



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU EXPERIMENTÁLNÍ SLADOVNY

DESIGN CONTROL SYSTEM FOR EXPERIMENTAL MALT-HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Pochylý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Petr Pochylý
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	Ing. Jan Vetiška, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

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

Návrh řídicího systému experimentální sladovny

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vývojářská práce na platformě PLC pro řízení výrobní technologie.

Cíle diplomové práce:

- rešerše řídicích prostředků pro danou výrobní technologii,
- návrh automatizačního HW experimentální sladovny,
- návrh SW pro řízení experimentální sladovny.

Seznam doporučené literatury:

PROCHÁZKA, Stanislav. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský 2000. ISBN 80-902658-6-3.

ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace 1: Základní pojmy, úvod do programování. BEN, 2002. ISBN 80-86056-58-9.

BOLTON, William. Programmable logic controllers. 4th ed. Amsterdam: Newnes, 2006. ISBN 9780750681124.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem automatického systému řízení provozně experimentální sladovny. První část se věnuje obecnému popisu všech výrobních etap sladování a stručné charakteristice Výzkumného ústavu pivovarnictví a sladařství. Dále také obecně charakterizuje použitý hardware a software pro automatický systém řízení. Druhá část této práce popisuje druhy programovatelných automatů a výběr optimální varianty pro aplikaci provozně experimentální sladovny. Diplomová práce ve třetí a čtvrté části obsahuje metodiku a stručný popis o tvorbě programu a vizualizace automatického systému řízení provozně experimentální sladovny. Výstupem diplomové práce je vytvořený kompletní řídicí program a vizualizace řízené aplikace provozní sladovny.

ABSTRACT

This master thesis deals with design of automation control system for operationally experimental malt-house. The first part deals with general description of all production stages of malting and brief description about the Research Institute of Brewing and Malting. It also generally characterizes the used hardware and software for automation control system. The second part of this thesis describes the types of programmable logic controllers and the selection of optimal variant for application of the operationally experimental malt-house. Master thesis in the third and fourth part contains a brief description about the methodology and the creation of control program and visualisation for automatic control system of the operationally experimental malt-house. The output of the master thesis is a complete control program and visualisation of the controlled application of the operating malt-house.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sladovna, mikrosladovna, VÚPS, a.s., návrh automatického systému řízení, automatizace, PLC, programovatelný automat DL205 řady DirectLOGIC.

KEYWORDS

Malt-house, micromalt-house, VÚPS, Inc., the design of automation control system, automation, PLC, programmable logic controller DL205 DirectLOGIC series.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POCHYLÝ, P. *Návrh řídicího systému experimentální sladovny*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 85 s., Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Vetiškovi, Ph.D. za odbornou pomoc a udělení rad při řešení problematiky této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a svým nejbližším za podporu při studiu na vysoké škole.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vetišky, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. 5. 2017

.....

Pochylý Petr

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	MOTIVACE.....	17
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	19
3.1	Výzkumný ústav.....	19
3.2	Popis technologie a výrobní etapy sladování.....	19
3.2.1	Sladování.....	19
3.2.2	Metodický postup výroby sladu.....	20
3.2.3	Výrobní etapy sladování.....	21
3.3	Charakteristika softwarů pro vytvoření ASŘ.....	25
3.3.1	Software DirectSOFT 6.....	26
3.3.2	Software Aspic.....	26
4	KONCEPTY PLC PROGRAMOVATELNÝCH AUTOMATŮ ŘADY DIRECTLOGIC.....	29
4.1	DL05.....	29
4.2	DL06.....	29
4.3	DL105.....	30
4.4	DL205.....	30
4.4.1	Koncepce a druhy procesorů.....	31
4.4.2	Koncepce a druhy doplňkových propojovacích modulů/karet.....	32
5	VÝBĚR VHODNÉHO PLC AUTOMATU PRO APLIKACI NAVRHOVANÉ PROVOZNÍ SLADOVNY.....	35
5.1	Technické přednosti vybraných propojovacích modulů/karet.....	36
5.1.1	Procesor DL 260 CPU.....	36
5.1.2	Karty digitálních (binárních) vstupů a výstupů.....	37
5.1.3	Karta analogových vstupů a výstupů.....	37
5.2	Konfigurace potřebných proměnných pro ASŘ provozní sladovny.....	38
5.2.1	Přehled a popis všech binárních vstupů.....	38
5.2.2	Přehled a popis všech binárních výstupů.....	40
5.2.3	Přehled a popis všech analogových vstupů a výstupů.....	42
6	POUŽITÁ MĚŘICÍ A OVLÁDACÍ ZAŘÍZENÍ.....	51
6.1	Použitá měřicí zařízení.....	51
6.2	Použitá ovládací zařízení.....	53
7	METODIKA A TVORBA ŘÍDICÍHO PROGRAMU.....	57
7.1	Metodická příprava řízení technologie sladování.....	57
7.2	Uživatelské rozhraní programu DirectSOFT 6.....	61
7.2.1	Nabízené programovací elementy a funkce.....	61
8	TVORBA VIZUALIZACE ŘÍDICÍHO PROCESU.....	67
9	ZHODNOCENÍ A DISKUZE.....	73

9.1	Zhodnocení a diskuze se zadavatelem práce	73
10	ZÁVĚR	75
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77
12	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	81
12.1	Seznam zkratk.....	81
12.2	Seznam symbolů.....	82
12.3	Seznam obrázků.....	83
12.4	Seznam tabulek.....	84
13	SEZNAM PŘÍLOH	85

1 ÚVOD

Zadání práce poskytla firma KVM – SK, s.r.o., která je dodavatelem různých technologií, potřebných pro výrobu sladu. Zjednodušeně je výroba sladu namočení sladovnického ječmene, jeho následné klíčení, a nakonec jeho usušení, tzv. hvozdění.

Ve spolupráci se zadavatelem práce se bude v roce 2017 – 18 realizovat projekt, poté výroba a montáž provozní sladovny ve Výzkumném pivovarském a sladařském ústavu VÚPS, a.s. v Brně, kde od zadavatele již několik let fungují dvě mikrosladovny. Jedná se o laboratorní zařízení, pro přípravu a zpracování buď 16 vzorků sladu po 1 kilogramu, anebo 32 vzorků sladu po 0,5 kilogramu v jedné sérii laboratorního sladování. Z těchto menších sladových vzorků se provádí zejména následující analýzy:

- porovnávání jednotlivých odrůd ječmene v závislosti na každoročních odlišnostech úrody jednotlivých pěstitelů,
- s ohledem na předchozí se ladí proces sladování na malých vzorcích s cílem optimalizace výroby sladu k dosažení optimálních výsledků ve skutečné výrobě,
- s ohledem na předchozí se testují nakoupené ječmeny v jednotlivých sladovnách a stanovují se následující základní parametry z nich vyrobeného sladu: obsah vody, barva, viskozita, pH, extrakt mladiny, relativní extrakt, prokvašení, obsah bílkovin, Kolbachovo číslo, friabilita, sklovitost, homogenita, β – glukany, α – amylasa, obsah PDMS, gushing, objemová hmotnost, obsah plísní a jiné [17].

Hlavním záměrem realizace provozní sladovny je rozšíření metod výzkumu a laboratorních testů s výrazně větší spotřebou ječmene v jedné dávce (500 kg proti 16 kg), kdy se zároveň výroba jednoho vzorku sladu v hmotnosti 500 kg také technologicky mnohem více přibližuje výrobě ve skutečné sladovně a tím také výše uvedené parametry sladu pak více odpovídají parametrům sladu ve sladovnách. Obecně tedy provozní sladovna bude poskytovat průkaznější a hodnověrnější výsledky, než mikrosladování 0,5 – 1,0 kg vzorků.

Provozní sladovna bude navazovat na obě laboratorní mikrosladovny s tím, že dle hodnot sladů na nich vyrobených, se již bude upravovat technologie provozního sladování vybraných odrůd ječmenů a objednatelé zkoušek tak dostanou podstatně prokazatelnější a komplexní výsledky laboratorně – provozních zkoušek. Prestiž výzkumného ústavu tím v rámci celé Evropy výrazně vzroste. Provozní sladovnou totiž nedisponuje žádný podobný ústav nebo velká sladovna.

V souvislosti s touto problematikou není kladen důraz pouze na kvalitní technologické a konstrukční provedení provozní sladovny, ale i na zajištění spolehlivého a účinného automatického chodu celého procesu výroby sladu, aby se maximalizovala jeho kvalita.

Diplomová práce bude zaměřena na vytvoření automatického systému řízení (ASŘ), plánované provozní sladovny pro VÚPS, a.s. v Brně. Ve spolupráci s firmou KVM – SK, s.r.o. se vytvoří program pomocí softwarové logiky v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 na platformě PLC KOYO a vizualizaci v uživatelském rozhraní programu Aspice.

Zadavatel preferuje použití PLC KOYO (Japan) s řídicím programovacím softwarem DirectSOFT 6, jelikož se jedná o levnější, plně hardwarově a softwarově srovnatelnou variantu, která svými parametry a funkcemi odpovídá kvalitě značkových PLC zařízení jako Siemens Simatic, Schneider Electric nebo Mitsubishi. Dále firma preferuje použití softwaru DirectSOFT, který je kompatibilní s platformou PLC KOYO, z důvodu dlouhodobého a spolehlivého využití. Obdobně firma preferuje využití vizualizačního a archivačního programu Aspic, kterému například proti vizualizaci WinCC (Siemens) pro tuto aplikaci nic zásadního nechybí a zároveň je zásadně levnější. Navíc oba zmíněné programy DirectSOFT i Aspic včetně PLC KOYO plní svou funkci na zmíněných mikroskladovnách, takže i obsluha bude při řízení provozní skladovny postavena před jí již známý řídicí a vizualizační systém.

Diplomová práce bude muset splňovat takové nároky nejen na kvalitu řízení, ale i na vizualizaci a archivaci tak, jak jsou ve výzkumném ústavu zvyklí. Výhodou diplomové práce pro diplomanta bude vytváření velmi konkrétní práce, jejíž výsledek bude posléze přímo aplikován v praxi, a kde bude mít student přímou možnost uplatnit poznatky ze studia na VUT Brno v praxi. Následná realizace díla, výroba a montáž skladovny bude také za účasti diplomanta, který bude v rámci zkušebního provozu doladřovat svůj řídicí systém. Škola teorie pak přejde kontinuálně ve školu praxe, a tím bude možné zahájit odbornou praxi a činnost diplomanta co nejefektivněji nejen ve vlastním programování, ale i v nutné úzké spolupráci s technologií a montéry dodavatele technologie provozní skladovny, ale též ve spolupráci s budoucími uživateli technologie.

2 MOTIVACE

Iniciativa vzešla ze strany výzkumného ústavu VÚPS, a.s. v Brně, kde chtějí rozšířit své dvě laboratorní mikroskladovny o provozní sladovnu, která díky svým větším půdorysným rozměrům, umožní zpracovat 500 kg vzorek ječmene v jedné sérii a tím získání dostatečného množství materiálu pro následné zavedení nových, laboratorně provozních zkoušek a testování ječmenů – sladů.

Právě rozdíl ve velikosti vzorku (1 kg proti 500 kg) je zásadní odlišnost ve srovnání s dosud využívanými mikroskladovny. Ty dokáží zpracovat jen 16x 1 kg laboratorní vzorky, viz Obr. 1), což je pro výzkumný ústav výrazně limitující při testování kvality jednotlivých odrůd ječmene.

Nedokáží totiž jednoznačně simulovat reálné prostředí výroby sladu ve velkých sladovnách, kde se zpracovává v jedné dávce 5 až 250 tun sladovnického ječmene. Potom provozní sladovna přinese výzkumnému ústavu mnohem vyšší možnosti a značné výhody při testování kvality sladu.

Hlavním cílem diplomové práce je vytvoření automatického systému řízení provozně experimentální sladovny, ve spolupráci s výrobcem tak, aby co nejlépe vyhovoval požadavkům výzkumného ústavu. ASŘ bude obsahovat řídicí program, vytvořený v uživatelském rozhraní softwaru DirectSOFT 6 a propojením s kompatibilním hardwarem PLC KOYO (Japan). Dále bude zahrnovat vizualizaci celého řídicího procesu a archivaci hodnot všech požadovaných proměnných, vytvořených v programu Aspic.



Obr. 1) Stávající typ laboratorní mikroskladovny využitě ve VÚPS, a.s. v Brně.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

3.1 Výzkumný ústav

Výzkumný pivovarský a sladařský ústav VÚPS, a.s. v Brně je organizace, která byla založena v roce 1887, má tedy více než stoletou tradici. Tato akciová společnost se primárně zabývá vývojem a výzkumem pivovarnických a sladařských technologií, výrobních postupů, inovací těchto technologií a obecně problematikou českého piva. Jedná se taktéž o jediný výzkumný ústav v České republice se zaměřením na tuto problematiku [38].

Mezi hlavní a zásadní aktivity výzkumného ústavu patří ověřování kvality jednotlivých odrůd chmele a ječmene, kde jako jediná instituce je oprávněna doporučovat vhodné odrůdy pro výrobu takzvaného českého piva. V souvislosti s touto problematikou se výzkumný ústav, společně se šlechtiteli, zasloužil o šlechtění ječmene a rozšíření vhodných odrůd a zároveň eliminaci rozšíření odrůd nevhodných. Dále se v oblasti, která se týká výzkumu ječmene a sladu, podařilo za pomoci VÚPS, a.s. v Brně udržet české ječmenářství na špičkové úrovni. Totéž platí i pro kvalitu českého sladu, který si zachovává svou vysokou úroveň i při využívání velkého množství různých typů výrobních technologií [38].

Hlavními činnostmi této instituce je získávání nových poznatků, návrhů, nebo nápadů z oblasti pivovarnictví a sladařství a výpomoc s jejich aplikací do výrobní praxe [38].

3.2 Popis technologie a výrobní etapy sladování

3.2.1 Sladování

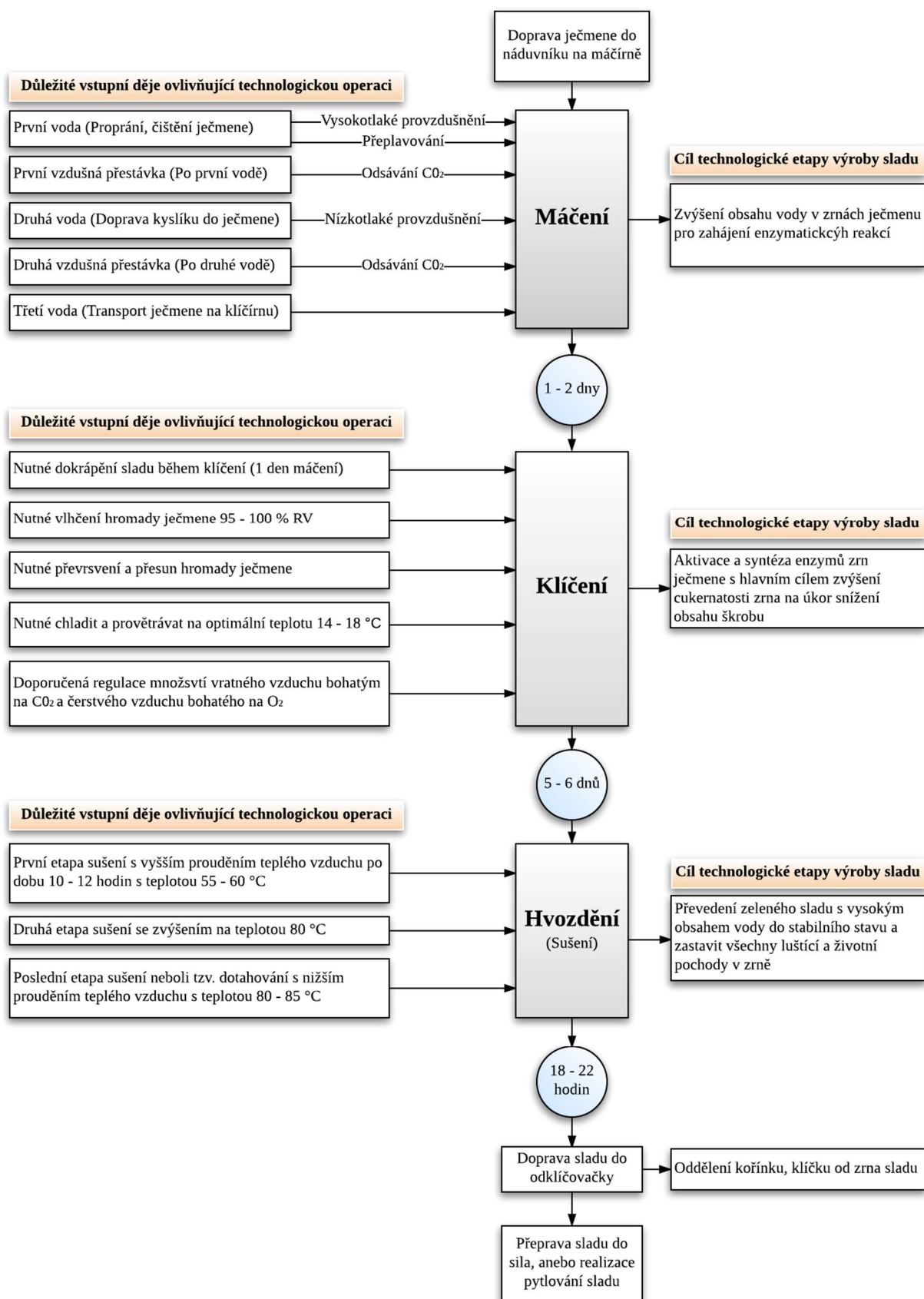
Cílem sladování je přeměna ječmene na slad, který je bohatý na enzymy a extrakt. To jsou látky nezbytné a klíčové pro výrobu piva. Vařením rozmačkaného nebo nadrceného sladu ve varnách s přísadami chmele a dalších doplňujících látek, je základem pivovarnické technologie. Jednoduše řečeno se z tvrdých zrn ječmene za pomoci různých výrobních postupů vytvoří sladký a křehký slad, viz Obr. 2) [17], [29], [36].



Obr. 2) Ukázka sladu plzeňského typu [36].

3.2.2 Metodický postup výroby sladu

Na schématu viz níže je znázorněna stručná metodika výroby sladu pro upřesnění níže probírané problematiky.



3.2.3 Výrobní etapy sladování

Máčení:

Cílem máčení je zvýšení obsahu vody v zrně, pro zahájení enzymatických reakcí a pro zahájení klíčení zrn. Samotný proces máčení se provádí ve speciálních nádobách, které jsou nejčastěji označovány za náduvníky, viz Obr. 3), kde je ječmen střídavě zaplavován studenou vodou a částečně je bez vody, ve stádiu takzvané vzdušné přestávky. Ta se provádí zejména za účelem zahájení prvotního procesu naklíčení a zároveň také pro zamezení nevratného a příliš velkého rozměknutí zrn ječmene. Během stádia vzdušné přestávky se provádí krátkodobé a cyklické odsávání CO₂. Ve stavu, kdy je ječmen v náduvníku pod vodou, se provádí provzdušňování vody tlakovým vzduchem. V praxi se obvykle rozlišuje vysokotlaké provzdušňování, kdy voda v náduvníku tzv. „vře“ pod přivedením vysokého tlaku vzduchu, kdy ječmen je díky tomu přemísťován a přepírán. Dále nízkotlaké provzdušňování, které je označováno za mírnější typ provzdušňování, během kterého je do hromady ječmene v náduvníku přiváděn vzduch s mírným přetlakem, ten na hladině náduvníků mírně probublává. V dnešní době trvá máčení zpravidla dva dny, v závislosti na požadavcích na výrobní technologii a požadované finální kvalitě sladu. První voda pomáhá ječmen čistit pomocí vysokotlakého provzdušňování, kdy se nečistoty nejčastěji odvádějí z vodní hladiny takzvaným splávkováním. Druhá voda je využívána k dopravení kyslíku za pomoci nízkotlakého provzdušňování. Poslední, třetí voda, je využívána k transportu ječmene na klíčírnu, viz Obr. 4). U velkých sladoven, kde se často projevuje snaha šetření s vodou, pak zpravidla bývá máčení jednodenní s dvěma vodami, ale zároveň se musí slad dokrápět na klíčírnu, viz Obr. 5) [17], [29], [36].



Obr. 3) Převaha ječmene do náduvníku, během technologické operace máčení.



Obr. 4) Využití třetí vody z výrobní etapy máčení pro přepravu sladu do klíčící skříně. [Klíčící skříně ve sladovně Mšeno]



Obr. 5) Dokrácení sladu nad klíčícími skříněmi. Systém je zabudovaný ve speciálním pohyblivém převstrovacím zařízení. [Klíčící skříně ve sladovně Mšeno]

Klíčení:

Klíčení je druhá technologická etapa výroby sladu. Hlavním cílem sladařského klíčení je aktivace a syntéza enzymů a docílení požadovaného rozluštění neboli vnitřní přeměny zrn namočeného ječmene. Během klíčení se v zrně nejdříve objeví zárodek a později roste klíček. Přitom se v něm snižuje obsah škrobu a zvyšuje obsah cukru. Klíček proráží semenný obal a prorůstá zrnem ke špičce obilky [17], [29], [36].

Klíčení je zpravidla vícedenní technologický proces, kdy za nejkvalitnější považujeme pěti až šestidenní klíčení. V průběhu 5 – 6denního klíčení se rozlišují následující etapy klíčení:

- 1) Mokrý hromada – ječmen vymočený z máčírny.
- 2) Oschlá hromada – začínají se objevovat první zárodečné kořínky v zrnech sladu.
- 3) Pukavka – slad intenzivně dýchá a zahřívá se, pokračuje růst kořínků.
- 4) Mladík – jedná se o nejdůležitější etapu při klíčení sladu, zrno intenzivně dýchá a probíhají v něm enzymatické přeměny.

- 5) Vyrovnaná hromada – délka kořínků se vyrovnává a dýchání zrn se zpomaluje.
- 6) Stará hromada – intenzita dýchání nadále klesá a projevuje se i postupně zavádání kořínků, fáze klíčení se postupně ukončuje [17], [29], [36].

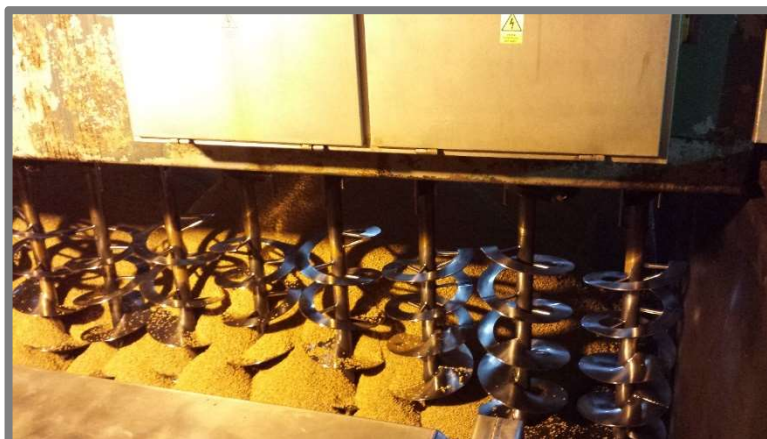
Postupně se zrna ječmene, vlivem vícedenního klíčení, změní na vlhké, křehké a sladké obilky. Během klíčení je nutné slad provětrávat a chladit na optimální teplotu v rozsahu 14 až 18 °C. Při provětrávání je nezbytné a klíčové, aby vzduch byl co nejvíce nasycen vodou, a proto prochází vzduch do klíčirenských skříní přes zvlhčovací komory, viz Obr. 6). Tam dochází k nárůstu relativní vlhkosti vzduchu do potřebné hodnoty $RV = 95$ až 100% [17], [29], [36].



Obr. 6) Prostor pod klíčicí skříní, kde se využívá zvlhčování pomocí zvlhčovací komory.
 [Klíčirna ve sladovně Mšeno]

Obsah kyslíku v přivádějícím vzduchu je velmi důležitý a je třeba jej optimálně, dle potřeb regulovat. Příliš velké množství kyslíku v hromadě zrn ječmene způsobí příliš velké dýchání, což vede k nevídanému a vysokému urychlení rozluštění sladu neboli nárůstu kořínků. Proto vzduchotechnika skříní počítá i s určitým vyžitím vzduchu prošlého sladem, který je bohatý na oxid uhličitý CO_2 . Ten vzniká při reakci kyslíku se zrny sladu během procesu klíčení. Poměr O_2 a CO_2 bývá zpravidla pečlivě hlídán a je řízen pomocí automatického systému řízení (ASŘ), protože naopak i nedostatečné množství kyslíku je technologicky problematické. Slad potom přestává klíčit [17], [29], [36].

U klíčení, během kterého dochází k postupnému růstu kořínku, je taktéž nutné se zrny ječmene pracovat, přemísťovat je, aby nedošlo k příliš pevnému prorůstání jednotlivých zrn uložených v klíčicích skříních. To se obvykle realizuje pomocí specifických, převrstvovacích zařízení a speciálních posuvných, nebo zdvižných pohonných systémů, viz Obr. 7) a Obr. 8) [17], [29], [36].



Obr. 7) Alternativní převrstvovací zařízení na saladinově skříní v Plzeňském Prazdroji. Koná se pohyb posuvný podél celé dlouhé skříně a pohyb otočný spirálových lopatek.

Ukázka jiného převrstvovacího zařízení, viz Obr. 8), využitého například ve sladovně ve Mšenu a Brodsku u Přerova. Tam je systém klíčírny založen na principu zdvihu a poklesu podlah jednotlivých využívaných klíčících skříní, viz Obr. 6), kde zároveň dochází ke zdvihu podlahy jedné klíčící skříně a poklesu podlahy sousední skříně, do které se postupně přesunuje slad pomocí specifického převrstvovacího zařízení. Na obdobném principu bude fungovat i navrhovaná provozní sladovna.



Obr. 8) Použití posuvného převrstvovacího zařízení.

Hvozdění:

Hvozdění sladu je označováno za finální fázi výroby sladu, viz Obr. 9). Jeho hlavním cílem je převedení zeleného sladu s vysokým obsahem vody do stabilního stavu a zastavit veškeré životní a luštící pochody v zrně. Během hvozdění dochází k sušení již naklíčeného zeleného sladu a zpravidla probíhá během 18 – 22 hodin. Sušení s vyšším prouděním vzduchu, kdy se nejdříve po dobu 10 – 12 hodin při teplotě 55 – 60 °C provádí první etapa sušení, jinak předsušení a takzvané valečkování, odvádí vlhkost sladu až na hodnotu v rozmezí 45 – 65 % RV. Poté se provádí druhá etapa sušení, kdy pokračuje vzduchotechnické proudění s dalším odváděním vlhkosti, ale se zvýšením topící teploty až k 80 °C. Následuje poslední etapa sušení,

takzvané dotahování, kdy se již s menším vzduchotechnickým výkonem slad suší při teplotě 80 až 85 °C a jeho vlhkost klesá k 5 % RV [17], [29], [36].



Obr. 9) Příklad sušení na lísce ve sladovně v Brodce u Přerova.

3.3 Charakteristika softwarů pro vytvoření ASŘ

Diplomová práce je primárně zaměřena na vytvoření automatického systému řízení, označováno zkratkou ASŘ, plánované provozní sladovny pro VÚPS, a.s. v Brně. Ve spolupráci s firmou KVM – SK, s.r.o. a výzkumným ústavem se vytvoří řídicí program v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 na platformě PLC KOYO (Japan) a vizualizace v uživatelském rozhraní programu Aspic.

Zadavatel preferuje použití PLC KOYO (Japan) s řídicím programovacím softwarem DirectSOFT 6, jelikož se jedná o levnější, plně hardwarově a softwarově srovnatelnou variantu, která svými parametry a funkcemi odpovídá kvalitě značkových PLC zařízení jako Siemens Simatic, Schneider Electric nebo Mitsubishi. Dále firma preferuje použití softwaru DirectSOFT 6, který je kompatibilní s hardwarem PLC KOYO (Japan), z důvodu dlouhodobého a spolehlivého využití.

Předmětem této diplomové práce není výběr softwarových programů, ani hardwarových programovatelných automatů, které jsou na trhu běžně dostupné ve více variantách a provedeních. Hlavním cílem je vytvoření automatizovaného řídicího systému s využitím programu DirectSOFT 6, který je kompatibilní s PLC automaty řady DirectLOGIC, a využitím vizualizačního programu Aspic. Není tedy potřebné provádět průzkum trhu a poté zpracovávat studii o optimálních variantách, jelikož se výrobce sladoven a mikrosladoven ve spolupráci s výzkumným ústavem jednoznačně nepřiklání k použití jiných variant softwaru a hardwaru.

Hlavním důvodem využití výše i níže zmíněných programů pro aplikaci řízení provozně experimentální sladovny jsou pořizovací náklady, které jsou ve srovnání s ostatními, jako například Siemens Simatic, Schneider Electric, Mitsubishi a WinCC, podstatně menší. Dále také velká spokojenost s bezproblémovou funkcí celého řízení, která se osvědčila dlouholetým využitím u stávajících mikrosladoven ve VÚPS, a.s. v Brně. Navíc i pro obsluhu navrhované provozní sladovny bude mnohem jednodušší pracovat ve známém uživatelském prostředí

programu Aspic a nevzniknou tak během provozu žádná nedorozumění s řízením technologického postupu sladování.

Pořizovací náklady na různé hardwary a softwary jsou zobrazeny pro porovnání v přílohách 3 až 5, kde je zřejmé, že vybrané programy a příslušné kompatibilní řídicí komponenty, jsou jednoznačně levnější ve srovnání s ostatními, a navíc po výkonové stránce zcela bezpečně dokáží vyhovět všem požadavkům na automatické řízení navrhované provozně experimentální sladovny.

3.3.1 Software DirectSOFT 6

Program, který svým uživatelským rozhraním, logickým uspořádáním variací různých programových funkcí a ovládacích prvků, umožňuje vytvořit řídicí program pro automatizaci libovolné technologické, nebo technické aplikace v praxi. S pomocí racionálního uspořádání různých druhů kontaktů, cívek, srovnávacích prvků, boxů, časovačů, čítačů, systémových relé, stanic a řadu dalších, usnadňuje programování použitých PLC automatů ve srovnání s ručním zadáváním nebo naprogramováním jednotlivých elementů. Zároveň nám zvyšuje možnosti vyhovět vyšším nárokům na složitost celého řízení. Tomuto způsobu tvoření programu se odborně říká relay ladder logic neboli reléová ladderová logika. Po vytvoření požadované struktury programu se tato logika obvykle propojí s podporovaným PLC hardwarem [7].

Kompatibilní PLC hardwarey patřící do řady DirectLOGIC jsou vyráběny ve více variantách, které se od sebe liší zejména výkonem svých procesorů a možnostmi použití většího množství propojovacích modulů/karet. Ty umožňují propojit libovolnou konfiguraci binárních, nebo analogových vstupů a výstupů, které mají přímý vliv na chod a funkci řídicího procesu, v závislosti na požadované aplikaci [7].

3.3.2 Software Aspic

Tuzemský program Aspic 3.30 od firmy MERZ Liberec, zabezpečuje monitorování a vizualizaci dat z řídicího procesu, což je nespornou výhodou při kontrole a sledování probíhajících významných dějů a událostí. Data z procesu se zobrazují pomocí takzvaných vizualizačních objektů. Tyto objekty jsou v uživatelském rozhraní Aspicu označovány jako primitivy. Software obsahuje výrobcem ukázkové, základní primitivy, které se dají použít na běžné vizualizace. Nicméně další, složitější a více komplexní vizualizační objekty, které by lépe splňovaly požadovanou funkci, je možné vytvořit v uživatelském rozhraní doplňkového programu AspicLib. Dle možností, se poté z těchto objektů vytváří odpovídající vzhled, vyhovující definovaným požadavkům. Vzhled vizualizačních stránek je plně závislý na fantazii a potřebách vývojáře. Může se jednat o technologická schémata, řídicí panely, grafická zobrazení, nebo efektní animace monitorovaného procesu [1], [2], [3].

Dále Aspic nabízí možnost ukládat hodnoty u vybraných proměnných do archivních souborů, a ty potom použít k vyplňování a vytvoření archivačních protokolů, což nabízí uživatelské rozhraní specializovaného grafického editoru AspicRep [1], [2], [3].

Ukládání a archivace získaných hodnot jednotlivých proměnných do předem vytvořených protokolů, spadá do klíčových požadavků VÚPS, a.s. v Brně, jelikož za pomoci archivních protokolů jsou schopni ve výzkumném ústavu zpětně vyhodnotit důležité děje a stavy vzniklé během procesu výroby vzorků sladu. Archivace dat u vybraných proměnných přináší i

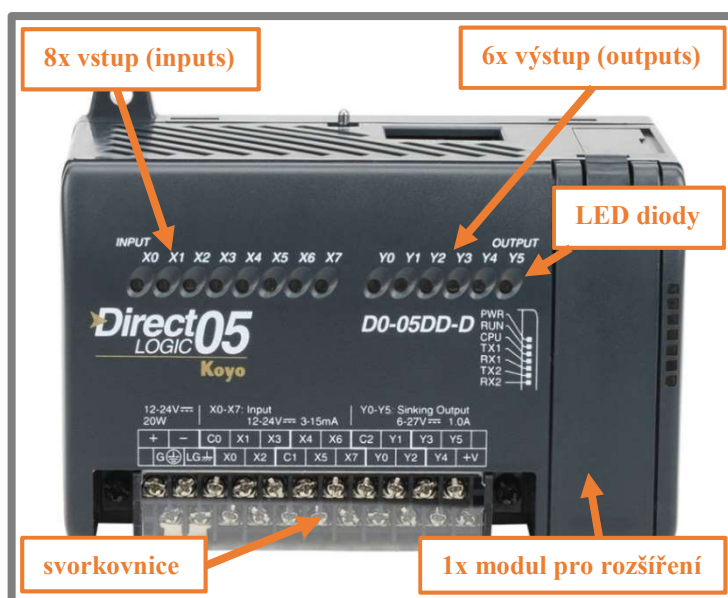
nespornou výhodou pro dodavatele provozní skladovny, kdy z protokolu může například detekovat možné příčiny havarijního stavu a zajistit tak rychlou opravu nebo výměnu poškozeného zařízení [1], [2], [3].

4 KONCEPTY PLC PROGRAMOVATELNÝCH AUTOMATŮ ŘADY DIRECTLOGIC

Druhy PLC programovacích automatů, patřících do řady DirectLOGIC, které v současné době existují, jsou následující:

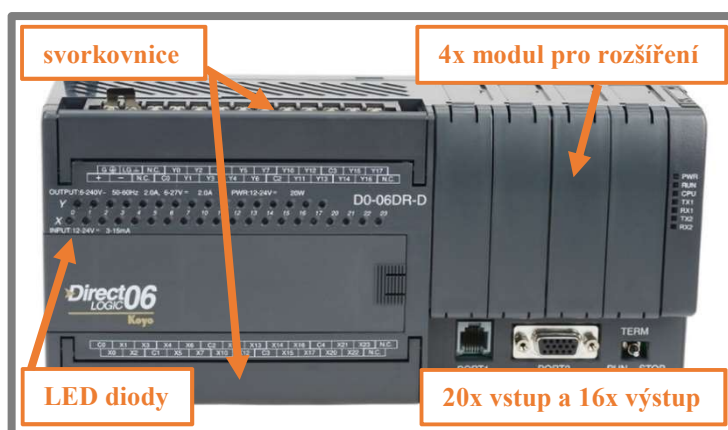
DL05, DL06, DL105, DL205, DL305, DL405. Shrnuté, vyráběné typy se od sebe liší zejména výkonem svých procesorů, omezenou kapacitou programu a možnostmi zasunutí většího množství propojovacích karet. Tato technická vybavení přináší zcela odlišné možnosti při propojení binárních nebo analogových proměnných, různě náročných řídicích procesů a jsou proto klíčové při výběru vhodného typu PLC automatu, pro příslušné aplikace v praxi.

4.1 DL05



Obr. 10) Ukázka programovatelného automatu DL05, řady DirectLOGIC [28].

4.2 DL06



Obr. 11) Ukázka programovatelného automatu DL06, řady DirectLOGIC [27].

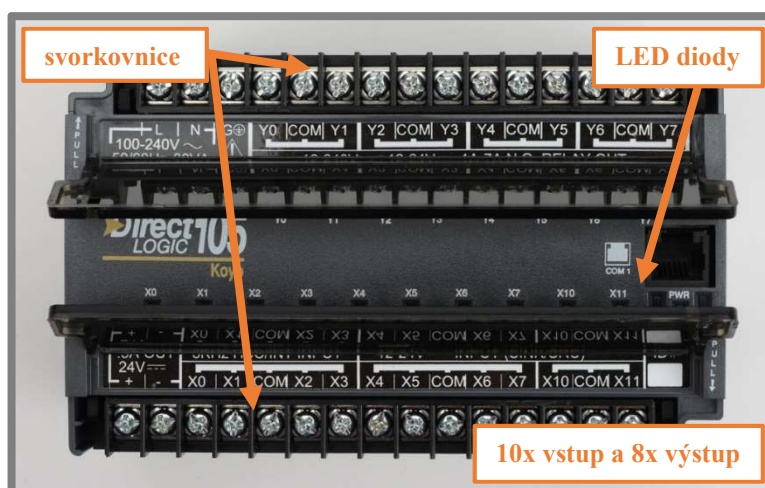
Shrnutí hlavních parametrů, vlastností a rozdílů mezi typem DL05 a DL06:

Obecně se jedná o programovatelné, kompaktní automaty s možností rozšíření zásuvnými moduly. DL05, viz Obr. 10), nabízí 8 vstupů a 6 výstupů, kde DL06, viz Obr. 11), nabízí 20 vstupů a 16 výstupů. PLC DL05 obsahuje jeden slot pro zasunutí rozšiřujícího modulu, kde DL06 poskytuje čtyři tyto sloty pro rozšíření. Automat DL05 má menší paměť pro program i pro data, než automat DL06 [34].

Nejdůležitějším kritériem při výběru bude nejspíš počet vstupů a výstupů. Požadavky na vyšší potřebu rychlosti vykonávání programu pro aplikaci ASŘ provozní sladovny nejsou podstatné.

4.3 DL105

Programovatelné automaty řady DL105, viz Obr. 12), mají pevně daný rám se stanoveným počtem zabudovaných vstupů a výstupu, které se později nedají zvětšit o další rozšiřující moduly/karty. Nejčastěji jsou využívány u aplikací, kde jsou požadovány vyšší potřeby na rychlosti vykonání programu. Každé PLC DL105 obsahuje 10 vstupů a 8 výstupů [6].



Obr. 12) Ukázka programovatelného automatu DL105, řady DirectLOGIC [26].

4.4 DL205

Programovatelné automaty řady DirectLOGIC DL205 jsou modulární PLC, které se nejčastěji využívají při řízení pokročilejších technologií, v různých oblastech průmyslu. Uživatel si PLC jednotku může upravit dle potřeb, jelikož umožňuje rozšíření svého základního rámu až o čtyři další sloty [33].

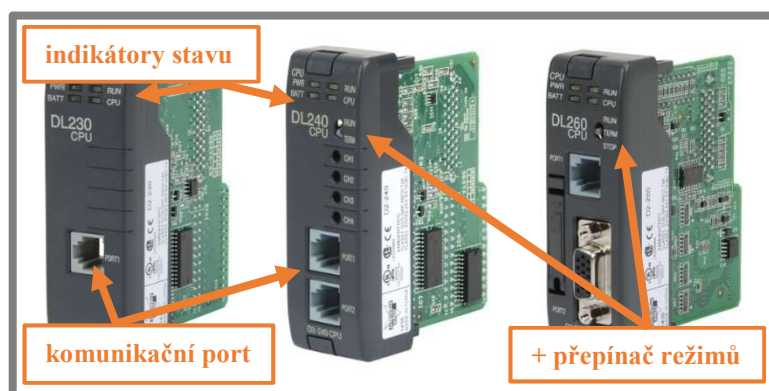
Základní DL205 systém se skládá z napájecího zdroje a čtyř slotů. V příloze 1 je uvedeno a zobrazeno předepsané výchozí uspořádání využitých slotů na základním rámu DL205 [33].

V prvním slotu rámu je vždy umístěn řídicí procesor. Řada automatů DL205 disponuje čtyřmi různými typy procesorů s označením DL 230 CPU, DL 240 CPU, DL 250 – 1 CPU a DL 260 CPU. Jednotlivé procesory se liší zejména svým výkonem, jinak řečeno maximálním

počtem uříditelných lokálních nebo vzdálených vstupů a výstupů, instrukční sadou, možnostmi komunikace, velikostí paměti a podobně [33].

4.4.1 Koncepce a druhy procesorů

DirectLOGIC DL 230 CPU je nejjednodušším typem procesoru nabízený pro řadu programovatelných automatů PLC DL205. Procesor DL 240 CPU je vybaven větší pamětí a má lepší komunikační možnosti než DL 230 CPU. Nicméně nejvýkonnějšími procesory, pro řadu DL205, jsou DL 250 – 1 CPU a DL 260 CPU, které mají stejnou koncepci vnějšího provedení i obdobné výkonové vybavení. Liší se pouze velikostí dosažitelné rychlosti vykonání programu odpovídající aplikace. Stručně charakterizované jednotlivé druhy procesorů určené pro řadu programovatelných automatů DL205 jsou zobrazeny na následujícím obrázku, viz Obr. 13) [33].



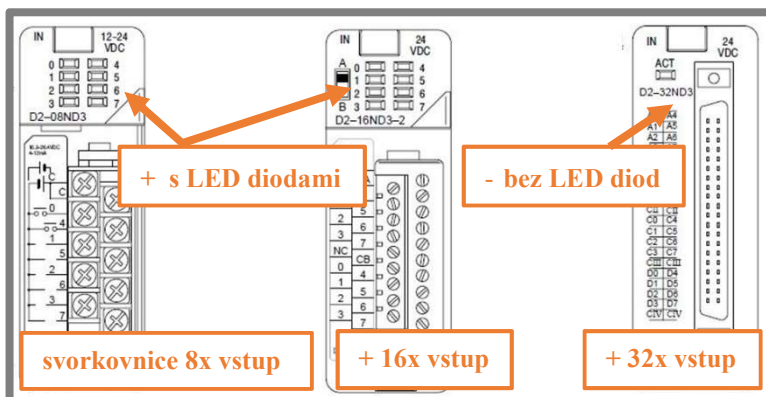
Obr. 13) Kompatibilní procesory používané pro řadu automatů DL205 [23], [24], [25].

Jako další moduly/karty jsou do rámu zasouvány vstupní a výstupní digitální (binární) i analogové jednotky, které se zejména liší svým provedením a technickým vybavením. PLC řady DL205 umožňují rozšíření svého základního rámu (5 modulů) o další čtyři moduly/karty, což celkem nabízí 9 slotů. Ty se poté mohou přizpůsobit požadavkům konfigurace proměnných příslušného řídicího procesu.

Pro vhodný výběr typu programovatelného automatu je potom velmi důležité znát podrobný přehled analogových a binárních proměnných (vstupů a výstupů).

4.4.2 Koncepte a druhy doplňkových propojovacích modulů/karet

Nejpoužívanější digitální (binární) vstupní kompatibilní moduly/karty řady DL205 jsou uvedeny v následujícím obrázku, viz Obr. 14).

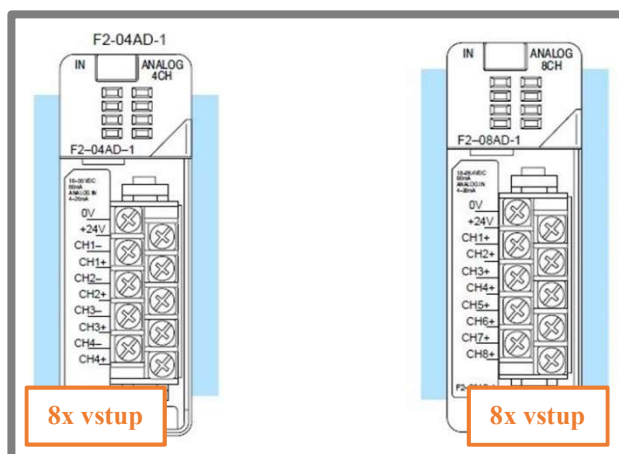


Obr. 14) Kompatibilní vstupní digitální karty pro řadu automatu DL205 [4].

Digitální (binární) karty s 8 a 16 proměnnými obsahují signalizační LED diody, které světelně zobrazují aktuální stav jednotlivých připojených proměnných. Karty s 32 proměnnými mají komplikovanější připojení, jsou zásadně dražší a nemají signalizační diody. Tedy ve srovnání s levnějšími kartami, které obsahují 8 a 16 proměnných a diodové (světelné) hlášení, je zbytečné využívat karty s 32 proměnnými pro aplikaci do provozně experimentální sladovny. Ty je možné a vhodné uplatnit u složitějších projektů a systémů [4].

Digitální (binární) vstupní a výstupní kompatibilní moduly/karty se vzhledově výrazně neliší. Proto jsem uvedl příklad jen nejpoužívanějších vstupních digitálních (binárních) modulů/karet, viz Obr. 14).

Nejvyužívanější analogové vstupní kompatibilní moduly/karty řady DL205 jsou uvedeny v následujícím obrázku, viz Obr. 15).



Obr. 15) Kompatibilní vstupní analogové karty pro řadu automatu DL205 [5].

Stejně jako digitální (binární) vstupní a výstupní kompatibilní moduly/karty, tak i analogové moduly/karty se vzhledově výrazně neliší. Také jsem zde uvedl příklad jen nejpoužívanějších vstupních analogových modulů/karet, viz Obr. 15).

Pro aplikaci provozně experimentální sladovny je první realizovatelná řada PLC DL205, protože PLC řady DL05, DL06 a DL105 se nedají rozšiřovat o další sloty, a tím pádem nedokáží pojmout požadovaný počet všech připojovacích proměnných, viz podkapitola 5.2. Programovatelný automat s označením DL205 svůj základní rám, obsahující pět slotů, umožňuje rozšířit až o další čtyři sloty, viz Obr. 16). Celkem tedy poskytuje a umožňuje provoz devíti kompatibilních modulů/karet, které dokáží obsáhnout všechny potřebné binární i analogové proměnné, pro návrh řízení provozně experimentální sladovny. PLC řady DL205 jsou tedy optimální variantou, jelikož PLC řad vyšších se používají u násobně složitějších systémů a výběr těchto vyšších řad PLC je při řešení ASŘ u provozní sladovny výkonově i finančně zbytečné.

Navíc výrobce sladoven a mikrosladoven si již řadu let vystačí s použitím PLC řady DL205 a po konzultaci bez výhrad souhlasil s níže uvedeným výběrem.

5 VÝBĚR VHODNÉHO PLC AUTOMATU PRO APLIKACI NAVRHOVANÉ PROVOZNÍ SLADOVNY

Z přechozí kapitoly je zřejmé, že optimální variantou programovatelného automatu pro aplikaci provozně experimentální sladovny je PLC s označením DL205, jehož rám D2-09B-1 s napájecím zdrojem 110/220 VAC nabízí celkem 9 pozic. Pro jednotlivé pozice/sloty se po konzultaci se zadavatelem práce zvolily doplňkové propojovací moduly/karty, viz Tab. 1).

Tab. 1) Obsazení rámu PLC DL205

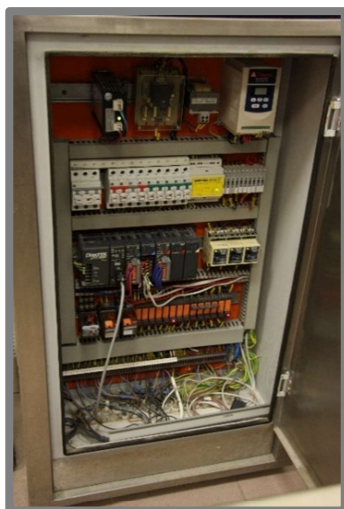
Obsazení rámu			
umístění	označení karty	typ karty (obsah)	parametry karty (výbava)
1. pozice	D2-260	procesor DL 260 CPU	
2. pozice	D2-16ND3-2	karta binárních vstupů	16 vstupů 24 VDC
3. pozice	D2-16ND3-2	karta binárních vstupů	16 vstupů 24 VDC
4. pozice	F2-08AD-1	karta analog. vstupů	8 vstupů 4 – 20 mA
5. pozice	F2-08AD-1	karta analog. vstupů	8 vstupů 4 – 20 mA
6. pozice	D2-16TD2-2	karta binárních výstupů	16 výstupů 24 VDC
7. pozice	D2-16TD2-2	karta binárních výstupů	16 výstupů 24 VDC
8. pozice	F2-08AD-2	karta analog. výstupů	8 výstupů 0 – 10 VDC
9. pozice	D2-FILL	krytka rezervního slotu	

U programovatelného automatu s označením DL205 s volným rámem umožňující obsadit až 9 možných volných pozic, viz Obr. 16), je výrobcem předepsaná jistá posloupnost zapojení jednotlivých modulů/karet do rámu tak, aby se zajistila správná funkce a chod PLC.



Obr. 16) Ukázka neobsazeného rámu automatu DL205 s 9 volnými pozicemi [31].

Do prvního slotu se nejprve zapojuje procesor, dále následují digitální (binární) a analogové vstupní karty a v poslední řadě se do rámu PLC zařazují příslušné digitální (binární) a analogové výstupní karty. Po zapojení všech potřebných modulů/karet do rámu PLC, závisející na druhu dané aplikace, se jedná o kompletní a kompaktní jednotku, která je připravena k elektroinstalaci a připojení jednotlivých řídicích, či měřících prvků ovládacího obvodu, viz Obr. 17).



Obr. 17) Ukázka využití automatu DL205 v aplikaci stávající mikroskladovny ve VÚPS, a.s. v Brně.

5.1 Technické přednosti vybraných propojovacích modulů/karet

5.1.1 Procesor DL 260 CPU

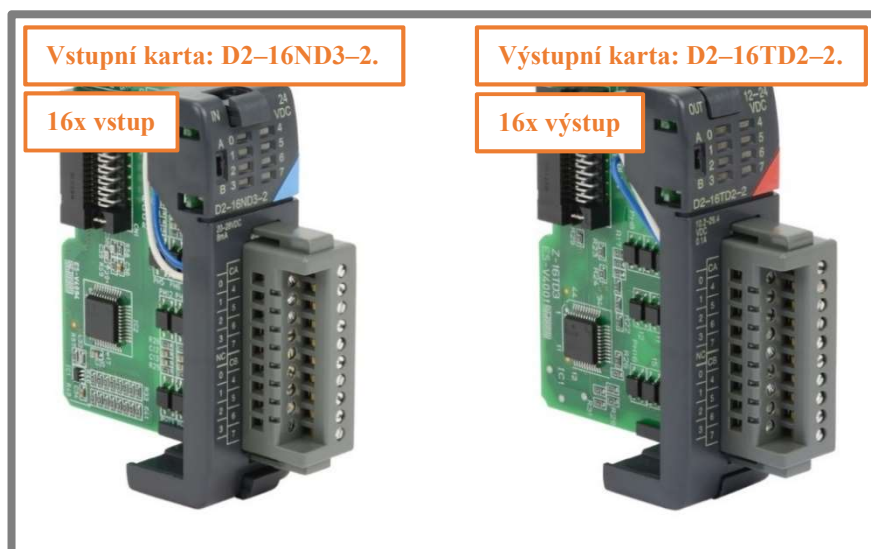
Jedná se o nejvýkonnější typ procesoru v řadě DL205. Indikátory stavu zobrazují příslušné děje, jako PWR, RUN, CPU a BATT. Přepínač režimů má oproti procesoru DL 240 ještě jednu polohu stop. Při přepnutí do polohy stop se zastavuje vykonání programu, deaktivují se výstupy a dokud je přepínač v této poloze nelze změnit mód procesoru. Obsahuje 3 typy portů, které umožňují různé způsoby a rychlosti komunikace. Provedení příslušného procesoru je možné vidět na obrázku níže, viz Obr. 18) [33].



Obr. 18) Procesor DL 260 CPU [19].

5.1.2 Karty digitálních (binárních) vstupů a výstupů

Pro aplikaci provozně experimentální sladovny se po konzultaci vybraly digitální karty s označením D2-16ND3-2 a D2-16TD2-2, viz Obr. 19).



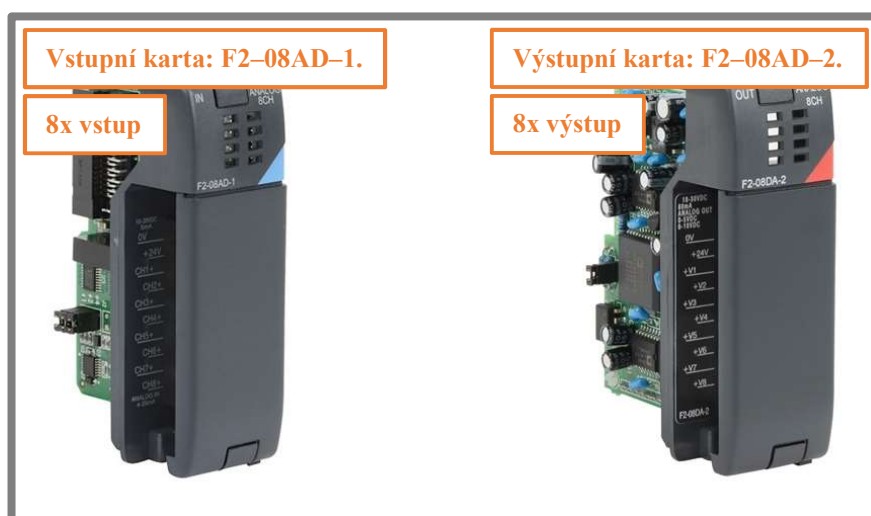
Obr. 19) Příklad příslušné digitální vstupní a výstupní karty [21], [22].

U těchto digitálních (binárních) karet není příliš složité a komplikované připojení jednotlivých řídicích prvků využitých v ovládacím obvodu, jelikož jsou vybaveny běžnou svorkovnicí. Karty se 16 proměnnými, viz Obr. 19), jsou levnější, a navíc vybaveny signalizačními diodami, ukazující funkční stav jednotlivých připojených prvků ovládacího obvodu, ve srovnání s kartami o 32 proměnných.

Tyto typy vybraných propojovacích karet bez problému pojmu celkový počet požadovaných digitálních vstupů a výstupů, viz 5.2.1 Přehled a popis všech binárních vstupů a 5.2.2 Přehled a popis všech binárních výstupů.

5.1.3 Karta analogových vstupů a výstupů

Pro aplikaci provozně experimentální sladovny se po konzultaci vybraly analogové karty s označením F2-08AD-1 a F2-08AD-2, viz Obr. 20).



Obr. 20) Příklad příslušné analogové vstupní a výstupní karty [20], [30].

Karty/Moduly mají odnímatelnou svorkovnici, což umožní snadnou výměnu, nebo odstranění bez odpojení vedení (elektroinstalace). Společně s procesory DL 240 CPU, DL 250 – 1 CPU a DL 260 CPU umožňuje přečíst všechny proměnné v jednom načtení (skenu), což způsobí jednoznačné zrychlení načtení částí řídicího programu, kde se vyskytují analogové proměnné. Nízko napájecí konstrukce vyžaduje méně než 80 mA z externího 18 až 26,4 VDC napájení [5].

Tento typ vybraných propojovacích karet bez problému pojme celkový počet požadovaných analogových vstupů a výstupů, viz 5.2.3 Přehled a popis všech analogových vstupů a výstupů.

5.2 Konfigurace potřebných proměnných pro ASŘ provozní sladovny

5.2.1 Přehled a popis všech binárních vstupů

Pro realizaci funkčního návrhu ASŘ provozně experimentální sladovny ve VÚPS, a.s. v Brně je zapotřebí zahrnout do řídicího procesu následující digitální (binární) vstupní proměnné, viz následující tabulka Tab. 2).

Tab. 2) Potřebné digitální (binární) vstupní proměnné

Binární vstupy		
označení proměnné	popis proměnné	výskyt proměnné
X00	řídítka elektrorozvaděče – ovládání zapnuto	rozvaděč
X01	senzor hladiny náduvníku – hladina 1/3	máčírna
X02	senzor hladiny náduvníku – hladina horní pracovní	máčírna
X03	senzor hladiny náduvníku – hladina spodní pracovní	máčírna
X04	koncový senzor – podlaha skříně 1 – spodní poloha	klíčírna
X05	koncový senzor – podlaha skříně 1 – horní poloha	klíčírna
X06	koncový senzor – podlaha skříně 2 – spodní poloha	hvozd
X07	koncový senzor – podlaha skříně 2 – horní poloha	hvozd
X10	senzor uzavření horního víka skříně sladovny	klíčírna/hvozd
X11	koncový senzor – zařízení přesuvu sladu – zasunuto	klíčírna/hvozd
X12	koncový senzor – zařízení přesuvu sladu – vysunutí 1	klíčírna/hvozd

X13	koncový senzor – zařízení přesuvu sladu – vysunutí 2	klíčirna/hvozd
X14	koncový senzor – RK klíčirny stav 0 % recirkulace	klíčirna
X15	koncový senzor – RK klíčirny stav 100 % recirkulace	klíčirna
X16	koncový senzor – RK hvozdu stav 0 % recirkulace	hvozd
X17	koncový senzor – RK hvozdu stav 100 % recirkulace	hvozd
X20	stykač skipového výtahu (transport ječmene)	máčirna
X21	stykač ventilátoru odsávání CO ₂	máčirna
X22	stykač kompresoru	máčirna
X23	stykač čerpadla M – K (doprava ječmene z náduvníku na klíčirnu)	máčirna/klíčirna
X24	stykač pohonu podlahy skříně 1	klíčirna
X25	stykač pohonu podlahy skříně 2	hvozd
X26	stykač pohonu lišt na převrstvovači	klíčirna/hvozd
X27	stykač chladicího agregátu klíčirny	klíčirna
X30	stykač ohřevu vzduchu na hvozďe	hvozd
X31	stykač dopravy sladu z hvozdu k odklíčení	hvozd
X32	stykač odkličovačky	hvozd
X33	zpětné hlášení frekvenčního měniče ventilátoru klíčirny	klíčirna
X34	zpětné hlášení frekvenčního měniče ventilátoru hvozdu	hvozd
X35	senzor hladiny náduvníku – hladina horní přeplavování	máčirna
X36	stykač pohonu přesuvného zařízení	klíčirna/hvozd
X37	rezerva	[–]

V popisu konfigurace pro výše popsany součet 31 binárních vstupů, bude použito dvou karet binárních vstupů, každá s 16 vstupy 24 VDC. Zároveň zbyde v systému 1 rezervní vstup.

5.2.2 Přehled a popis všech binárních výstupů

Pro realizaci funkčního návrhu ASŘ provozně experimentální sladovny ve VÚPS, a.s. v Brně je zapotřebí zahrnout do řídicího procesu následující digitální (binární) výstupní proměnné, viz následující tabulka Tab. 3).

Tab. 3) Potřebné digitální (binární) výstupní proměnné

Binární výstupy		
označení proměnné	popis proměnné	výskyt proměnné
Y00	skipový výtah pro dopravu ječmene do náduvníku	máčírna
Y01	servoventil přívodu vody pro plnění náduvníku (plný průtok)	máčírna
Y02	servoventil přívodu vody pro přeplavování (nízký průtok)	máčírna
Y03	servoventil odvodu vody z náduvníků (plný průtok)	máčírna
Y04	servoventil zkrápění náduvníku při násypu ječmene	máčírna
Y05	servoventil vzdušnění – ventil před tlakovou nádobou	máčírna
Y06	servoventil vzdušnění – ventil za tlakovou nádobou	máčírna
Y07	servoventil vzdušnění – ventil nízkotlakého vzdušnění	máčírna
Y10		
Y10	ventilátor odsávání CO ₂ z náduvníku	máčírna
Y11	pohon podlahy skříně 1 nahoru	klíčírna
Y12	pohon podlahy skříně 1 dolů	klíčírna
Y13	ventilátor skříně 1	klíčírna
Y14	solenoidový ventil k vlhčení vzduchu skříně 1	klíčírna
Y15	chladicí agregát klíčírny	klíčírna
Y16	servopohon klapky recirkulace klíčírny	klíčírna
Y17	servopohon klapky recirkulace hvozdu	hvozdu

Y20	pohon podlahy skříně 2 nahoru	hvozd
Y21	pohon podlahy skříně 2 dolů	hvozd
Y22	ventilátor skříně 2	hvozd
Y23	ohřev vzduchu při hvozdění	hvozd
Y24	šnekový dopravník sladu k odklíčení	hvozd
Y25	odkličovačka	hvozd
Y26	pohyb lišt na přesouvacím vozu – směr hvozd	klíčirna/hvozd
Y27	pohyb lišt na přesouvacím vozu – směr máčirna	klíčirna/hvozd
Y30	přesun přesouvacího vozu – směr hvozd	klíčirna/hvozd
Y31	přesun přesouvacího vozu – směr máčirna	klíčirna/hvozd
Y32	signalizace blížícího startu vzdušnění vysokého tlaku	máčirna
Y33	signalizace poruchy technologie	sladovna
Y34	signalizace poruchy PLC	sladovna
Y35	čerpadlo M – K	máčirna/klíčirna
Y36	klapka v ústí (spodní část) náduvníku	máčirna
Y37	rezerva	[–]

V popisu konfigurace pro výše popsaný součet 31 binárních výstupů, bude použito dvou karet binárních výstupů, každá s 16 výstupy 24 VDC. Zároveň zbyde v systému 1 rezervní výstup.

5.2.3 Přehled a popis všech analogových vstupů a výstupů

Pro realizaci funkčního návrhu ASŘ provozně experimentální sladovny ve VÚPS, a.s. v Brně je zapotřebí zahrnout do řídicího procesu následující analogové proměnné, viz následující tabulka Tab. 4).

Tab. 4) Potřebné analogové proměnné

Analogové vstupy		
označení proměnné	popis proměnné	typ vstupu
A01	teplota vody (sladu) na máčírně	4 – 20 mA
A02	teplota vzduchu pod sladem na klíčírně	4 – 20 mA
A03	teplota vzduchu ve spodní části sladu na klíčírně	4 – 20 mA
A04	teplota vzduchu ve střední části sladu na klíčírně	4 – 20 mA
A05	teplota vzduchu v horní části sladu na klíčírně	4 – 20 mA
A06	teplota vzduchu nad sladem na klíčírně – hvozdu	4 – 20 mA
A07	teplota vzduchu za chladícím agregátem klíčírny	4 – 20 mA
A08	teplota vzduchu za ohřevem vzduchu při hvozdění	4 – 20 mA
A11	teplota vzduchu pod sladem při hvozdění	4 – 20 mA
A12	teplota vzduchu ve spodní části sladu při hvozdění	4 – 20 mA
A13	teplota vzduchu v horní části sladu při hvozdění	4 – 20 mA
A14	vlhkost vzduchu pod sladem na klíčírně	4 – 20 mA
A15	vlhkost vzduchu nad sladem na hvozdě	4 – 20 mA
A16	teplota venkovního vzduchu příchozího do sladovny	4 – 20 mA
A17	rezerva	[–]
A18	rezerva	[–]

Analogové výstupy		
označení proměnné	popis proměnné	typ výstupu
A01	výstup na frekvenční měnič ventilátoru klíčirny	0 – 10 VDC
A02	výstup na frekvenční měnič ventilátoru hvozdní	0 – 10 VDC
A03	výstup na regulátor ohřevu vzduchu pro hvozdní	0 – 10 VDC
A04	výstup na servopohon recirkulační klapky klíčirny	0 – 10 VDC
A05	stav servopohonu recirkulační klapky hvozdu	0 – 10 VDC
A06	rezerva	[–]
A07	rezerva	[–]
A08	rezerva	[–]

Analogové proměnné celkově obsazují 14 analogových vstupů a 5 analogových výstupů. Proměnné jsou pojmenovány dle logiky analogových karet, které jsou vhodné použít pro PLC.

Výše uvedené zvolené karty, viz Obr. 20), nabízí 8 analogových vstupů, kdy u druhé vstupní karty bude rezerva dvou vstupů, přičemž stejná volba karty platí i pro analogové výstupy, kde nám zbydou tři rezervní výstupy. Rezervní místa pro vstupy a výstupy se v praxi mohou později využít pro další měřicí, nebo ovládací zařízení.

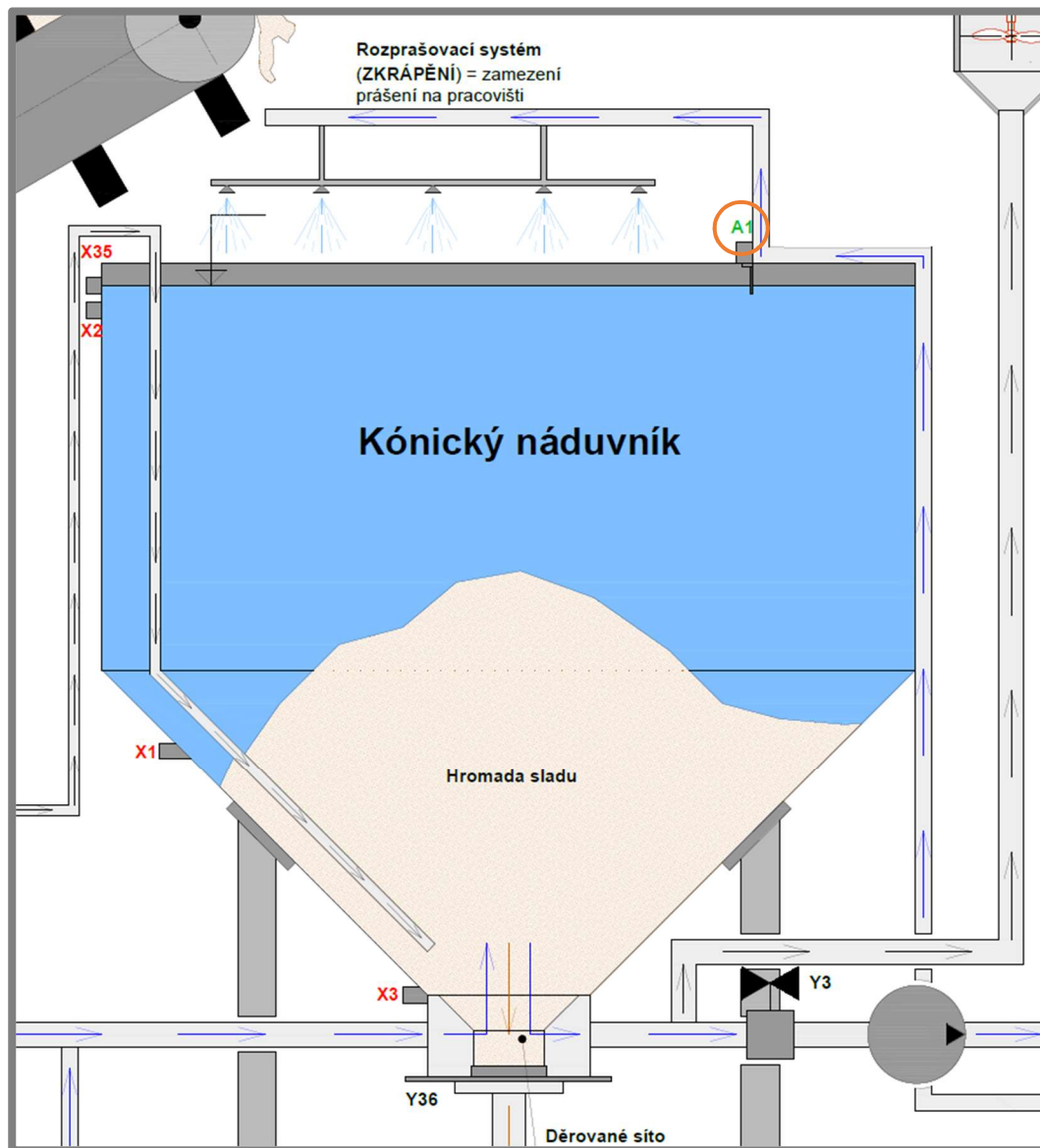
V popisu konfigurace pro výše popsany součet 19 analogových hodnot, z toho 14 vstupů a 5 výstupů, bude použito dvou karet analogových vstupů, každá s 8 analogovými vstupy 4 – 20 mA a jedné karty s 8 analogovými výstupy 0 – 10 VDC.

V příloze 2 je zobrazeno podrobné technologické schéma provozně experimentální sladovny pro zvýšení srozumitelnosti o problematice použité konfigurace analogových, ale i binárních proměnných.

Popis a charakteristika problematiky analogových proměnných pro provozní sladovnu:

Vstup A01:

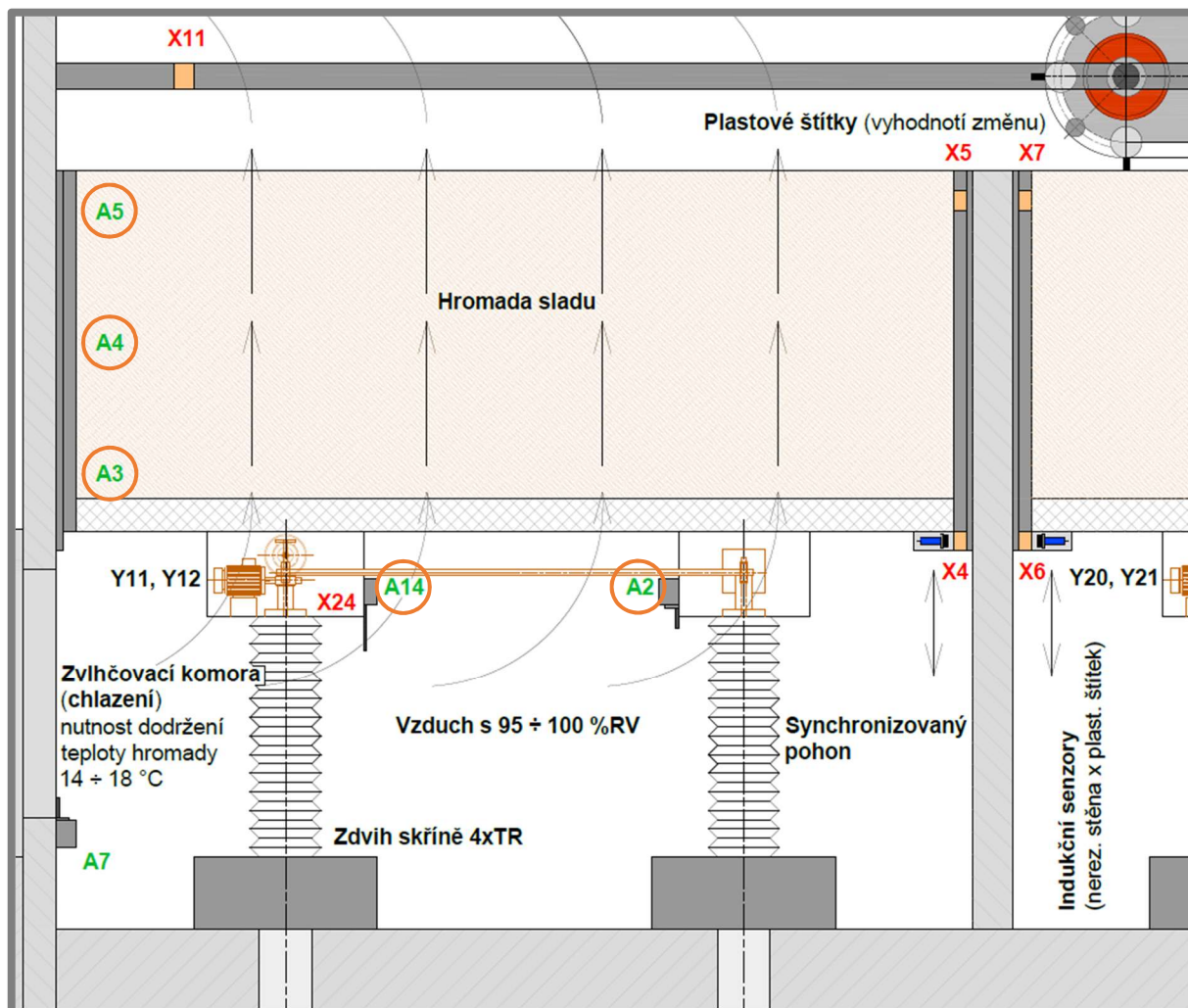
Měření teploty vody (sladu) na máčírně není technologicky naprosto nutné. Voda se totiž nebude nijak teplotně upravovat, podobně jako v praxi a provozu velkých sladoven. Přesto je znalost teploty vody, nebo sladu během vzdušné přestávky při procesu máčení doporučována, viz Obr. 21).



Obr. 21) Schéma měření teploty v náduvníku během máčení.

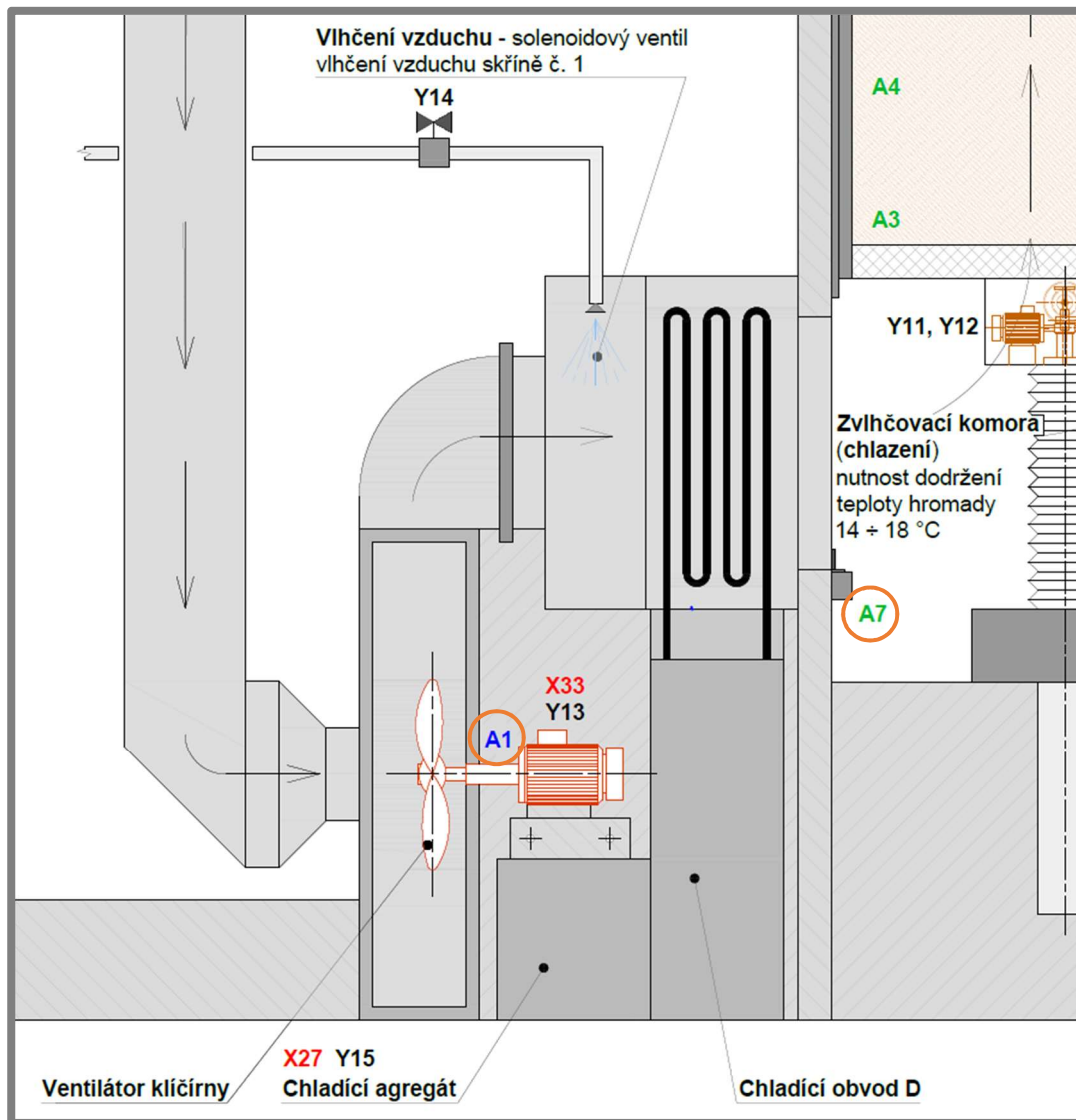
Vstup A02, A03, A04, A05:

Teplota vzduchu pod sladem při procesu klíčení, viz Obr. 22), je jedna ze zásadních měřených hodnot. Podle teplot ve sladu se sleduje výkonnost průtoku chladícího vzduchu sladem, kde tyto hodnoty mají přímý vliv na regulaci výkonu ventilátoru klíčírny, což je nezbytné pro řízení procesu klíčící, viz Obr. 23).



Obr. 22) Schéma proudění vzduchu hromadou sladu na klíčírnič.

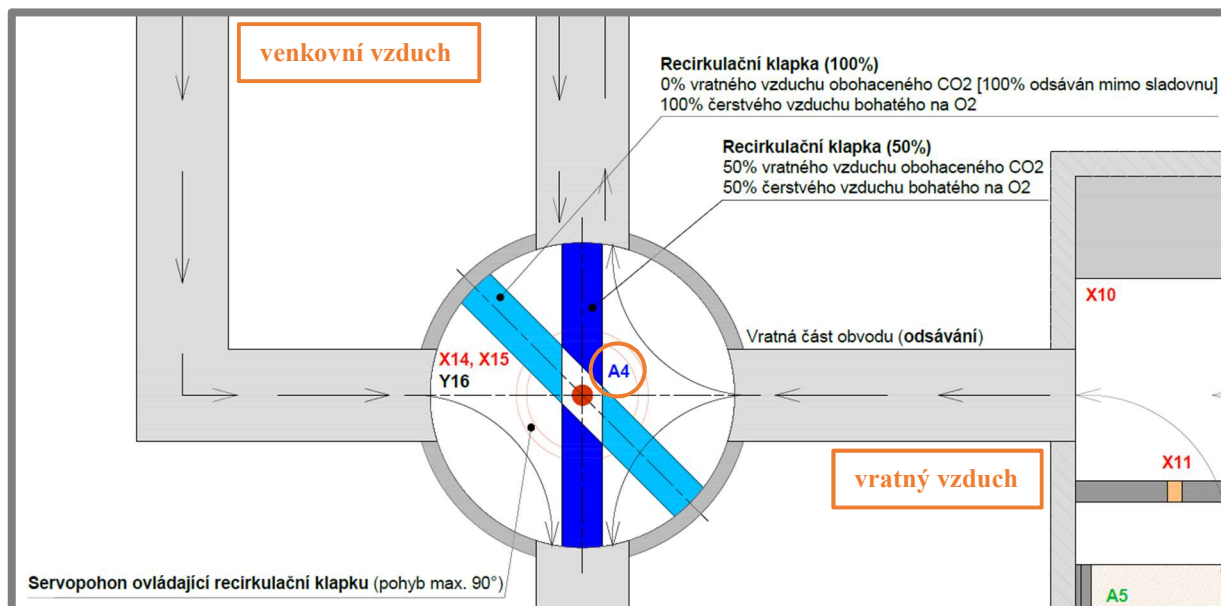
Teplota pod sladem je také jedinou teplotní veličinou, která je zde řízená a regulovatelná. Jistou časovou setrvačností ovlivňuje teploty v hromadě a teplotu nad hromadou sladu. Proto zbylé měřené teploty můžeme označit za vypovídající stavové teploty, které jsou také velice důležité, jelikož nejčastěji, pomocí vizualizace řízeného procesu, vykazují správnost průběhu klíčení a obsluha je schopna zcela jednoznačně vyhodnotit a kontrolovat celý průběh klíčení.



Obr. 23) Ventilátor klíčirny s ukázkou proudění vzduchu pod klíčící skříní.

Vstup A06, A16:

Teplota nad sladem, společně s teplotou venkovního vzduchu, jsou důležité hodnoty pro regulaci recirkulace vzduchu na klíčirně, kdy se část vzduchu z hromady sladu vrací zpět k ventilátoru klíčirny a část odchází ven ze sladovny.



Obr. 24) Ukázka principu polohování recirkulační klapky.

Na přechodím obrázku, viz Obr. 24), jsou uvedené, včetně ostatních, i dvě možné pozice recirkulační klapky, řízené servopohonem. Ty jsou schopny, dle potřeby, regulovat sání určitého množství vzduchu. U této problematiky se jednoznačně rozlišuje vratný vzduch, který již klíčením prošel a je bohatý na CO_2 a vzduch čerstvý s vysokým obsahem kyslíku O_2 . Specifikace důležitosti regulace recirkulace je již probrána v části 3.2.3 Výrobní etapy sladování týkající se klíčení.

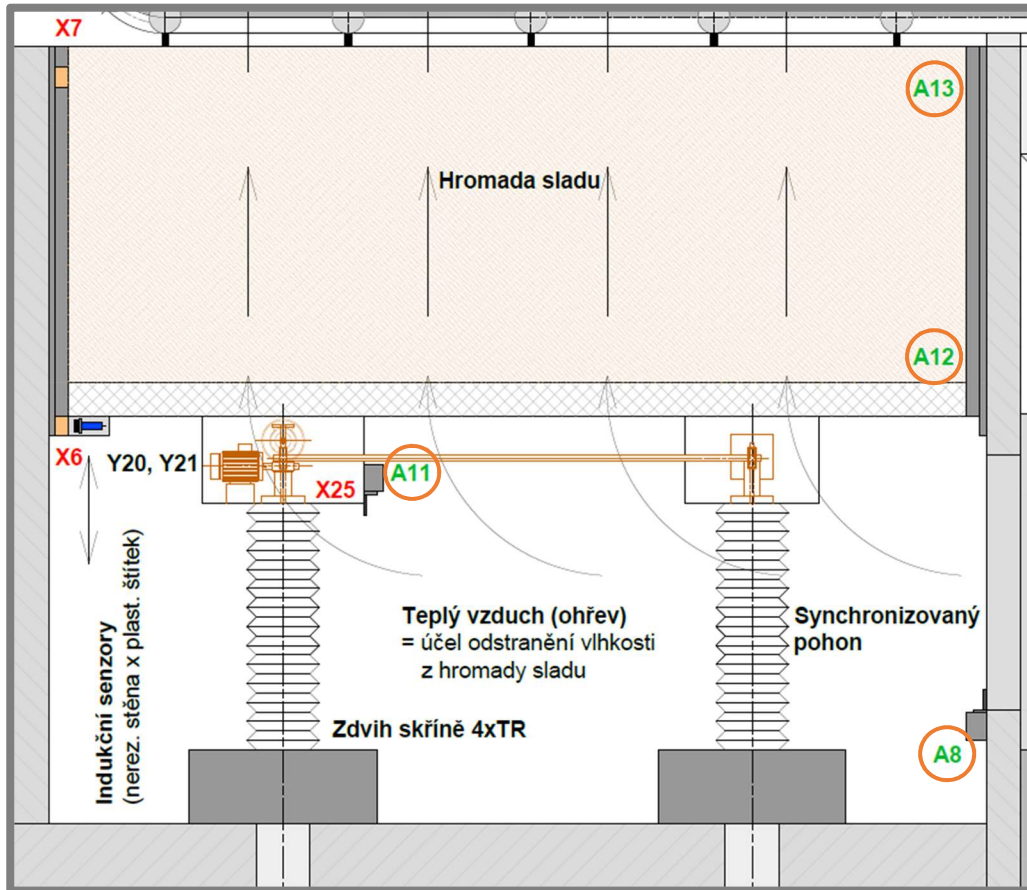
Teplota nad sladem bude společná pro obě technologie, klíčení i hvozdění, jelikož i tento prostor bude v provozní experimentální sladovně společný.

Vstup A07, A08:

Teplota přímo za chladícím agregátem klíčirny, viz Obr. 23), nebo zařízením ohřevu vzduchu při hvozdění, viz Obr. 25), jsou pomocné hodnoty pro regulaci teplot sladování, kdy teplota pod sladem je sice prioritní pro ASŘ, ale teploty hned za agregáty (chlazení/ohřevu) lépe, a hlavně rychleji, ukazují změny teplot za agregáty. U sladovny se totiž projevuje velká setrvačnost při změně výkonu (chlazení/topení), která se na teplotě pod sladem odrazí až po několika minutách, kdežto změna na senzorech, umístěných hned za agregáty, se setrvačností projeví jen po několika sekundách. To ve spojení s vizualizací přinese komfortnější přehled o změnách stavových dějů.

Vstup A11, A12, A13:

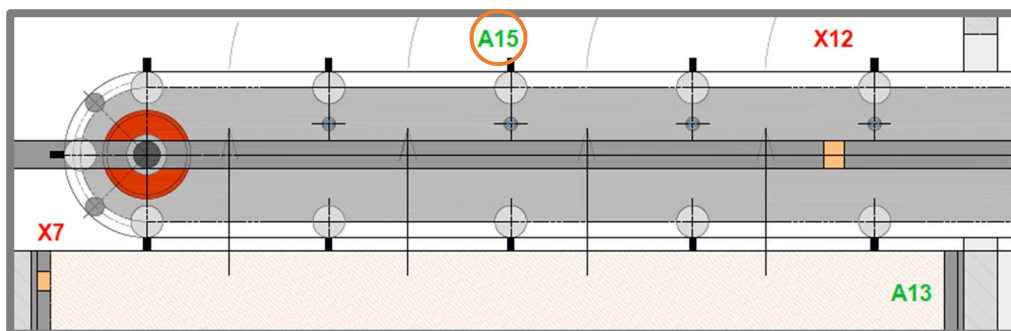
Sladovna bude tvořena ze dvou skříní, kdy jedna bude sloužit pro klíčení a druhá pro hvozdění. Proto na první skříní budou využity senzory teplot pod a ve sladu, jelikož je to pro proces klíčení nezbytné. Při hvozdění není tak důležité měření teplot ve sladu, a proto tam budou využity jen dva senzory teplot, viz Obr. 25).



Obr. 25) Měření teplot na lísce hvozdu.

Vstup A14, A15:

Pro klíčení je důležité přivádět pod slad vlhký vzduch s RV 95 – 100 %, viz Obr. 22). Proto je nutná i jeho kontrola senzorem s analogovým výstupem. U hvozdění je naopak důležité kontrolovat hodnotu relativní vlhkosti odcházejícího vzduchu, tedy nad lískou, viz Obr. 26), opět senzorem RV.



Obr. 26) Měření relativní vlhkosti nad lískou hvozdu.

Výstupy A01, A02, A03, A04, A05:

Ventilátor klíčirny má proti ventilátoru hvozďení zcela jiné parametry. Zabezpečuje přibližně 6 – 10x menší průtok vzduchu, proto má i menší rozměry a připojené vzduchotechnické potrubí. Na výstupu ventilátoru klíčení je výměník chladícího agregátu a na výstupu ventilátoru hvozďení je naopak těleso k ohřevu vzduchu. U obou ventilátorů je nutné řízení jejich výkonu prostřednictvím frekvenčního měniče, který je do ASŘ napojen vstupem signálu 0 – 10 VDC. Stejně tak u regulátoru výkonu topení a servopohonů recirkulačních klapek. Pro jednotnost analogových karet vstupů PLC je zvolen jednotný typ vstupů, tedy 4 – 20 mA a u analogových výstupů je naopak zvolen standard pro výstupy, tedy 0 – 10 VDC.

Využití a umístění příslušných analogových výstupů, rozebraných výše, je zobrazeno na obrázcích výše a v příloze 2.

6 POUŽITÁ MĚŘICÍ A OVLÁDACÍ ZAŘÍZENÍ

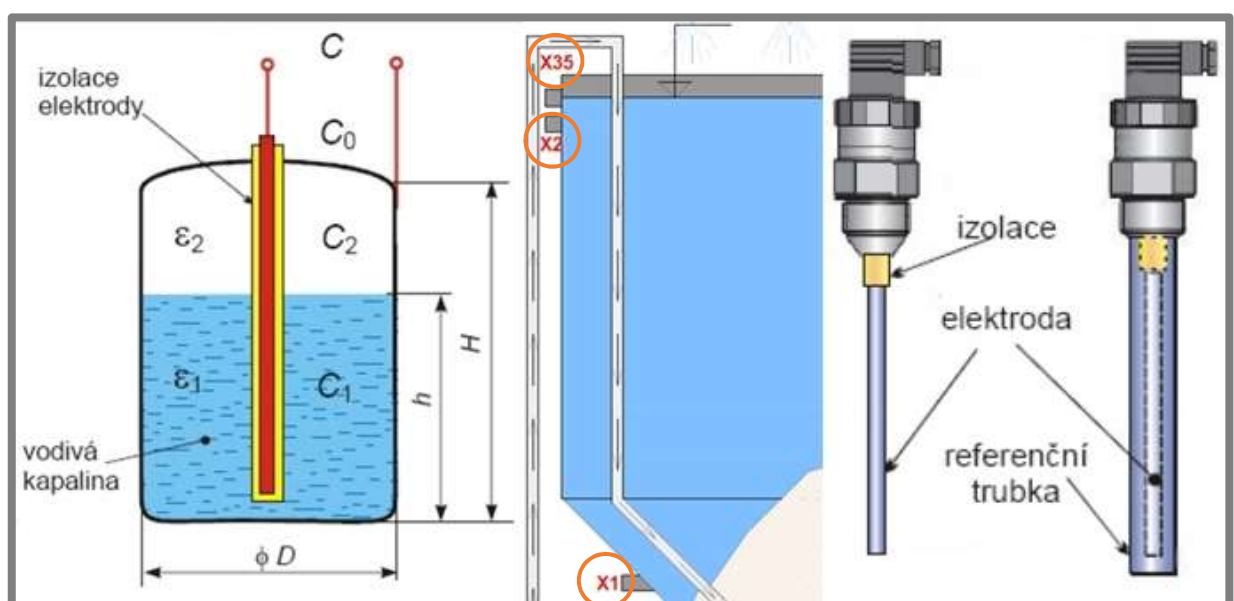
Při pokročilejší automatizaci příslušné aplikace v praxi je vždy potřeba využívat potřebných měřicích zařízení a jistých obvodových ovládacích zařízení, která nám pomohou zajistit požadovanou automatickou funkci řešených technologických uzlů.

Pro aplikaci provozně experimentální sladovny je použita celá řada měřicích a ovládacích zařízení, jejichž správná implementace a využití nám umožní správný návrh řízení požadované technologie sladování.

6.1 Použitá měřicí zařízení

Kapacitní hladinoměr (X1, X2, X3, X35):

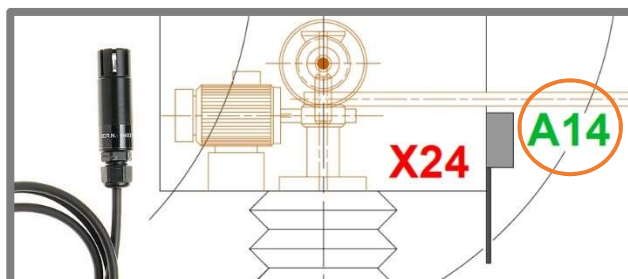
Kapacitní hladinoměry v aplikaci provozně experimentální sladovny budou využity na máčírně u náduvníku, kdy budou vyhodnocovat 4 řízené výšky naplnění náduvníku směsí vody s ječmenem. Kapacitní hladinoměry pracují na principu měření kapacity kondenzátoru, jehož elektrody vstupují do prostoru a styku s měřenou látkou. Měřená látka může být kapalina, sypký nebo kusový materiál. V aplikaci provozně experimentální sladovny se bude jednat o směs vody a ječmene, což je vodivé médium, a proto musí být měřicí elektroda pokrytá izolační vrstvou, např. teflonem. Izolační vrstva je poté dielektrikem kondenzátoru, jejíž výskyt je pro zajištění správné funkce kapacitního senzoru, pro měření vodivého média, nezbytný. Při měření rozdílu kapacity je velmi důležitá tzv. permitivita, což je fyzikální veličina vyjadřující vliv síly, vedení, nebo intenzity elektrického pole v příslušném prostředí. Směs vody a ječmene má mnohonásobně větší hodnotu relativní permitivity než vzduch. Na následujícím obrázku, viz Obr. 27), je zobrazen běžný typ kapacitního hladinoměru, princip měření a příklad implementace na máčírně, kde bude detekovat příslušné hladiny směsi vody a ječmene v kónickém náduvníku [8], [10].



Obr. 27) Příklad běžného provedení kapacitního hladinoměru, princip měření a jeho implementace na plášti kónického náduvníku [10].

Vlhkoměr (A14, A15):

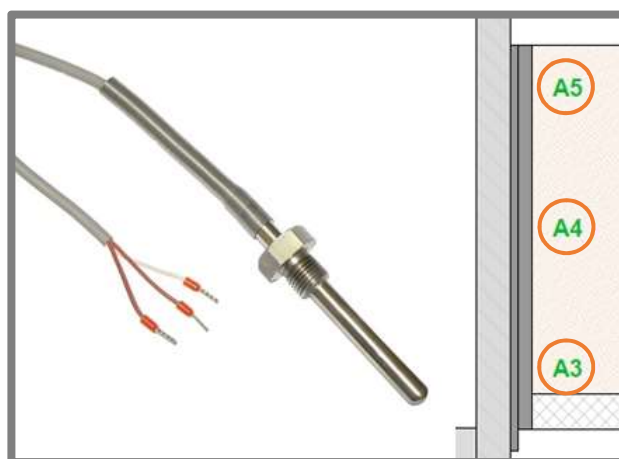
Vlhkoměr neboli tzv. hygrometr je zařízení, které slouží k měření relativní vlhkosti. V aplikaci provozně experimentální sladovny budou použity 2 vlhkoměry pro měření relativní vlhkosti vzduchu pod sladem na klíčírně a nad sladem na hvozdu. Na následujícím obrázku, viz Obr. 28), je zobrazen běžný typ vlhkoměru a příklad implementace pod sladem na klíčící skříní, kde bude detekovat příslušné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu během klíčení [9].



Obr. 28) Příklad běžného provedení vlhkoměru a jeho implementace pod sladem na klíčírně [18].

Odporový teploměr (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A16):

Obecně teploměr slouží k měření teplot okolního prostředí. Měření a kontrola teplot v dílčích sladovacích technologických etapách je velmi důležitá a pro aplikaci návrhové provozně experimentální sladovny se využije 12 tzv. odporových teploměrů s označením PT 100. Odporový teploměr PT 100 je druh teploměru, který využívá závislosti elektrického odporu vodiče nebo polovodiče k detekci nebo změření příslušné teploty. Na následujícím obrázku, viz Obr. 29), je zobrazen běžný typ odporového teploměru PT 100 a příklad implementace ve skříní na klíčírně, pro měření teplot v hromadě sladu. Odporový signál senzoru teploty, se v převodníku, který je součástí elektrorozvaděče, převádí na proudovou hodnotu 4 – 20 mA, kterou již zpracovává analogová karta PLC.



Obr. 29) Příklad běžného provedení odporového teploměru PT 100 a jeho využití ve skříní na klíčírně [32].

6.2 Použitá ovládací zařízení

Indukční senzor (X4, X5, X6, X7, X11, X12, X13):

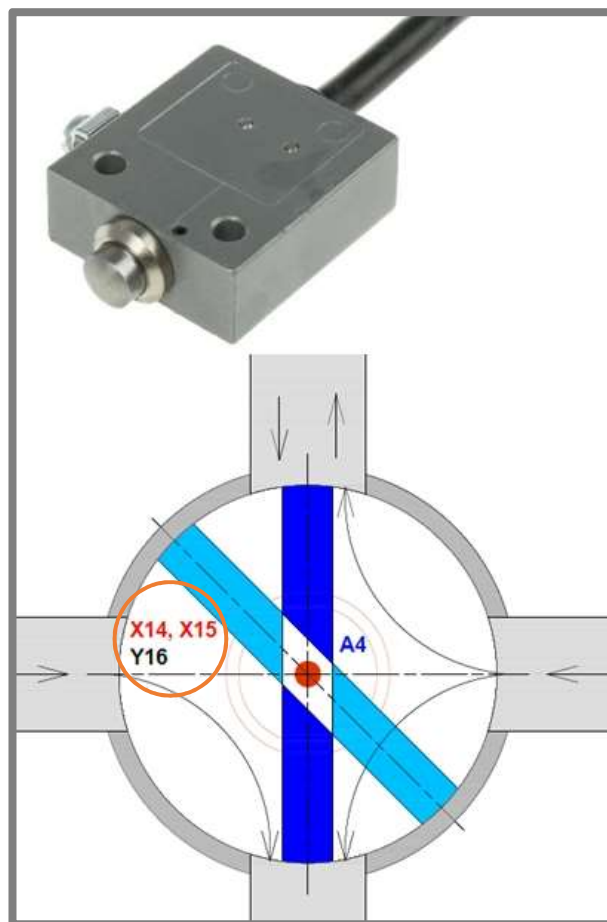
Indukční senzory pracují na principu vysokofrekvenčního elektromagnetického střídavého pole, které bývá během procesu tlumeno přítomností kovového komponentu. Indukční snímač je založen na vzájemném působení mezi kovovými vodiči a střídavým vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem. Indukční senzory budou v aplikaci provozně experimentální sladovny využity ke snímání koncových poloh u skříní na klíčirně a hvozdu, a dále u převrstvovače sladu, kde budou řídit tři najetí vozu na požadované polohy. Na vodičích, nebo souběžných kovových lištách, budou umístěny plastové štítky, na kterých indukční senzory vyhodnotí změnu stavu. Tímto principem budou ovládány koncové polohy pojezdu převrstvovače a koncové polohy skříní na klíčirně a hvozdu. Na následujícím obrázku, viz Obr. 30), je zobrazen běžný typ indukčního senzoru a příklad implementace ve spodních částech skříní na klíčirně a hvozdu [8].



Obr. 30) Příklad běžného provedení indukčního senzoru a jeho implementace ve spodních částech skříní [15].

Dotykový koncový senzor (X10, X14, X15, X16, X17):

Dotykový koncový mechanický senzor bude umístěn v oblasti recirkulace vzduchu na klíčírni i hvozdu, kde jeho hlavní funkcí bude hlásit nulové a maximální natočení osy u servopohonu, který řídí polohu natočení recirkulační klapky, a tím recirkulaci čerstvého a vratného vzduchu. Bude umístěn na koncových místech regulovatelného rozsahu servopohonu v rozmezí 0 – 90°. Na následujícím obrázku, viz Obr. 31), je zobrazen běžný typ dotykového koncového senzoru a příklad implementace v oblasti ovládání recirkulace vzduchu na klíčírni.



Obr. 31) Příklad běžného provedení dotykového koncového mechanického senzoru a jeho implementace v oblasti ovládání recirkulace vzduchu [16].

Obdobná koncepce dotykového mechanického senzoru bude použita i u kontroly zavření víka, které je společné pro prostor klíčírny a hvozdu.

Stykač (X20, X21, X22, X23, X24, X25, X26, X27, X30, X31, X32):

Stykač je ovládací prvek, který má funkci spínače. Jeho hlavní funkcí je spínání, nebo rozpínání příslušných částí ovládacího obvodu. Stykač je vybaven cívkou, na které se po přivedení nízkého napětí vytvoří magnetické pole a kotvou, která se vychýlí přítomností magnetického pole a sepne nebo rozepe příslušné ovládací kontakty. Na následujícím obrázku, viz Obr. 32), je zobrazen běžný typ jednofázového spínacího stykače [37].



Obr. 32) Příklad běžného provedení jednofázového stykače [37].

Solenoidový ventil (Y14):

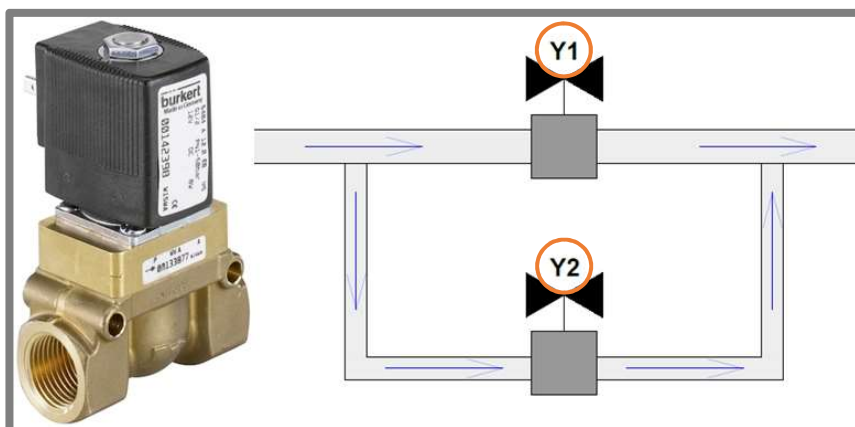
Solenoidový ventil je ovládaný elektromagnetem, který poskytuje pozici průtoku otevřeno a zavřeno. V aplikaci provozně experimentální sladovny bude toto ovládací zařízení využito u procesu chlazení a vlhčení vzduchu na klíčirně. Na následujícím obrázku, viz Obr. 33), je zobrazen běžný typ solenoidového ventilu a příklad implementace v oblasti chlazení a vlhčení vzduchu.



Obr. 33) Příklad běžného provedení solenoidového ventilu a jeho využití v oblasti vlhčení vzduchu na klíčirně [13].

Servoventil (Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7):

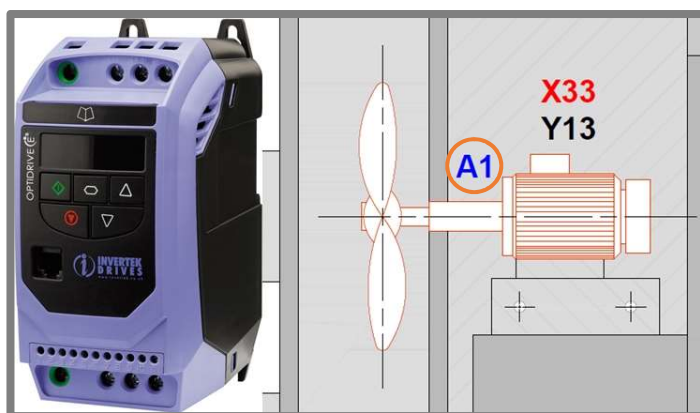
Servoventil je elektricky ovládaný ventil, který je určený pro vysoce výkonné průmyslové aplikace. Využívají se v uzavřených regulačních obvodech, kde poskytují velmi přesné řízení hydraulického nebo pneumatického média. V aplikaci provozně experimentální sladovny budou tato ovládací zařízení použita u řízení přívodu a odvodu vody do náduvníku, u přívodu vody pro zkrápění, a dále u ovládání tlakování vzduchem na máčírně. V praxi, u větších průtoků, se doporučuje využívat vhodných typů servoventilů, na rozdíl od solenoidových ventilů, které se spíše využívají u značně menších potrubí, jelikož mají omezenou velikost říditelných průtoků. Na následujícím obrázku, viz Obr. 34), je zobrazen běžný typ servoventilu a příklad implementace v oblasti ovládání přívodu vody do náduvníku na máčírně [35].



Obr. 34) Příklad běžného provedení dvoucestného pístového servoventilu a jeho využití v oblasti ovládání přívodu vody do náduvníku na máčírně [12].

Frekvenční měnič (A1, A2):

Frekvenční měnič je zařízení, které slouží k regulaci otáček elektromotorů. Změny otáček se realizují změnou frekvence a pro aplikaci návrhové provozně experimentální sladovny využijeme frekvenční měniče, jako regulátory otáček u ventilátoru klíčírny a hvozdu. Na následujícím obrázku, viz Obr. 35), je zobrazen běžný typ frekvenčního měniče a příklad implementace v oblasti řízení otáček ventilátoru klíčírny [11].



Obr. 35) Příklad běžného provedení frekvenčního měniče a jeho využití v oblasti řízení otáček ventilátoru klíčírny [14].

7 METODIKA A TVORBA ŘÍDICÍHO PROGRAMU

7.1 Metodická příprava řízení technologie sladování

Před zahájením tvorby automatizace požadovaného řízeného procesu se zpravidla doporučuje vytvořit jistý metodický postup a rozbor vzájemných závislostí využitých proměnných pro danou aplikaci v praxi. Právě proto, se ve spolupráci se zadavatelem práce, vytvořil příslušný metodický postup pro aplikaci automatického systému řízení navrhované provozní sladovny, který jednoznačně zjednoduší propojení jednotlivých proměnných při tvorbě laddrové logiky v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6.

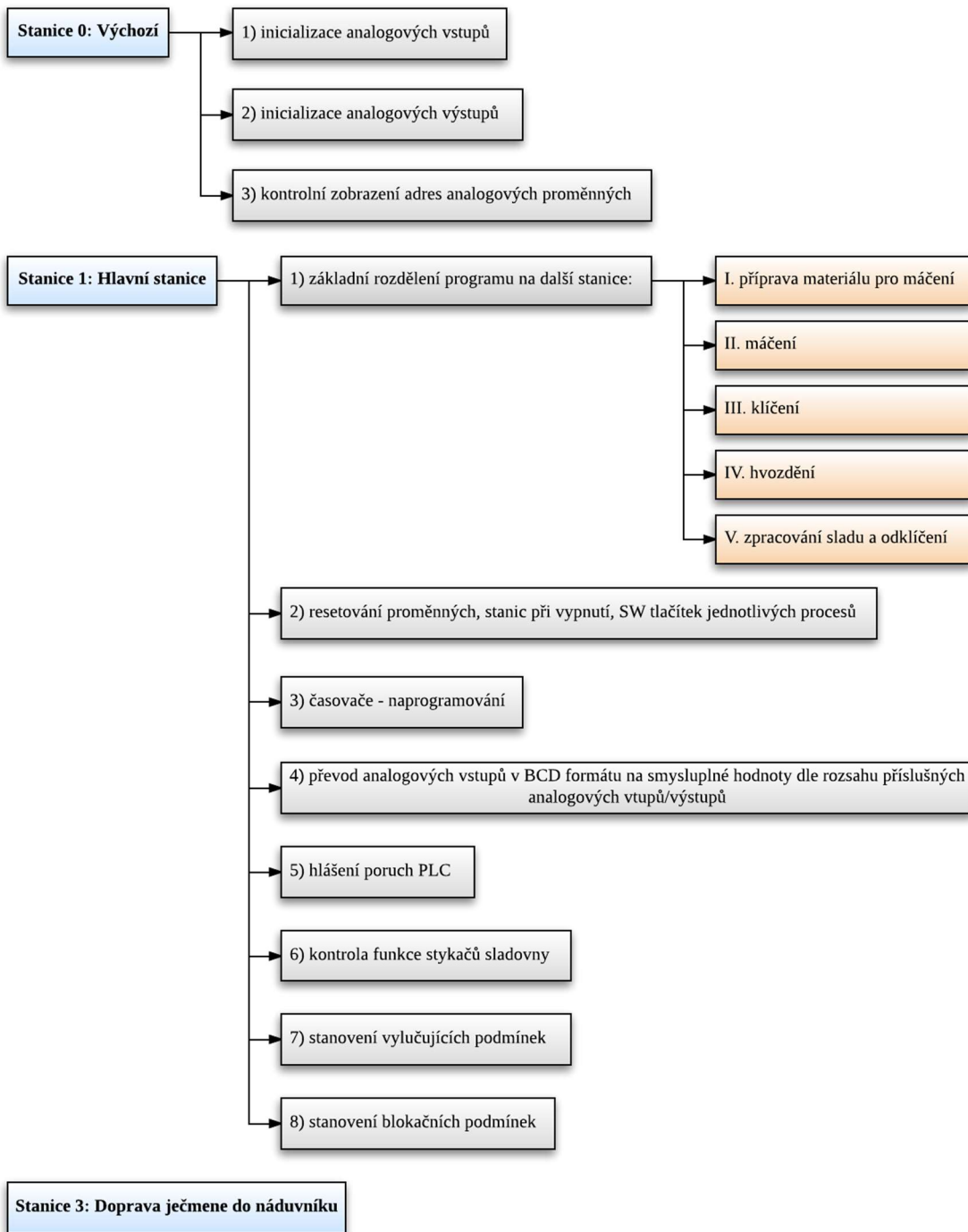
V následujících schématech je uvedeno základní rozčlenění celého řízení navrhované provozní sladovny do ovládacích celků, podle kterých se bude postupně postupovat při propojování všech potřebných proměnných, programových bloků a funkcí, dle možností nabízejících uživatelským prostředím programu DirectSOFT 6.

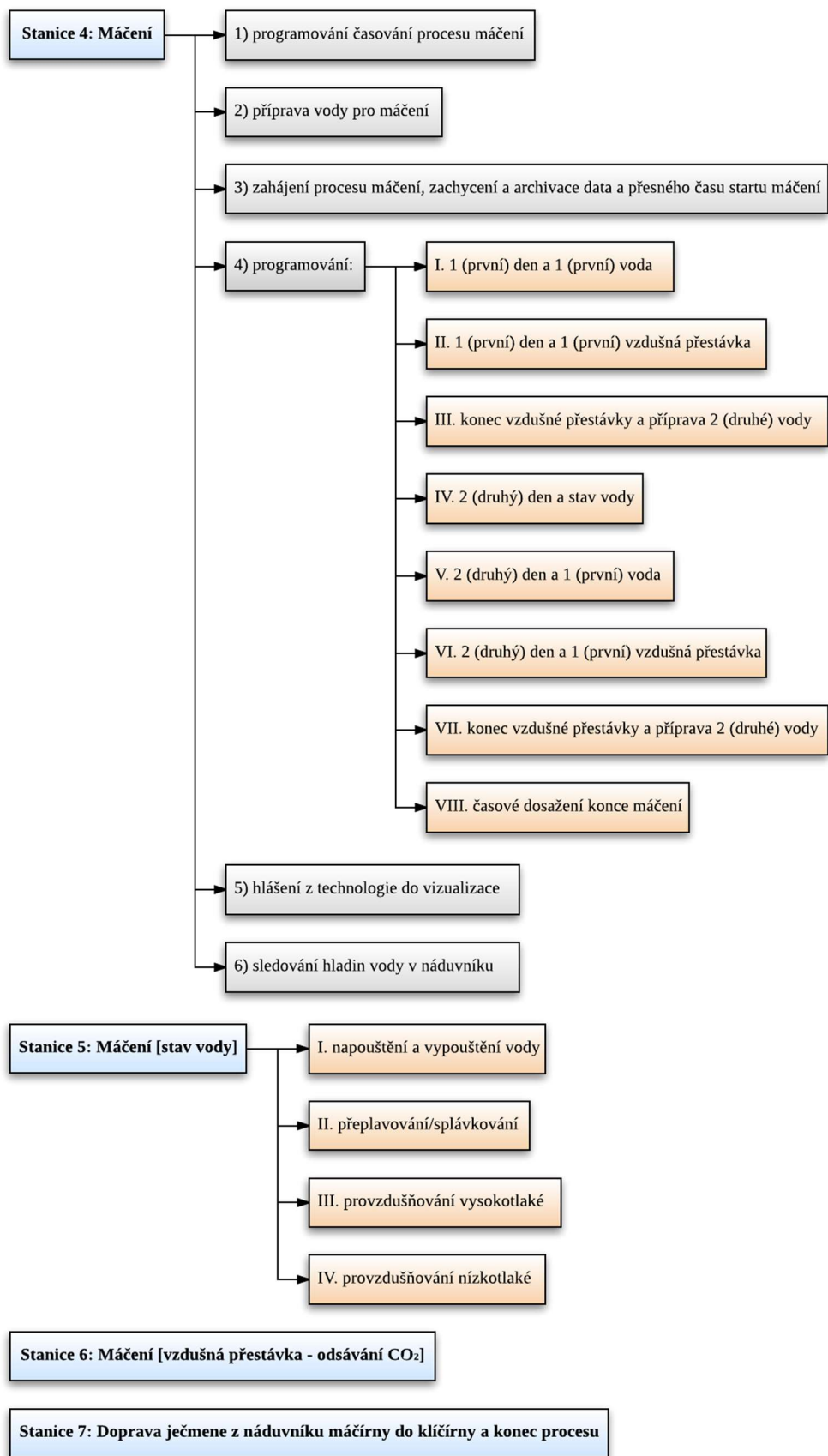
Dosáhneme tedy rozčlenění celého automatického systému řízení na menší celky neboli podprogramy, které jsou v programu DirectSOFT 6 odborně označovány jako stanice. Tento postup návrhu řízení u provozně experimentální sladovny umožní systematické a logické uspořádání všech potřebných programových elementů a funkcí.

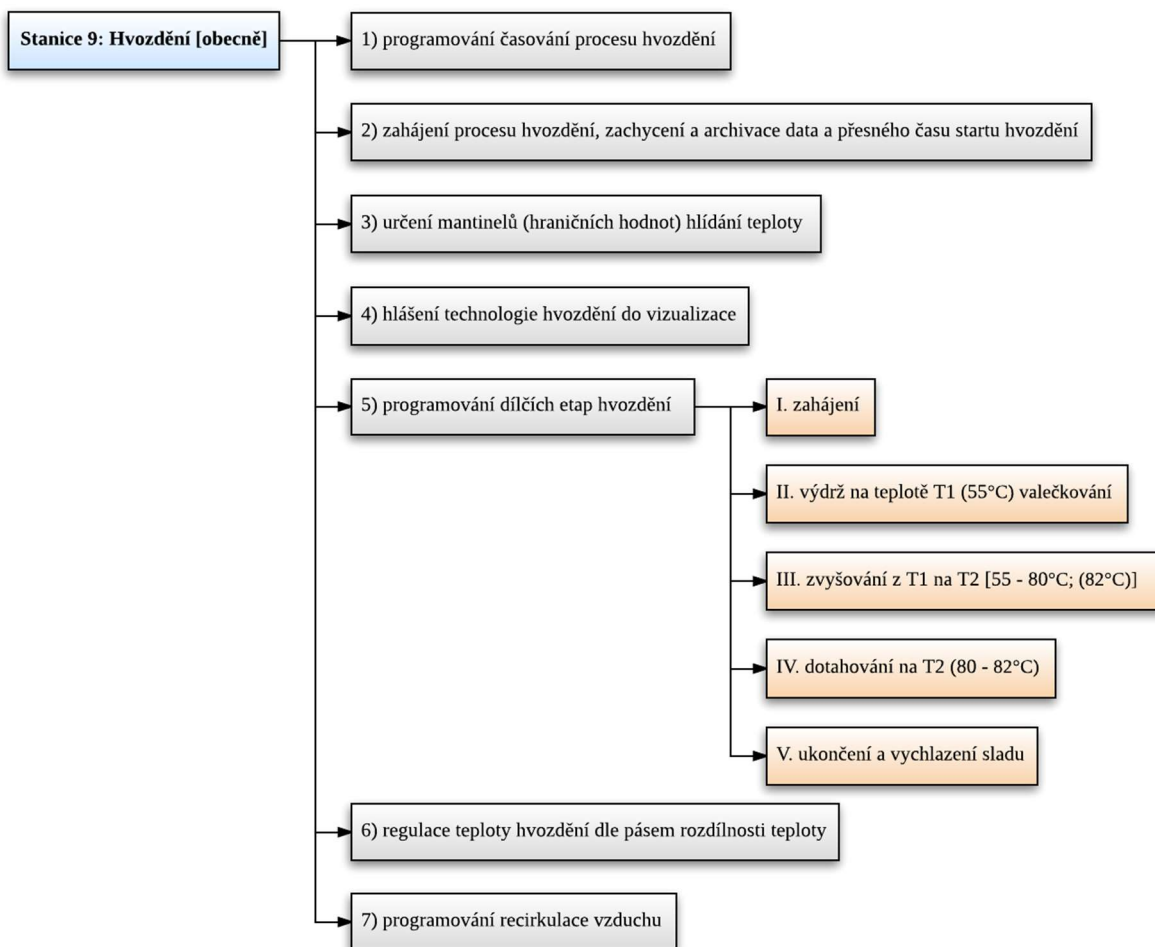
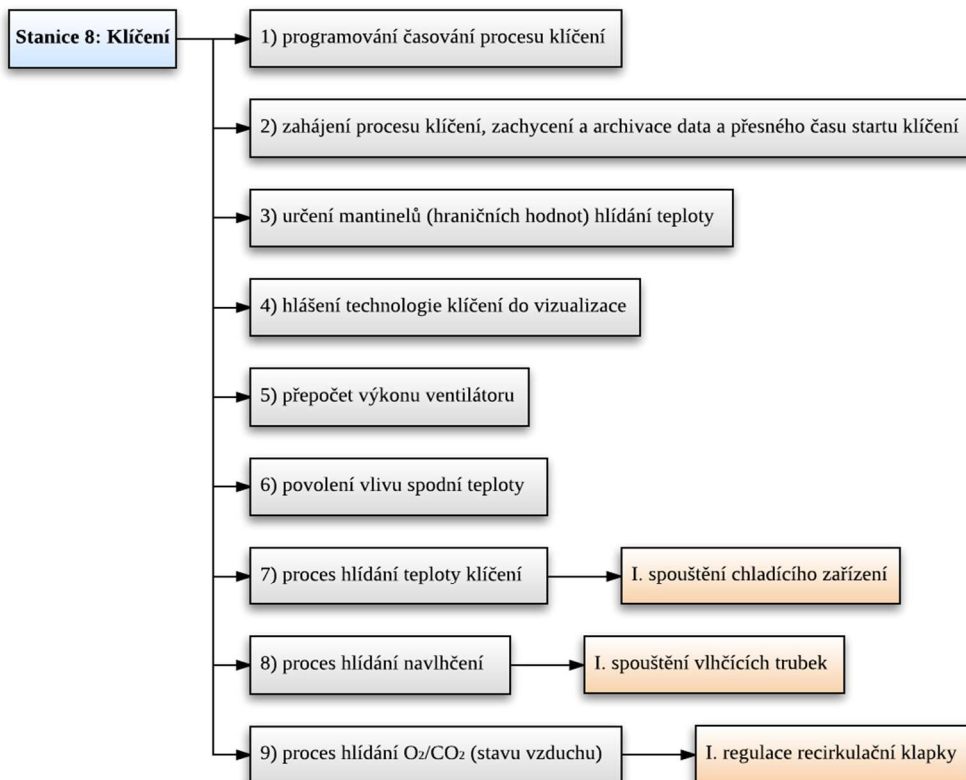
Využité rozčleněné celky neboli stanice v programu, jsou na sebe obvykle vzájemně odkazovány, dle potřeb vykonání dílčích řídicích procesů. Úvaha nad vhodným rozdělením příslušných operací do stanic je více než důležitá, jelikož jejich načtení a následné vykonání nám přímo ovlivňují správnou funkci celého ASŘ dané aplikace v praxi.

Pro návrh automatického systému řízení provozně experimentální sladovny je tedy nezbytné rozčlenit celou technologii výroby sladu na příslušné výrobní etapy, jako máčení, klíčení, hvozdnění a u nich následně uspořádat všechny potřebné proměnné. Nicméně je nutné přidat i předvýrobní operace, jako například inicializace analogových proměnných a doprava ječmene do náduvníku, ale i operace po výrobě sloužící zejména k přetransportování a zpracování sladu, jako například doprava sladu z hvozdu k odklícení a samotné odklícení.

Bližší specifikace a rozčlenění technologie výroby sladu do stanic je uvedeno v následujících schématech.







Stanice 9.1: Zahájení a náběh na teplotu T1

Stanice 9.2: Výdrž na teplotě T1 [valečkování]

Stanice 9.3: Náběh na T2 [zvyšování]

Stanice 9.4: Výdrž na T2 [dotahování]

Stanice 9.5: Ukončení hvozdnění a vychlazení

Stanice 10: Manuální režim máčírna

Stanice 11: Manuální režim klíčírna

Stanice 12: Manuální režim hvozď

Stanice 13: Manuální stanice přesouvání ječmene a sladu

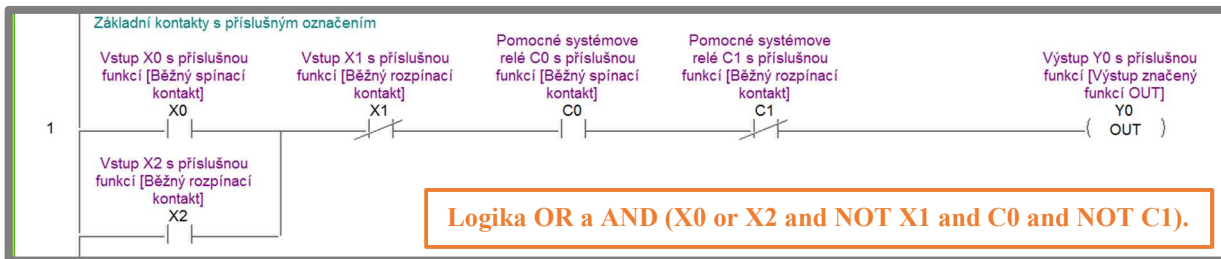
7.2 Uživatelské rozhraní programu DirectSOFT 6

Pro správné vytvoření automatizovaného řízení je taktéž velmi důležité porozumět a dokázat správně použít softwarem nabízené programovací možnosti, funkce a elementy, které poté budou zahrnuty do dílčích stanic výrobní technologie sladu, viz schématická rozdělní zobrazená výše. Každá stanice označuje příslušnou etapu programu, u které je nezbytné použít potřebné programovací logiky tak, abychom dosáhli její požadované řídicí funkce. V následujícím textu jsou stručně vysvětleny a znázorněny příslušné programovací elementy, které byly nejčastěji využívány v laddrové logice programu DirectSOFT 6 u dílčích stanic technologického procesu sladování.

7.2.1 Nabízené programovací elementy a funkce

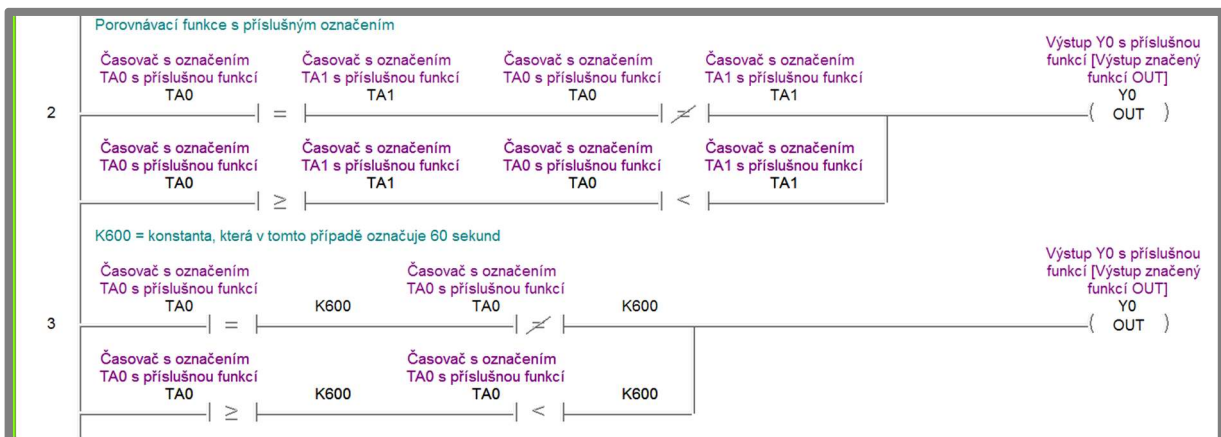
Software PLC DirectSOFT 6 nabízí širokou škálu příkazů pro vykonání velkého množství různých druhů operací. Tato část kapitoly popisuje základní informace o zásadních programovacích elementech a na příkladech zobrazuje, jak správně a standardně použít tzv. Relay Ladder Logic (RLL) v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6.

U tohoto typu softwaru jsou základní vstupní proměnné označovány jako X a výstupní proměnné jako Y. Během tvorby RLL logiky řídicího programu ale většinou nestačí propojovat pouze vstupní a výstupní proměnné. V tomto případě se obvykle využívá tzv. systémových relé s označením C, které vypomáhají s budováním programu tak, aby se nám podařilo vytvořit odpovídající funkci dílčích částí programu. Na následujícím obrázku, viz Obr. 36), jsou znázorněny základní používané kontakty. Logickým uspořádáním těchto základních programovacích elementů v uživatelském prostředí je uživatel schopen tvořit primární část řídicího programu.



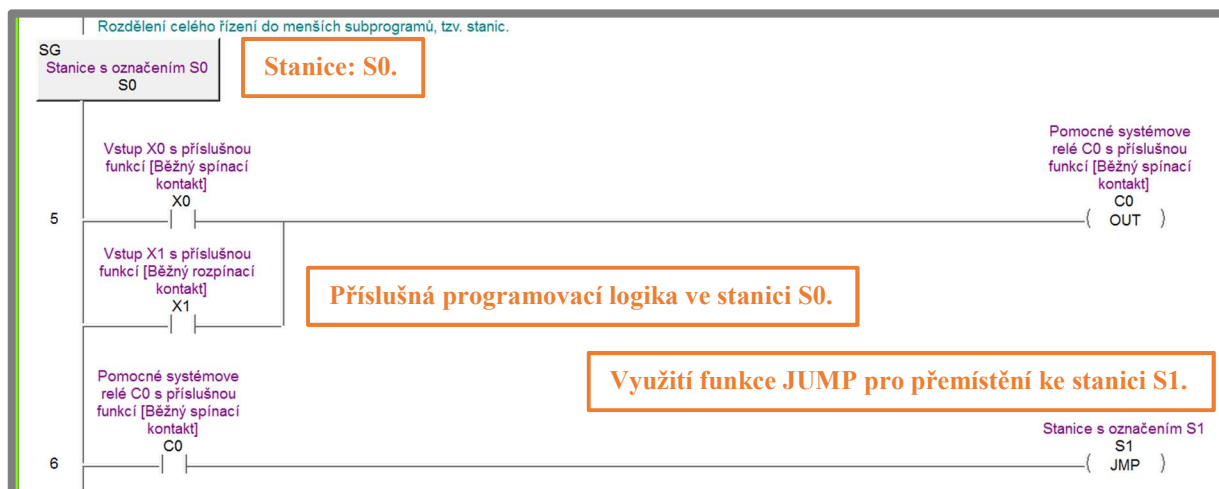
Obr. 36) Základní kontakty s příslušným označením (X, Y, C).

Pro složitější aplikace je zapotřebí využívat pokročilejších funkcí nabízených programem DirectSOFT 6. V následujícím obrázku, viz Obr. 37), jsou uvedeny typy porovnávacích funkcí.



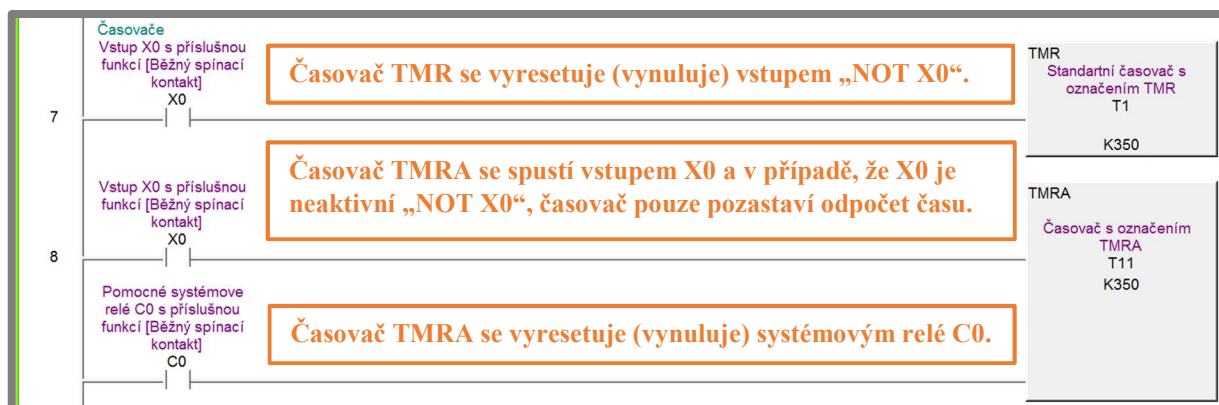
Obr. 37) Porovnávací funkce s příslušným označením.

Rozšiřující programovací funkce s příslušným označením a stručným popisem jsou zobrazeny v následujících obrázcích. Obecně je doporučováno rozčlenění celého řízení do menších celků, s využitím příslušného metodického přístupu k dané aplikaci, zejména v případě, kdy se jedná o složitější řízení, viz podkapitola 7.1. Na obrázku níže, viz Obr. 38) je uveden příklad využití rozčlenění programu do stanic (celků, subprogramů) s odkazováním na další příslušné stanice využitých v řízení.



Obr. 38) Znáznornění postupu při programování a propojování příslušných stanic.

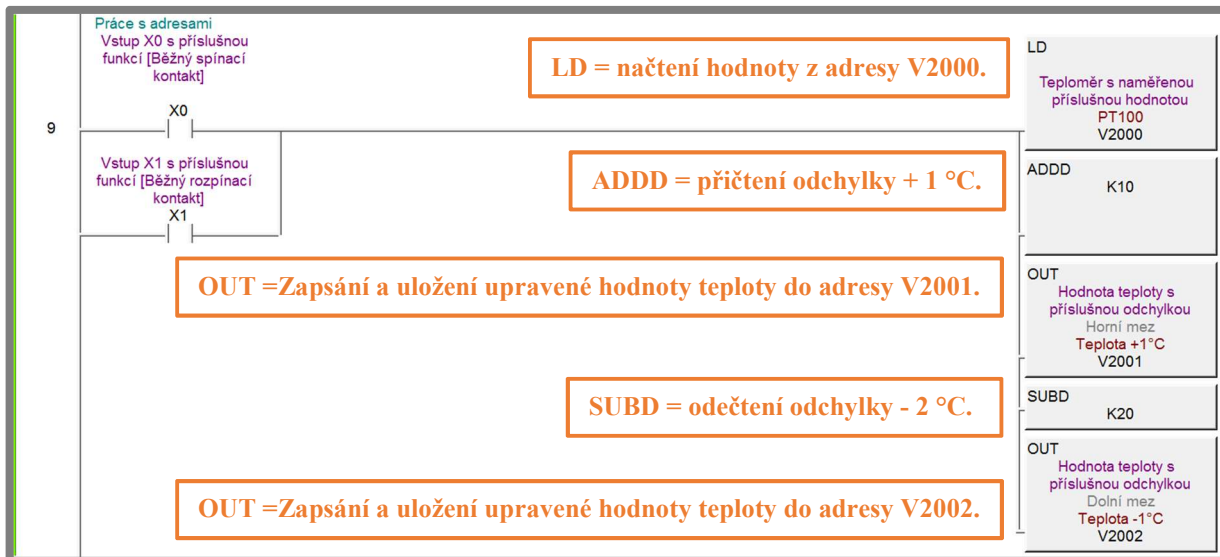
V případě, že je nezbytné načasování dílčích řídicích procesů, což je pro automatizaci obvykle jistým standardem, se využijí tzv. časovače, které dokáží příslušným nastavením a vhodnou implementací do logiky programu jednoznačně ovlivňovat časovou stránku řízení. Uživatelské rozhraní programu poskytuje dva typy časovačů, které jsou zobrazeny a stručně popsány na následujícím obrázku, viz Obr. 39).



Obr. 39) Časovače nabízené programem DirectSOFT 6.

Hlavním rozdílem u znázorněných časovačů je možnost ovladatelnosti průběhů (cyklení), což umožňuje časovač typu TMRA, viz Obr. 39). Typ TMR se označuje za standardní časovač, který zahájí počítání času při aktivitě vstupu X0, viz předchozí obrázek, kdy v opačném případě dojde k jeho vynulování. Obdobným způsobem se používají čítače neboli countery. Ty jsou v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 označovány zkratkou CNT.

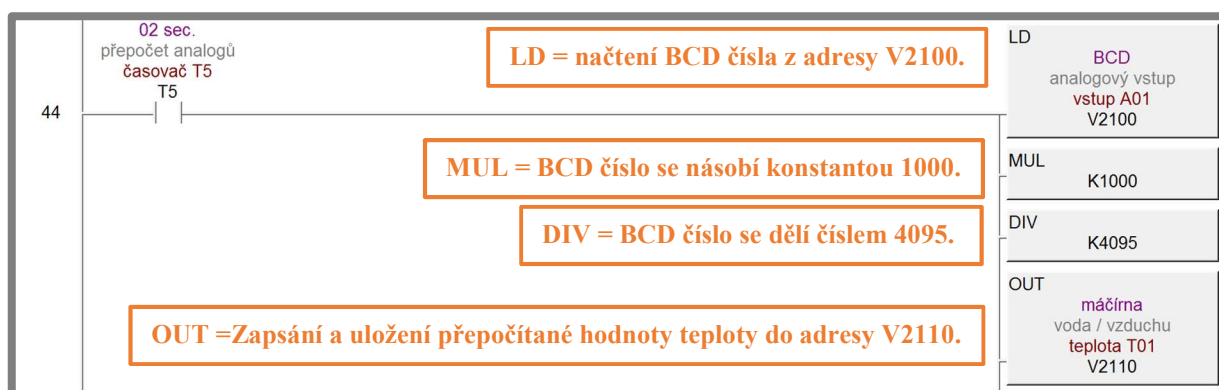
U téměř každého automatizovaného řídicího systému v praxi se setkáme s tím, že z příslušných prvků, jako (senzory, teploměry, vlhkoměry apod.) využitých v ovládacím obvodu, potřebujeme získat během procesu vypovídající hodnoty, které přímo ovlivňují aktuální stav automatizovaného řízení. S těmito získanými či načtenými hodnotami poté můžeme v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 dále pracovat, zpracovávat, ukládat, porovnávat, převádět a přepisovat je do příslušných paměťových adres. Ty poté mají v našem případě nezbytnou funkci při řízení technologie sladování. Příklad RLL logiky pro práci s adresami odpovídajících prvků je uvedena v následujícím obrázku, viz Obr. 40).



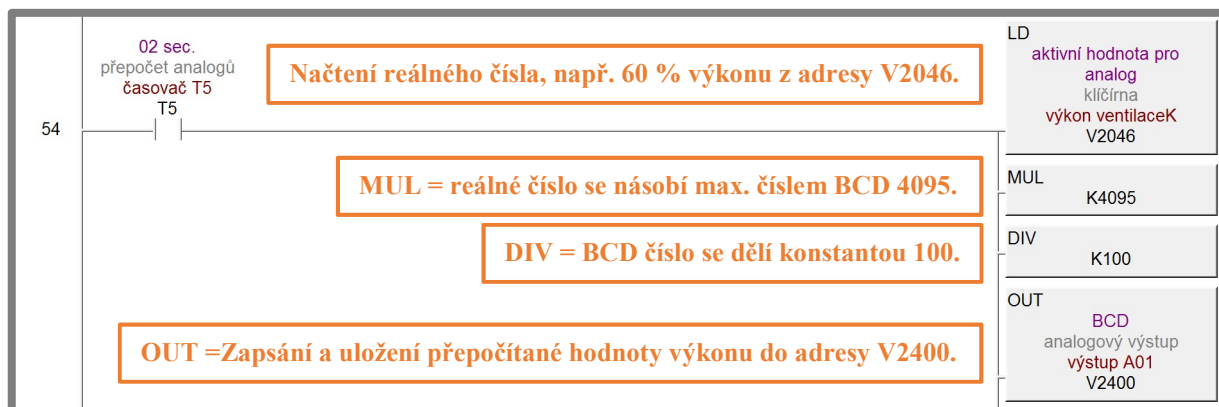
Obr. 40) Práce s adresami propojených s odpovídajícími prvky (funkcemi).

Při práci s adresami, které jsou implementovány v ASŘ jako příslušné měřicí a ovládací prvky, jako (teploměry, vlhkoměry, frekvenční měniče apod.), které se vykazují jistými číselnými hodnotami, je u nich velmi důležité správně nadefinovat matematický převod, obvykle z tzv. BCD na reálné číslo nebo z reálného na BCD číslo. Vhodný matematický přepočítání hodnot je tedy nutný provádět u analogových vstupů a výstupů, kde se v čase obvykle mění měřicí nebo řídicí číselné hodnoty.

BCD číslo v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 odpovídá rozsahu 0 až 4095. Tomuto číselnému rozsahu se musí přizpůsobit veškeré matematické přepočty. V případě analogových vstupů, jako teploměry a vlhkoměry, se získává číselná hodnota závisující obvykle na typu měřicího zařízení, která se příslušným kompatibilním převodníkem zpracuje na vstupní signál (např. v rozsahu 4 – 20 mA). Tento vstupní signální rozsah se měřítkově přiřadí k softwarovému číslu v rozsahu o velikosti 0 – 4095 BCD čísla. Toto softwarové číslo se následně využije při matematickém přepočtu na reálnou hodnotu, viz Obr. 41). V případě analogových výstupů, jako frekvenční měniče, které budou v našem případě měnit otáčky ventilátorů, nebo změny natočení recirkulačních klapek, řízené servopohony, zadáváme reálnou hodnotu, která se musí matematicky přepočítat na příslušné BCD softwarové číslo, které se následně zpracuje na odpovídající výstupní signál 0 – 10 VDC, viz Obr. 42). Ten už má přímý vliv na funkci dílčích využitých řídicích zařízení.



Obr. 41) Příklad přepočtu analogového vstupu z BCD čísla na reálnou hodnotu.



Obr. 42) Příklad přepočtu analogového výstupu z reálného hodnoty na BCD číslo.

Nicméně adresy mají také velký význam při časování hlavních i dílčích procesů sladování, jako máčení, klíčení, hvozďení, délky vody, vzdušnění, přeplavování, stanovení teplotních a časových mantinelů chlazení a ohřevu vzduchu, ale i u řady dalších řízených procesů sladování. V předchozím textu a schématech jsou uvedeny zásadní programovací funkce a základní principy budování RLL logiky v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6. Podle této logiky, s využitím propojování celé řady různých programovacích elementů a funkcí, se postupovalo při vytváření řídicího programu pro aplikaci provozně experimentální sladovny. Vytvořená řídicí RLL logika sladování je k nahlédnutí v příloze 6.

8 TVORBA VIZUALIZACE ŘÍDICÍHO PROCESU

Vizualizace řídicího procesu je obvykle nezbytnou součástí při tvorbě kompletního automatického systému řízení příslušné aplikace v praxi. Zpravidla se jedná o hlavní vizualizační obraz na počítači, který obsahuje nejdůležitější popisy, principy provedení, zobrazovací pole hodnot příslušných využitých proměnných, ale i řadu jiných funkcí. Tyto zobrazovací prvky jsou v uživatelském rozhraní programu Aspice označovány jako aktivní nebo pasivní primitivy, a ty se na vizualizační stránku umísťují dle požadovaných potřeb a funkcí.

Po vytvoření kompletní řídicí RLL logiky v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6, která je zobrazena v příloze 6, bylo možné postoupit k tvorbě hlavní vizualizační stránky na počítači a dále k tvorbě archivačních protokolů v programu AspiceRep. Ty jsou pro výslednou funkčnost navrhované provozně experimentální sladovny taktéž velmi důležité, jelikož umožňují ukládat všechny vyžadované stavové (proměnlivé) děje a hodnoty využitých proměnných do grafů a tabulek, ze kterých se později mohou vyhodnocovat jisté zákonitosti, důsledky a závěry. Navíc jsou ve výzkumné ústavu zvyklí na vysokou kvalitu nejen řízení, ale i na kvalitu archivace dat, a proto se archivačním protokolům musela věnovat dostatečná pozornost.

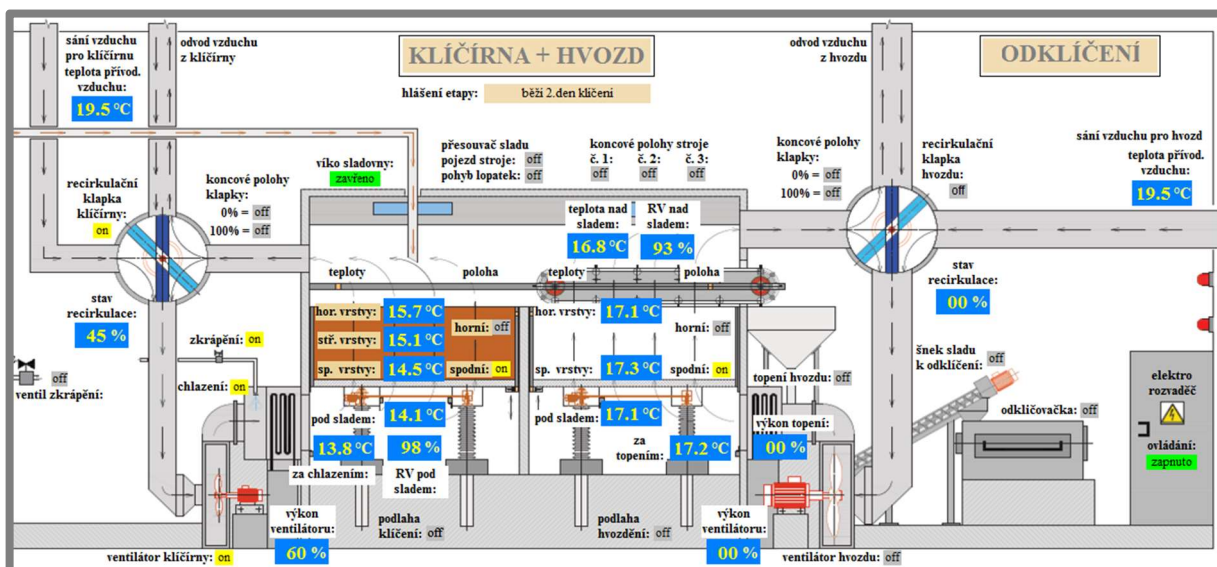
Pro aplikaci návrhové provozně experimentální sladovny jsem navrhl dva archivační protokoly, které budou graficky ukládat teplotní průběhy měřené v horní vrstvě hromady sladu na klíčirně a teplotní průběhy měřené v oblasti pod a nad lískou na hvozdu. Dále se v navržených protokolech budou graficky archiovat naměřené hodnoty vlhkostí pod sladem na klíčirně a nad sladem na hvozdu. Tyto stavové děje jsou pro správný proces sladování zásadní, a proto je jejich kontrola a archivace nezbytná. Příslušné archivační protokoly jsou zobrazeny v příloze 8.

Vizualizace technologie se v uživatelském prostředí programu Aspice postupně tvořila pasivními a aktivními objekty neboli primitivy.

Pasivní primitivy jsou programové objekty, které v čase nemění svůj stav, ani hodnoty, a tedy slouží pouze ke zlepšení grafické stránky vizualizační plochy.

Aktivní primitivy jsou na rozdíl od pasivních primitivů objekty, u kterých se jejich stavy a hodnoty v čase mění, pokud jsou propojeny se vstupními proměnnými, anebo umožňují změnit stavy a hodnoty ovládacích prvků a zařízení začleněných v technologii, pokud jsou propojeny s výstupními proměnnými. Po připojení adresy z RLL logiky k vizualizačnímu aktivnímu objektu příslušného vstupu, nebo výstupu a následnému spuštění řídicího procesu se změní jejich grafický vzhled, pokud se jedná o digitální proměnnou, nebo se změní jejich číselná hodnota, pokud se jedná o analogovou proměnnou.

V příloze 7 je zobrazena vizualizační obrazovka, kde probíhá druhý den klíčící. V následujících schématech je zobrazen princip základního ovládání všech zainteresovaných proměnných, které mají vliv na průběh dílčí technologické operace, druhého dne klíčící viz Obr. 43).



Obr. 43) Průběh druhého dne klíčící, který je zobrazen v hlavním vizualizačním obraze.

V následujícím obrázku, viz Obr. 44), jsou na aktivní primitivy připojeny příslušné adresy z RLL logiky, kde se zadávají výkony ventilátoru, pozice recirkulační klapky a hodnota pro aktivní teplotu klíčící.

ZADÁNÍ KLÍČENÍ:

V2030 = zadání 14 °C.

název etapy:	výkon ventilátor:	recirk. klapka:	název etapy:	výkon ventilátor:	recirk. klapka:
1.den:	50 %	55 %	4.den:	70 %	45 %
2.den:	60 %	45 %	5.den:	60 %	55 %
3.den:	75 %	40 %	tepl. p. sladem:		14 °C

Obr. 44) Zadání hodnot do aktivních primitivů pro jednotlivé dny klíčící.

Na zadávací hodnotu teploty pod sladem je připojena programová adresa V2030 z RLL logiky. Pro první den klíčící, kdy je výkon ventilátoru nastaven na 50 % je připojena programová adresa V2037. Pro druhý, třetí, čtvrtý a pátý den klíčící, kdy je výkon ventilátoru zadán na příslušné procento, jsou připojeny programové adresy V2040, V2041, V2042 a V2043. Pozice recirkulační klapky, která je řízená servopohonem má pro první den klíčící zadáno 55 % natočení, kdy k této zadávací hodnotě je přiřazena adresa V2032. Pro druhý, třetí, čtvrtý a pátý den klíčící, kdy se i zadaná hodnota pozice recirkulační klapky zpracovává na

příslušný výstupní signál 0 – 10 VDC, jsou připojeny programové adresy V2033, V2034, V2035 a V2036. Příslušné příklady matematických přepočtů v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6 jsou uvedeny v části 7.2.1.

Pro aktivaci technologické operace automatické klíčení musí být aktivní softwarové tlačítko s označením C2, které aktivuje automatický chod procesu klíčení, viz Obr. 45), a dále musí být aktivní softwarové tlačítko s označením C10, které aktivuje a přímo ovlivňuje časování procesu klíčení, viz Obr. 46).



Obr. 45) Aktivace softwarového tlačítka C2 (zahájení automatického procesu klíčení).



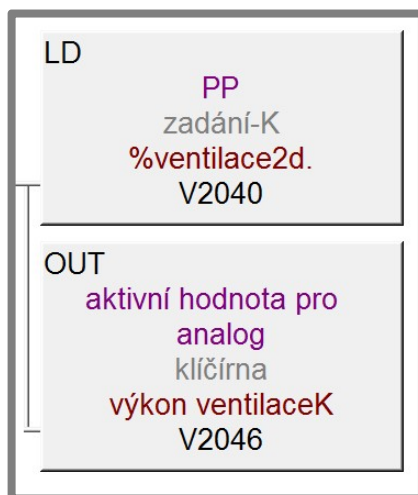
Obr. 46) Aktivace softwarového tlačítka C10 (zahájení časování klíčení).

Pokud celý proces klíčení probíhá bez problémů a nejsou během chodu vyhlášeny jakékoliv poruchové stavy, zobrazí se v kontrolním panelu na hlavní vizualizační ploše, nazvaném vzduchotechnika klíčírny, stavy a hodnoty zobrazené na následujícím obrázku viz Obr. 47).



Obr. 47) Zobrazení stavů a hodnot na kontrolním panelu (vzduchotechnika klíčírna).

Na předchozím obrázku je zobrazen příklad kontrolního panelu, kdy probíhá druhý den klíčení. Na obrázku, viz Obr. 44), je přes adresu V2040 zadán výkon ventilátoru 60 %. Ta je na kontrolním panelu zobrazována v příslušném hodnotovém okně, na kterou je připojena adresa V2046 z RLL logiky řídicího programu. Na následujícím příkladu, viz Obr. 48), je zobrazen princip řešení zadání a zobrazení hodnoty výkonu ventilátoru.



Obr. 48) Zadání výkonu ventilátoru pro druhý den klíčení.

Obdobným způsobem se realizovalo i nastavení polohy recirkulační klapky, kdy je přes adresu V2033 zadáno 45 % natočení. Tato hodnota je zobrazena na kontrolním panelu v příslušném hodnotovém okně, na kterou je připojena adresa V2047 z RLL logiky řídicího programu. Na následujícím příkladu, viz Obr. 49), je zobrazen princip řešení zadání a zobrazení hodnoty natočení recirkulační klapky.



Obr. 49) Zadání pozice recirkulační klapky pro druhý den klíčení.

U části chlazení a vlhčení na kontrolním panelu jsou na aktivní objekty neboli primitivy připojeny digitální výstupy Y14 a Y15, které nám hlásí, že jsou aktivní příslušné funkce, jako chlazení a vlhčení vzduchu.

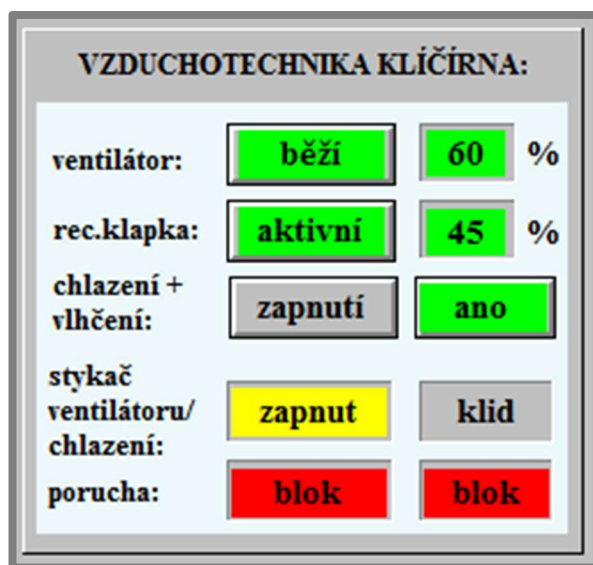
Zároveň musí být aktivní stykače ventilátoru klíčírny X33 a chlazení X27, které nám hlásí, že jsou dílčí využitá zařízení zapnutá a probíhají tak požadované dílčí technologické operace.

Pokud by nastala situace, kdy stykač nebude hlásit aktivitu (zapnuto), tak se po deseti sekundách vyhlásí porucha stykače, viz Obr. 50). Ta způsobí vyskočení stavového okna (poruchové hlášení), na které musí obsluha dle pokynů zareagovat. Zároveň se spustí siréna, která ovšem může být obsluhou dočasně vypnuta. Dočasná deaktivace sirény umožní obsluze po dobu 15 minut vyřešit příslušný problém.



Obr. 50) Příklad řešení kontroly funkce stykačů pro příslušné využitě zařízení.

Během detekce poruchy bude kontrolní panel, nazvaný vzduchotechnika klíčirny, vypadat následovně, viz Obr. 51).



Obr. 51) Příklad vzhledu kontrolního panelu během detekce poruchy stykače.

Po vyřešení problému detekce jakékoliv předdefinované poruchy obsluhou sladovny, nebo proškoleným technikem se panel vrátí do normálu a průběh správného procesu klíčení probíhá dál.

Obdobným způsobem jsou vizualizovány ostatní potřebné sladovací technologické etapy pro aplikaci návrhové provozně experimentální sladovny.

9 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Během realizace diplomové práce se pravidelně konzultovala technická problematika zejména se zadavatelem práce, ale i s vedoucím ústavu pivovarnictví a sladařství VÚPS, a.s. v Brně. Zadavatel práce, který je již řadu let dodavatelem různých technologií potřebných pro výrobu sladu, se k této práci vyjádřil za účelem objektivního zhodnocení dosažených výsledků.

9.1 Zhodnocení a diskuze se zadavatelem práce

Naše zadání práce ASŘ pro provozně experimentální sladovnu v následném období umístěné ve VÚPS, a.s. Brno bylo v diplomové práci splněno na 100 %. Naopak v mnohém šla práce nad rámec zadání, což je ale jedině ku prospěchu této práce a velice oceňujeme například:

- 1) Detailní a propracovaný návrh, popis a zobrazení technologie v technologickém schéma (Příloha 2), které je smysluplné a 100 % funkční.
- 2) Detailní popis jednotlivých prvků ASŘ, řízení jejich zobrazení i popis. V případě typu PLC značky Koyo a vizualizačního softwaru Aspic bylo využití z naší strany zadávací podmínkou, protože tento hardware a příslušný software preferujeme na všech našich zařízeních. Kladně hodnotíme, že student nad rámec zadání provedl cenové porovnání hardwaru a softwaru, i s jinými systémy Siemens (Příloha 4) a Schneider (Příloha 5), a tím nám znovu potvrdil, že naše rozhodnutí před zhruba 20 lety používat výše uvedený hardware i software bylo ekonomicky správné. Následná praxe a bezporuchovost pak prokázala, že se tento hardware i software vyrovná násobně dražším, ale i bohužel v praxi používanějším produktům Siemens.
- 3) Popis, a hlavně pochopení technologie sladování s ohledem na to, že hlavním úkolem diplomové práce bylo zpracování ASŘ, se student před vlastním ASŘ seznámil se stávajícími technologiemi mikrosladování u zadavatele i přímo ve VÚPS, a.s. v Brně. Obdobně se student seznámil se skutečnou výrobou sladu na naší technologii ve sladovně Moravanmalt Brodek u Přerova. Seznámení se s praxí je dle našeho názoru velmi důležité, aby programátor dokonale pochopil technologii, na kterou má „vymyslet mozek“, tedy zpracovat ASŘ. Z praxe totiž známe hodně situací, kdy i renomované ASŘ firmy vytvářely nefunkční aplikace ne proto, že by jejich specialisté neuměli programovat, ale proto, že nepochopili, nebo podcenili vlastní technologii sladování.
- 4) Vlastní ASŘ program PLC v aplikaci DirectSOFT 6 je velmi přehledný (Příloha 6). Velmi kladně hodnotíme podrobné popisy jak jednotlivých proměnných, binárních vstupů i výstupů, analogových proměnných, sw. relé, programovacích adres i jednotlivých programovacích řádků. Tedy tzv. „česky“ popsáno, co programátor chce a jak svým následným programovacím řádkem učinit. Umožní to i „ne – programátorům“ se v aplikaci orientovat a pochopit ji. Čistá aplikace bez uvedených popisů je totiž ne – odborníkům nečitelná, a i jiným specialistům hůře pochopitelná. Velmi často se stává, že programátoři si tzv. „chrání“ své KNOW – HOW, aby si posilovali svou nenahraditelnost.

5) Příloha 7 vizualizace navazuje velmi kvalitně na již výše kladně hodnocené schéma, které student správně převedl jako podklad pro vizualizaci. Student v rámci přehlednosti diplomové práce velmi správně zhotovil vizualizaci na jedné vizualizační straně, která obsahuje vše důležité pro řízení, vizualizaci procesu provozu a řízení experimentální sladovny. Předpokládá se totiž, že aplikace bude umístěna na PC s minimálně 32“ monitorem a pro obsluhu sladovny pak bude jednoznačnou výhodou, že vše podstatné uvidí na jedné obrazovce. U archivace teplot a vlhkostí (Příloha 8) student správně navrhnul pouze ty protokoly, které se ve VÚPS, a.s. v Brně na mikroskladovnách aktivně používají. Je to samozřejmě jen návrh. Skutečné zobrazení grafů včetně správného zobrazení měřítka časové i hodnotové osy se totiž zobrazuje až při zpracování skutečných archivních hodnot v praxi.

Jednoduše lze hodnotit práci hesly: komplexnost, detailnost, obsáhlost, přehlednost, technologická i technická úroveň, vysoká úroveň zpracování jak ASŘ aplikace pro PLC KOYO, tak vizualizační software Aspic. Této práci není z pohledu zadavatele vůbec co vytknout. Naopak nás její vysoký standard mile překvapil.

Nejvíce hodnotící je poctivý a maximální přístup studenta k zadané práci s ohledem na to, jak asi bude přistupovat k zadání pracovních úkolů v praxi. Diplomová práce není nic teoretického, ale bude 100 % využita v praxi u zadavatele práce. Věříme, že přístup studenta ke studiu i k vlastní diplomové práci se mu v praxi pozitivně vrátí především ve snadnosti přechodu od řešení studijních zadání k řešení, a v praxi spíš důležitějšímu pojmu „vyřešení“ pracovních úkolů.

10 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh automatického systému řízení plánované provozně experimentální sladovny pro výzkumný ústav pivovarnictví a sladařství, VÚPS, a.s. v Brně. Hlavní iniciativa vzešla ze strany výzkumného ústavu, kde chtějí rozšířit své dvě stávající mikrosladovny o značně větší provozně experimentální sladovnu, která se bude lišit v množství vyráběného sladu. 500 kg testovací vzorky sladu, proti 16 kg, jednoznačně rozšíří metody výzkumu a laboratorních testů, jelikož se takové množství vyráběného sladu přiblíží reálné výrobě ve skutečné sladovně. Díky tomu bude výzkumný ústav pivovarnictví a sladařství schopen poskytovat zákazníkovi průkaznější a důvěryhodnější výsledky objednaných testů na kvalitu sladu. Sladování většího množství sladu (500 kg) totiž probíhá po chemické i technologické stránce rozdílně, ve srovnání s malým množstvím (16 kg). Realizace provozně experimentální sladovny, která bude navazovat na obě stávající laboratorní mikrosladovny, výrazně zvýší prestiž VÚPS, a.s. v Brně v rámci celé Evropy, jelikož touto technologií nedisponuje žádný podobný ústav nebo velká sladovna.

Diplomová práce obsahuje stručné informace o technologii sladování, kde jsem uvedl a popsal dílčí technologické výrobní etapy sladování, jako máčení, klíčení a hvozdnění. Dále tato práce v teoretické části zahrnuje charakteristiku zvolených softwarů pro vytvoření ASŘ návrhové provozně experimentální sladovny. Jedná se o stručný popis řídicího programu DirectSOFT 6, k vybudování RLL logiky a vizualizačního softwaru Aspice k tvorbě vizualizační obrazovky na PC, pro řízení a ovládání návrhové provozně experimentální sladovny. V práci jsem také rozebral dostupné koncepty programovatelných automatů patřící do řady DirectLOGIC a navrhl z nich nejvhodnější variantu pro aplikaci návrhové provozně experimentální sladovny. Zvolené softwary i hardwary jsem výkonově i cenově porovnal s jinými, dostupnými na trhu, kde se námi zvolené varianty prokázaly jako výkonově srovnatelné a cenově nejvýhodnější. Tím pádem se jedná o nejvhodnější vybrané varianty softwaru i hardwaru pro aplikaci ASŘ návrhové sladovny, jelikož vyhovují veškerým kladeným požadavkům ze strany výrobce sladoven i výzkumného ústavu.

Na základě získaných teoretických poznatků o technologii sladování a softwaru pro tvorbu řídicí logiky návrhové sladovny, jsem ve spolupráci se zadavatelem práce vytvořil podrobný přehled potřebné konfigurace vstupních a výstupních proměnných, kterou jsem zakomponoval do podrobného technologického schématu příslušné sladovací technologie. Po vytvoření technologického schématu a vytvoření jistého metodického rozčlenění celé technologie sladování, jsem vytvořil kompletní řídicí RLL logiku návrhové provozně experimentální sladovny.

Releovou ladderovou logiku jsem zpracoval v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6, kterou jsem uvedl v příloze (viz Příloha 6).

Vytvořené technologické schéma jsem použil pro vytvoření hlavního vizualizačního obrazu na PC, který bude sloužit k ovládání návrhové provozně experimentální sladovny. Vizualizační plochu, kterou jsem uvedl v příloze (viz Příloha 7), jsem vytvořil v uživatelském rozhraní programu Aspice.

Ve výzkumném ústavu jsou zvyklí na vysokou kvalitu nejen řízení, ale i na kvalitu archivace dat, a proto se archivačním protokolům musela věnovat dostatečná pozornost. Archivační protokoly, které jsem uvedl v příloze (viz Příloha 8), jsem zpracoval v uživatelském rozhraní doplňkového programu AspicRep.

Z výše uvedeného tedy jednoznačně vyplývá, že se podařilo všechny dané cíle a požadavky na tuto diplomovou práci splnit.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *ASPIC: Kniha druhá AspicLib* [online]. Liberec: Merz, 2005 [cit. 2017-02-26].
- [2] *ASPIC: Kniha třetí Aspic* [online]. Liberec: Merz, 2005 [cit. 2017-02-26].
- [3] *ASPIC: Kniha čtvrtá AspicRep* [online]. Liberec: Merz, 2005 [cit. 2017-02-26].
- [4] *AUTOMATION DIRECT: DL205 User Manual Volume 1 of 2.* [online]. Atlanta, 2014 [cit. 2017-03-24].
- [5] *AUTOMATION DIRECT: DL205 Analog I/O Modules* [online]. Atlanta, 2014 [cit. 2017-03-25].
- [6] *AUTOMATION DIRECT: DL105* [online]. Atlanta, 2014 [cit. 2017-03-25].
- [7] *AUTOMATION DIRECT: DirectSOFT 6 Programming Software User Manual* [online]. Atlanta, 2014 [cit. 2017-03-25].
- [8] BRADÁČ, František. Senzory a snímače [přednáška]. Brno, Fakulta strojního inženýrství. In: *Moodle.vutbr.cz* [online]. [cit. 2017-04-12]. Záznam dostupný z: <https://moodle.vutbr.cz/>
- [9] DRUHY VLHKOMĚŘŮ, METODY MĚŘENÍ VLHKOSTI. I & CS spol. s r.o. [online]. Třebíč, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://e-pristroje.com/encyklopedie_vlhkomer.html
- [10] Elektrické hladinoměry - Kapacitní hladinoměry a spínače hladiny. *JSP, s.r.o. - Měření a regulace* [online]. Jičín, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://www.jsp.cz/cz/sortiment/seznam_dle_kategorii/snimace_hladiny/teorie-hladina/elektricke-hladinomery/kapacitni-hladinomery-spinace-hladiny.html
- [11] Elektromotory proč a jak. *KVELB s.r.o.: Elektromotory* [online]. Mohelnice, 2015 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.cz/podpora/poradna-neboli-jak-na-to/frekvencni-menice-proc-a-jak>
- [12] Elektromagnetické ventily: Type 5404 - Servem řízený 2/2-cestný pístový. In: *Bürkert* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://www.burkert.cz/cz/type/5404>
- [13] Elektromagnetické ventily: Elektromagnetický ventil na vodu TORK T-GP103 DN15. In: *Bola spol. s.r.o.* [online]. Jinočany, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.bola.cz/elektromagneticky-ventil-na-vodu-tork-t-gp103-dn15.html>
- [14] Frekvenční měniče: Frekvenční měnič 1.5 kW 60 Hz. In: *Měniče 110V* [online]. Louka, 2017 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.menice-transformatory-110v.cz/webtest/eshop/8-1-Frekvencni-menice-110V-60Hz/0/5/87-Frekvencni-menice-1-5-kW-60-Hz>

- [15] Indukční snímače. *Pepperl+Fuchs s.r.o.* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://www.pepperl-fuchs.cz/czech_republic/cs/classid_212.htm?view=productgroupoverview
- [16] Koncový spínač 5 A NO/NC 240V IP65. In: *RS Components Sp. z o.o.* [online]. Warszawa Poland [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://cz.rs-online.com/web/p/koncove-spinace/2372571/>
- [17] KOSAŘ, Karel. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Praha : Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.
- [18] LOGGERY NAMĚŘENÉ RELATIVNÍ VLHKOSTI A TEPLoty - NABÍDKA. In: I & CS spol. s r.o.: LOGGERY VLHKOSTI a TEPLoty [online]. Třebíč, 2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.e-pristroje.cz/vlhkomery-datalogger.html>
- [19] PLC Hardware: D2-260. In: *PLC Direct Benelux* [online]. The Netherlands, 2017 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.plcdirect.eu/products/plc-hardware/directlogic-series/dl205-plc/cpu-units/product/d2-260>
- [20] PLC Unit: F2-08DA-2. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/Analog_I-z-O/F2-08DA-2](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/Analog_I-z-O/F2-08DA-2)
- [21] PLC Unit: D2-16TD2-2. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/DC_I-z-O/D2-16TD2-2](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/DC_I-z-O/D2-16TD2-2)
- [22] PLC Unit: D2-16ND3-2. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/DC_I-z-O/D2-16ND3-2](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/DC_I-z-O/D2-16ND3-2)
- [23] PLC Unit: D2-260. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/CPUs/D2-260](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/CPUs/D2-260)
- [24] PLC Unit: D2-240. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/CPUs/D2-240](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/CPUs/D2-240)

- [25] PLC Unit: D2-230. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_205_\(Micro_Modular_PLC\)/CPUs/D2-230](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_205_(Micro_Modular_PLC)/CPUs/D2-230)
- [26] PLC Unit: F1-130DR. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_105_\(Micro_Brick_PLC\)/PLC_Units/F1-130DR](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_105_(Micro_Brick_PLC)/PLC_Units/F1-130DR)
- [27] PLC Unit: D0-06DD1. In: *AUTOMATION DIRECT: The common sense way to buy industrial controls* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_06_\(Expandable_Micro_Brick_PLC\)/PLC_Units/D0-06DD1](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_06_(Expandable_Micro_Brick_PLC)/PLC_Units/D0-06DD1)
- [28] PLC Unit: D0-05DD-D. In: *AUTOMATION DIRECT* [online]. China, 2017 [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: [https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_\(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular\)/DirectLogic_05_\(Micro_Brick_PLC\)/PLC_Units/D0-05DD-D](https://www.automationdirect.com/adc/Shopping/Catalog/Programmable_Controller/DirectLogic_Series_PLCs_(Micro_to_Small,_Brick_-a-_Modular)/DirectLogic_05_(Micro_Brick_PLC)/PLC_Units/D0-05DD-D)
- [29] POCHYLÝ, Petr. *Konstrukce pohonu linky na klíčení sladu*. Brno, 2015. Bakalářská. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Milan Omasta.
- [30] Products: F2-08AD-1. In: *PLC Direct Benelux* [online]. The Netherlands, 2017 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.plcdirect.eu/products/product/f2-08ad-1>
- [31] Products: D2-09B-1. In: *PLC Direct Benelux* [online]. The Netherlands, 2017 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <https://www.plcdirect.eu/products/product/d2-09b-1>
- [32] PT100 TEMPERATURE PROBES: PT100 sensor temperature probe Mod. G432. In: *Gesint Srl* [online]. Italy, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.gesintsrl.it/pt100-temperature-probes.php>
- [33] ROTTER, Pavel. *Programovatelné automaty DirectLOGIC řady DL 205*. Vrchlabí: TECON spol. s.r.o, 2002.
- [34] ROTTER, Pavel. *Programovatelné automaty DirectLOGIC řady DL 05 a DL 06*. Vrchlabí: TECON spol., 2002.
- [35] Servoventily. Zwick / Roell [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.zwick.cz/cs/produkty/stroje-pro-dynamicke-zkouseni/servohydraulicke-komponenty/servoventily.html>

- [36] Slad. *Brelex* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.brelex.cz/faq.php>
- [37] Stykač Kanlux KMC-20-20 2p na DIN lištu 1 fázový. In: *Elektro Palouček* [online]. Litvínov, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.elektro-paloucek.cz/jistici-technika/stykace/stykac-kanlux-kmc-20-20-2p-na-din-listu-1-fazovy>
- [38] Zaměření ústavu. *Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s.* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=125&lang=cs

12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

12.1 Seznam zkratek

Apod. – a podobně

ASŘ – automatický systém řízení

BATT – baterie na CPU (svítí = nízké napětí)

BCD – BCD číslo (pro převod příslušných číselných hodnoty v programu DirectSOFT 6)

C – standardní označení systémového pomocného relé

CNT – označení standardního čítače

CPU – centrální procesorová jednotka

Např. – například

Obr. – obrázek

PC – osobní počítač

PDMS – obsah prekurzorů dimethylsulfidu

pH – záporný logaritmus aktivity vodíkových iontů

PLC – programovatelný logický automat

PT 100 – příslušné označení odporového teploměru

PWR – napájení (svítí = v pořádku)

RK – označení pro recirkulaci vzduchu

RLL – releová ladderová logika

RUN – run mód (nesvítí = CPU je v STOP nebo programovacím módu)

RV – relativní vlhkost vzduchu

TMR – označení standardního časovače

TMRA – označení akumulčního časovače

Tzv. – takzvaný

VAC – označení pro příslušné střídavé napětí

VDC – označení pro příslušné stejnosměrné napětí

VUT – Vysoké učení technické

VÚPS, a.s. – Výzkumný ústav pivovarnictví a sladařství

X – standardní označení vstupů

Y – standardní označení výstupů

12.2 Seznam symbolů

°C – stupeň celsia

% – procento

CO₂ – oxid uhličitý

Kg – kilogram

O₂ – kyslík

mA – miliampér

12.3 Seznam obrázků

Obr. 1) Stávající typ laboratorní mikroskladovny využití ve VÚPS, a.s. v Brně.	17
Obr. 2) Ukázka sladu plzeňského typu [36].	19
Obr. 3) Přeprava ječmene do náduvníku, během technologické operace máčení.	21
Obr. 4) Využití třetí vody z výrobní etapy máčení pro přepravu sladu do klíčící skříně. [Klíčící skřín ve sladovně Mšeno]	22
Obr. 5) Dokrápění sladu nad klíčícími skříněmi. Systém je zabudovaný ve speciálním pohyblivém převrstvovacím zařízení. [Klíčící skřín ve sladovně Mšeno]	22
Obr. 6) Prostor pod klíčící skříní, kde se využívá zvlhčování pomocí zvlhčovací komory. [Klíčírna ve sladovně Mšeno].....	23
Obr. 7) Alternativní převrstvovací zařízení na saladinově skříní v Plzeňském Prazdroji. Koná se pohyb posuvný podél celé dlouhé skříně a pohyb otočný spirálových lopatek.	24
Obr. 8) Použití posuvného převrstvovacího zařízení.....	24
Obr. 9) Příklad sušení na lísce ve sladovně v Brodku u Přerova.....	25
Obr. 10) Ukázka programovatelného automatu DL05, řady DirectLOGIC [28].	29
Obr. 11) Ukázka programovatelného automatu DL06, řady DirectLOGIC [27].	29
Obr. 12) Ukázka programovatelného automatu DL105, řady DirectLOGIC [26].	30
Obr. 13) Kompatibilní procesory používané pro řadu automatu DL205 [23], [24], [25].	31
Obr. 14) Kompatibilní vstupní digitální karty pro řadu automatu DL205 [4].....	32
Obr. 15) Kompatibilní vstupní analogové karty pro řadu automatu DL205 [5].....	32
Obr. 16) Ukázka neobsazeného rámu automatu DL205 s 9 volnými pozicemi [31].	35
Obr. 17) Ukázka využití automatu DL205 v aplikaci stávající mikroskladovny ve VÚPS, a.s. v Brně.	36
Obr. 18) Procesor DL 260 CPU [19].....	36
Obr. 19) Příklad příslušné digitální vstupní a výstupní karty [21], [22].	37
Obr. 20) Příklad příslušné analogové vstupní a výstupní karty [20], [30].	37
Obr. 21) Schéma měření teploty v náduvníku během máčení.....	44
Obr. 22) Schéma proudění vzduchu hromadou sladu na klíčírně.....	45
Obr. 23) Ventilátor klíčírny s ukázkou proudění vzduchu pod klíčící skříní.	46
Obr. 24) Ukázka principu polohování recirkulační klapky.	47
Obr. 25) Měření teplot na lísce hvozdu.	48
Obr. 26) Měření relativní vlhkosti nad lískou hvozdu.....	48
Obr. 27) Příklad běžného provedení kapacitního hladinoměru, princip měření a jeho implementace na plášti kónického náduvníku [10].	51
Obr. 28) Příklad běžného provedení vlhkoměru a jeho implementace pod sladem na klíčírně [18].....	52
Obr. 29) Příklad běžného provedení odporového teploměru PT 100 a jeho využití ve skříní na klíčírně [32].	52
Obr. 30) Příklad běžného provedení indukčního senzoru a jeho implementace ve spodních částech skříní [15].....	53
Obr. 31) Příklad běžného provedení dotykového koncového mechanického senzoru a jeho implementace v oblasti ovládání recirkulace vzduchu [16].	54
Obr. 32) Příklad běžného provedení jednofázového stykače [37].....	55
Obr. 33) Příklad běžného provedení solenoidového ventilu a jeho využití v oblasti vlhčení vzduchu na klíčírně [13].	55

Obr. 34) Příklad běžného provedení dvoucestného pístového servoventilu a jeho využití v oblasti ovládní přívodu vody do náduvníku na máčírně [12].	56
Obr. 35) Příklad běžného provedení frekvenčního měniče a jeho využití v oblasti řízení otáček ventilátoru klíčírny [14].	56
Obr. 36) Základní kontakty s příslušným označením (X, Y, C).	62
Obr. 37) Porovnávací funkce s příslušným označením.	62
Obr. 38) Znázornění postupu při programování a propojování příslušných stanic.	63
Obr. 39) Časovače nabízené programem DirectSOFT 6.	63
Obr. 40) Práce s adresami propojených s odpovídajícími prvky (funkcemi).	64
Obr. 41) Příklad přepočtu analogového vstupu z BCD čísla na reálnou hodnotu.	65
Obr. 42) Příklad přepočtu analogového výstupu z reálného hodnoty na BCD číslo.	65
Obr. 43) Průběh druhého dne klíčení, který je zobrazen v hlavním vizualizačním obraze.	68
Obr. 44) Zadání hodnot do aktivních primitivů pro jednotlivé dny klíčení.	68
Obr. 45) Aktivace softwarového tlačítka C2 (zahájení automatického procesu klíčení).	69
Obr. 46) Aktivace softwarového tlačítka C10 (zahájení časování klíčení).	69
Obr. 47) Zobrazení stavů a hodnot na kontrolním panelu (vzduchotechnika klíčírna).	70
Obr. 48) Zadání výkonu ventilátoru pro druhý den klíčení.	70
Obr. 49) Zadání pozice recirkulační klapky pro druhý den klíčení.	71
Obr. 50) Příklad řešení kontroly funkce stykačů pro příslušné využití zařízení.	71
Obr. 51) Příklad vzhledu kontrolního panelu během detekce poruchy stykače.	72

12.4 Seznam tabulek

Tab. 1) Obsazení rámu PLC DL205.	35
Tab. 2) Potřebné digitální (binární) vstupní proměnné	38
Tab. 3) Potřebné digitální (binární) výstupní proměnné	40
Tab. 4) Potřebné analogové proměnné	42

13 SEZNAM PŘÍLOH

CD

PŘÍLOHA 1: Předepsané výchozí uspořádání využitých slotů na základním rámu automatu DL205.

PŘÍLOHA 2: Technologické schéma provozně experimentální sladovny vytvořené v uživatelském rozhraní programu AutoCAD Mechanical 2016.

PŘÍLOHA 3: Tabulka s orientačními pořizovacími náklady pro vytvoření řízení při použití programu DirectSOFT 6 s kompatibilními hardwary řady DirectLOGIC a vizualizačního programu Aspic.

PŘÍLOHA 4: Tabulka s orientačními pořizovacími náklady pro vytvoření řízení při použití programu Siemens Simatic s kompatibilními hardwary Siemens Simatic a vizualizačního programu WinCC.

PŘÍLOHA 5: Tabulka s orientačními pořizovacími náklady pro vytvoření řízení při použití programu Schneider Electric s kompatibilními hardwary Schneider Electric a vizualizačního programu Aspic.

PŘÍLOHA 6: Řídicí program pro provozně experimentální sladovnu vytvořenou v uživatelském rozhraní programu DirectSOFT 6.

PŘÍLOHA 7: Vizualizační obrazovka pro ovládání návrhové provozně experimentální sladovny vytvořenou v uživatelském rozhraní programu Aspic.

PŘÍLOHA 8: Protokoly pro archivaci průběhů teplot a vlhkostí během procesu klíčení a hvozdění.