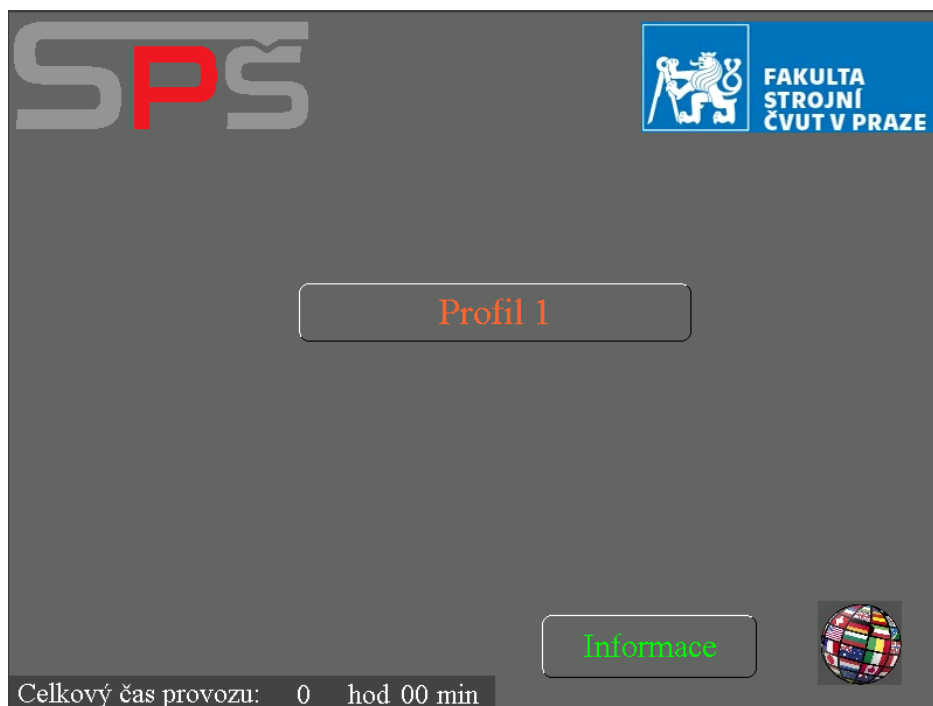
5.3 NÁVRH VIZUALIZACE

Pro co nejjednodušší ovládání zařízení jsem navrhl strom ovládání pro minimální potřebnou vizualizaci, pomocí kterého jsem posléze HMI panel naprogramoval.



OBR. 20 – STROM OVLÁDÁNÍ

Do budoucna jsem předpokládal, že budu na HMI panelu simulovat různá využití pro *Dávkovač nápojů*, proto jsem navrhl, že se panel při zapnutí vždy načte na masku *Výběr profilů*, viz obr. 21 na další straně, a to nehledě na to, že zprvu byl navržen pouze jeden profil. Dále jsem do návrhu této masky zakomponoval celkový čas provozu přístroje, který je čtený z proměnných v PLC a také změnu jazyka. Tlačítko *Profil 1* slouží pro vybrání daného profilu programu, *Informace*.



OBR. 21 – NÁVRH MASKY: VYBER PROFILU

Profil 1 je návrh masky, která má sloužit jako základní rozcestník v programu pro výběr profilu. Mimo výběru jazyka, pomoci a tlačítka pro vrácení zpět na výběr profilů, se na masce nachází tlačítka na otevření masek nastavení a dávkování nápojů.



OBR. 22 – NÁVRH MASKY: PROFIL 1

Návrh masky *Nastavení* má sloužit jako další rozcestník, tentokrát pro nastavení zařízení. Tlačítko *SERVIS* má sloužit k přenastavení zařízení do servisní polohy a otevřít servisní masku. Zbylá tlačítka slouží k nastavení názvů nápojů, změny objemů kapalin v nádobách, nastavení krokového motoru, nastavení času a datumu v panelu.



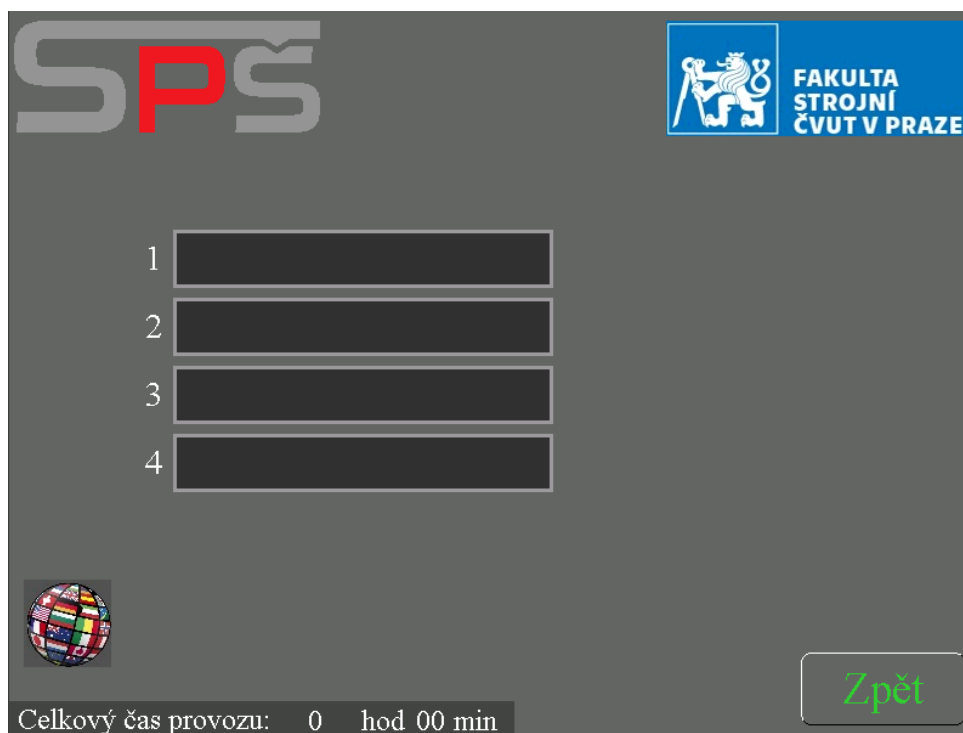
OBR. 23 – NÁVRH MASKY: NASTAVENÍ

Na návrhu masky *SERVIS* se nachází pouze změna jazyka a tlačítko *Ukončit SERVIS*, které má ukončit servisování a zařízení se tak může bezpečně vrátit do provozní polohy.



OBR. 24 – NÁVRH MASKY: SERVIS

Na návrhu masky *NAZEV_NAPOJU* se nachází 4 pole a pokud se kterékoliv z nich rozklikne, objeví se okno s klávesnicí pro manuální nadepsání názvu daného nápoje podle čísel (zásobníky na lahve jsou očíslovány).



OBR. 25 – NÁVRH MASKY: NAZEV_NAPOJU

Bylo by vhodné, aby se dala měnit rychlost otáčení krokového motoru, a tak i rychlost otáčení zásobníku s lahvemi. Pro tento účel jsem navrhl masku *NASTAVENI_MOTORU*. Rychlost otáčení se bude moci vyzkoušet změnou polohy. Po kliknutí na jedno nebo druhé políčko s číselnou hodnotou se zobrazí numerická klávesnice, na které se navolí číselná hodnota v předepsaném rozmezí. Na levé dolní straně se nachází přepínací tlačítko pro zapnutí/vypnutí krokového motoru (stavy *ON* a *OFF*).



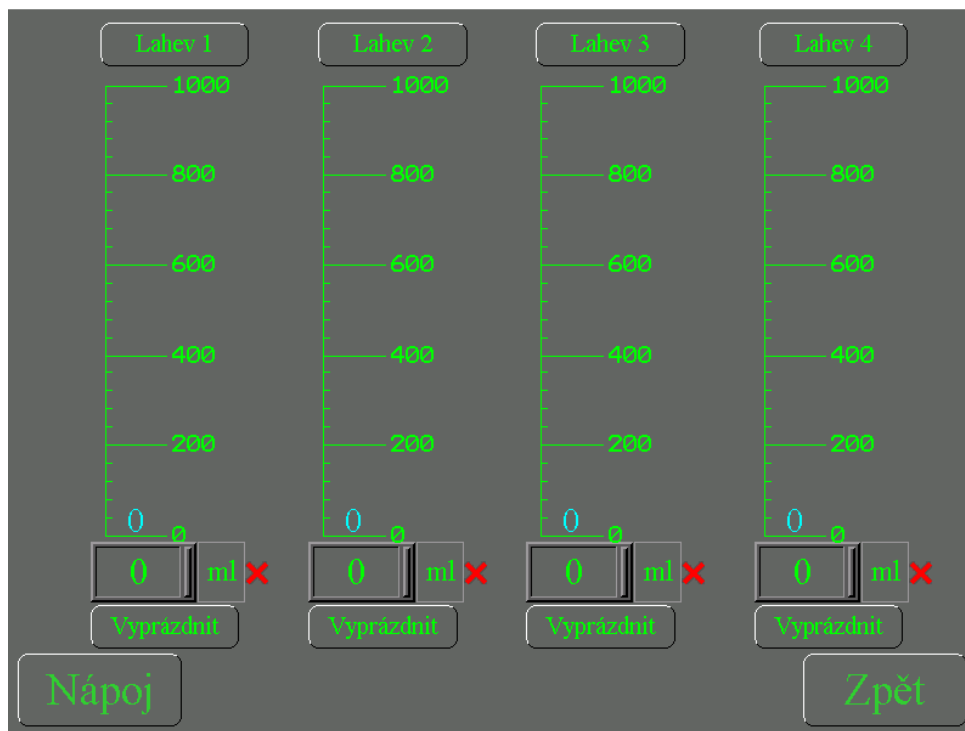
OBR. 26 – NÁVRH MASKY: NASTAVENI_MOTORU

Mimo tlačítek odkazujících na pomoc, stav nádob a vrácení na předešlou masku, se na návrhu masky *VYBER_NAPOJU* nachází také další 4 tlačítka, která mají sloužit k dávkování kapalin. Pokud je přednastavený objem kapalin a případně i jejich názvy, daná tlačítka se zviditelní, a tak povolí dávkování kapalin. Dávkování kapalin by tak bylo umožněno vždy pouze po jedné dávce.



OBR. 27 – NÁVRH MASKY: VYBER_NAPOJU

V návrhu masky *STAV_NAPOJU* se nachází hned čtveřice stejných tlačítek a sloupců, ale také tlačítko pro navigaci zpět na předešlou masku a tlačítko *NÁPOJ* pro skok na masku, na které se budou vybírat kapaliny, které bude v úmyslu dávkovat. Tlačítkem „*Lahev X*“, kde „*X*“ vyjadřuje číslici od 1 do 4, se dané proměnné nastaví maximální hodnota (1000 ml) a tak program bude vědět maximální objem dané kapaliny, kterou smí dávkovat. Tlačítkem *Vyprázdnit* se hodnota v dané proměnné nastaví na 0. Rámeček nad tímto tlačítkem je určený pro manuální zadání objevu kapaliny v lahvi. Sloupec s číselnými hodnotami slouží k rychlému zorientování, jaký je stav ve všech čtyřech lahvích podle programu.



OBR. 28 – NÁVRH MASKY: STAV_NAPOJU

5.4 TVORBA ZÁKLADNÍ VIZUALIZACE

Po založení projektu bylo nutné nastavit základní parametry panelu a programu. Dále jsem povolil a nastavil vnitřní proměnné, se kterými panel pracuje. Přednastavil jsem hesla přihlašování uživatelů a zapnul automatické dotazování programu na vyšší úroveň přihlášení, je-li ho zapotřebí pro požadovanou funkci. Dále jsem nastavil komunikaci panelu s PLC. Na základě návrhu vizualizace jsem vytvořil program pro HMI panel s několika profily pro simulování několika možných využití *Dávkovače nápojů*.

5.4.1 ROZDĚLENÍ VIZUALIZACE

Vytvořil jsem 3 profily (*Restaurace, Domácnost a Výstava*), kdy každý z těchto profilů simuluje jiné využití zařízení. Masku *PROFILY (#1)* jsem vytvořil a použil jako startovací masku, která se vždy při zapnutí zařízení objeví jako první. Zmíněná maska je určena pro výběr jednoho z profilů.



OBR. 29 – MASKA: PROFILY (#1)

V přílohách se nachází obrázky masek programu a maker popsaných níže (PŘÍLOHA A – VIZUALIZACE). Vizualizační masky jsou vzaty z off-line simulace programu.

Profil Výstava

Profil *Výstava* je určený pro krátké předvádění a prezentování zařízení. Na základní masce profilu *MENU_VYSTAVA (#22)*, se nachází všechna odkazová tlačítka, která jsou potřebná pro přepnutí na masky nastavení a ovládání programu. Pro vstup do tohoto profilu je nutné přihlášení úrovně 6 a vyšší, ale poté již není nutné dalšího přihlašování pro jakékoliv funkce. Dále v tomto profilu není možnost změny nastavení panelu přes program.

Profil Restaurace

Profil *Restaurace* je vytvořený pro simulování komerčního využití zařízení. Na základní masce profilu se mimo odkazy na dávkování a nastavení nachází také přihlašovací tlačítka, pomocí kterých se uživatelé mohou přihlásit do programu. Na základě úrovně přihlášení, pak mají uživatelé jiná oprávnění pro ovládání a nastavení programu. Úrovně přihlášení 1 a 2 jsou určeny pro zákazníky a nedovolují nastavení ani měnění programu. Úrovně 3

a 4 jsou určeny pro operátory, mohou měnit všechna nastavení programu, ale ne nastavení panelu. Zákazníci potřebují mít přednastavený kredit, pokud chtějí využít funkci dávkování, nastavení kreditu je možné od úrovně 5. Pro úroveň 6 a výše program dovoluje všechny funkce.

Profil Domácnost

Profil *Domácnost* je určený pro simulování využití zařízení v domácnosti. Pro jeho vstup je nutné ověření přihlášení 5. úrovně a poté jsou odemknuty všechny funkce programu, mimo změny nastavení panelu přes program, které má ve všech profilech ověření 6. úrovně. Hlavní maska tohoto profilu je totožná s maskou profilu *Restaurace*, ovšem s tím rozdílem, že neobsahuje přihlášení uživatelů a vše co je spojené s kreditem uživatelů.

5.4.2 TVORBA PROGRAMU

Masky nastavení programu

Vstupní maska pro různá nastavení, slouží jako křížovka pro výběr několika možných nastavení programu a panelu. V tomto případě se jedná o masku *NASTAVENI_RESTAURACE (#5)*, která má navíc oproti ostatním profilům i nastavení kreditu uživatelů, toto nastavení u ostatních profilů není potřebné, a tak není přítomné. Tlačítkem *SETUP* je možné otevřít nastavení panelu a tlačítkem *Nahrát* je možné přes SD kartu stáhnout nový program do panelu ve formátu prp. Bitový (dvoustavový) indikátor ve stavu *PLC STOP*, jehož druhý stav je *PLC RUN*, značí, zda je PLC zapnuté.

Na masce *NASTAVENI_CEN_NAZVU (#7)*, je nastavení cen a názvů nápojů, které jsou potřebné pro informovanost o tom, jaké kapaliny jsou v lahvích zásobníku a jakou decimální hodnotu má program v PLC odečíst od uživatelského kreditu. Zmíněná maska se týká profilu *Restaurace*. V případě zbylých profilů se na masce nastavení nenachází nastavení ceny nápojů.

Pro prvotní nastavení objemů kapalin v lahvích zásobníku je použita maska *STAV_NADOB (#11)*, na které se nachází nastavení i zobrazení aktuálního stavu objemu kapalin v lahvích, resp. použitých proměnných programu.

Rychlost, vypnutí/zapnutí nebo aktuální polohu krokového motoru je možné měnit na masce *NASTAVENI_MOTORU* (#6). Doporučená rychlost krokového motoru (resp. zásobníku) je v rozmezí 20 až 50 ot/min. Na zmíněné masce se také nachází indikátory, které značí, zda se motor otáčí (*RUN*), nebo je již v požadované poloze (*DONE*).

Pro nastavení kreditu a názvů zákazníků v profilu *Restaurace* je využita maska *NASTAVENI_KREDIT_RESTAURACE* (#8). Aktuální stav kreditu přihlášeného uživatele je zobrazen na číselném i analogovém ukazateli na masce *KREDIT* (#4). Pokud se uživatel/zákazník v profilu *Restaurace* pokusí dávkovat kapalinu a na jeho kontě nebude dostatečná hodnota kreditu, na panelu se za pomoci makra zobrazí okno *ERROR_MALO_KREDITU* (#500) a operace dávkování se neprovede. Pokud se kamkoliv na okno klikne, hláška zmizí.

Maska pro dávkování kapalin

Maska *VYBER_NAPOJU_DOMA* je určena pro dávkování kapalin v profilu *Domácnost*. Na tuto masku odkazuje vždy tlačítko *Nápoj*, a to ve všech 3 profilech. V každém profilu je odkazováno na jinou masku určenou pro dávkování v daném profilu. Dávkovací maska profilu *RESTAURACE*, je rozšířená navíc o ceny nápojů.

Dávkovat je možné i přes nepřítomnost názvů kapalin, pokud již mají nastavené objemy, a tak uživatelé musí být ostražití, kterou kapalinu dávkují, nebo jejich názvy nastavit. Zároveň je možné na těchto maskách přepnout bitový spínač pro volbu dvojité dávky.

Dynamické masky

PM Designer dovoluje používání dynamických masek (base screens), které pokud se vytvoří a použijí v jiných maskách, jsou jako funkční pozadí, které je stále stejné, přestože se dané masky/obrazovky v programu na panelu mění.

Maska *MS_ZAKLADNI_MENU* (#21) slouží jako pozadí dynamických masek pro základní menu ve všech profilech. *BaseScreenSettings* (#20) je

název masky, která slouží jako pozadí pro všechny masky, které jsou využity jako rozcestník v nastavení (např. maska *NASTAVENI_RESTAURACE (#5)*).

Servisní mód

Maska *SERVIS (#34)*, je určena pro ovládání servisního módu. Horním tlačítkem se servisní mód zapíná a spodním ukončuje, za předpokladu, že je zásobník na svém původním místě.

IDLE SCREEN

Po deseti minutové neaktivitě na panelu, se objeví maska *IDLE_SCREEN*, která zobrazuje aktuální čas, při kliknutí kamkoliv na obrazovku zmizí a je možné pokračovat tam, kde uživatel v programu skončil.

Změna jazyka

Přidal jsem tlačítko, které po stisknutí vynutí zobrazení okna pro změnu jazyka. Vytvořil jsem textovou databázi, ze které program panelu čte a zobrazuje text ve zvoleném jazyce. Kliknutím na některou z vlaječek daného jazyka v zobrazeném okně se provede změna na daný jazyk.

Nastavení alarmů

Založil jsem a nastavil několik alarmů (chybových hlášek). Na panelu se zobrazí chyba v případě, že se v dané proměnné v PLC nastaví předepsaná bitová hodnota pro danou chybovou hlášku. Alarmy je možné kvitovat v okně, které se zobrazí, pokud se spustí jeden z alarmů.

Discrete Alarm Block

Block Name: Discrete Alarm Block Block ID: 0

Type: Bits of Word Device Read Address: R1500

Block Size: 10 bits Read Interval: 1 seconds

No.	Bit No.	Use	Message
1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Chyba nastavení parametrů krok...
2	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Chyba polohování krokového mot...
3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	LAHEV 1 PRÁZDNÁ
4	3	<input checked="" type="checkbox"/>	LAHEV 2 PRÁZDNÁ
5	4	<input checked="" type="checkbox"/>	LAHEV 3 PRÁZDNÁ
6	5	<input checked="" type="checkbox"/>	LAHEV 4 PRÁZDNÁ
7	6	<input type="checkbox"/>	Porucha
8	7	<input type="checkbox"/>	
9	8	<input type="checkbox"/>	
10	9	<input type="checkbox"/>	

Alt+Up: Move item up Alt+Down: Move item down

Discrete Alarm

Bit No.: 0

Alarm State: 1 (On) Level: 1 ID:

Message

Language: CZ Import All... Export All...

Text: <A0105>Chyba nastavení parametrů krokového m...

Record alarm Sound Buzzer

Display message

Display screen

Tip Screen

OBR. 30 – NASTAVENÍ ALARMŮ

Programování maker

Samotné programování maker v *PM Designeru* není těžké, protože tento program obsahuje programovacího pomocníka, ve kterém jsou všechny příkazy, proměnné a struktura programovacího jazyka vysvětlené. Syntax programování je obdobná jazyku C. Naprogramoval jsem 3 základní makra: *ERROR*, *HLIDANI_OBJEMU* a *user_iv*.

Makro *HLIDANI_OBJEMU* zajišťuje funkci viditelnosti tlačítek na maskách s výběrem nápojů. Pokud je registr R90 rovná konstantě decimální 0, pak je vnitřní proměnná \$U400 nastavena na logickou 0. Naopak pokud je v R90 nastavena hodnota vyšší než 0, pak je \$U400 nastavena na logickou 1.

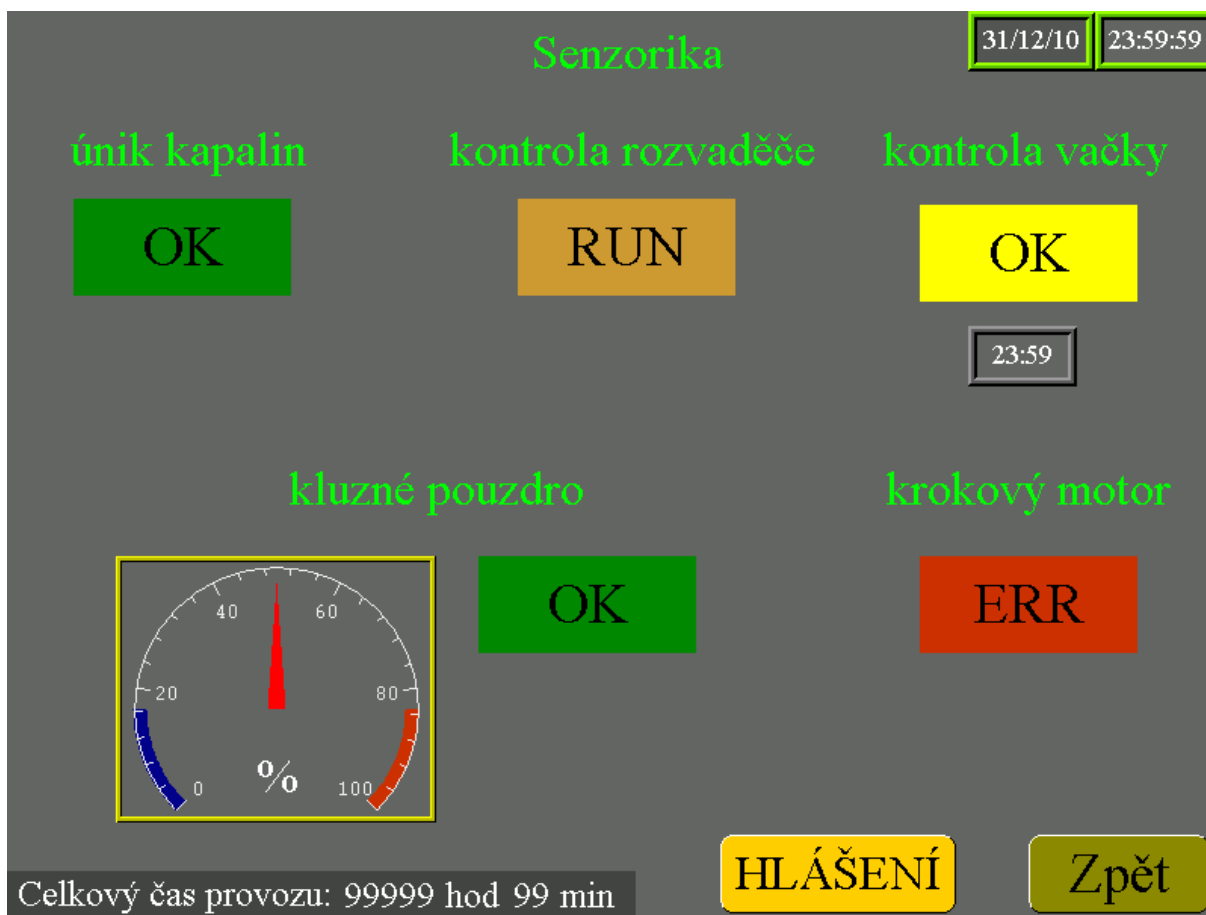
Tímto způsobem je hlídána viditelnost všech 4 dávkovacích tlačítek, a tím možnost dávkování nápojů.

Krátké makro *ERROR* hlídá dostatek kreditu uživatelů (zákazníků), v případě profilu *RESTAURACE*. Pokud se uživatel pokusí dávkovat nápoj, na který nemá dostatek kreditu, vyskočí okno s hláškou o nedostatku kreditu.

5.4.3 NÁVRH VIZUALIZACE PRO SENZOROVÉ ROZŠÍŘENÍ

S ohledem na rozvahu o sensorovém rozšíření (viz 3. kapitola) jsem navrhl několik masek pro vizualizaci HMI panelu, které by byly možné použít v případě, že by se zmíněných sensorových rozšíření využilo.

Diagnostická stavová maska *SENZORIKA* (#12) na obr. 31, může sloužit ke kontrole snímaných veličin.



OBR. 31 – NÁVRH MASKY: SENZORIKA (#12)

Jak už jsem zmínil ve 3. kapitole, aby bylo možné vyhodnocovat data ze snímačů, musel bych pro to využít různých algoritmů, které by se uměly učit ze získaných dat, nebo alespoň systematicky porovnávat získaná data a

dokázaly podle přednastavených parametrů vyhodnotit včas kontrolu zařízení, a to i s návrhem řešení problému.

Následující odstavce se odkazují na obr. 31 výše.

V případě analogového ukazatele kluzného pouzdra může jít o aktuální procentuální hladinu měřeného ultrazvuku (nebo měřených teplot) v určeném rozmezí nebo i v porovnání s předešlými daty. Binární ukazatel (tzv. binár) napravo viditelně ukazuje, zda jsou hodnoty v přijatelných hodnotách.

Únik kapaliny, nebo příliš vysoká hladiny vlhkosti v prostorech elektrického vedení a akčních členů by byly pro přístroj fatální, resp. pro jeho komponenty. Binární ukazatel značí *OK* nebo *ERR*, zda je vlhkost v měřených prostorech v přijatelných mezích. Binár pod nápisem *krokový motor* ukazuje stejným způsobem stav krokového motoru.

Obdobným způsobem ukazují více stavové kontrolní lampy (kontrolky) pod nápisy *kontrola vačky* a *kontrola rozvaděče*. Tyto kontrolky mají 4 stavy, kde první dva stavy *OK* a *ERR* jsou stejné, jako u výše zmíněných binárů. Dalším stavem těchto kontrolků je *OK* se žlutým pozadím, značící brzké provedení dané kontroly a v tom případě se pod kontrolkou objeví časomíra, za jak dlouho se kontrola provede. Bylo by ovšem zapotřebí, aby v té době přístroj nevykonával svou funkci, aby bylo měření provedeno správně, zejména v případě vačky. Posledním stavem těchto kontrolků je *RUN*, pro značení aktuálně probíhající kontroly.



OBR. 32 – NÁVRH OKNA S HLÁŠKOU KONTROLY ZAŘÍZENÍ

Okno s hláškou kontroly zařízení *ERROR_SENZORIKA* (#16) se zobrazí ve chvíli, kdy bude zařízení zapnuté a jeden ze senzorů (resp. algoritmů) pošle informaci do PLC o potřebě kontroly daných komponentů. „AAA...“ je více stavový ukazatel, který je navázán na adresu typu word, každý bit této proměnné je navázán na jinou chybovou hlášku, a pokud by např. byl čas na kontrolu teplot na komponentech v rozvaděči, dané textové pole by se zviditelnilo s příslušným textem o kontrole rozvaděče. Přes celé okno je dáno neviditelné tlačítko, za pomoci kterého se po kliknutí a zadání hesla okno vypne, potlačí chybovou hlášku, zapíše a uloží hlášení.

Aby se okno s hláškou kontroly zařízení zobrazilo na panelu přes aktuálně zobrazovanou masku, musel bych využít jednoduchého makra, které bych naprogramoval za pomoci návodu přímo v *PM Designeru*. Na obr. 33 je znázorněno jednoduché makro, které zajišťuje zobrazení okna oznámením kontroly zařízení. Pokud se proměnná M55 změní z binární 0 na 1, pak se otevře *window screen*, tedy okno číslo 16.

0	IF M55 (B)
1	OPEN_WS 16
2	ENDIF

OBR. 33 – MAKRO PRO MASKU #16

Tímto způsobem, jak je vidět na obrázku pod odstavcem, by mohly být hlášeny nejen kontroly zařízení, ale i jiné operace se zařízením. V tabulce jsou barevně označena kvitovaná hlášení, podle jejich stavu.

31/12/10
23:59

hlášení

	Date	Time	ID	Status	Message
1	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
2	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
3	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
4	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
5	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
6	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
7	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
8	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
9	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
10	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
11	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
12	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
13	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
14	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
15	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
16	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
17	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
18	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
19	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
20	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
21	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...
22	31/12/10	23:59	AAAAAA	AAA	A...

Celkový čas provozu: 99999 hod 99 min

Zpět

OBR. 34 – NÁVRHY MASKY: REPORT

6 PRAKTICKÉ OVEŘENÍ A VÝSLEDKY

V teoretické části jsem navrhl sensorové rozšíření za účelem prediktivní detekce poruch pro elektrický rozvaděč, lineární kluzné pouzdro, převodový mechanismus spínání dávkovačů, krokový motor a prevenci pro zjištění úniku dávkovaných kapalin. Pro lineární kluzné pouzdro jsem navrhl příliš složité rozšíření, jednodušší způsob prediktivní údržby by bylo měření vzniklého tepla pomocí termovize, namísto poslechu ultrazvuku. Pro poruchovou diagnostiku převodového mechanismu dávkování jsem navrhl použití již přítomných koncových spínačů. Jde o nejjednodušší způsob zjištění poruchy s předpokladem, že půjde o poruchu „slabších“ součástí mechanismu (vačka, ložiska). Vibrodiagnostika, která by mohla být použita pro kontinuální kontrolu ložisek, je sice z fyzikálního hlediska možná, ale nákup nových ložisek, při diagnostice za pomoci koncových spínačů, se celkově jeví snazší i levnější. V případě zjišťování úniku kapalin jde o kontinuální kontrolu, nežli o „chytřejší“ a prediktivní detekci poruch, ovšem hlídat únik kapalin by v tomto zařízení bylo vhodné. Pro krokový motor a rozvaděč jsem navrhl sensorová rozšíření, která jsou pro tato zařízení v praxi běžně k nalezení.

Vytvořil jsem nový PLC program metodikou vylepšení původního programu. Nutnou opravu vyžadovaly podprogramy pro servisní režim, ovládání LED, alarmy, dávkování a přihlašování uživatelů. Původní program nebyl naprogramován tak, aby předcházel některým nečekaným stavům zařízení. Řada funkcí nefungovala správně, nebo nebylo jasné, k čemu dané větve programu slouží a část programu nebyla využita vůbec. Často tak např. program skončil v cyklu s nepredikovanými stavy a bylo nutné zařízení restartovat. Přidal jsem funkci pro dvojité dávky, na kterou jsem přišel díky vlastní chybě při programování a zajistil správné odečítání kreditu a objemů podle režimu dávkování. Musel jsem upravit makro v HMI panelu *HLIDANI_OBJEMU*, pro hlídání hodnot registrů objemů kapalin, aby nebylo možné dávkovat dvojitě při nedostatečném objemu v lahvi. Dvojitě dávkování však nebylo možné z důvodu časové náročnosti projektu dostatečně otestovat.

Na základě několika návrhů a vlastností přístroje jsem vytvořil 3 profily HMI panelu pro simulování využití zařízení – *Restaurace, Domácnost, Výstava*. Úspěšně a kompletně jsem vytvořil PLC a HMI program pro profily *Domácnost*

a Výstava. Ovšem odečítání kreditu zákazníků v profilu *Restaurace* je závislé na přihlášení přes RFID, jak tomu bylo v původním programu, nestihl jsem přizpůsobit PLC a HMI programy tak, aby RFID přihlášení nebylo pro tuto funkci nutné. V několika případech bylo zapotřebí pro HMI panel naprogramovat makro a přizpůsobit program pro PLC vůči programu v panelu (např. *user_lv* makro, které zajišťuje PLC programu informaci o přihlášení).

V rámci práce na alarmech jsem experimentoval s možností kvitovat alarmy pomocí nových RFID čipů, ovšem nezbyl mi čas návrh programu dopracovat. Bylo by bez problémů možné použít RFID čip, který PLC program již zná, např. záměnou za funkci přihlašování jednoho ze zákazníků. V prvotním návrhu programu HMI panelu bylo tlačítko *ACK*, které jsem na poslední chvíli smazal a nastavil kvitaci alarmů přes vyskakovací okno po výskytu chyby. Dále by bylo možné za běhu zařízení kontrolovat správné otáčení krokového motoru za pomoci indukčního snímače. Pro tuto funkci by např. stačilo, aby za určitých podmínek časovač spustil programovou sekvenci, která začne otáčet s krokovým motorem, a tak i zásobníkem a ve chvíli, kdy se sepne indukční snímač, tzn. zásobník bude ve známé poloze, program přepíše hodnotu natočení v daném registru. Mohlo by k této sekvenci docházet kdykoliv po nebo před dávkováním.

Zařízení jsem zprovoznil naprogramováním PLC a HMI panelu. Bez problémů dávkuje po jedné nebo dvou dávkách dané kapaliny. Dále by bylo možné do programu přidat možnost volby sekvence dávkování pro míchání různých variací nápojů, nebo přidat dlouhou řadu funkcí, kterou by zprostředkovávala RFID čtečka (kvitace alarmů, vypnutí a zapnutí zařízení servisní režim, dávkování, uzamknutí přístroje...)

Ověřil jsem funkčnost přístroje. Všechny základní funkce (servisní režim, spínání elektromagnetů, polohování krokového motoru, polohování stejnosměrného motoru, dávkování jedné dávky, ovládání a nastavení parametrů v HMI panelu a jejich automatické odečítání při dávkování), pokud je zařízení správně ovládáno a zkalibrováno, pracují správně.

ZÁVĚR

Navrhl jsem a realizoval program pro nápojový dávkovač a zajistit tím tak jeho plnou funkčnost. Dále jsem navrhl senzorické rozšíření pro prediktivní údržbu. Na základě rešerše dostupné odborné literatury jsem proto nejprve zanalyzoval vhodnost využití popsaných komponent. Následně bylo třeba popsat princip a funkce dávkovače, vyhodnotit možnou poruchovost elektrického rozvaděče, lineárního kluzného pouzdra, převodového mechanismu spínání dávkovačů, krokového motoru i možnost úniku dávkovaných kapalin, pro návrh jejich prediktivní údržby.

V další části práce jsem se zaměřil na programování PLC a vizualizaci pro HMI panel. Vytvořil jsem program pro PLC metodikou opravy a vylepšení původního programu. Vylepšení vyžadovala většina podprogramů, původní program nebyl naprogramován, aby předcházel některým stavům zařízení. Hledání příčin chyb v programu bylo náročné. Programování a ladění nového programu považuji za zábavnější úsek této praktické části. Za pomoci kresby stromu ovládání jsem vizualizoval základní ovládací profil, na základě kterého jsem vytvořil masky pro 3 profily k simulaci využití zařízení. Pro práci některých funkcí jsem naprogramoval makra. Také jsem nastavil komunikaci s PLC, alarmy, úroveň přihlášení a textovou databázi a navrhl jsem vizualizaci pro senzorové rozšíření prediktivní údržby. Úspěšně jsem naprogramoval nejnutnější vizualizaci potřebnou pro dávkování.

Následovalo navržení a výroba mechanických součástí, které jsou pro chod zařízení kritické. Konkrétně jsem nahradil hřídel, hranol, uložení pro lineární kluzné pouzdro a vačku dávkovacího mechanismu. Pro zajištění hřídele jsem vybral vhodné katalogové lineární kluzné pouzdro. Nejobtížnější na této části práce byl návrh tvarového spoje mezi hranolem a hřídelí. Návrh všech součástí, kreslení skic a výkresů byly ve finále náročnější než samotná výroba. Po sestavení kompletního zařízení, jeho zprovoznění a, v neposlední řadě také, sepsání uživatelského návodu k jeho obsluze, bylo třeba ověřit funkčnost dávkovače i srozumitelnost návodu, což se ověřit podařilo.

Výsledkem této práce je funkční *Dávkovač nápojů* s návrhem senzoriky na predikční detekci poruch, čímž se cíl bakalářské práce podařilo naplnit. Přesto by bylo možné tuto výukovou pomůcku ještě dále rozšířit například o propojení s mincovním automatem, nebo robotickým manipulátorem.

ZDROJE

- [1] LJ-Dosing__Technology__Seminar-EN.pdf [online]. [vid. 2019-04-12].
Dostupné z: http://www.lutz-jesco.com/fileadmin/data/dokumente/aktuelles__aus__der__technik/LJ-Dosing__Technology__Seminar-EN.pdf
- [2] ELUC [online]. [vid. 2019-04-30].
Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/964>
- [3] Peristaltické čerpadlo [online]. [vid. 2019-04-12].
Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/jineturbiny/peristalticke-cerpadlo.htm>
- [4] Principy průmyslových čerpadel – 7.díl - hadicová čerpadla | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-02].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-7dil-hadicova-cerpadla>
- [5] Principy průmyslových čerpadel – 1.díl – zubová čerpadla | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-04].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-1dil-zubova-cerpadla>
- [6] Zubová čerpadla kapalin | SCHMACHTL CZ [online]. [vid. 2019-04-12].
Dostupné z: <https://www.schmachtl.cz/cerpadla-zubova>
- [7] External Gear Pumps [online]. [vid. 2019-04-12].
Dostupné z: <http://www.pumpschool.com/principles/external.asp>
- [8] Internal Gear Pumps [online]. [vid. 2019-04-12].
Dostupné z: <http://www.pumpschool.com/principles/internal.asp>
- [9] Principy průmyslových čerpadel – 6.díl - pístová čerpadla | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-07].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-6dil-pistova-cerpadla>
- [10] DITES - Dodavatel výrobních technologií a řídicích systémů [online]. [vid. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.dites-vahy.cz/Product.aspx?ID=6594&LangID=1&ProdID=1750>
- [11] Odporové tenzometry - princip, provedení, použití, historie | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-09].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/foliove-odporove-tenzometry-princip-provedeni-pouziti-historie.html>
- [12] Váhy na kapaliny, KL_84-002.pdf [online]. [vid. 2019-04-09].
Dostupné z: http://www.dites.cz/Attachments/KL_84-002.pdf

- [13] Principy průmyslových čerpadel – 11.díl - elektromagnetická | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-10].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//principy-prumyslovych-cerpadel-11dil-elektromagneticka>
- [14] Principy průmyslových čerpadel – 8.díl - vřetenová čerpadla | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-13].
Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//principy-prumyslovych-cerpadel-8dil-vretenova-cerpadla>
- [15] TRIINFO.CZ. Pneumatické systémy, pneumatika. Parker [online]. [vid. 2019-04-09].
Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/pneumatika/>
- [16] Pneumaticky řízený jehlový dávkovací ventil jednocestný VSD-040 [online]. [vid. 2019-04-10].
Dostupné z: <https://www.hotair.cz/detail/davkovace-tekutych-pripravku/ventily/pneumaticky-rizeny-jehlovy-davkovaci-ventil-jednocestny-vs-040.html>
- [17] Jednosložkový ruční dávkovací ventil viskózních kapalin VSD 020 hliníkový [online]. [vid. 2019-04-10].
Dostupné z: <https://www.hotair.cz/detail/davkovace-tekutych-pripravku/ventily/jednoslozkovy-rucni-davkovaci-ventil-viskoznych-kapalin-vs-020-hlinikovy.html>
- [18] 1630.pdf [online]. [vid. 2019-04-13].
Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2015/sbornik_2015/1630.pdf
- [19] PiLi.cz [online]. [vid. 2019-04-13].
Dostupné z: <https://www.pili.cz/detail.aspx?typ=71&katc=940944&od=g>
- [20] Prediktivní údržba - cesta ke snížení nákladů [online]. [vid. 2019-04-02].
Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prediktivni-udrzba-cesta-ke-snizeni-nakladu.html>
- [21] CHIANG, L. H., E. L. RUSSELL a R. D. BRAATZ. Fault Detection and Diagnosis in Industrial Systems. B.m.: Springer Science & Business Media, 2000. ISBN 978-1-85233-327-0.
- [22] ŠTUDENT, David. Návrh systému prediktivní údržby [online]. B.m., 2009 [vid. 2019-05-01]. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní. Dostupné z: <https://theses.cz/id/zrl2i7/>
- [23] Termovize - termovizní měření [online]. [vid. 2019-04-30].
Dostupné z: http://www.termogram.cz/cenik_termoviznich_sluzeb

[24] Měření vibrací pro diagnostiku opotřebení strojů | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/mereni-vibraci-pro-diagnostiku-opotrebeni-stroju.html>

[25] Ultrazvuk.pdf [online]. [vid. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/biofyz/zobrazovacimetody/files/Ultrazvuk.pdf>

[26] S.R.O, Residit. Měření při údržbě pohonů a motorů (9. část) - Časopis Elektro - Odborné časopisy. Odbornecasopisy.cz [online]. [vid. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/mereni-pri-udrzbe-pohonu-a-motoru-9-cast--2111>

[27] Měření proudu na motorech [online]. [vid. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://rerap.org/forum/read.php?329,386117>

[28] TEST - Dotykový HMI panel Fatek pro PLC – 1. představení | Automatizace.HW.cz [online]. [vid. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//test-dotykovy-hmi-panel-pro-plc-fatek-1-predstaveni>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

OBR. 1 – PRŮŘEZ ROTAČNÍM PERISTALTICKÝM ČERPADLEM [4]	10
OBR. 2 – PRŮŘEZ ZUBOVÉHO ČERPADLA S VNĚJŠÍM OZUBENÍM [7].....	11
OBR. 3 – PRŮŘEZ ZUBOVÉHO ČERPADLA S VNITŘNÍM OZUBENÍM [8].....	12
OBR. 4 – PRŮŘEZ PÍSTOVÉHO ČERPADLA [9].....	12
OBR. 5 – TENZOMETRICKÁ VÁHA NA KAPALINY [12].....	13
OBR. 6 – EM ČERPADLO "ALIP" [13].....	14
OBR. 7 – JEDNOVŘETEN. ČERP. S EXCENTR. ŠNEK. ROTOREM [14]	15
OBR. 8 – SCHÉMA DVOUVŘETENOVÉHO ČERPADLA [14]	15
OBR. 9 – SCHÉMA PRINCIPU TŘÍVŘETENOVÉHO ČERPADLA [14]	16
OBR. 10 – PNEU. ŘÍZENÝ JEHLOVÝ DÁVKOVACÍ JEDNOCEST. VENTIL [16].....	17
OBR. 11 – JEDNOSLOŽKOVÝ RUČNÍ DÁVKOVACÍ VENTIL [17].....	18
OBR. 12 – DÁVKOVAČ PRIMA 2CL [19].....	19
OBR. 13 – SCHÉMA DÁVKOVACÍHO MECHANISMU	20
OBR. 14 – DÁVKOVAČ NÁPOJŮ	24
OBR. 15 – ROZVADĚČ.....	25
OBR. 16 – PLC FATEK FBS-24MA	31
OBR. 17 – WINPROLADDER	32
OBR. 18 – SFC SEKVENCE DÁVKOVÁNÍ	35
OBR. 19 – PM DESIGNER	38
OBR. 20 – STROM OVLÁDÁNÍ.....	39
OBR. 21 – NÁVRH MASKY: VYBER PROFILU.....	40
OBR. 22 – NÁVRH MASKY: PROFIL 1	40
OBR. 23 – NÁVRH MASKY: NASTAVENI.....	41
OBR. 24 – NÁVRH MASKY: SERVIS.....	42
OBR. 25 – NÁVRH MASKY: NAZEV _ NAPOJU	42
OBR. 26 – NÁVRH MASKY: NASTAVENI _ MOTORU	43
OBR. 27 – NÁVRH MASKY: VYBER _ NAPOJU	44
OBR. 28 – NÁVRH MASKY: STAV _ NAPOJU	45
OBR. 29 – MASKA: PROFILY (#1).....	46
OBR. 30 – NASTAVENÍ ALARMŮ.....	50
OBR. 31 – NÁVRH MASKY: SENZORIKA (#12)	51
OBR. 32 – NÁVRH OKNA S HLÁŠKOU KONTROLY ZAŘÍZENÍ	53
OBR. 33 – MAKRO PRO MASKU #16	53
OBR. 34 – NÁVRHY MASKY: REPORT	54
OBR. 35 – MASKA: MENU _ VYSTAVA (#22)	64
OBR. 36 – MASKA: MENU _ RESTAURACE (#2).....	64
OBR. 37 – MASKA: NASTAVENI CEN _ NAZVU (#7)	65
OBR. 38 – MASKA: NASTAVENI _ RESTAURACE (#5).....	65
OBR. 39 – MASKA: NASTAVENI _ MOTORU (#6).....	66
OBR. 40 – BITOVÉ INDIKÁTORY RUN/DONE KROK. MOT.....	66
OBR. 41 – MASKA: STAV _ NADOB (#11).....	66
OBR. 42 – MASKA: NASTAVENI _ KREDIT _ RESTAURACE (#8)	67
OBR. 43 – MASKA: KREDIT (#4).....	67
OBR. 44 – OKNO: ERROR _ MALO _ KREDITU (#500).....	68
OBR. 45 – MASKA: VYBER _ NAPOJU _ RESTAURACE (#9).....	68
OBR. 46 – MASKA: MS _ ZAKLADNI _ MENU (#21).....	69
OBR. 47 – MASKA: SERVIS (#34)	69
OBR. 48 – MASKA: BASE _ SCREEN _ SETTINGS (#20)	70

OBR. 49 – MAKRO: HLIDANI_OBJEMU	71
OBR. 50 – MAKRO: ERROR	71
OBR. 51 – MASKA: IDLE_SCREEN (#800)	70
OBR. 52 – MAKRO: USER_LV	72
OBR. 53 – NÁVRH TVAROVÉHO SPOJE	73
OBR. 54 – VLEVO POUZDRO J3, VPRAVO ULOŽENÍ	74
OBR. 55 – MODEL VAČKY DÁVKOVACÍHO MECHANISMU	75
OBR. 56 – NÁVOD: DÁVKOVAČ NÁPOJŮ	77
OBR. 57 – NÁVOD: ZAPOJENÍ KABELŮ	79
OBR. 58 – NÁVOD: VAČKA	79
OBR. 59 – NÁVOD: EL. MAGNET	79
OBR. 60 – NÁVOD: ROZVADĚČ	80
OBR. 61 – NÁVOD: VNITŘEK A DVEŘE ROZVADĚČE	81
OBR. 62 – NÁVOD: ZÁSOBNÍK S DÁVKOVAČI	82
OBR. 63 – NÁVOD: ŘEMENICE A HŘÍDEL	83
OBR. 64 – NÁVOD: ÚVODNÍ OBRAZOVKA	84
OBR. 65 – NÁVOD: MENU PROFILU	85
OBR. 66 – NÁVOD: NASTAVENÍ	86
OBR. 67 – NÁVOD: NASTAVENÍ MOTORU	87
OBR. 68 – NÁVOD: NASTAVENÍ NÁPOJŮ	88
OBR. 69 – NÁVOD: STAV NÁDOB	89
OBR. 70 – NÁVOD: SERVIS	90
OBR. 71 – NÁVOD: DÁVKOVÁNÍ NÁPOJŮ	91
OBR. 72 – NÁVOD: IDLE SCREEN	92
TAB. 1 – KOMPONENTY V ZAŘÍZENÍ	23
TAB. 2 – KOMPONENTY V ROZVADĚČI	23
TAB. 3 – PORUCHOVÉ KOMPONENTY	27
TAB. 4 – POPIS PLC	31
TAB. 5 – ZÁKLADNÍ SEZNAM VSTUPŮ PRO SFC	36
TAB. 6 – ZÁKLADNÍ SEZNAM VÝSTUPŮ PRO SFC	36
TAB. 7 – ZÁKLADNÍ SEZNAM KROKŮ PRO SFC	36
TAB. 8 – POPIS HMI PANELU	37

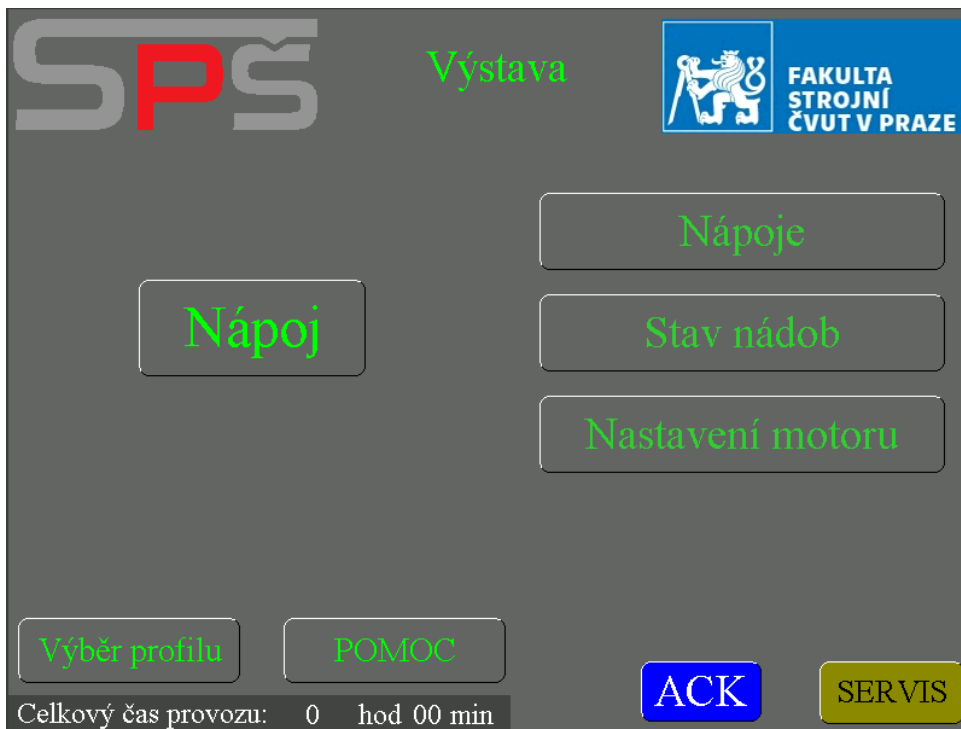
Seznam příloh

PŘÍLOHA A – VIZUALIZACE	64
MASKY, MAKRA A GRAFIKA PROGRAMU	64
PŘÍLOHA B – VÝROBA SOUČÁSTÍ	73
NÁVRH A VÝROBA KOMPONENT	73
PŘEVOD MEZI KROKOVÝM MOTOREM A ZÁSOBNÍKEM	73
HRANOL	74
HŘÍDEL	74
LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO	74
ULOŽENÍ PRO LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO	75
VAČKA DÁVKOVACÍHO MECHANISMU	75
PŘÍLOHA C – NÁVOD	77
ÚVOD	78
ZAPOJENÍ ZAŘÍZENÍ	79
ROZVADĚČ	80
MANIPULACE S DÁVKOVAČI A ZÁSOBNÍKEM	82
HMI PANEL – ÚVODNÍ OBRAZOVKA	84
HMI PANEL – VÝSTAVA	85
HMI PANEL – NASTAVENÍ	86
HMI PANEL – NASTAVENÍ MOTORU	87
HMI PANEL – NÁZVY A CENA NÁPOJŮ	88
HMI PANEL – STAV NÁDOB	89
HMI PANEL – SERVIS	90
HMI PANEL – DÁVKOVÁNÍ NÁPOJŮ	91
HMI PANEL – IDLE SCREEN	92
VYPNUTÍ PŘÍSTROJE	93

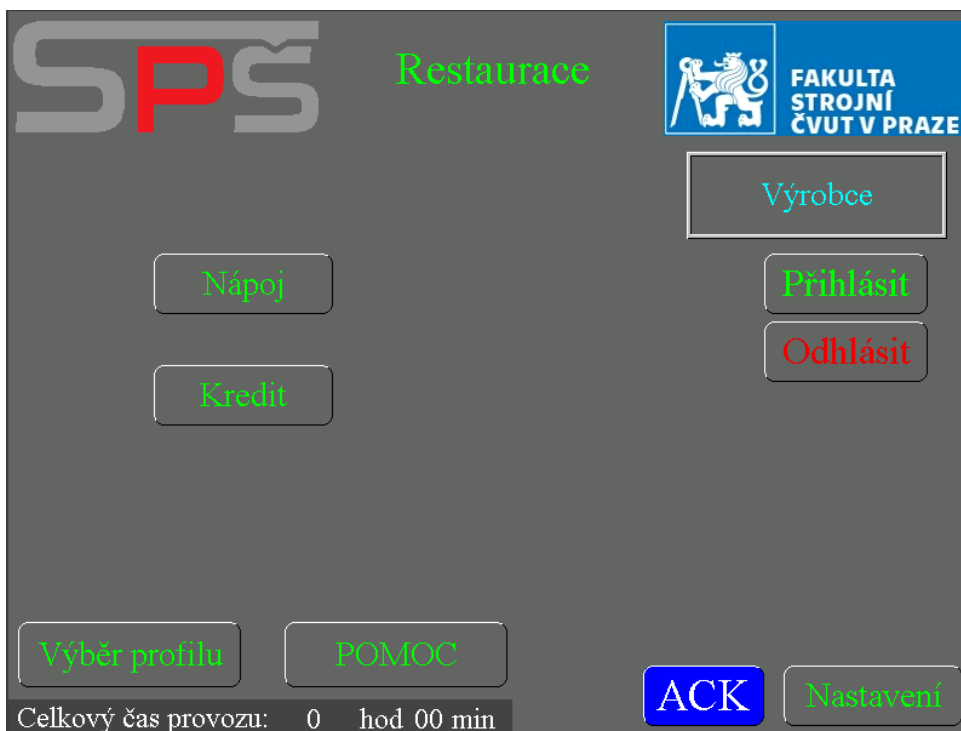
PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – VIZUALIZACE

MASKY, MAKRA A GRAFIKA PROGRAMU



OBR. 35 – MASKA: MENU_VYSTAVA (#22)



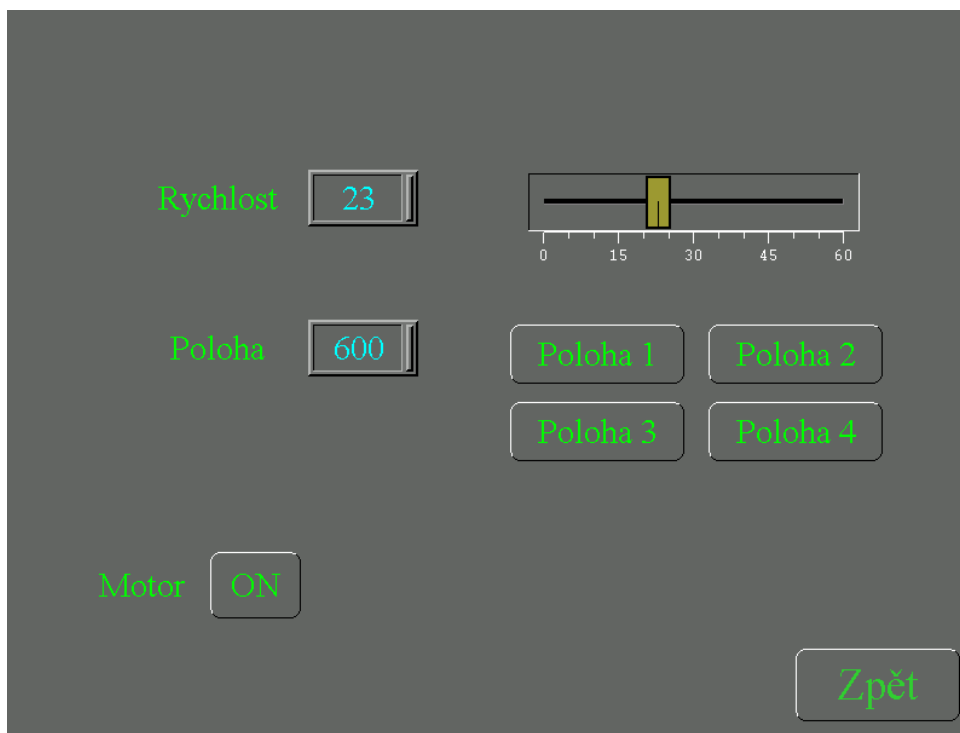
OBR. 36 – MASKA: MENU_RESTAURACE (#2)



OBR. 37 – MASKA: NASTAVENI_RESTAURACE (#5)



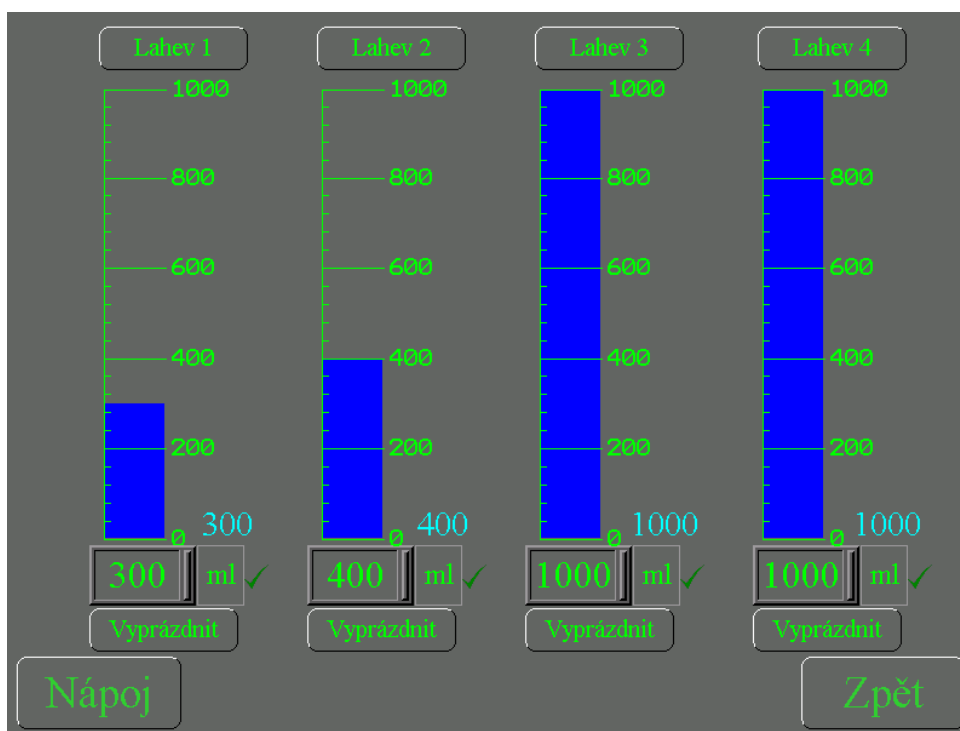
OBR. 38 – MASKA: NASTAVENI CEN_NAZVU (#7)



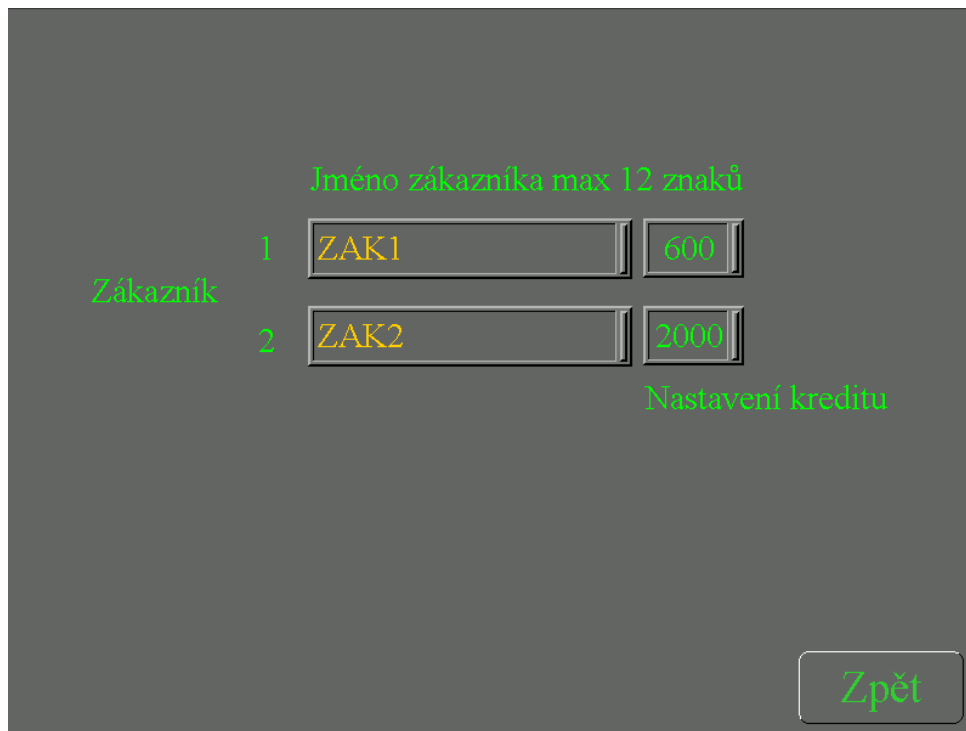
OBR. 39 – MASKA: NASTAVENI_MOTORU (#6)



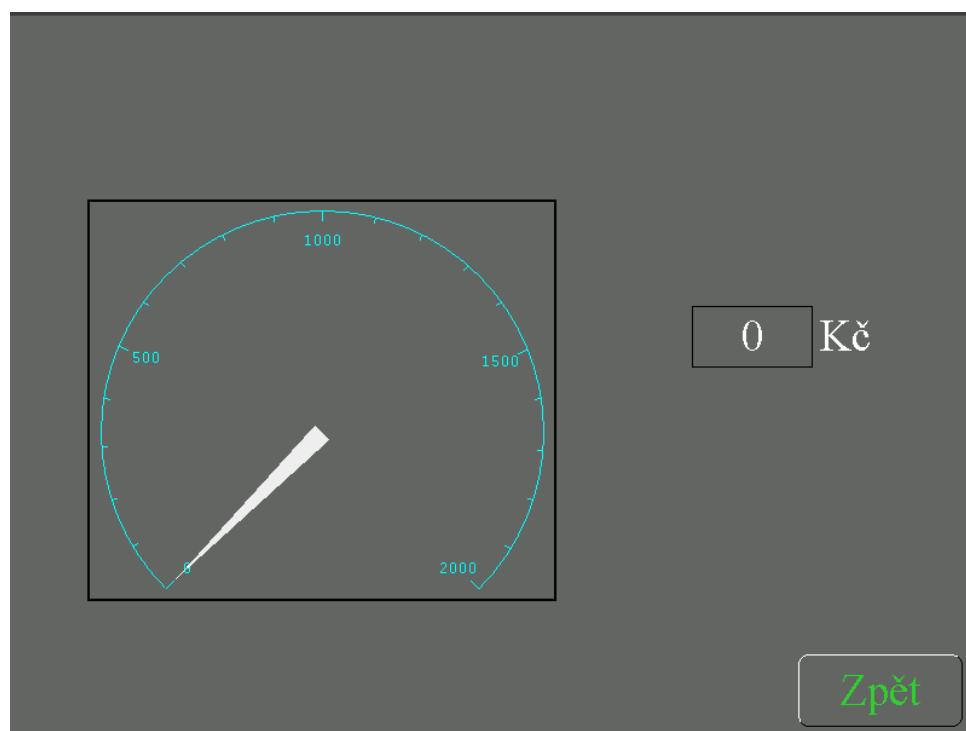
OBR. 40 – BITOVÉ INDIKÁTORY RUN/DONE KROK. MOT.



OBR. 41 – MASKA: STAV_NADOB (#11)



OBR. 42 – MASKA: NASTAVENI_KREDIT_RESTAURACE (#8)



OBR. 43 – MASKA: KREDIT (#4)



OBR. 44 – OKNO: ERROR_MALO_KREDITU (#500)



OBR. 45 – MASKA: VYBER_NAPOJU_RESTAURACE (#9)



OBR. 46 – MASKA: MS_ZAKLADNI_MENU (#21)



OBR. 47 – MASKA: SERVIS (#34)



OBR. 48 – MASKA: BASE_SCREEN_SETTINGS (#20)



OBR. 49 – MASKA: IDLE_SCREEN (#800)

Macro - HLIDANI_OBJEMU	
0	IF R90 == 0
1	\$U400.0 = 0 (B)
2	ELIF R90 > 0
3	\$U400.0 = 1 (B)
4	ENDIF
5	
6	IF R91 == 0
7	\$U401.0 = 0 (B)
8	ELIF R91 > 0
9	\$U401.0 = 1 (B)
10	ENDIF
11	
12	IF R92 == 0
13	\$U402.0 = 0 (B)
14	ELIF R92 > 0
15	\$U402.0 = 1 (B)
16	ENDIF
17	
18	IF R93 == 0
19	\$U403.0 = 0 (B)
20	ELIF R93 > 0
21	\$U403.0 = 1 (B)
22	ENDIF

OBR. 50 – MAKRO: HLIDANI_OBJEMU

Macro - ERROR	
0	IF 1\M66 (B)
1	OPEN_WS 500
2	ENDIF

OBR. 51 – MAKRO: ERROR

Macro name: user_lv

0	IF \$U100 == 0(U)
1	R14 = 0 (U)
2	M88 = 0 (B)
3	
4	ELIF \$U100 == 1(U)
5	R14 = 1 (U)
6	M88 = 0 (B)
7	
8	ELIF \$U100 == 2(U)
9	R14 = 2 (U)
10	M88 = 0 (B)
11	
12	ELIF \$U100 == 3(U)
13	R14 = 3 (U)
14	M88 = 0 (B)
15	
16	ELIF \$U100 == 4(U)
17	R14 = 4 (U)
18	M88 = 0 (B)
19	
20	ELIF \$U100 == 5(U)
21	R14 = 5 (U)
22	M88 = 1 (B)
23	
24	ELIF \$U100 == 6(U)
25	R14 = 6 (U)
26	M88 = 1 (B)
27	
28	ELIF \$U100 == 7(U)
29	R14 = 7 (U)
30	M88 = 1 (B)
31	
32	ELIF \$U100 == 8(U)
33	R14 = 8 (U)
34	M88 = 1 (B)
35	
36	ELIF \$U100 == 9(U)
37	R14 = 9 (U)
38	M88 = 1 (B)
39	
40	ENDIF

OBR. 52 – MAKRO: USER_LV

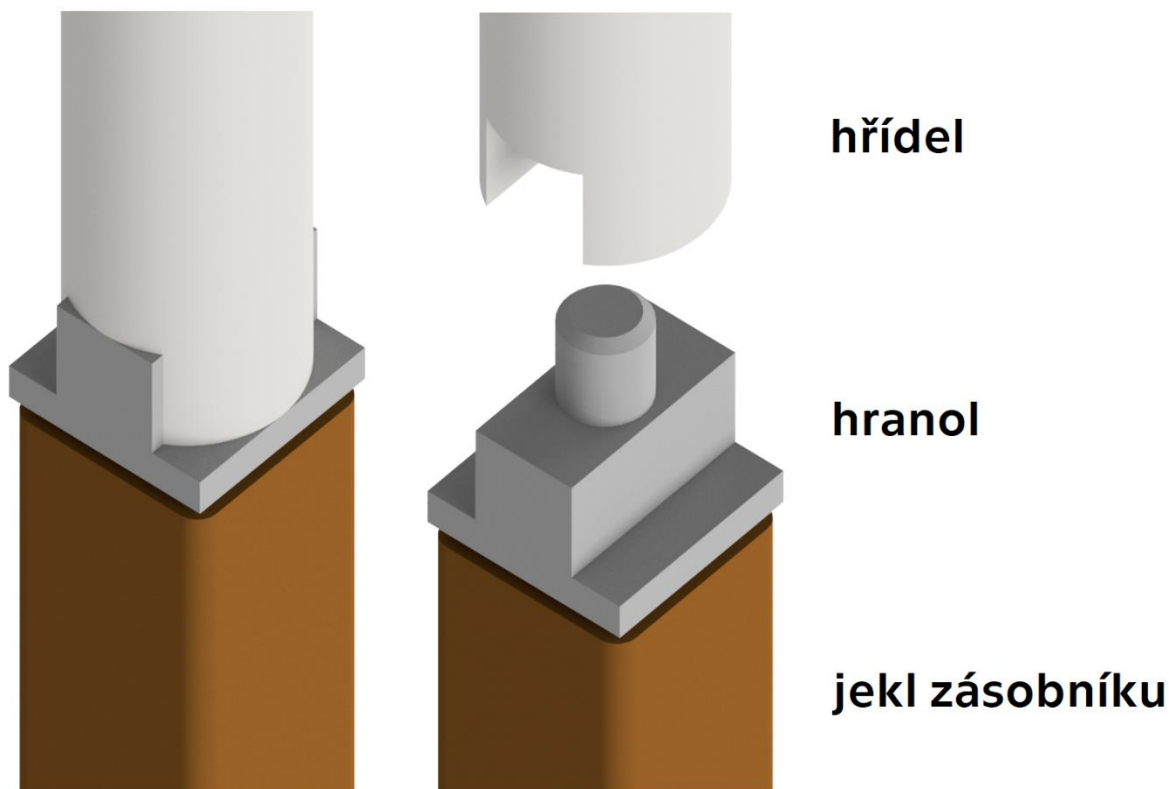
PŘÍLOHA B – VÝROBA MECHANICKÝCH SOUČÁSTÍ

NÁVRH A VÝROBA KOMPONENT

Pro dávkovač nápojů bylo zapotřebí vyrobit několik strojních součástí, protože přístroj nebyl v provozuschopném stavu.

PŘEVOD MEZI KROKOVÝM MOTOREM A ZÁSObNÍKEM

Původní převodový mechanismus mezi krokovým motorem a zásobníkem byl navržen nesprávně a bylo nutné jej odstranit a nahradit. Jak jsem již zmínil v kapitole 2, zásobník s lahvemi je navržen tak, aby jej bylo možné vyndat a manipulovat s ním mimo zařízení. Bylo zapotřebí navrhnout takový spoj, který by byl jednoduše montovatelný, dovoľoval odendání zásobníku a zároveň byl snadný na technologii výroby.



OBR. 53 – NÁVRH TVAROVÉHO SPOJE

Byl navržen tvarový hranol, který se nasadí do jeklu. Dále byla navržena hřídel, která má negativní tvar oproti hranolu, a tak spolu zaručují udržení v ose a přenos kroutícího momentu z hřídele na jekl.

HRANOL

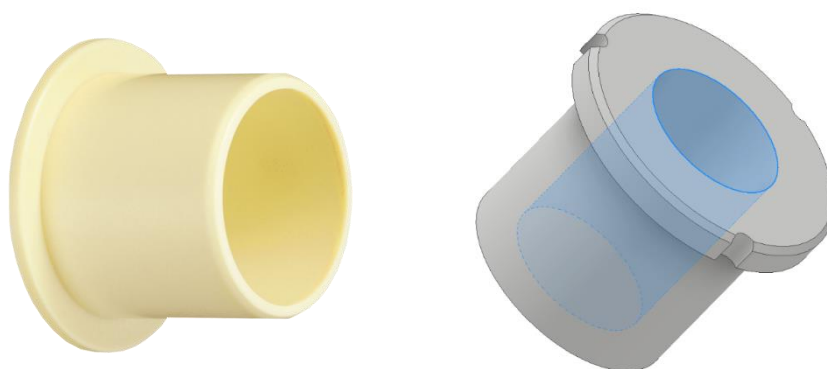
Na základě 3D návrhu jsem vytvořil výkres, za pomoci kterého jsem hranol nechal frézovat. Po vyrobení této součásti bylo zapotřebí upravit vnitřek jeklu, aby mohl být vložen hranol do jeklu. Dále bylo zapotřebí zkosit hrany jeklu, aby bylo možné hranol s jeklem svařit.

HŘÍDEL

S pomoci 3D návrhu jsem vytvořil výkres hřídele. Zatím co spodní část hřídele je navržena tak, aby se zrcadlila s tvarem hranolu, horní část hřídele má sloužit k nasazení řemenice, aretované k hřídeli za pomoci stavěcího šroubu (červíka) a matice, to vše pro přenos kroutícího momentu z krokového motoru přes řemen na hřídel a hranol s jeklem. V poslední fázi výroby byla ploška pro červíka nahrazena navrtáním, což se jeví jako lepší a zároveň jednodušší řešení, pro převod kroutícího momentu.

LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO

Bylo nutné zajistit hřídel a tím celý zásobník tak, aby zůstaly v ose a mohl se tak celý zásobník otáčet a nenacházel se v nepredikovaných polohách, ve kterých zařízení nefunguje. Pro tento účel jsem vybral lineární kluzné ložisko Iglidur J3 s přírubou o vnitřním průměru 20 mm (na obrázku vlevo).



OBR. 54 – VLEVO POUZDRO J3, VPRAVO ULOŽENÍ

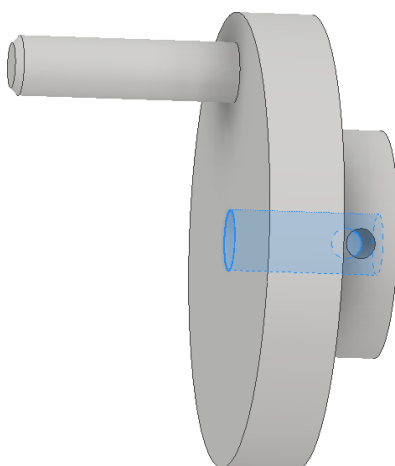
Pouzdra značky Iglidur typové série J3 mají dlouhou životnost, vysokou odolnost proti opotřebení při nízkém až středním zatížení díky nízkému koeficientu tření, dobrou odolnost proti kapalným médiím.

ULOŽENÍ PRO LINEÁRNÍ KLUZNÉ POUZDRO

Aby bylo možné samotné pouzdro zajistit, bylo zapotřebí navrhnout a vyrobit vhodné uložení. Navrhl jsem 3D model součásti, která tuto funkci zajistí. Pro výrobu takto jednoduché součásti jsem použil skicu. Uložení bylo navrženo tak, aby bylo možné do vnitřního průměru nalisovat kluzné pouzdro a poté celek přimontovat do zařízení s pomocí 3 šroubů a matek.

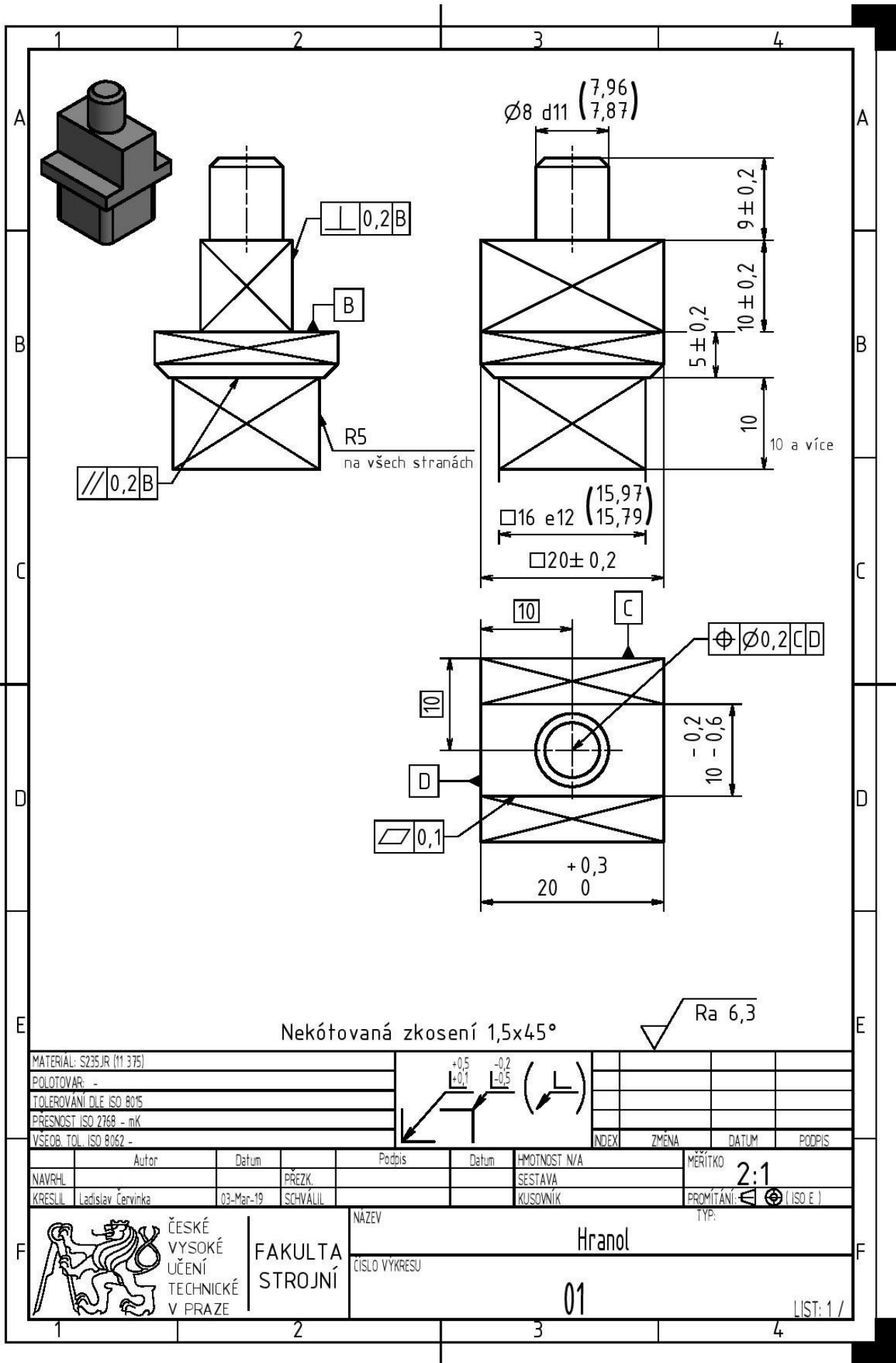
VAČKA DÁVKOVACÍHO MECHANISMU

Vačkový dávkovacího mechanismu, je součást převodu, která zajišťuje převod otáčení DC motoru na svislý pohyb dávkovacího mechanismu pro spínání mechanických dávkovačů.

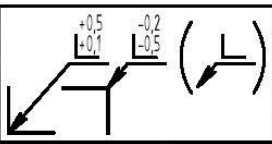


OBR. 55 – MODEL VAČKY DÁVKOVACÍHO MECHANISMU

Po vytvoření 3D modelu bylo jednoduché vytvořit skicu, s pomocí které se součást snadno vyrobila. Výroba byla rozdělena na dvě části, aby nebylo nutné celou vačku nejprve soustružit a poté frézovat. Byl vyroben čep se závitem a poté zbytek součásti, do které se čep našrouboval a spoj se zalepil. Dále je přítomna díra pro tzv. „červíka“, pomocí kterého se přenáší kroutící moment DC motoru na vačku.



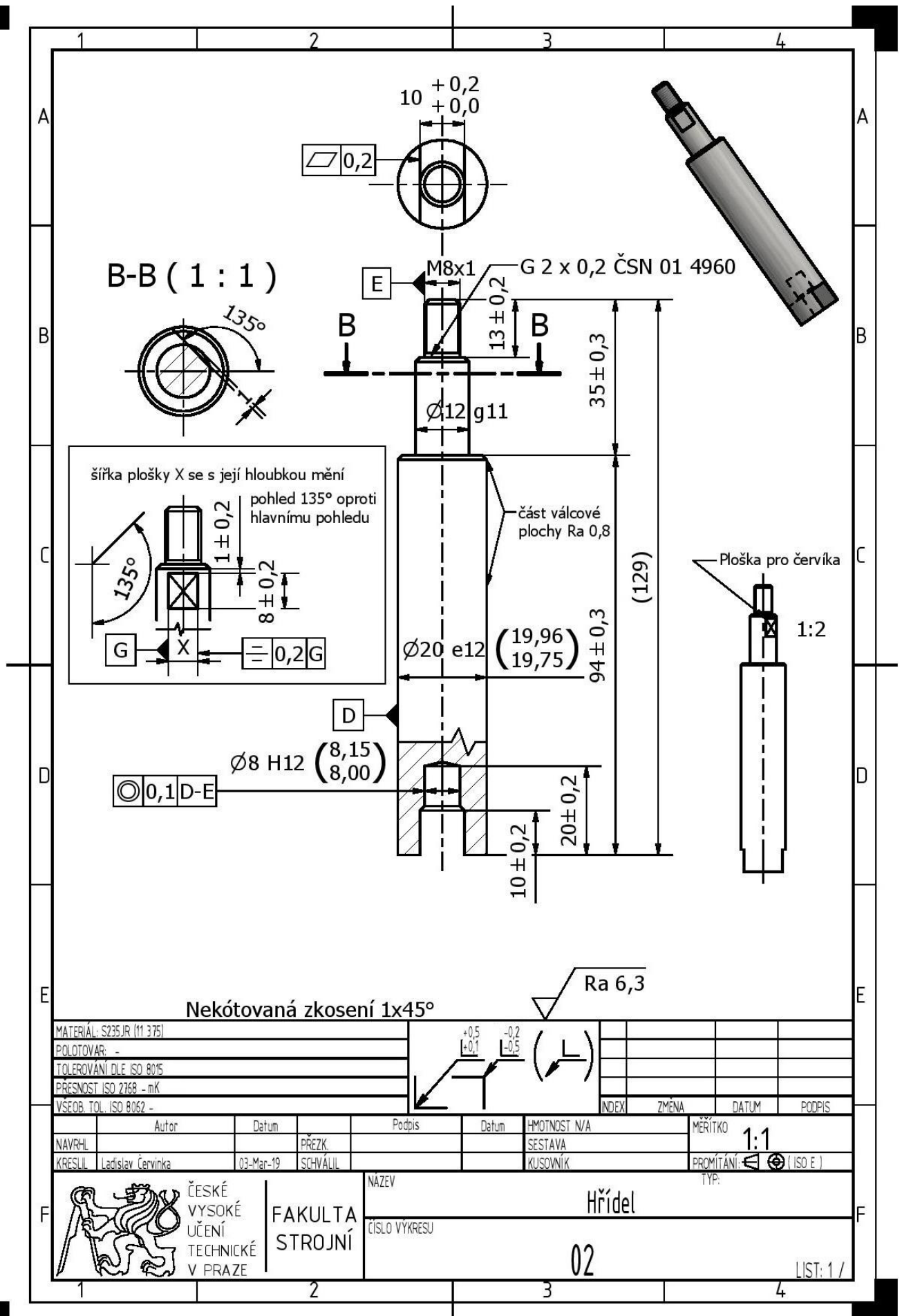
MATERIÁL: S235JR (11 375)
 POLOTOVAR: -
 TOLEROVÁNÍ DLE ISO 8015
 PŘESNOST ISO 2768 - mK
 VSEOB. TOL. ISO 8062 -



INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS

	Autor	Datum		Podpis	Datum	HMOTNOST N/A	MĚŘITKO
	Ladislav Červinka	03-Mar-19		SCHVALIL		SESTAVA	2:1
						KUSOVNÍK	PROMĚTÁNÍ:

<p>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE</p>	<p>FAKULTA STROJNÍ</p>	NÁZEV	Hranol
		ČÍSLO VYKRESU	01



PŘÍLOHA C – NÁVOD

DÁVKOVAČ NÁPOJŮ

NÁVOD



OBR. 56 – NÁVOD: DÁVKOVAČ NÁPOJŮ

ÚVOD

Dávkač nápojů je zařízení pro dávkování nápojů bez bublinek.

Údržba stroje, spouštění, kontrola a případná oprava může vyžadovat značnou znalost přístroje, nebo alespoň znalost podobných zařízení a komponentů. Bez nutných znalostí, je třeba značné opatrnosti při popisovaných úkonech.

Samotné ovládání pomocí HMI panelu začíná na straně 88. Pokud však zařízení zapínáte po úplném vypnutí, nebo poprvé, pokračujte na další stranu.

LOGIN – HESLO:

Úroveň 1 – 1

Úroveň 2 – 22

Úroveň 3 – 333

až na úroveň 8

Od úrovně 6 povoleny všechny funkce.

ZAPOJENÍ ZAŘÍZENÍ



OBR. 57 – NÁVOD: ZAPOJENÍ KABELŮ

Úvodním krokem je zapojení všech kabelů, každý kabel má na konci jiný konektor, a tak je stačí pouze zasunout do pasujících zdířek a aretovat. Poté zařízení připojte do elektřiny.

Zkontrolujte, zda je dotažen červík ve vačce, pokud ne, dotáhněte jej, viz obr. 58.



OBR. 58 – NÁVOD: VAČKA

Ujistěte se, že je dotažena matice elektromagnetu na obrázku níže.



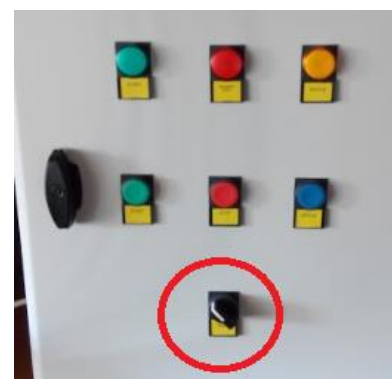
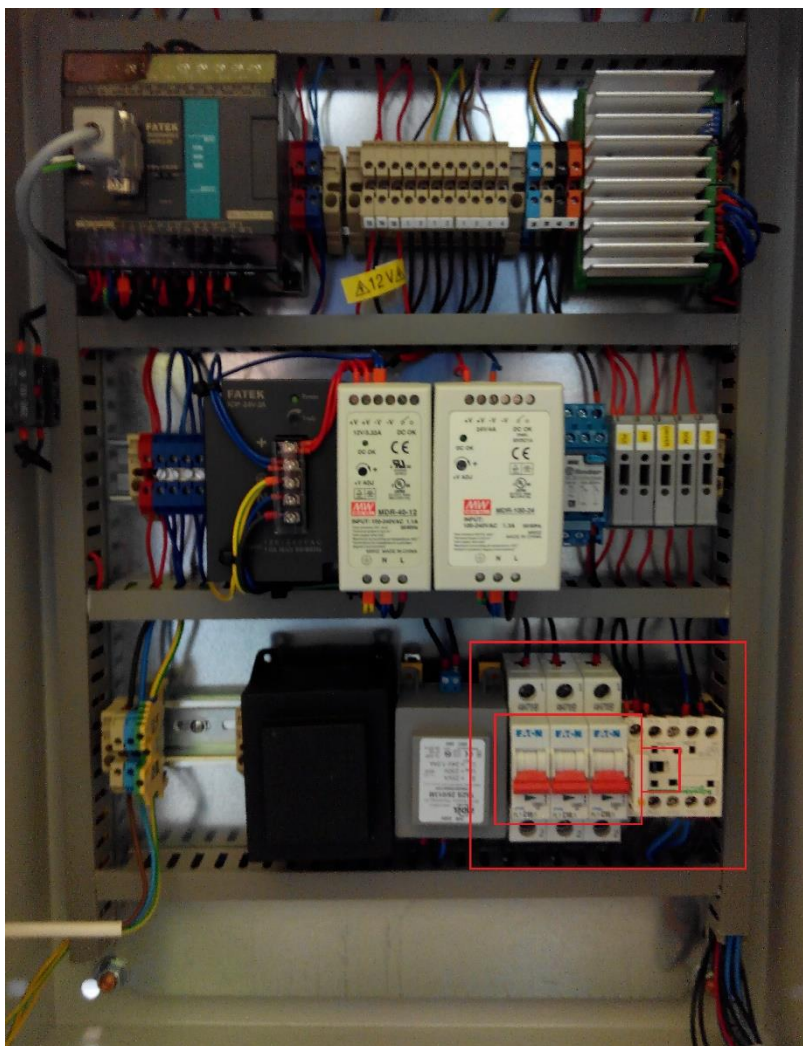
OBR. 59 – NÁVOD: EL. MAGNET

ROZVADĚČ



OBR. 60 – NÁVOD:

Zkontrolujte a případně odpojte kill-switch krouživým pohybem, viz šipka na tlačítku. Tento kills-witch použijte pouze pokud tak bude nezbytně nutné, nebo při kompletním vypnutí zařízení.



OBR. 61 – NÁVOD: VNITŘEK A DVEŘE ROZVADĚČE

Odemkněte a otevřete rozvaděč.

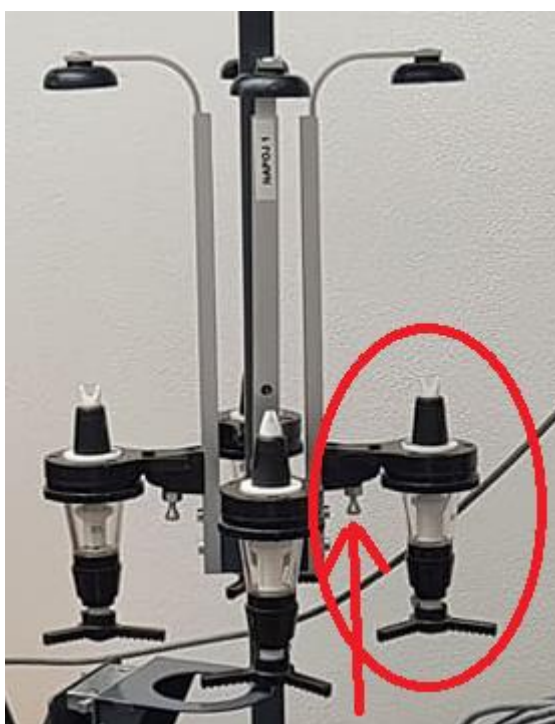
Zarámečkové jističe na levém obrázku dejte do stavu ON (nahoru), dále na dveřích rozvaděče otočte vypínač do druhé pozice (doprava) a zmáčkněte zelené tlačítko *ZAPNOUT* – pokud se zařízení zapne a nechcete nijak manipulovat s jinými prvky rozvaděče, můžete jej zavřít. Jestli je zařízení stále neaktivní, některý z předešlých kroků nebyl správně provedený. Tlačítko *STOP* slouží k zastavení stroje. Tlačítko *SERVIS* slouží k zapnutí servisního módu stroje (*SERVIS* je popsán dále v návodu).

V tuto chvíli je zařízení v provozu a pokud je vše správně zapojeno, pomocí HMI panelu můžete *Dávkovač nápojů* ovládat.

MANIPULACE S DÁVKOVAČI A ZÁSOBNÍKEM

Manipulace s dávkovači vyžaduje opatrnost. Nejdřív vyndejte spodní část mechanického dávkovače (červený kroužek na obr. 62), každý dávkovač má jednoduchý vyndavací mechanismus (červená šipka), ten stačí povysunout dolů a dávkovač vyndat. Dávkovač na lahev nasadte a následně láhev i s dávkovačem opatrně s ručním jištěním z obou stran otočte a vložte zpátky do zásobníku.

pozn. NEVKLÁDEJTE nápoje typu cola a podobné nápoje s bublinkami, lahev by vylítla do vzduchu a začala stříkat nápoj do okolí, použít můžete jakékoliv lahve o objemu MAX 1 litr.



OBR. 62 – NÁVOD: ZÁSOBNÍK S DÁVKOVAČI

Následuje postup, jak otáčet zásobníkem pomocí HMI panelu, a tak jednoduše nasazovat lahve do všech slotů. Dávkování bude fungovat i bez přiložených láhví, avšak před dávkováním je zapotřebí sklenicí (nebo ručně) sepnout koncový spínač umístěný pod dávkovacím mechanismem.

Celý zásobník je možné vyndat uvolněním horního, na obrázku zakroužkovaného, mechanismu, pokud je zařízení v servisním režimu (více o tom dále v návodu).



OBR. 63 – NÁVOD: ŘEMENICE A HŘÍDEL

Pokud je zařízení v servisním režimu, je možné vyndat zásobník. Pro vyndání zásobníku je nezbytné vysunout nahoru mechanismus zakroužkovaný na obr. 63.

HMI PANEL – ÚVODNÍ OBRAZOVKA

OBR. 64 – NÁVOD: ÚVODNÍ OBRAZOVKA

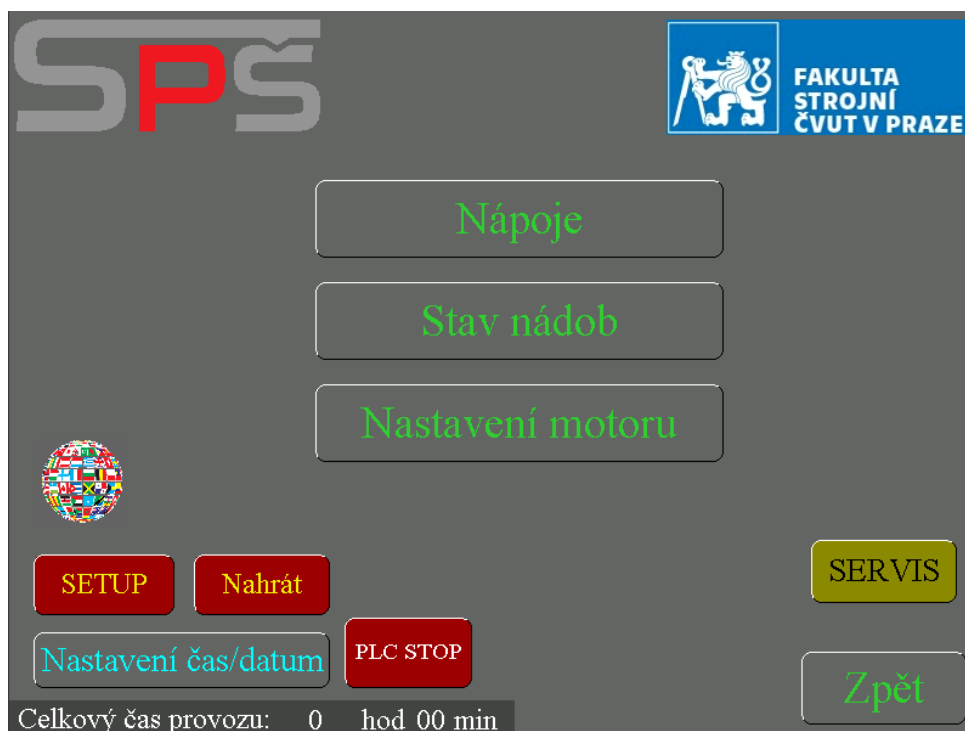
Takto vypadá úvodní obrazovka. V levém dolním rohu vidíte ikonku pro změnu jazyka, po kliknutí Vám nabídne CZ/ENG/GER jazyk. V dolní části na většině obrazovek, naleznete celkový čas provozu stroje. Jedním z tlačítek uprostřed zapnete daný profil a vyzve Vás k přihlášení, nebo pustí dále do programu. Tlačítkem *Zpět*, který naleznete na většině obrazovek, se vrátíte vždy na předešlou obrazovku.

HMI PANEL – VÝSTAVA

OBR. 65 – NÁVOD: MENU PROFILU

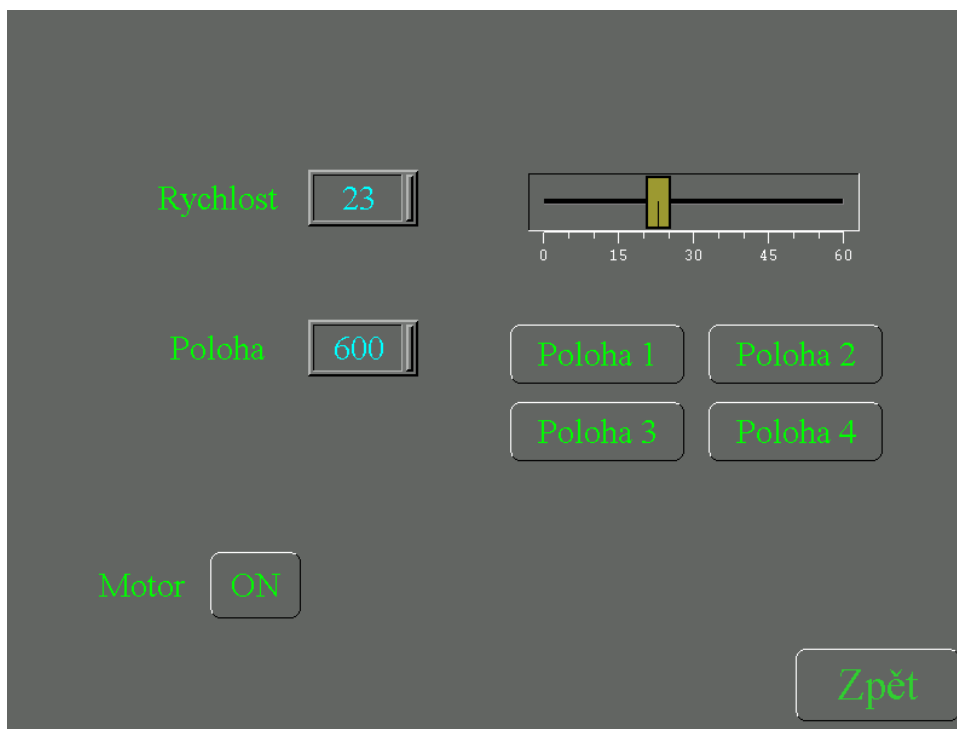
Výběr profilu slouží k návratu na úvodní obrazovku.

Dalším krokem při prvním zapnutí je nastavení parametrů nápojů, protože po prvotním zapnutí zařízení nejsou nastaveny názvy a objemy kapalin v láhvích. V hlavním menu profilu *Výstava* jsou na pravé straně 3 velká tlačítka pro nastavení parametrů před samotným dávkováním. Tento profil slouží k rychlé ukázce programu, v profilech *Restaurace* a *Domácnost* se na pravé straně nachází tlačítko *Nastavení*, které vede na obrazovku na další straně.

HMI PANEL – NASTAVENÍ

OBR. 66 – NÁVOD: NASTAVENÍ

Dvousekundovým stiskem tlačítka *SETUP* je možné se dostat do interního nastavení panelu. Tlačítkem *Nahrát*, můžete do panelu nahrát program přes MicroSD ve formátu „.prp“. Indikace *PLC STOP* resp. *PLC RUN* indikuje, zda je PLC v provozu. Tlačítka *Nápoje*, *Stav nádob* a *Nastavení motoru* jsou cesty nastavení parametrů dávkování. Pokračujte na obrazovku *Nastavení motoru*.

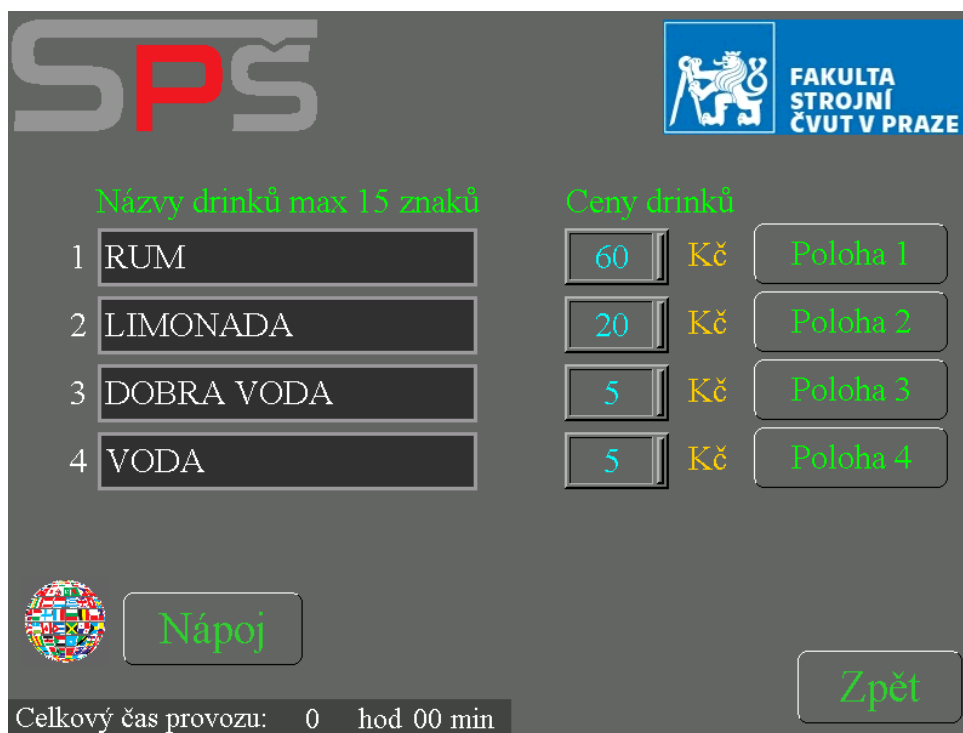
HMI PANEL – NASTAVENÍ MOTORU

OBR. 67 – NÁVOD: NASTAVENÍ MOTORU

Na této obrazovce můžete měnit nastavení krokového motoru: vypnutí/zapnutí, rychlost a aktuální polohu. Pracovní rychlost udržujte ideálně v rozmezí 20 až 50.

Následuje nastavení nápojů a stavů nádob, do těchto nastavení se dostanete v menu nastavení tlačítkem *Stav nádob*, případně v hlavním menu profilu klikněte na *Nápoj* a poté *Stav nádob*.

HMI PANEL – NÁZVY A CENA NÁPOJŮ

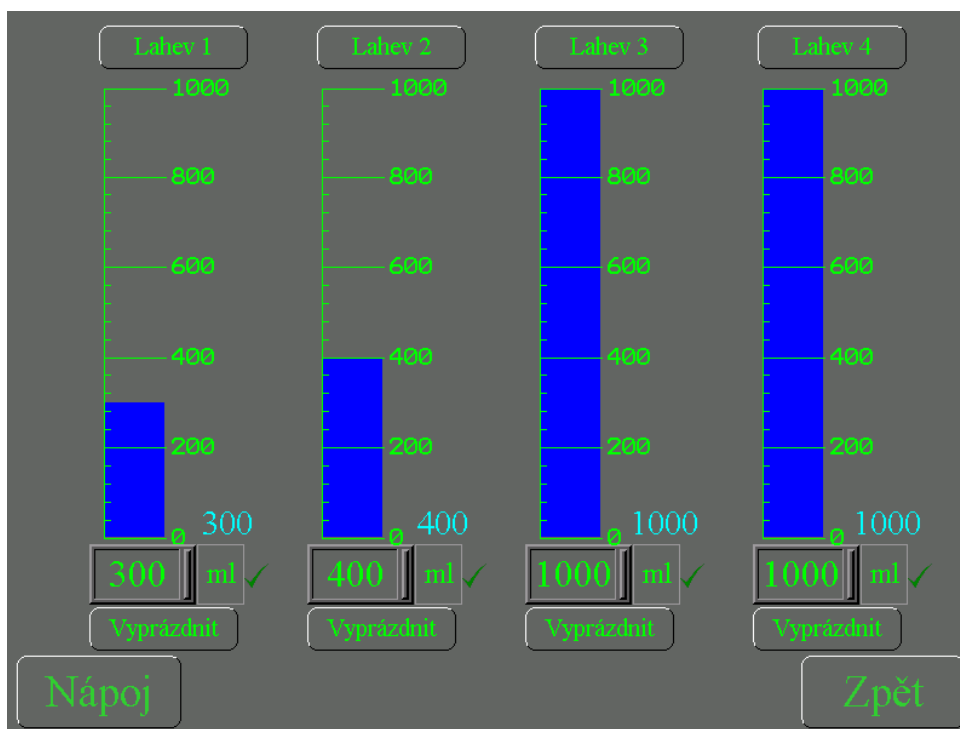


OBR. 68 – NÁVOD: NASTAVENÍ NÁPOJŮ

Tato obrazovka slouží k nastavení názvů obsahu daných lahví – po stisknutí tlačítka *Poloha 1*, se zásobník otočí do polohy pro dávkování daného nápoje číslo 1. Tímto způsobem je výhodné zásobníkem otáčet, když je zapotřebí nasadit nové lahve do zásobníku.

Název jejího obsahu můžete nastavit kliknutím na první tmavší políčko. Ceny drinků se nastavují pouze v profilu *Restaurace*. Obdobným způsobem můžete nastavit názvy a ceny všech nápojů.

Tlačítko *Nápoj* Vás navede na obrazovku, kde budete moct spustit dávkování, ale na tutéž obrazovku se dostanete i pomocí tlačítka *Zpět*.

HMI PANEL – STAV NÁDOB

OBR. 69 – NÁVOD: STAV NÁDOB

Na této obrazovce se nachází nastavení objemů láhví, dané prvky vždy patří k danému číslu láhve.

Tlačítkem *Vyprázdnit* vynulujete hodnotu objemu dané lahve. Tlačítkem *Lahve* hodnotu objemu láhve nastavíte na 1000 ml., nebo kliknutím na pole, které se nachází nad tlačítkem *Vyprázdnit*, můžete nastavit hodnotu objemu ručně.

HMI PANEL – SERVIS

OBR. 70 – NÁVOD: SERVIS

Servisní režim přístroje se zapíná modrým tlačítkem na přední straně rozvaděče. Na obrazovce *SERVIS*, odkaz na tuto obrazovku naleznete v *Nastavení*, se nachází tlačítko pro jeho ukončení.

Servisní režim slouží k údržbě zásobníku a k úkonům s tím spojených (viz kapitolu *Manipulace s dávkači a zásobníkem*).

Ukončit servisní režim je možné pouze v případě, že je zásobník vrácen do původní polohy na své místo.

HMI PANEL – DÁVKOVÁNÍ NÁPOJŮ

OBR. 71 – NÁVOD: DÁVKOVÁNÍ NÁPOJŮ

Takto vypadá hlavní obrazovka dávkování nápojů po úspěšném nastavení názvů a objemů lahví.

Tlačítkem *Stav nádob* se můžete dostat zpátky do nastavení objemů kapalin v nádobách. Tlačítka *Nápoj 1* až *4* slouží k spuštění dávkovacího procesu, pokud je spodní koncový spínač sepnutý (místo pro sklenici) a přístroj není v režimu *SERVIS*, přístroj začne, po aktivaci např. tlačítka *Nápoj 3*, dávkovat neperlivou vodu. Tlačítkem *Dvojitá dávka* můžete zapnout/vypnout dvojitou dávku.

HMI PANEL – IDLE SCREEN

OBR. 72 – NÁVOD: IDLE SCREEN

Takto vypadá idle screen – obrazovka, která naskočí po 10 minutách nečinnosti. Pro oživení obrazovky stačí kliknout na její libovolné místo.

VYPNUTÍ PŘÍSTROJE

Tlačítkem *SERVIS* dejte přístroj do servisního režimu. Poté zmáčkněte tlačítko *STOP* a přepněte hlavní vypínač na rozvaděči do polohy vypnuto (doleva). Kill-switch slouží především pro kompletní vypnutí přístroje.

Tlačítko *STOP* samo o sobě slouží pouze pro dočasné stopnutí přístroje, v takovém případě ho opět zapnete tlačítkem *START*.

POZNÁMKY

Pokud by se z jakéhokoliv důvodu stalo, že by polohování krokového motoru nebylo správné, spustte servisní režim. Poté otevřete rozvaděč a po dotočení krokového motoru shodte jistič úplně napravo. Nyní můžete s krokovým motorem hýbat, dotočte jej do servisní polohy tak, aby elektromagnetický zámek uprostřed na zařízení zapadl do otvoru u řemenového převodu. POZOR elektromagnet může mít i přes 60 °C, pokud bylo zařízení dlouho v provozu. Jistič vraťte do horní polohy a vypněte servisní režim. Polohování je tak opraveno.

Polohy krokového motoru pro lahve:

1. Lahev = 400
2. Lahev = 1200
3. Lahev = 2000
4. Lahev = 2800