TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Automatizované systémy řízení ve strojírenství

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček míchadla

vypracoval: Jakub Ficenz

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Liberec 2011

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci na téma „Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček“ se plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do její skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne .... podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval pánům Ing. Zdenku Musilovi a Ing. Liboru Lacinovi, majitelům pěstitelské pálenice Radlík-1, za cenné rady a konzultace a za poskytnutí interních materiálů. Dále bych také chtěl poděkovat prof. Ing. Miroslavu Olehlovi, CSc. za odborné vedení a podporu při vypracování této diplomové práce.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra aplikované kybernetiky Studijní rok: 20010/11

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Jakub F I C E N Z**

Studijní program: **M2301 Strojní inženýrství**

Obor: **3902T021 Automatizované systémy řízení ve strojírenství**

Zaměření: **Automatické řízení technologických procesů**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček míchadla

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce doporučené metody pro vypracování)

1. Seznamte se s provozem pěstitelské palírny a proveďte analýzu požadavků na měření a řízení technologického procesu kotlů v souladu s potřebami pěstitelské palírny Jílové u Prahy – Radlík, Pražská 1, PSČ 254 01. Uveďte podrobný popis instalovaného plynového zařízení pro surovinový a rektifikační kotel.
2. Navrhněte optimalizaci spotřeby plynu pro surovinový kotel a spotřeby plynu pro rektifikační kotel, určete ztráty výkonu pro spaliny, stěnami spotřebiče a další příčiny snížení účinnosti kotle.
3. Navrhněte model v chodu otáček elektromotoru míchadla pro surovinový kotel s ohledem na poškození dna kotle.
4. Navrhněte nový systém ovládání míchadla včetně řídícího programu a uveďte popis navrhnutého řídícího systému.

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: cca 40 stran + přílohy
- grafické práce: dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

[1] Plancom s.r.o. : Projekt stavby větrání kotelny. Praha, duben 2003
[2] Plancom s.r.o. : Projekt stavby NTL Plynovod. Praha, duben 2003
[3] ÚVP Brno s.r.o. : Místní provozní řád. Brno, listopad 2003
[4] Technické normy ČSN EN 746-1, ČSN EN 746-2, ČSN 07 58 01, ČSN 06 19 50
[5] Pertlík Jiří : Odběrná plynová zařízení, ISBN 80-902339
[6] Fík Josef : Zemní plyn, ISBN 80-86028-22-4

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Libor Lacina

L.S.

Ing. Michal Moučka, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 2.2.2011

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Anotace

Diplomová práce na téma „Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček míchadla“ posuzuje stávající a nově navrhovaný způsob efektivního využití plynu při spalování jak v surovinovém, tak i v rektifikačním kotli. Zabývá se také návrhem na úsporu zemního plynu při spalování. Dalším segmentem diplomové práce je zajištění chodu míchadla za využití programovatelného logického relé tak, aby nedocházelo k připálení kvasu ke dnu kotle a současně k proražení dna kotle při pálení peckovin.

Jméno autora: Jakub Ficenz

Název DP: Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček míchadla

Rozsah práce: 55 stran, 28 obrázků, 2 tabulky

Školní rok: 2010/2011

Katedra: Aplikovaná kybernetika

Vedoucí DP: prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Konzultanti: Ing. Zdeněk Musil, Ing. Libor Lacina

Zadavatel tématu: APROS Group s.r.o.

Klíčová slova: Plyn, spotřeba, výkon, míchadlo, surovinový, rektifikační, kotel, PLC

Annotation

This thesis on "Evaluation of the consumption of gas heating and regulation of agitator revolutions" assesses the existing and newly proposed method of efficient use of gas combustion in both raw material and in rectification boiler. It also deals with a proposal to save natural gas during the combustion. Another segment of the thesis is to ensure the function and utilization of the mixer using a programmable logistical relay so as to avoid burning the mash to the bottom of the boiler and also to break the bottom of the boiler when burning stone fruit.

Author: Jakub Ficenz

Master thesis's title: Evaluation of the consumption of gas heating and regulation of agitator revolutions.

Thesis's extent: 55 pages, 28 figures, 2 tables

Academic year: 2010/2011

Department: Applied Cybernetics

Supervisor: prof. Ing. Miroslav Olehla, CSc.

Advisor: Ing. Zdeněk Musil, Ing. Libor Lacina

Thesis's submitor: APROS Group s.r.o.

Key words: Gas, consumption, output, agitator, raw material, rectification, boiler, PLC

Přehled použitých veličin a jednotek

V_{ph}	[m^3.h^{-1}]	hodinová spotřeba zemního plynu
H^o	[kJ.m^{-3}]	výhřevnost zemního plynu
H^o_i	[kWh.m^{-3}]	výhřevnost zemního plynu
M_h	[kg.h^{-1}]	množství látky ohřáté ve spotřebiči za hodinu
c^{ss}	[kJ.kg^{-1}.°C^{-1}]	střední měrná tepelná kapacita kvasu
c^{sd}	[kJ.kg^{-1}.°C^{-1}]	střední měrná tepelná kapacita lutru
t_{2s}	[°C]	konečná teplota ohřívaného kvasu
t_{2d}	[°C]	konečná teplota ohřívaného lutru
t_1	[°C]	počáteční teplota ohřívané látky
$CO_{2\,max}$	[%]	maximální objem oxidu uhličitého ve spalinách
CO_2	[%]	obsah oxidu uhličitého v suchých spalinách změřený analyzátorem
V^s_{sT}	[m^3.m^{-3}]	stechiometrický objem suchých spalin
V_{VT}	[m^3.m^{-3}]	stechiometrický objem spalovacího vzduchu
V_{shs}	[m^3.h^{-1}]	hodinové množství spalin surovinového kotle
V_{shd}	[m^3.h^{-1}]	hodinové množství spalin rektifikačního kotle
V_{vhs}	[m^3.h^{-1}]	hodinová spotřeba spalovacího vzduchu pro surovinový kotel
V_{vhd}	[m^3.h^{-1}]	hodinová spotřeba spalovacího vzduchu pro rektifikační kotel
V_V	[m^3.m^{-3}]	skutečný objem spalovacího vzduchu
V^V_{ST}	[m^3.m^{-3}]	stechiometrický objem vlhkých spalin
V^V_S	[m^3.m^{-3}]	skutečný objem vlhkých spalin
n	[-]	násobek stechiometrického objemu spalovacího vzduchu
t_{sp}	[°C]	teplota spalin odcházejících ze spotřebiče
t_v	[°C]	teplota vzduchu v okolí spotřebiče
c^s_{sp}	[kJ.m^{-3}.°C^{-1}]	střední měrná tepelná kapacita spalin
k	[kJ.m^{-2}.h^{-1}.°C^{-1}]	součinitel prostupu tepla šamotových cihel

S	[m^2]	plocha vnějšího povrchu stěn spotřebiče
t_s	[°C]	teplota v pracovním prostoru spotřebiče
t_v	[°C]	teplota vzduchu v okolí spotřebiče
Q_{Vs}	[$kJ.h^{-1}$]	energie potřebná pro ohřátí kvasu za 1 hodinu u surovinového
Q_{Vd}	[$kJ.h^{-1}$]	energie potřebná pro ohřátí lutru za 1 hodinu u surovinového
Q_{Ps}	[$kJ.h^{-1}$]	příkon za jednu hodinu pro surovinoví kotel
Q_{Pd}	[$kJ.h^{-1}$]	příkon za jednu hodinu pro rektifikační kotel
P_{Vs}	[kW]	výkon surovinového kotle
P_{Vd}	[kW]	výkon rektifikačního kotle
P_{Ps}	[kW]	příkon surovinového kotle
P_{Pd}	[kW]	příkon rektifikačního kotle
P_{Cs}	[kW]	celková ztráta úniků surovinového kotle
P_{Cd}	[kW]	celková ztráta úniků rektifikačního kotle
$\sum P_s$	[kW]	součet výkonů surovinového kotle
$\sum P_d$	[kW]	součet výkonů rektifikačního kotle
η_s	[%]	účinnost surovinového kotle
η_d	[%]	účinnost rektifikačního kotle
S_p	[m^2]	plocha pracovního prostoru surovinového a rektifikačního kotle
S_d	[m^2]	plocha ocelového krytu surovinového a rektifikačního kotle
λ	[$W.m^{-1}.K^{-1}$]	tepelná vodivost oceli
δ	[m]	tloušťka ocelového krytu
t_{ss1}	[°C]	teplota před ocelovým krytem surovinového kotle
t_{sd1}	[°C]	teplota před ocelovým krytem rektifikačního kotle
t_{ss2}	[°C]	teplota vnější plochy krytu surovinového kotle
t_{sd2}	[°C]	teplota vnější plochy krytu rektifikačního kotle
P_{sts}	[kW]	ztráta výkonu stěnami spotřebiče pracující v ustáleném teplotním režimu pro surovinový kotel
P_{std}	[kW]	ztráta výkonu stěnami spotřebiče pracující v ustáleném teplotním režimu pro rektifikační kotel

Q_{sts}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu stěnami spotřebiče za jednu hodinu pracující v ustáleném teplotním režimu pro surovinový kotel
Q_{std}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu stěnami spotřebiče za jednu hodinu pracující v ustáleném teplotním režimu pro rektifikační kotel
P_{ks}	[kW]	ztráta výkonu spalinami odcházejícími z surovinového kotle
P_{kd}	[kW]	ztráta výkonu spalinami odcházejícími z surovinového kotle
Q_{ks}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu spalinami odcházejícími z surovinového kotle za hodinu
Q_{kd}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu spalinami odcházejícími z rektifikačního kotle za hodinu
P_{sas}	[kW]	ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči pro surovinový kotel
Q_{sas}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči za jednu hodinu pro surovinový kotel
P_{sad}	[kW]	ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči pro rektifikační kotel
Q_{sad}	[kJ.h^{-1}]	ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči za jednu hodinu pro surovinový kotel
i	[-]	převodový poměr
N_m	[min^{-1}]	otáčky asynchronního elektromotoru
N_{mich}	[min^{-1}]	počet otáček za jednu minutu
T_m	[s]	doba trvání jedné otáčky míchadla

Obsah

Prohlášení

Poděkování

Zadání diplomové práce

Anotace

Annotation

1. Úvod ... 11

1.1 Cíl práce ... 11
1.2 Historie pěstitelské pálenice Radlík ... 11
1.1.1 Příprava zpracování dodaného ovoce pro pálení ... 12
1.1.2 Kvasný proces ... 12
1.1.3 Podrobný popis instalovaného zařízení pro destilaci ovocných pálenek ... 12

2. Podrobný popis instalovaného plynového zařízení kotlů ... 21

2.1 Podmínky pro optimální chod palírny ... 22
2.1.1 Příkon plynového spotřebiče ... 23
2.1.2 Výkon plynového spotřebiče ... 24
2.1.3 Spotřeba spalovacího vzduchu ... 25
2.1.4 Množství spalin odcházejících ze spotřebiče ... 25
2.2 Ztráty výkonu (tepelné ztráty) surovinového a rektifikačního kotle ... 26
2.2.1 Ztráta výkonu spalinami odcházejícími ze spotřebičů ... 27
2.2.2 Ztráta výkonu stěnami spotřebiče ... 28
2.2.3 Ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebičích ... 28
2.2.4 Ztráta výkonu únikem tepla z pracovního otvoru spotřebiče ... 29
2.2.5 Možné další příčiny snížení účinnosti kotle ... 30

3. Účinnost surovinového a rektifikačního kotle ... 30

3.1 Celková rekapitulace výkonů instalovaných kotlů ... 31
3.1.1 Pro surovinový kotel o objemu 250 l ... 31
3.1.2 Pro rektifikační kotel o objemu 120 l ... 31
3.2 Řešení vzniklého problému úniku tepla z instalovaných kotlů ... 32

4. Racionalizace chodu a bezpečnosti míchadla ... 34

4.1 Důvod ochrany ... 34
4.2 Nové ovládání ... 34
4.2.1 Podrobný popis řídícího programu pro LRD12R D024 ... 35
4.3 Podrobný popis původního ovládání míchadla ... 48

5. Závěr ... 51

6. Seznam použité literatury ... 52

7. Seznam grafických příloh ... 54

1. Úvod

1.1 Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je „Vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulace otáček míchadla". Podkladem pro řešení je celkové seznámení se s provozem pěstitelské palírny, následnou analýzou požadavků na měření a řízení technologických procesů v souladu s potřebami pěstitelské palírny Radlík – Jílové u Prahy. První částí řešení je návrh optimalizace spotřeby plynu pro surovinový a rektifikační kotel s určením ztrát výkonu a další možné příčiny snížení účinnosti kotle. Druhou částí řešení diplomové práce je návrh modelu chodu otáček elektromotoru míchadla pro surovinový kotel s ohledem na potřebu provozu a nebezpečí poškození dna kotle. Nový systém ovládání míchadla včetně řídícího programu byl realizován a uveden do běžného provozu pěstitelské palírny Radlík.

1.2 Historie pěstitelské pálenice Radlík

Pálenice Radlík byla založena v roce 1998 Ing. Zdeňkem Musilem a Ing. Liborem Lacinou a investorsky je vedena firmou APROS Group s.r.o., Rubešova 10, Praha 2, PSČ 120 00. V provozovně pěstitelské pálenice se vyrábí ovocné destiláty z ovoce dodaného pěstiteli. Provoz pálenice je výrazně daňově zvýhodněn, pěstitelé mají sníženou spotřební daň. Výsledný produkt „ovocný destilát" je neprodejný a je určen pouze pro vlastní spotřebu pěstitelů.

Obr. 1 – Pálenice Radlík

1.1.1 Příprava zpracování dodaného ovoce pro pálení

Provozovna pálenice umožňuje pro zkušené pěstitele připravit si kvas z vlastního ovoce a po vykvašení kvasu se následně objednat v pálenici, a účastnit se procesu pálení.

U méně zkušených pěstitelů, kteří chtějí mít pálenku z vlastního ovoce, je nabízena možnost dovézt ovoce na provozovnu v čerstvém stavu. Pracovníci pálenice zajistí zvážení přivezeného ovoce a jeho následné zpracování.

U každého druhu ovoce se postupuje různými způsoby. Například dodaná jablka se nadrtí a následně se lisují, po vylisování jablečného moštu se mošt přečerpává k vlastnímu kvašení do 25 000 litrových tanků. Dále velké zastoupení mají v dodaném ovoci hrušky, které jsou jen nadrceny a dále kvašeny v nadrceném stavu. U peckovin jako jsou švestky, třešně, višně nebo vinná réva je tento druh ovoce vložen do kvasných sudů s vlastní narušenou slupkou ovoce.

1.1.2 Kvasný proces

Při samotném kvasném procesu vzniká z cukrů obsažených v ovoci celá řada alkoholů R-CHOH. Pro samotný provoz a výsledný výrobek je nejdůležitější ethanol (ethylalkohol, líh) C_2H_5OH, dále při kvašení vzniká malé množství methanolu (methylalkohol) CH_3OH, což je bezbarvá jedovatá kapalina a v množství 20g je pro člověka prudce jedovatá. Jako další nedílná složka při kvasném procesu vznikají acetaldehydy R-CHO, ketony R_1-CO-R_2, například dimethylketon (aceton) CH_3COCH_3, které se řadí mezi karbonylové sloučeniny. Po ukončení kvasného procesu je prováděna další fáze zpracování, vlastní destilace.

1.1.3 Podrobný popis instalovaného zařízení pro destilaci ovocných pálenek

Pěstitelská palírna Radlík používá celkovou výrobní technologii v měděném provedení. Měď je tradiční kov používaný k výrobě destilačních kotlů, působí jako katalyzátor který napomáhá k postupné katalytické redukci aldehydů vzniklých při kvasném procesu na alkoholy.

Do surovinového kotle, který je obezděn vyzdívkou ze šamotových cihel, vede přívodní potrubí z předehřívací nádrže (viz. Obr. 2), které je osazeno kulovým ventilem. Surovinový kotel dále disponuje výpustným potrubím na výpalky, jenž je osazený výpustným

kulovým ventilem. Na horní části rektifikačního kotle je umístěno nalévací a montážní hrdlo, které je uzavřeno přes přírubu s přítlačným víkem.

Obr. 2 – Předehřívací nádrž pro kvas

Aby při destilaci nedocházelo v surovinovém kotli k připalování kvasu na dno kotle, je zde pro tento účel umístěno míchadlo. Míchadlo je poháněno čtyřpólovým 3 fázovým asynchronním elektromotorem se zapojením do hvězdy od firmy BONFIGLIOLI RIDUTORY S.p.A.. Proudové hodnoty elektromotoru jsou 1,87-1,9 A o maximálním výkonu 0,75 kW, otáčky elektromotoru 1400 min^{-1}. Šneková převodovka vložená mezi elektromotor a klínový řemen je od stejné firmy jako elektromotor samotný. Převodový poměr šnekové převodovky je 1:60. Kroutící moment z převodovky je přenášen na hnací hřídel míchadla klínovým řemenem s převodovým poměrem 1:1.

Obr. 3 – Surovinový kotel

V popředí se nalézá nalévací a montážní hrdlo kotle, za nalévacím hrdlem je umístěno hnací soustrojí míchadla (viz. Obr. 3). Řemenový převod je kryt z důvodu bezpečnosti nerezovým plechem. Je zde i částečně vidět elektromotor se šnekovou převodovkou. Měděný válec s průzorem je dále popisovaný jako tzv. klobouk. Mezi kloboukem a elektromotorem je umístěn komín s přerušovačem pro svislý odtah spalin.

V klobouku dochází ke koncentraci lihových par, které dále pokračují do přestupního potrubí a následně do prvního chladiče. Zde se lihové páry zkondenzují.

Pro ochlazování lihových par v chladičích se využívá otevřený okruh chladící vody. Samotná chladící voda se v konečné fázi akumuluje v otevřeném bazénu, kde dochází k dochlazování chladící vody na teplotu okolního prostředí. Celkový objem chladícího bazénu odpovídá 30 000 litrům.

Obr. 4 – Chladič prvního pálení s epruvetou

Po zkondenzování lihových par v chladiči přechází kondenzát (lutr) potrubím do epruvety.

Epruveta je kontrolní zařízení, kde může obsluha sledovat průběžnou koncentraci lihu během prvního pálení, a tím ovlivňovat částečně ekonomiku pálení v surovinovém kotli. Zařízení je konstruováno tak, že přívodní trubka od chladiče je připojena ke spodní části měrného válce, ve kterém je umístěn lihoměr tak, aby kondenzát proudil ode dna k hornímu okraji epruvety. Samotná epruveta je osazena odvětrávacím komínkem, aby nedocházelo k tlakovým výkyvům při pálení a současně docházelo k odvětrávání alkoholových par, které při atmosférickém tlaku a teplotě nelze zkapalnit.

Kondenzát prvního pálení se nazývá lutr a shromažduje se ve dvou sběrných nádržích o objemu 160 l.

Sběrné nádrže, do kterých je rozvětveno přívodní potrubí od epruvety prvního pálení, jsou osazeny dvěma kulovými ventily pro přepínání při destilaci různých druhů pálenek tak, aby nedocházelo k jejich smíchání. Současně jsou sběrné nádrže na svém spodku osazeny výpustnými kulovými ventily.

Obr. 5 – Měděné sběrné nádrže s přívodním a odvodním potrubím

Lutr ve sběrných nádržích se dále přepouští potrubím samospádem ke druhé destilaci do rektifikačního kotle. Maximální objem lutru v rektifikačním kotli je 120 l. Rektifikační, stejně jako surovinový kotel má umístěn klobouk na vrchu kotle, ve kterém dochází ke koncentraci lihových par.

Obr. 6 – Rektifikační kotel s kloboukem

Na rektifikačním kotli je vpravo dole napouštěcí potrubí od sběrných nádrží, vlevo odtah spalin s přerušovačem pro svislý odtah (viz. Obr. 6).

Na klobouku rektifikačního kotle je umístěn kontrolní teploměr, který zkušenému paliči podá dostatek informací, aby výsledný produkt byl vynikajících kvalit. Dále je na klobouku umístěn tzv. komínek, který má za úkol vyrovnávání tlaků při vypouštění výpalků z kotle.

Z klobouku procházejí alkoholové páry přestupním potrubím do deflegmátoru v horní části uprostřed (viz. Obr. 6). Deflegmátor je zařízení, které zajišťuje v destilačním kotli ochlazování alkoholových par s vyšší hodnotou bodu varu a jejich následné vrácení do destilační kolony. Tím dochází k lepšímu postupnému oddělování jednotlivých alkoholů a současně k zvyšování koncentrace alkoholových par.

Lihové páry z deflegmátoru přestupují potrubím do druhého chladiče, kde se zkondenzují. Při destilaci dochází k oddělování jednotlivých frakcí. První frakce se nazývá úkap, druhá frakce jádro (prokap) a nedílnou součástí destilátu je i třetí frakce dokap. Ke konzumaci se používá druhá frakce, úkap a dokap se odstraňuje.

Obr. 7 – Chladič druhého pálení s epruvetou.

Za epruvetou je potrubí rozvětveno do písmene T z důvodu odebírání úkapu. V epruvetě u druhého pálení je taktéž vloženo kontrolní lihové měřidlo, z kterého obsluha pozná kdy má již senzoricky kontrolovat a oddělit jádro od dokapu.

Na začátku pálení se nechává otevřený kulový ventil na přívodní trubce k měřidlu pálenky (ZEHRU). Otevřený je z důvodu odebrání úkapu, ve kterém je obsaženo větší množství metylalkoholu a karbonylových sloučenin. Toto množství zhruba odpovídá 2 litrům, které se na konci pálení vypustí s výpalky do odpadní jímky

Po uzavření ventilu další zkondenzovaná pálenka pokračuje potrubím do instalovaného měřidla ZEHR, kde se odečítá skutečné množství pálenky. Obsluha průběžně senzoricky kontroluje následné litry destilátu, který protéká měřidlem. Kontrola je prováděna z důvodu možnosti obsahu např. karbonylových sloučenin (aldehydů – zapáchajících po acetonu) nebo stop síry po síření kvasů. K síření kvasů se přistupuje v momentě, kdy pěstitel nestihne zajistit termín pálení, aby nedošlo následně k znehodnocení již dokvašeného kvasu.

Pálenka, která je již senzoricky nezávadná - tzv. jádro pálenky, je následně shromaždovaná v nerezové nádrži. Zde se ředí destilovanou vodou za pomoci cejchovaného lihoměru a tabulek na padesátiprocentní koncentraci alkoholu.

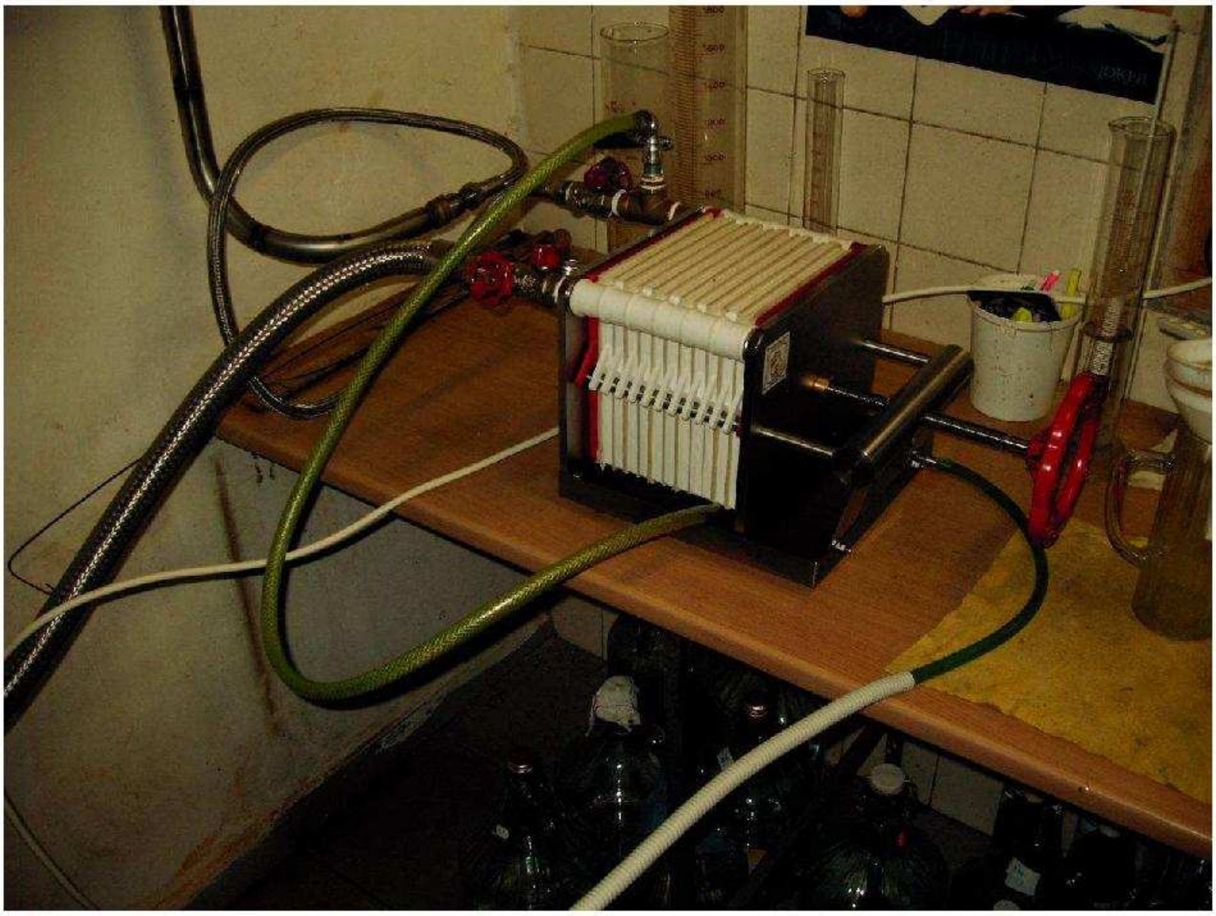
Obr. 8 – Měřidlo ZEHR a shromažďovací nádrž

Aby mohl celní úřad ukládat spotřební daň z lihu, musí být do systému pálenice vložen měřič ZEHR, který zaznamenává jak množství vyrobené pálenky, tak i její koncentraci. Princip celého zařízení spočívá v průběžném odběru malého množství pálenky do nádržky, která je zaplombována uvnitř zařízení. Počet litrů proteklých zařízením je zaznamenáván na ručičkovém počítadle. Odečítání počítadla se provádí odspoda a to tak, že první číselník ukazuje jednotky litru, druhy číselník je v desítkách litru, třetí ve stovkách litru, čtvrtý v tisících litru a nakonec pátý číselník v deseti tisících litrech pálenky proteklé měřidlem.

Obr. 9 – ZEHR a číselník proteklé pálenky

Po naředění na padesátiprocentní koncentraci je celý objem vypálené pálenky čerpán přes filtrační zařízení do nádob pěstitele, nebo do shromažďovacích nádrží pro výdej

zákazníkům. Každý druh ovoce má vlastní shromažďovací nádrž a to v objemech 1 000 l a 2 x 500 l.



Obr. 10 – Filtrační zařízení

2. Podrobný popis instalovaného plynového zařízení kotlů

Vnitřní trasa nízkotlakého plynovodu začíná ve skříňce HUP, za kulovým ventilem DN50. Vnitřní trasa vede ke dvěma kotlům. Potrubí je vedeno pod stropem a dále do prostoru, topeniště surovinového a rektifikačního kotle. Surovinový kotel o objemu 250 l je osazen atmosférickým hořákem o výkonu 100 kW a rektifikační kotel o objemu 120 l je osazen atmosférickým hořákem o výkonu 50 kW. Výrobce tohoto zařízení je Ústav pro využití plynu Brno s.r.o. sídlem Radla 7, 602 00 Brno. Atmosférické hořáky jsou dodány včetně veškerých armatur, uzavíracích kohoutů, regulace a elektroinstalace.

Technické parametry

	Surovinový kotel	*Rektifikační kotel*
Nastavený výkon hořáku	*100 kW*	*50 kW*
Palivo	*Zemní plyn*	
Tlak plynu před hořákem	*2 kPa*	
Typ hořáku	*Atmosférický hořák typu POLIDORO, přívod ¾“ uprostřed*	
Způsob zapalování	*Vysokonapěťová jiskra*	
Způsob zabezpečení hořáku	*Ionizační pojistka plamene Bartelli & Partners s vazbou na elektroventily plynu typ EVF 12.11 (Peveko Borovice)*	
Měření kvality spalování	*$C0_2$= 13,2%* *Měřeno analyzátorem TESTO 300M,* *Výrobní číslo: 0563 0310*	

Tab. 1 – Technické parametry hořáků surovinového a rektifikačního kotle

Celkové jištění proudovou ochranou a napájení pro surovinový kotel je vyvedeno v rozvodné skříni, kde je umístěno i ovládání a ochrana míchacího zařízení. V původním řešení nebylo ovládání míchadla ve své funkci koordinováno s regulační jednotkou plynového hořáku. V současnosti je ovládání míchadla nadřazeno nad napájením a regulací plynu surovinového kotle.

2.1 Podmínky pro optimální chod palírny

Na optimálním chodu pěstitelské pálenice Radlík se podílejí následující tepelně technické parametry:

- Příkon spotřebiče
- Výkon spotřebiče
- Spotřeba zemního plynu
- Spotřeba spalovacího vzduchu
- Množství spalin odcházejících ze spotřebiče
- Tepelné ztráty spotřebiče
- Účinnost spotřebiče

2.1.1 Příkon plynového spotřebiče

Příkon plynového spotřebiče je množství tepla, které je za hodinu dodáno spotřebiči spalováním zemního plynu. Hodinová spotřeba zemního plynu V_{ph} udávaná výrobcem pro surovinový kotel je 10 $m^3.h^{-1}$ a pro rektifikační kotel je hodinová spotřeba 5 $m^3.h^{-1}$.

Příkon za jednu hodinu pro surovinoví Q_{Ps} a rektifikační kotel Q_{Pd} :

$$Q_{Ps} = V_{ph} \cdot H^{\circ} = 10 \cdot 35870 = 358700 \ \left[kJ.h^{-1}\right]$$

$$Q_{Pd} = V_{ph} \cdot H^{\circ} = 5 \cdot 35870 = 179350 \ \left[kJ.h^{-1}\right]$$

Příkon surovinového P_{Ps} a rektifikačního kotle P_{Pd} :

$$P_{Ps} = V_{ph} \cdot H^{\circ}{}_{i} = V_{ph} \cdot \frac{H^{\circ}}{3600} = 10 \cdot 9{,}964 = 99{,}64 \ \left[kW\right]$$

$$P_{Pd} = V_{ph} \cdot H_{i}^{\circ} = 5 \cdot 9{,}964 = 49{,}82 \ \left[kW\right]$$

Zemní plyn	*Tranzitní*
H° - *výhřevnost zemního plynu*	*35870 [kJ.m^{-3}]*
H°_{i} - *výhřevnost zemního plynu*	*9,964 [kWh.m^{-3}]*
V^{s}_{sT} - *stechiometrický objem suchých spalin*	*8,561 [m^{3}.m^{-3}]*
V^{v}_{sT} - *stechiometrický objem vlhkých spalin*	*10,468 [m^{3}.m^{-3}]*
c^{s}_{sp} - *střední měrná tepelná kapacita spalin*	*1,416 [kJ.m^{-3}.°C^{-1}]*
V_{VT} - *stechiometrický objem spalovacího vzduchu*	*9,555 [m^{3}.m^{-3}]*

Tab. 2 – Parametry tranzitního plynu

2.1.2 Výkon plynového spotřebiče

Výkon (tepelný výkon) surovinového a rektifikačního kotle je množství tepla, které spotřebič předá kvasu, lutru (vsázce). Tepelný výkon spotřebiče je nižší než příkon spotřebiče o ztráty výkonu.

Abych mohl dále vypočítat výkon surovinového kotle, je třeba stanovit konečnou teplotu kvasu a lutru. Ze zkušeností v provozu pěstitelské palírny se konečná teplota surovinového kotle t_2 pohybuje v rozmezí 90,2 – 93,3 °C. Konečná teplota t_2 rektifikačního kotle v rozmezí 84,1 – 86,9 °C. Proto dále pro další výpočet budu používat průměrné hodnoty, pro surovinový kotel t_{2s}= 91,75 °C a pro rektifikační kotel t_{2d}= 85,5 °C.

Střední měrná tepelná kapacita kvasu pro surovinový kotel c^{Ss} a střední měrná tepelná kapacita lutru pro rektifikační kotel c^{Sd} byla změřena prostřednictvím kalorimetru. Střední měrná tepelná kapacita vsázky pro surovinový kotel c^{Ss}= 4,2 $kJ.kg^{-1}.°C^{-1}$ a pro vsázku rektifikačního kotle c^{Sd} =2,5 $kJ.kg^{-1}.°C^{-1}$.

Množství látky ohřívané v surovinovém kotli M_h = 220 $kg.h^{-1}$ a rektifikačním kotli M_h = 100 $kg.h^{-1}$. Počáteční teplotu ohřívaných látek jsem stanovil na t_2 = 25°C.

Energie potřebná pro ohřátí vsázky za 1 hodinu u surovinového Q_{Vs} a rektifikačního kotle Q_{Vd}:

$$Q_{Vs} = M_h \cdot c^{Ss} \cdot (t_{2s} - t_1) = 220 \cdot 4{,}2 \cdot (91{,}75 - 25) = 61677 \quad [kJ.h^{-1}]$$

$$Q_{Vd} = M_h \cdot c^{Sd} \cdot (t_{2d} - t_1) = 100.2{,}5.(85{,}5 - 25) = 15125 \quad [kJ.h^{-1}]$$

Výkon surovinového P_{Vs} a rektifikačního kotle P_{Vd}:

$$P_{Vs} = \frac{M_h \cdot c^{ss} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = \frac{220.4{,}2.(91{,}75 - 25)}{3600} = 17{,}132 \quad [kW]$$

$$P_{Vd} = \frac{M_h . c^{sd} . (t_2 - t_1)}{3600} = \frac{100.2{,}5.(85{,}5 - 25)}{3600} = 4{,}201 \quad [kW]$$

2.1.3 Spotřeba spalovacího vzduchu

Spotřeba spalovacího vzduchu V_{vhs}, V_{vhd} je množství vzduchu, které je nutno přivést za jednu hodinu spotřebiči pro úplné spálení množství zemního plynu V_{ph} odpovídajícího z příkonu Q_{Ps},Q_{Pd}.

Pro výpočet spotřeb spalovacího vzduchu pro surovinový a rektifikační kotel bude potřeba hodnota násobku stechiometrického objemu spalovacího vzduchu *n* a ta se stanoví z obsahu CO_2 ve spalinách analyzátorem podle rovnice:

$$n = 1 + \left(\frac{CO_2 \max}{CO_2} - 1 \right) \frac{V^S{}_{sT}}{V_{vt}} = 1 + \left(\frac{11,723}{13,2} - 1 \right) \frac{8,561}{9,555} = 0,899 \quad [-]$$

Tuto rovnici pro výpočet násobku stechiometrického objemu vzduchu *n* lze použít pro maximální obsah CO ve spalinách menší než 0,1%. V našem případě jak pro surovinový tak i rektifikační kotel je obsah 0,0002 % CO, což je hluboko pod požadovanou hodnotou.

Skutečný objem spalovacího vzduchu V_V :

$$V_V = n \cdot V_{VT} = 0,899.9,555 = 8,592 \quad \left[m^3.m^{-3} \right]$$

Hodinová spotřeba spalovacího vzduchu z příkonu pro surovinový kotel V_{vhs} :

$$V_{vhs} = V_{ph} \cdot V_v = \frac{Q_{Ps}}{H^{\circ}} \cdot V_v = \frac{358700}{35870} \cdot 8,592 = 85,925 \quad \left[m^3.h^{-1} \right]$$

Hodinová spotřeba spalovacího vzduchu z příkonu pro rektifikační kotel V_{vhd} :

$$V_{vhd} = V_{ph} \cdot V_v = \frac{Q_{Pd}}{H^{\circ}} \cdot V_v = \frac{179350}{35870} \cdot 8,592 = 42,962 \quad \left[m^3.h^{-1} \right]$$

2.1.4 Množství spalin odcházejících ze spotřebiče

Množství spalin odcházejících ze spotřebiče je objem spalin, který vznikne ve spotřebiči spalováním zemního plynu při daném příkonu spotřebiče Q_{Ps},Q_{Pd} za jednu hodinu.

Skutečný objem vlhkých spalin $V^V{}_S$:

$$V_S^V = V_{ST}^V + (n-1).V_{VT} = 10{,}468 + (0{,}899-1).9{,}555 = 9{,}511 \quad [m^3.m^{-3}]$$

Množství spalin odcházejících ze surovinového kotle V_{shs} :

$$V_{shs} = V_{ph}.V_S^V = \frac{Q_{Ps}}{H^\circ}V_S^V = \frac{358700}{35870}.9{,}511 = 95{,}11 \quad [m^3.h^{-1}]$$

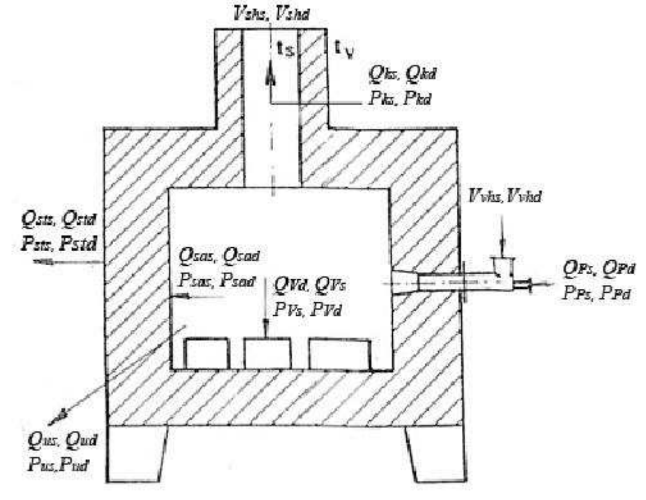
Množství spalin odcházejících z rektifikačního kotle V_{shd} :

$$V_{shd} = V_{ph}.V_S^V = \frac{Q_{Pd}}{H^\circ}V_S^V = \frac{179250}{35870}.9{,}511 = 47{,}528 \quad [m^3.h^{-1}]$$

2.2 Ztráty výkonu (tepelné ztráty) surovinového a rektifikačního kotle

Ztráty výkonu plynových spotřebičů představují část tepla dodaného za hodinu spotřebiči spalováním zemního plynu, která není ve spotřebiči efektivně využita.

Fyzikální význam této veličiny je však ztráta výkonu, neboť se jedná o množství tepla dodaného za jednu hodinu.



Obr. 11 – Ztráty výkonů

Hlavními položkami ztrát výkonu všech typů plynových spotřebičů jsou:

- Ztráta výkonu stěnami spotřebiče (Q_{sts}, Q_{std}, P_{sts}, P_{std})
- Ztráta výkonu akumulací ve spotřebiči (Q_{sas}, Q_{sad}, P_{sas}, P_{sad})
- Ztráta výkonu únikem tepla přes plechový kryt pracovního otvoru spotřebiče (Q_{us}, Q_{ud}, P_{us}, P_{ud})
- Ztráta výkonu spalinami odcházejícími ze spotřebiče (komínová ztráta) (Q_{ks}, Q_{kd}, P_{ks}, P_{kd})

Další méně podstatné ztráty jsou např. ztráty neúplným spalováním zemního plynu, ale v našem případě tyto ztráty můžeme zanedbat z důvodu úplného spalovaní, jak u surovinového tak i u rektifikačního kotle.

2.2.1 Ztráta výkonu spalinami odcházejícími ze spotřebičů

Ztráta výkonu spalinami (v odborné literatuře také nazývaná "komínová ztráta") je nejvýznamnější tepelnou ztrátou všech typů plynových spotřebičů a je to množství tepla obsažené ve spalinách odcházejících za hodinu ze spotřebiče do komína:

Ztráta výkonu spalinami odcházejícími ze spotřebiče za hodinu Q_{ks} pro surovinový a Q_{kd} pro rektifikační kotel:

$$Q_{ks} = V_{shs}.c_{sp}^{s}.(t_{sp} - t_v) = 95{,}109.1{,}416.(300 - 25) = 37035 \quad [kJ.h^{-1}]$$

$$Q_{kd} = V_{shd}.c_{sp}^{s}.(t_{sp} - t_v) = 47{,}554.1{,}416.(300 - 25) = 18517 \quad [kJ.h^{-1}]$$

Ztráta výkonu spalinami odcházejícími ze spotřebiče P_{ks} pro surovinový a P_{kd} pro rektifikační kotel:

$$P_{ks} = \frac{V_{shs}.c_{sp}^{s}.(t_{sp} - t_v)}{3600} = \frac{95{,}109.1{,}416.(300 - 25)}{3600} = 10{,}287 \quad [kW]$$

$$P_{kd} = \frac{V_{shd}.c_{sp}^{s}.(t_{sp} - t_v)}{3600} = \frac{47{,}554.1{,}416.(300 - 25)}{3600} = 5{,}143 \quad [kW]$$

2.2.2 Ztráta výkonu stěnami spotřebiče

Ztráta výkonu stěnami spotřebiče je ztráta způsobená prostupem tepla stěnami spotřebiče a je závislá na teplotách ve spotřebiči a jeho okolí a na druhu a tloušťce materiálů stěn.

Celková obezdívka surovinového kotle je provedena ze šamotových cihel o celkovém vnějším povrchu 5,349 m^2 , u rektifikačního kotle je obezdívka ze šamotových cihel a celkový povrch obezdívky je 3,151m^2. Teplota pracovního prostoru t_s= 1200 °C a předpokládaná vnější teplota v okolí kotlů t_v= 25 °C.

Součinitel prostupu tepla šamotových cihel k= 0,84 $kJ.m^{-2}.h^{-1}.°C^{-1}$.

Ztráta výkonu stěnami spotřebiče odcházejícími ze spotřebiče za jednu hodinu a pracující v ustáleném teplotním režimu Q_{sts} pro surovinový a Q_{std} pro rektifikační kotel :

$$Q_{sts} = k \cdot (t_{sp} - t_v).S = 0{,}84.(1200 - 25).5{,}349 = 5270 \;\; [kJ.h^{-1}]$$

$$Q_{std} = k \cdot (t_{sp} - t_v).S = 0{,}84.(1200 - 25).3{,}151 = 3109 \;\; [kJ.h^{-1}]$$

Ztráta výkonu stěnami spotřebiče pracující v ustáleném teplotním režimu P_{sts} pro surovinový a P_{std} pro rektifikační kotel :

$$P_{sts} = \frac{k \cdot (t_{sp} - t_v) \cdot S}{3600} = \frac{0{,}84 \cdot (1200 - 25) \cdot 5{,}349}{3600} = 1{,}463 \;\; [kW]$$

$$P_{std} = \frac{k \cdot (t_{sp} - t_v) \cdot S}{3600} = \frac{0{,}84 \cdot (1200 - 25) \cdot 3{,}151}{3600} = 0{,}863 \;\; [kW]$$

2.2.3 Ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebičích

Ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči je ztráta, která vzniká vychladnutím hmoty spotřebiče při provozních přestávkách nebo po ukončení provozu spotřebiče a je typická zejména pro periodicky pracující spotřebiče s velkou hmotností vyzdívek a s vysokými pracovními teplotami. Předpokládejme, že tato ztráta vzhledem k ostatním ztrátám v celkové teplotní bilanci surovinového a rektifikačního kotle bude přispívat jen přibližně 10% u surovinového kotle a u rektifikačního kotle předpokládejme 15%. Což odpovídá

z celkové ztráty u surovinového kotle P_{sas}= 9,964 [kW], za jednu hodinu Q_{sas}= 35870 [kJ.h^{-1}] a pro rektifikační kotel je ztráta výkonu P_{sad}= 7,473 [kW], za jednu hodinu Q_{sad}= = 26902,5 [kJ.h^{-1}].

2.2.4 Ztráta výkonu únikem tepla z pracovního otvoru spotřebiče

Ztráta výkonu únikem tepla z pracovního otvoru spotřebiče je zapříčiněna jak velikostí otvoru tak i nedostatečnou izolací plechového krytu topeniště. Surovinový a rektifikační kotel byl prvotně přizpůsoben na vytápění tuhými palivy. Při samotné instalaci plynového hořáku byl odstraněn rošt, dvířka topeniště a dvířka popelníku. V současnosti je atmosférický plynový hořák umístěn zhruba ve stejné výši jako byl původní rošt na tuhá paliva. Dále jsou oba pracovní prostory surovinového a rektifikačního kotle uzavřeny ocelovými kryty do 2/3 výšky od horního okraje pracovního prostoru. Tloušťka ocelového krytu δ= 0,004 m rozměr desky šířka x výška 410 x 500 mm. Celková plocha ocelové krytu pro surovinový a rektifikační kotel S_d= 0,205 m^2. Tepelná vodivost oceli λ= 47 W.m^{-1}.K^{-1}. Teplota před ocelovým krytem surovinového kotle t_{ss1}= 125 °C a teplota na vnější ploše krytu t_{ss2}= 120 °C. Teploty pro rektifikační kotel t_{sd1}= 126 °C a t_{sd2}= 120 °C. Celková velikost pracovního prostoru šířka x výška 520 x 400 mm, celková plocha pracovního prostrou pro surovinový a rektifikační kotel je stejná S_p= 0,208 m^2.

U samotného výpočtu přestupu tepla jsem zahrnul pouze přestup tepla přes ocelový kryt surovinového a rektifikačního kotle a to z důvodu čistě orientačního. V samotném výpočtu není přihlíženo například k sálání ani rozložení teplot na celé ploše pracovního prostoru.

Ztráta výkonu únikem tepla z pracovního prostoru za jednu hodinu v ustáleném teplotním režimu pro surovinový Q_{us} a pro rektifikační kotel Q_{ud}:

$$Q_{us} = \left(\lambda \cdot S_d \frac{t_{ss1} - t_{ss2}}{\delta} \right) \cdot 3{,}6 = \left(47 \cdot 0{,}205 \frac{(125-120)}{0{,}004} \right) \cdot 3{,}6 = 43357{,}5 \ \left[kJ \cdot h^{-1} \right]$$

$$Q_{ud} = \left(\lambda \cdot S_d \frac{t_{sd1} - t_{sd2}}{\delta} \right) \cdot 3{,}6 = \left(47 \cdot 0{,}205 \cdot \frac{126-120}{0{,}004} \right) \cdot 3{,}6 = 52029 \ \left[kJ \cdot h^{-1} \right]$$

Ztráta výkonu únikem tepla z pracovního prostoru v ustáleném teplotním režimu P_{us} pro surovinový a P_{ud} pro rektifikační kotel :

$$P_{us} = \frac{\left(\lambda \cdot S_d \frac{t_{ss1} - t_{ss2}}{\delta}\right)}{1000} = \frac{\left(47 \cdot 0{,}205 \cdot \frac{125 - 120}{0{,}004}\right)}{1000} = 12{,}043 \ [kW]$$

$$P_{ud} = \frac{\left(\lambda \cdot S_d \frac{t_{sd1} - t_{sd2}}{\delta}\right)}{1000} = \frac{\left(47 \cdot 0{,}205 \cdot \frac{126 - 120}{0{,}004}\right)}{1000} = 14{,}452 \ [kW]$$

2.2.5 Možné další příčiny snížení účinnosti kotle

- neseřízené spalování zemního plynu (velký přebytek spalovacího vzduchu)
- znečištěné teplosměnné plochy kotlů
- nesprávně naměřené hodnoty CO_2 a t_{sp} (porucha analyzátoru, případně použitý analyzátor není seřízen pro tranzitní zemní plyn a nefunkční nebo nesprávně umístěný teploměr v odtahu spalin)

3. Účinnost surovinového a rektifikačního kotle

Účinnost plynového kotle je poměr výkonu spotřebiče P_{Vs}, P_{Vd} a příkonu spotřebiče P_{Ps}, P_{Pd} nebo poměr energie potřebné na ohřátí vsázky za jednu hodinu Q_{Vs}, Q_{Vd}, a příkonu za jednu hodinu dodanou kotli Q_{Ps}, Q_{Pd}:

$$\eta_s = \frac{Q_{Vs}}{Q_{Ps}}.100 = \frac{61677}{358700}.100 = 17{,}194 \ [\%], \ \eta_s = \frac{P_{Vs}}{P_{Ps}} \cdot 100 = \frac{17{,}132}{99{,}64} \cdot 100 = 17{,}193 \ [\%]$$

$$\eta_d = \frac{Q_{Vd}}{Q_{Pd}}.100 = \frac{15125}{179350} = 8{,}433 \ [\%], \ \eta_d = \frac{P_{Vd}}{P_{Pd}} \cdot 100 = \frac{4{,}201}{49{,}82} \cdot 100 = 8{,}432 \ [\%]$$

Nerovnost účinností energie a výkonu pro rektifikační a surovinový kotel má za následek zaokrouhlování při předchozím výpočtu.

3.1 Celková rekapitulace výkonů instalovaných kotlů

3.1.1 Pro surovinový kotel o objemu 250 l

Celkový výkon dodávaný hořákem pro surovinový kotel je P_{Ps}= 99,64 [kW]. Potřebný výkon dodaný kvasu pro jeho ohřátí na teplotu t_{2s}= 91,75 °C je podle výpočtů P_{Vs}= = 17,132 [kW]. Ztráta výkonu spalinami je P_{ks}= 10,287 [kW], ztráta výkonu vyzdívkou kotle P_{sts}= 1,463 [kW], ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči P_{sas}= 9,964 [kW] a ztráta výkonu únikem z pracovního prostoru P_{us}= 12,043 [kW]. Pokud tedy provedeme součet výkonů.

$$\sum P_s = P_{Vs} + P_{ks} + P_{sts} + P_{sas} + P_{us} = 17{,}132 + 10{,}287 + 1{,}463 + 9{,}964 + 12{,}043 = 50{,}889 \ [kW]$$

Tento výkon odečteme od celkového výkonu dodávaný hořákem a vyjde nám celková zbytková ztráta, která nám uniká ze surovinového kotle:

$$P_{Cs} = P_{Ps} - \sum P_s = 99{,}64 - 50{,}889 = 48{,}751 \ [kW]$$

3.1.2 Pro rektifikační kotel o objemu 120 l

Celkový výkon dodávaný hořákem pro rektifikační kotel je P_{Pd}= 49,82 [kW]. Podle výpočtů tak dostáváme potřebný výkon P_{Vd}= 4,201 [kW] dodaný lutru pro jeho ohřátí na teplotu t_{2d}= 85,5 °C. Ztráta výkonu spalinami je P_{kd}= 5,143 [kW], ztráta výkonu vyzdívkou kotle P_{std}= 0,863 [kW], ztráta výkonu akumulací tepla ve spotřebiči P_{sad}= 7,473 [kW] a ztráta výkonu únikem z pracovního prostoru P_{ud}= 14,452 [kW]. Pokud tedy provedeme součet výkonů.

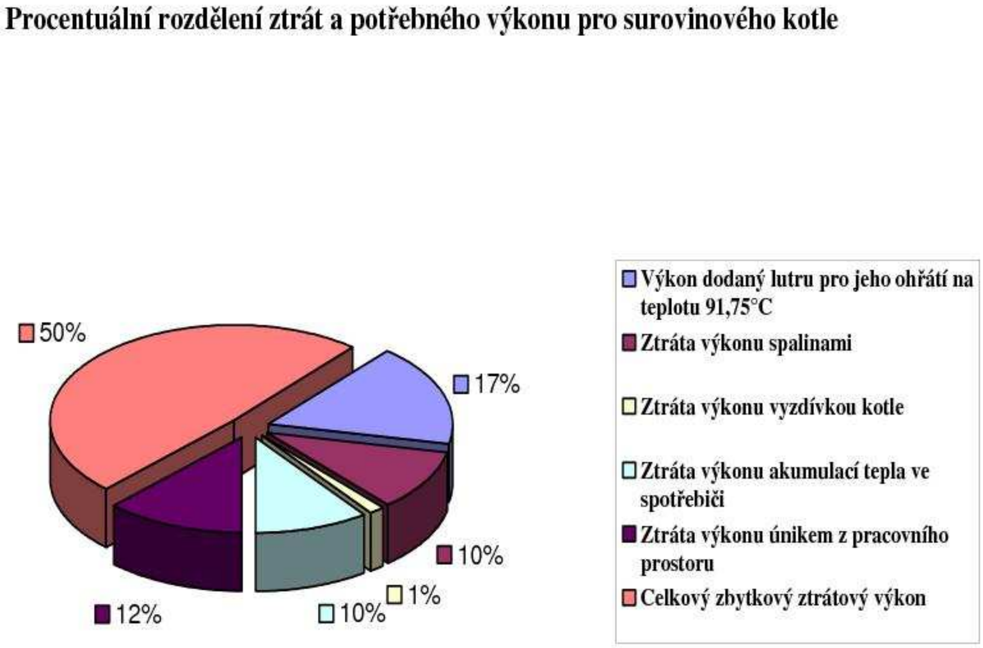
$$\sum P_d = P_{Vd} + P_{kd} + P_{std} + P_{sad} + P_{ud} = 4{,}201 + 5{,}143 + 0{,}863 + 7{,}473 + 14{,}452 = 32{,}132 \ [kW]$$

Tento výkon odečteme od celkového výkonu dodávaný hořákem. Vyjde nám celkový zbytkový ztrátový výkon, která nám uniká z rektifikačního kotle.

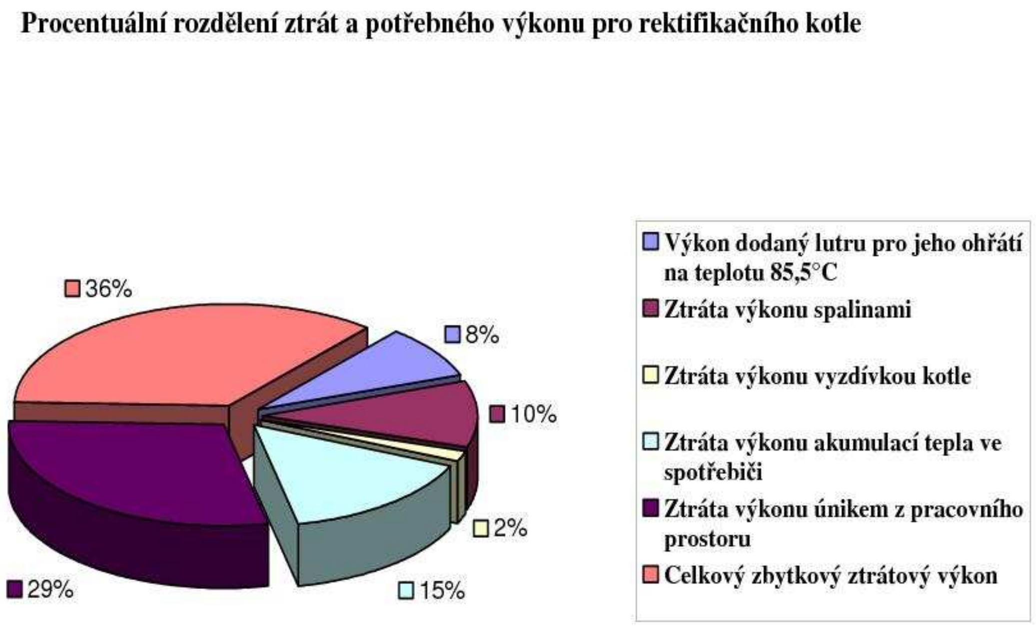
$$P_{Cd} = P_{Pd} - \sum P_d = 49{,}82 - 32{,}132 = 17{,}688 \ [kW]$$

3.2 Řešení vzniklého problému úniku tepla z instalovaných kotlů

Celkovou ztrátu výkonu u obou kotlů si můžeme představit jako únik tepla přes samotné víko kotle, klobouk a přestupnou trubku do chladiče a současně do této hodnoty patří i ztráty tepla netěsností vyzdívky nebo únikem (sáláním) ze spalovacího prostoru přes plechový kryt topeniště. Chtěl bych uvést pro lepší orientaci procentuální výkonové rozdělení ztrát surovinového a rektifikačního kotle (viz. Obr. 12,13).



Obr. 12- Procentuální výkonové rozdělení ztrát surovinového kotle



Obr. 13- Procentuální výkonové rozdělení ztrát rektifikačního kotle

Základním řešením snížení ztrát obou kotlů je odstranění usazené zplodiny hoření z teplosměnné plochy dna kotlů. Další možností snížení ztrát je použití spalin k předehřívání spalovacího vzduchu za pomoci rekuperátoru spalin vloženého do odtahového potrubí spalin. U plechových krytů topeništ' doporučuji jejich odizolování minerální vatou.

Největší ztráta (celkový zbytkový ztrátový výkon) však vzniká u prostupu tepla měděným víkem kotlů, klobouky a přestupnými trubkami do chladičů, a proto i zde bych doporučil izolaci celého zařízení minerální vatou a následným opláštěním nerezovým plechem a to z hygienických podmínek, které jsou potřebné dodržet u potravinářských provozů. Současně však tento způsob opláštění měděných kotlů esteticky znehodnotí kvalitu ruční práce měditepců.

Prvotně toto výrobní zařízení bylo dimenzováno bez izolačního opláštění. Pokud by však provozovatel uznal za vhodné přistoupit k celkové izolaci celého systému pálenice, bude nutné znovu prověřit a napočítat parametry jak surovinového tak i rektifikačního kotle. A to z důvodu koncentrace lihových par a jejich kondenzace nazpět do varné nádoby.

4. Racionalizace chodu a bezpečnosti míchadla

4.1 Důvod ochrany

Za současných provozních podmínek surovinového kotle dochází při nepozornosti obsluhy k připalování kvasů na teplosměnnou plochu dna kotle. Tento problém vzniká při prokluzu klínového řemene a následném zastavení míchadla.

Zastavení otáčení míchadla může být způsobeno např. peckou, která se dostane mezi dno kotle a stírací řetěz míchadla, nebo velkou hustotou kvasu. Proto byl provozovatelem zadán speciální požadavek na řešení tohoto problému.

4.2 Nové ovládání

Z důvodu míchání kvasů obsahujících pecky, které mohou uvíznout mezi spodní částí míchadla a dnem kotle, může dojít k poškození měděného dna kotle. Z tohoto důvodu je nutno zajistit, aby došlo ke zpětným otáčkám. V některých případech však může dojít i k zaseknutí míchadla při reverzních otáčkách. Pokud tato situace nastane, je třeba vypnout plynový hořák a tuto informaci předat obsluze, která zajistí příslušnou nápravu.

Po posouzení možnosti využití jiné aplikace a důkladném studiu zadané problematiky jsem zvolil zařízení Programmable Logic Computer - PLC, které dokáže řídit chod míchadla dle potřeby provozu.

Původní ovládání a jištění otáček bylo řešeno tepelným nadproudovým relé. K přenosu kroutícího momentu mezi šnekovou převodovkou a hnací hřídelí míchadla je použit klínový řemen. Toto řešení však bylo nedostatečné z důvodu prokluzu klínového řemenu, a tudíž nulovému nárůstu proudu na fázích L1, L2 a L3. Proto bylo navrhnuto řízení Programovatelným logickým relé (PLC) LRD12R D024 od firmy LOVATO Electric S.p.A. Kontrola otáček je zajištěna indukčním čidlem BES M08MI-NSC15B-BP03 od firmy Balluff GmbH.

Řídící program Lovato zajišťuje:

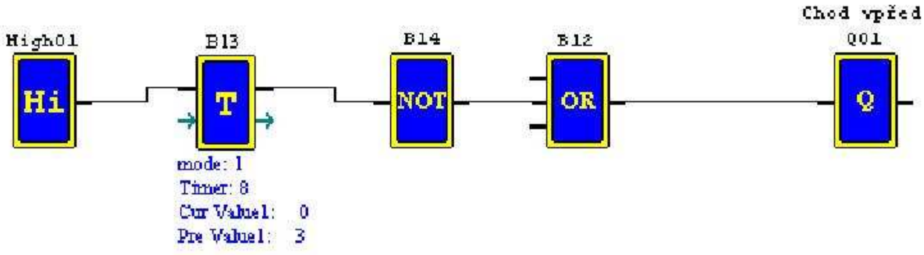
- Okamžitý start otáčení míchadla při prvním spuštění,
- Ochrana pomocí zpětného chodu míchadla
- Ochranu zpětných otáček míchadla
- Odpojení přívodu proudu pro řídící jednotku plynového hořáku
- Oznámení poruchy obsluze
- Ovládání pro pálení vykvašeného jablečného moštu

4.2.1 Podrobný popis řídícího programu pro LRD12R D024

K programování pomocí PC jsem použil software LRD SW a jeho programovací jazyk blokového diagramu (FBD). K přenesení programu mezi PC a programovatelným logickým relé jsem využil komunikační kabel s rozhraním RS 232.

Soubor bloků zajišťuje okamžitý start základního směru otáčení (dopředných otáček) při prvotním spuštění (viz. Obr. 14).

Blok High 01 (High status input) předává logickou jedničku bloku B13 (On delay timer mode 1), který před uplynutí 3 sekund uzavře větev mezi B13 a B14, čímž dojde v bloku B14 (NOT) k převrácené hodnotě. Následně se na bloku B12 a Q01 projeví logická jednička a dojde k sepnutí relé pro chod dopředných otáček.



Obr. 14 – Schéma prvotního spuštění dopředných otáček

Po uplynutí nastavené doby 3 sekund časovač B13 vyřadí blok B14 z činnosti programu. A nadále nemá tento soubor bloků na funkci programu vliv až do nového spuštění PLC.

Ochrana dopředných otáček míchadla je řešena blokem souborů (viz. Obr. č.15). Blokové schéma má za úkol hlídat otáčení míchadla za podpory indukčního čidla BES M08MI-NSC15B-BP03, které je propojeno přes svorkovnici PLC a ovládá blok IO1 (input).

Nejdůležitější hodnota pro řídící program je, jak dlouho trvá jedna otáčka míchadla za předpokladu, že otáčky motoru jsou N_m =1400 min^{-1} a převodový poměr šnekové převodovky je i = 60.

$$N_{mích} = \frac{N_m}{i} = \frac{1400}{60} = 23{,}33\overline{3} \ \ \text{min}^{-1}$$

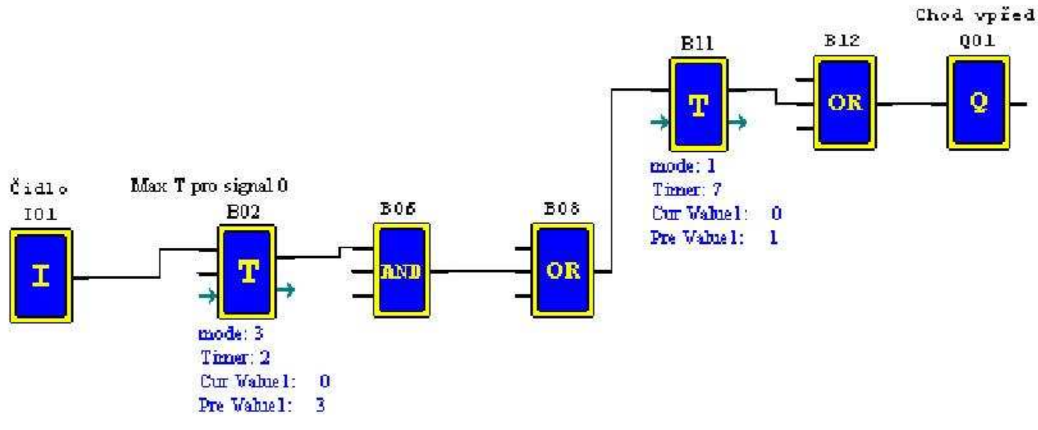
Celkově provede míchadlo N_{mich}= 23,333 min^{-1} dle uvedeného vzorce.

Dále je nutné vypočítat, jak dlouho trvá jedna otáčka míchadla T_m v sekundách, jedna minuta má 60 sekund.

$$T_m = \frac{60}{N_{mich}} = \frac{60}{23{,}33\overline{3}} = 2{,}571 \ \ s$$

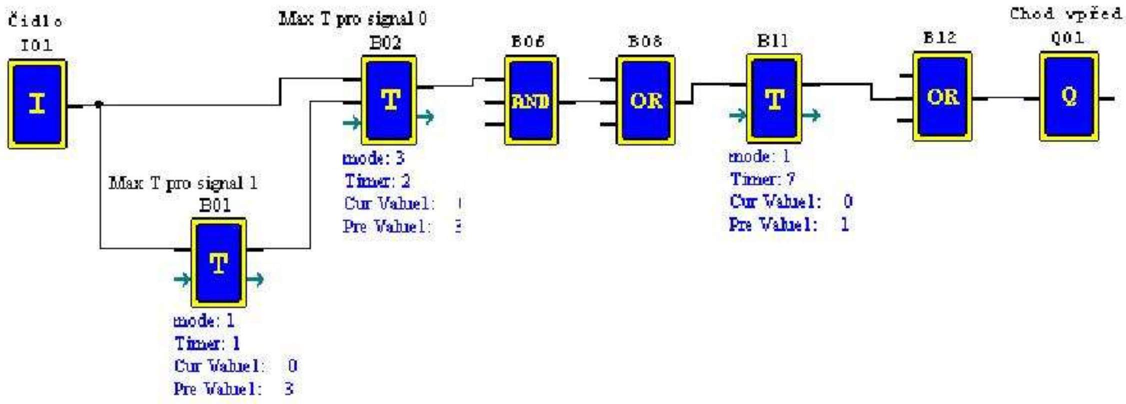
Z příslušného vzorce vychází, že jedna otáčka míchadla trvá 2,571 sekundy. V tomto případě jsem raději zvolil delší časovou základnu a to pro blok B02 v délce 3 sekund.

Časovač B02 (Off delay timer mode 1) vyčkává po dobu 3 sekund na další impuls od indukčního čidla. Pokud se tak nenastane, časovač B02 vypne větev k bloku B05 (And), B08 (OR) a časovač B11 ještě 1 sekundu předává impuls na blok Q01 dopředných otáček. Celková doba do vypnutí dopředných otáček jsou 4 sekundy.



Obr. 15 – Soubor bloků, který zajišťuje dopředné otáčky za předpokladu příchozího pulzu z čidla

Může však nastat situace, pokud se míchadlo zastaví v poloze, kdy indukční čidlo předává impuls bloku IO1. Tuto situaci řeší časovač B01 (On delay timer mode 1), který po 3 sekundách předá bloku B02 impuls na reset a blok B02 vypne větev k bloku B05 (And), B08 (OR) a časovač B11 ještě jednu sekundu podrží dopředné otáčky míchadla . Celková doba do vypnutí dopředných otáček jsou 4 sekundy.



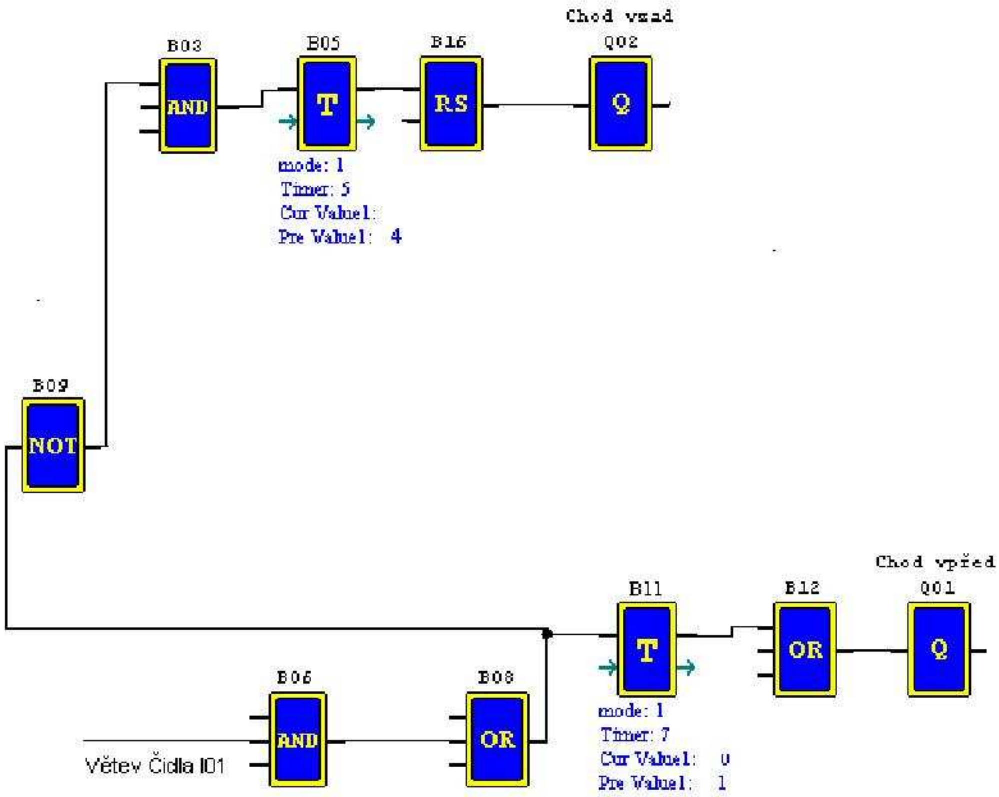
Obr. 16 – Soubor bloků, který odstraňuje závadu, pokud čidlo bude nepřetržitě předávat impuls bloku I01

Jestliže nastane zastavení míchadla v dopředných otáčkách, a to buď čidlo předává neustále impuls bloku I01, nebo po dobu 3 sekund čidlo nedodá impuls bloku I01. Navržený program se snaží vyčkávat přes blok B05 čtyři sekundy, pokud dostane puls od bloku B09 (NOT). Po uplynutí tohoto času tzn. 4 sekund dojde k sepnutí zpětných otáček.

Nastane-li situace, kdy čidlo předá impuls bloku I01, pak blok B09 nepředá puls časovači B05, a ten vypne chod vzad a současně časovač B11 pozdrží o jednu sekundu chod dopředných otáček tak, aby nedošlo k potkání fázi a poškození celkové elektroinstalace.

Dále je v programu vložena důležitá vazba mezi blokem B08, B17, B18, B16, Q02. Tato vazba zajišťuje na bloku B16 přerušení pulzu zpětných otáček. Pokud by zde tato vazba nebyla, dojde k poškození elektroinstalace. Chod zpětných otáček se neresetuje, po jedné vteřině na bloku B11 se sepne relé pro chod vpřed.

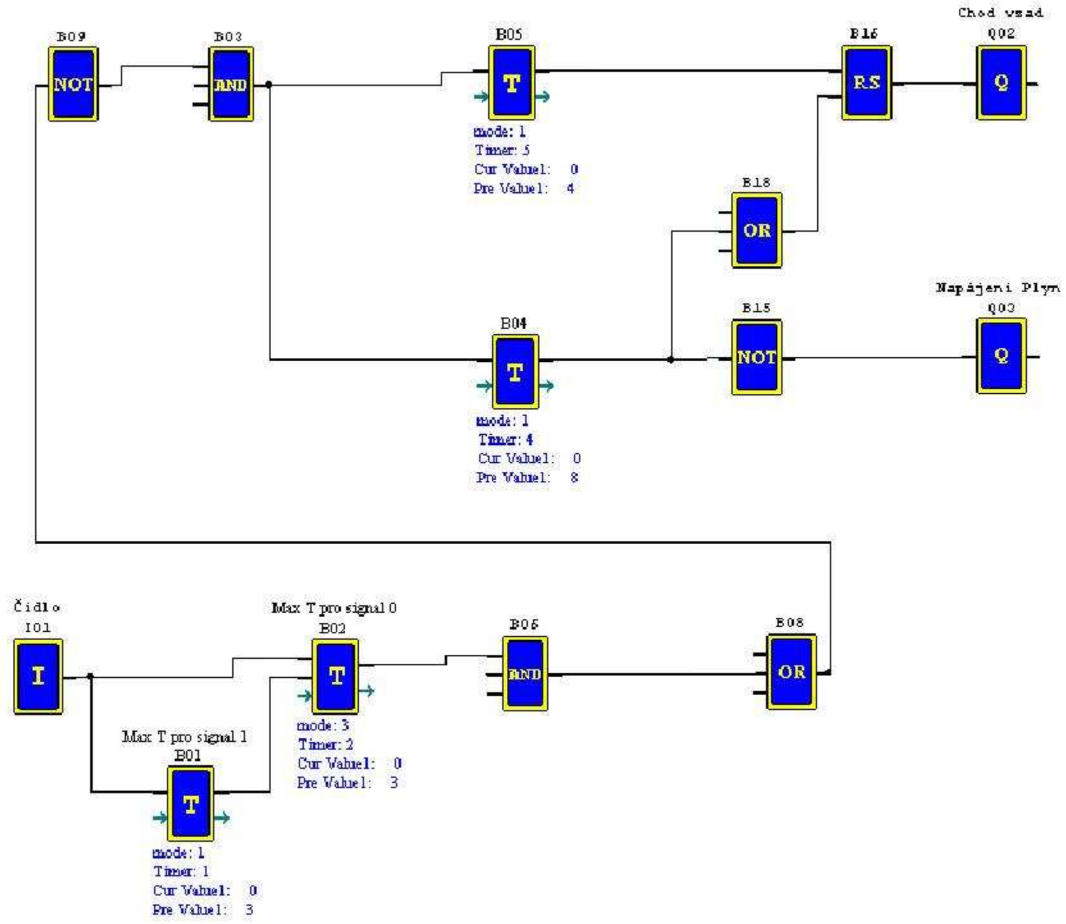
Celkový čas, kdy míchadlo nestírá plochu dna kotle a než dojde k reverzním otáčkám, činní 4 sekundy.



Obr. 17 – Soubor bloků, který zajišťuje spuštění zpětných otáček nebo dopředných otáček

Jestliže se však nepodaří ani při zpětných otáčkách předat impuls od indukčního čidla, časovač B04 po 8 sekundách předá puls na blok B15 (NOT) a B18 (OR). Za této situace blok B15 vypne blok Q03, což je ovládací relé napájení plynového hořáku.

Současně blok B04 předává puls na blok B18, který dále puls předá na blok B15(RESET), čímž dojde k vypnutí zpětných otáček. Nevýhodou souborů bloků (viz. Obr.17) je reverzace otáček do doby, než dojde k předání pulsu na blok B15, a tímto k odstavení reverzních otáček. Celková doba do vypnutí reverzních otáček je v současném programu nastavena na 4 sekundy.

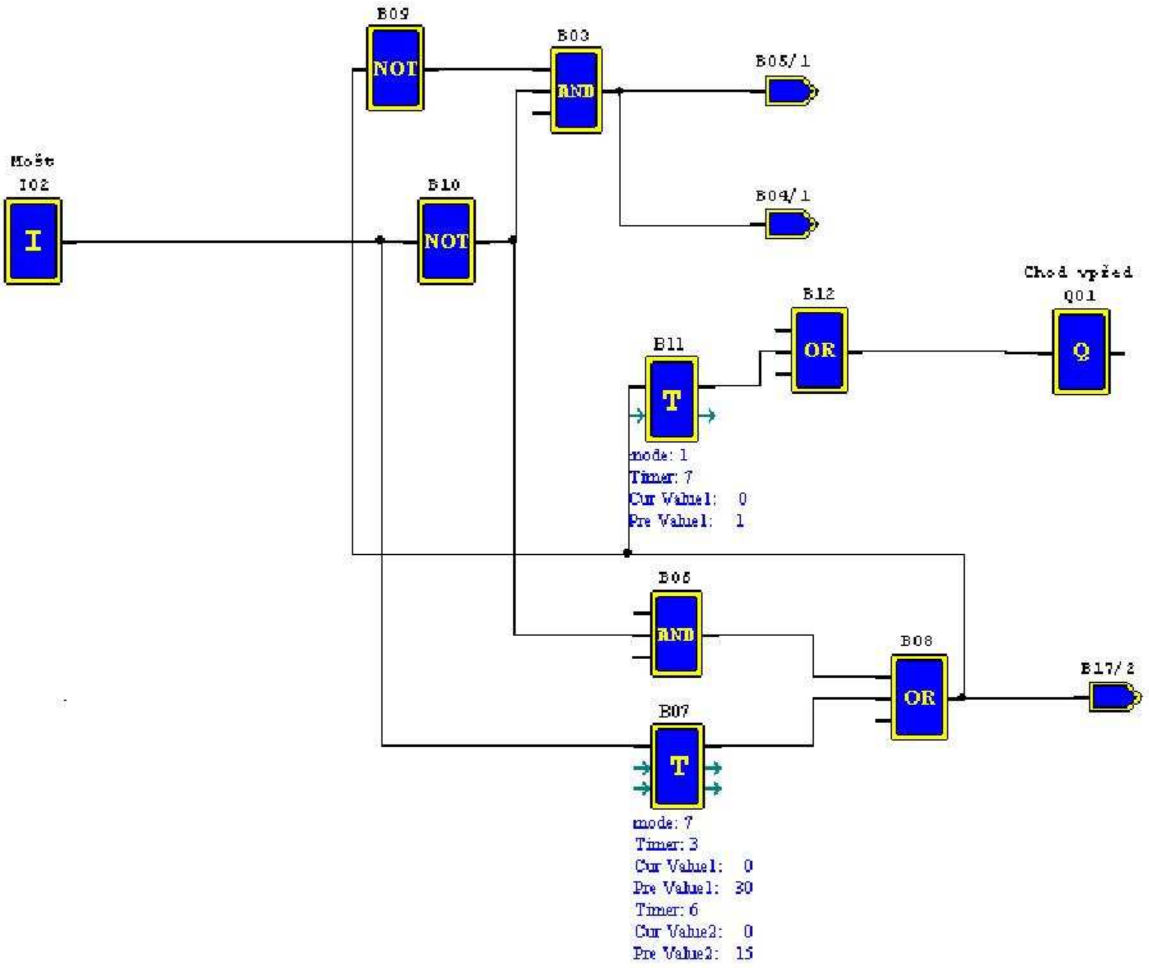


Obr. 18 – Soubor bloků pro zajištění odpojení napájení plynového hořáku

Nedílnou součástí ovládání míchadla je soubor bloků pro míchání kvasu z moštu. Jestliže má obsluha v plánu destilovat např. vkvašený jablečný mošt, zapne vypínač do polohy ON. Vypínač je nainstalován na povrchu rozvaděče. Samotný vypínač je zapojen na vstup I02. V samotném programu dojde od bloku I02 puls na časovač B07, který je nastaven pro cyklické otáčení míchadla. Doba pro dopředné otáčky je nastavena na 30 sekund a doba klidu míchadla je stanovena na 15 minut.

Program přes blok B07 pustí puls po dobu 30 sekund. Puls v bloku B11 spustí dopředné otáčky. Blok B09 převrátí logickou jedničku na nulu a blok B03 nepředá puls na větev zpětných otáček.

Po uplynutí třiceti sekundového intervalu časovač B07 nepředává puls na časovač B11, čímž je vyřazen dopředný chod míchadla. Blok B09 taktéž nedostane puls, ale blok převrátí na puls mezi B03. V této situaci muže dojít k průchodu pulzu na reverzní otáčky, ale tomuto zabraňuje blok B10, který na blok B03 nedodává impuls. Tímto blok B03 (AND) dostává pulz pouze od jednoho z bloků a nesmí pustit puls dále na reverzní otáčky.



Obr. 19 – Blokové schéma programu pro pálení moštu

4.2.2 Optimální nastavení časovačů pro provozní podmínky pěstitelské palírny

Jak jsem již zmínil výše, v celém programu jde nastavit mnohem kratší časy pro použité časovače, ale je třeba si uvědomit veškeré individuality, které mohou nastat.

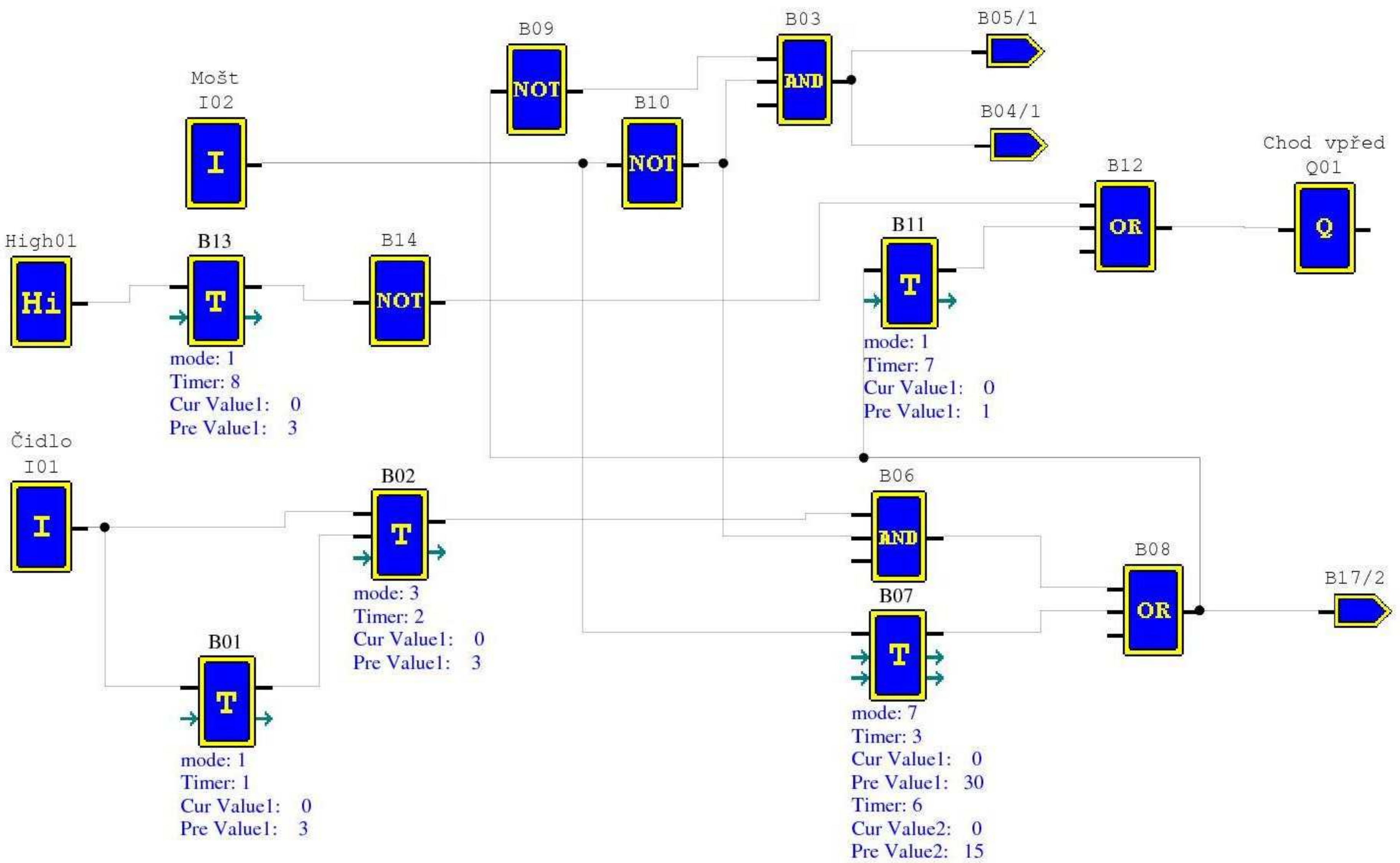
Minimální hodnota pro časovač B02 by měla být nastavena minimálně na hodnotě tří sekund i přesto, že jedna otáčka trvá 2,571 sekundy. Pokud obsluha dostatečně nenaředí hustý kvas, může docházet k prokluzu řemenu a přepnutí na zpětné otáčky.

Časovač B01 a jeho reakce na příslušnou chybu může být nastavena na minimálně 1 sekundu. Vyšší hodnoty pro tento časovač prodlužují čas do vypnutí bloku Q03, jehož výstupem je relé pro napájení plynu. Blok B01 také prodlužuje čas potřebný pro spuštění reverzních otáček.

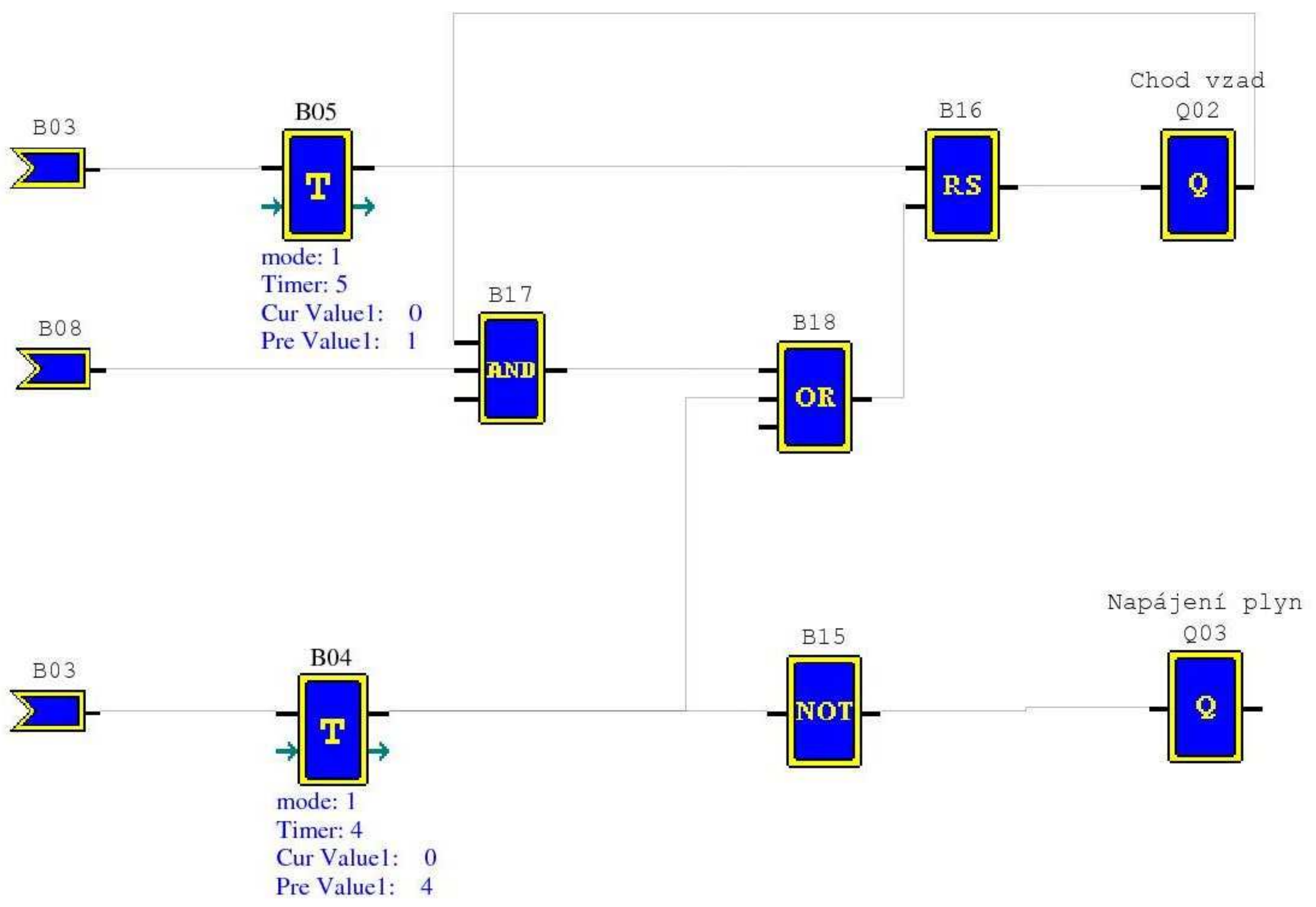
Časovač B05, B11 slouží k ochraně relé dopředných a zpětných otáček, pro oba časovače doporučuji minimální čas jedné sekundy.

U bloku B04 je minimální čas podřízen délkou nastaveného času na bloku B05 a samotnou dobou, po kterou trvá jedna otáčka míchadla. Proto bych minimální hodnotu tohoto časovače volil 5 sekund.

Poslední časovač řídící pálení moštu je nastaven optimálně pro provoz palírny. Veškeré časy, které jsou současně nastavené v provozu a uvedené (viz. Obr. 20 a 21)jsou dostačující a obsluze vyhovující.



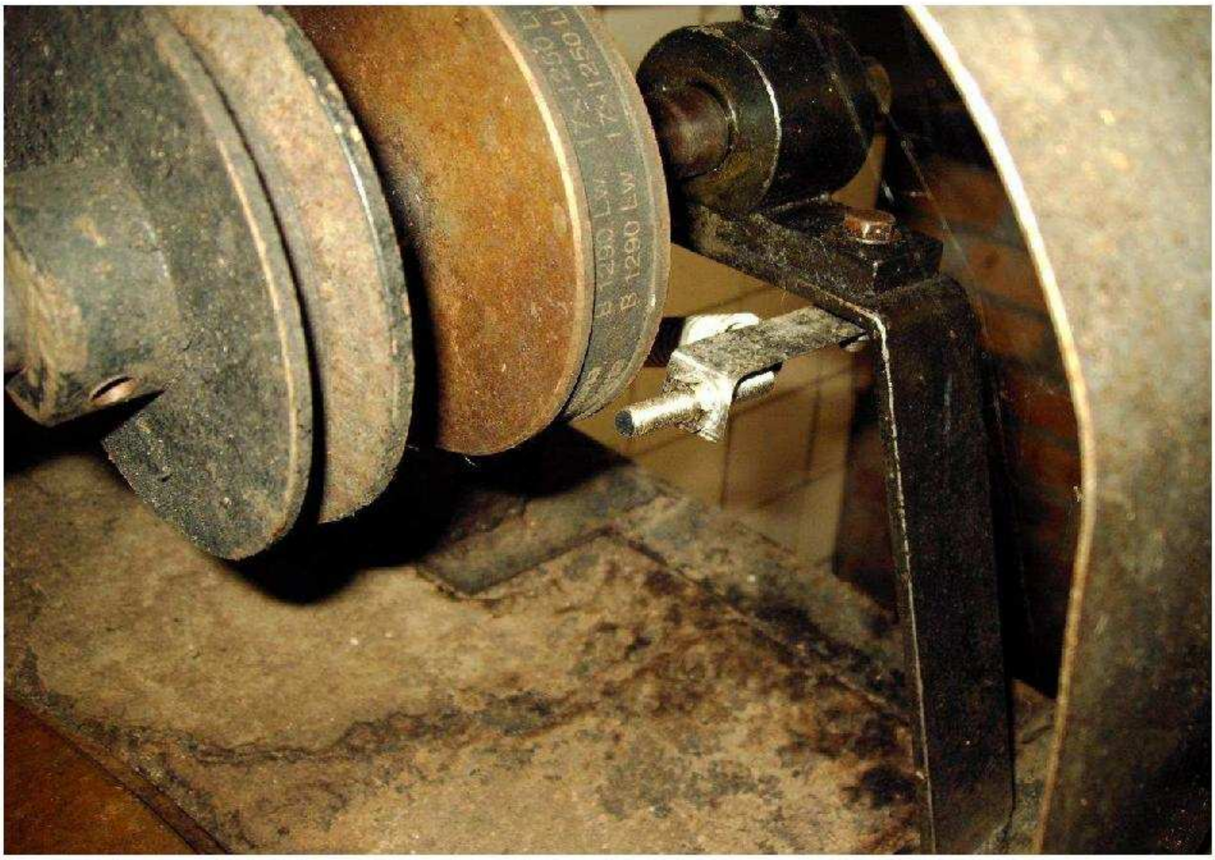
Title:	Blokové schéma programu pro ovládání míchadla	Version:	1.0
Company Name:	APROS Group s.r.o.	Date:	2011
Programmer:	Ficenz Jakub	Page:	1
Remark:			



Title:	Blokové schéma programu pro ovládání míchadla	Version:	1.0
Company Name:	APROS Group s.r.o.	Date:	2011
Programmer:	Ficenz Jakub	Page:	2
Remark:			

4.2.3 Podrobný popis nainstalované nové technologie ovládání

Indukční čidlo je přichyceno na třmenu kluzného ložiska míchadla a snímací položka je kolmo k řemenici. Na řemenici byl navařen plíšek tak, aby indukční čidlo předávalo impuls za otáčku řídícímu PLC. Mezi čelem snímače a kolmo navařenou ploškou musí být zajištěna maximální vzdálenost 1,5 milimetru.

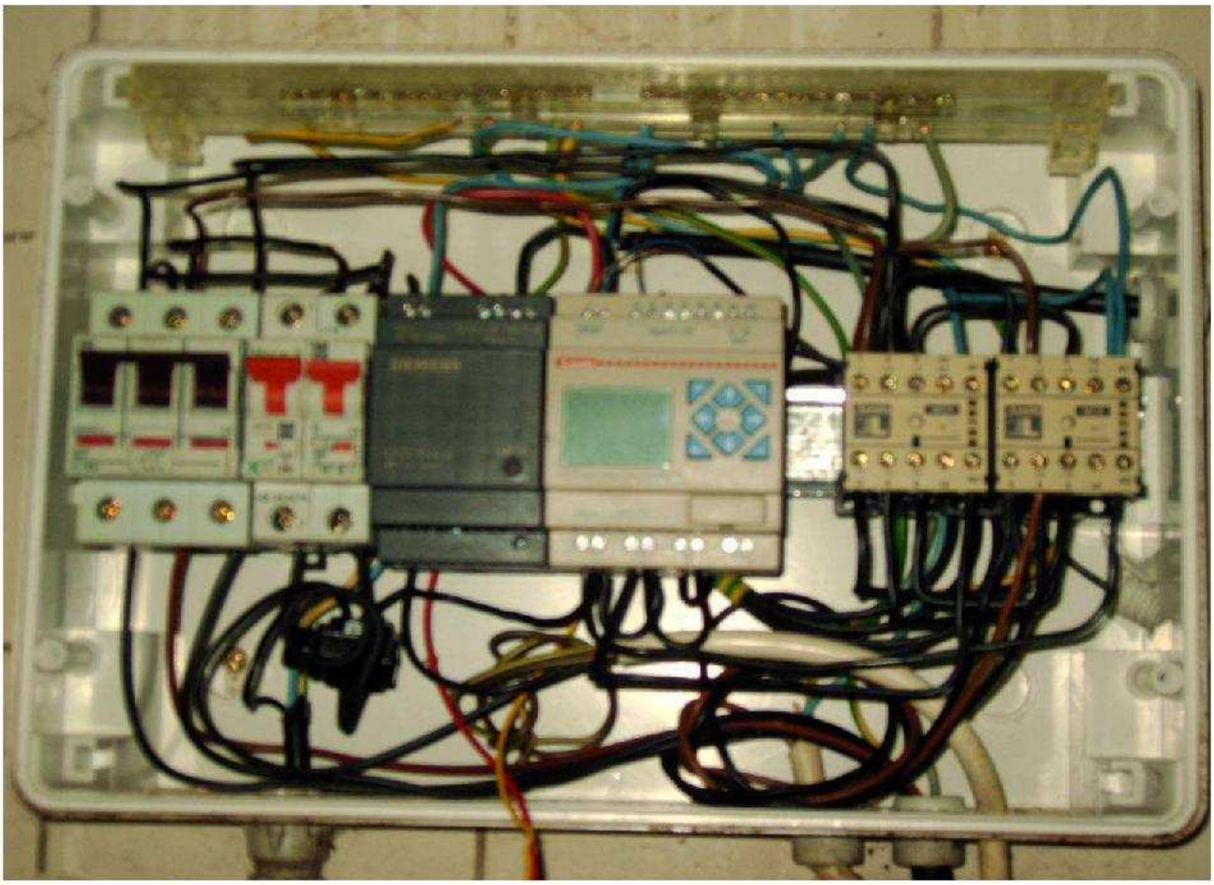


Obr. 22 – Uchycení indukčního čidla k hnacímu pohonu míchadla

V rozváděčové skříní (viz. Obr. 23) je popisováno zleva doprava. Byl zde nainstalován hlavní třífázový jistič SX-40/3 s proudovou zatížitelností 40A, který má možnost obsluha vyřadit nouzovým vypínačem od firmy Elektropřístroj. Druhý jistič v pořadí je samotné jištění napájecího zdroje řídícího PLC, označení jednofázového jističe je PL7-B10/1 s proudovou zatížitelností 10A. Do obvodu mezi jištěním a napájecím zdrojem PLC je vloženo stop tlačítko. Třetí jistič v pořadí L7-6/1/B-CZ s proudovou zatížitelností 6A. Zajišťuje ochranu výstupních kontaktů PLC Q01, Q02, Q03, dále jistí cívky relé pro dopředný a zpětný chod Lovato MC9 a kompletní elektroniku pro ovládání plynového hořáku včetně solenoidových ventilů.

Spínaný napájecí zdroj SIEMENS LOGO!POWER 24VDC/1,3A napájí programovatelné PLC, tak i indukční čidlo BES M08MI-NSC15B-BP03 stejnosměrným proudem s maximálním proudovým zatížením 1,3A.

Propojovací kabeláž ve výkonové části celého systému řízení byla použita s průřezem vodiče 2,5mm^2 . Pro samotné napájení PLC byl použit flexibilní kabel o průřezu vodiče 1,5mm^2 .



Obr. 23 – Nové elektrické zapojení pohonu míchadla za pomoci PLC

Indukční čidlo BES M08MI-NSC15B-BP03 je v provedení přechodu NPN se spínací funkcí. Rozměr čidla M8x1, materiál pouzdra CuZn-poniklovaný. Jmenovité pracovní napětí 24 VDC avšak čidlo může být napájeno v rozsahu 12 – 30 VDC. Jmenovitý pracovní proud čidla je 100mA. Provozní teplota okolí je v rozmezí -25 až +70°C. Čidlo disponuje indikací funkce, vestavěna LED dioda u vývodu kabeláže. Součástí čidla je kabel v délce pěti metrů v třívodičovém provedení s průřezem 0,14 mm^2, obalený PVC izolací. Krytí dle normy IEC 60529 je IP 67, třída ochrany 0.

Programovatelné logické relé (PLC) LRD12R D024 a jeho obecná charakteristika.

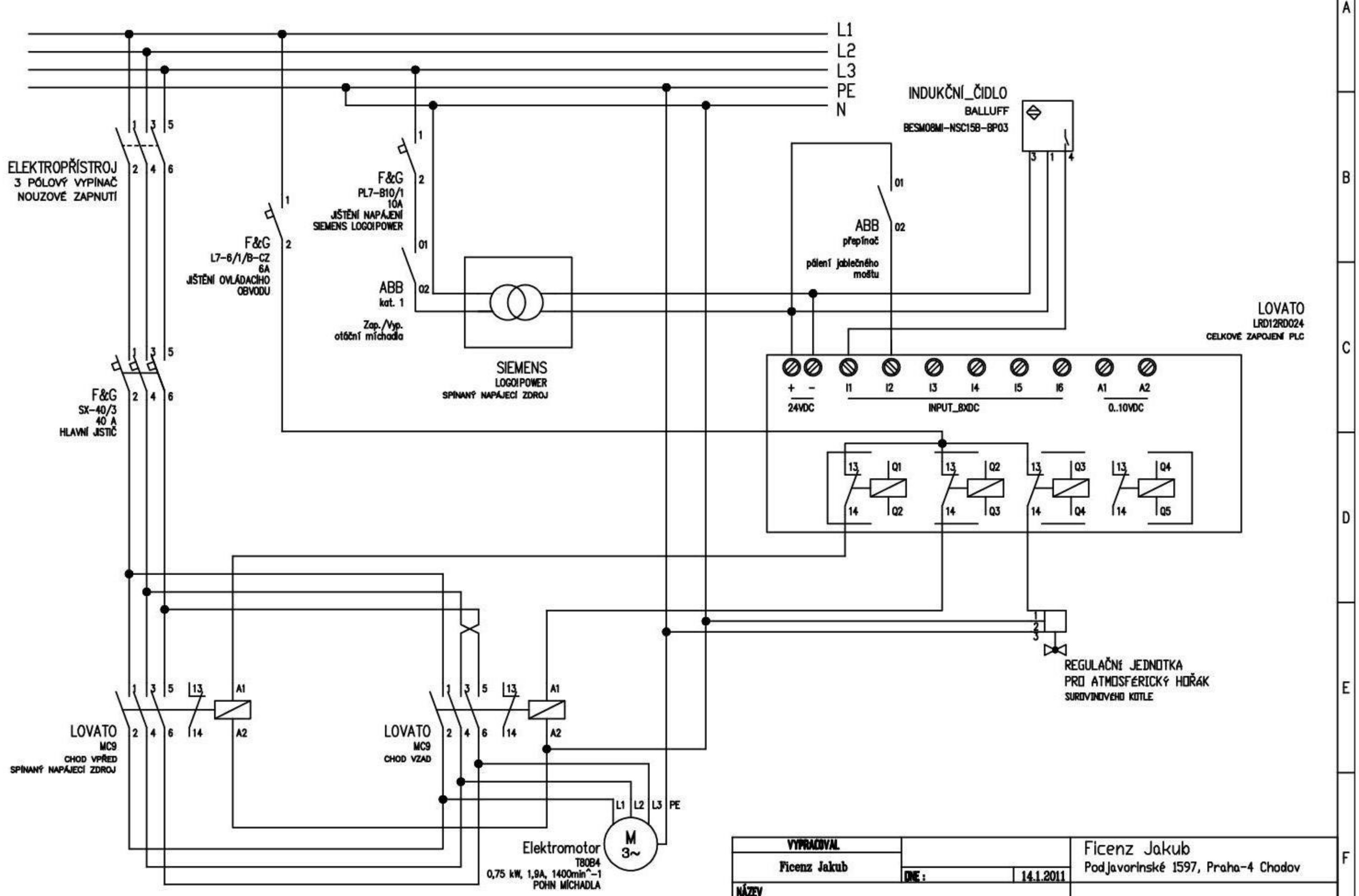
- Možnost čtyř rozšiřujících modulů se 4 Vstupy / 4 Výstupy
- Hodiny reálného času (RTC)
- Sériové rozhraní RS232 pro propojení s PC
- Čtyř řádkový podsvícený displej (každá řádka má 12 znaků)
- Programování: Ladder (liniové schéma – maximálně 200 řad) nebo FBD (maximálně 99 bloků)
- Programování přímo na klávesnici programovatelné jednotky nebo pomocí PC

Technické a provozní parametry programovatelného logického relé.

- Zatížitelnost Reléových výstupů je 8A pro napájení AC i DC
- Analogové vstupy: 0–10V pro napájení DC
- Čas vzorkování: 5–20ms (LADDER) a 2–10ms (FDB)
- Instalační provedení pro montáž na DIN lištu 35mm (ČSN/EN 60715) nebo pro upevnění pomocí šroubů (M4x15mm)
- Napájecí napětí 24VDC a proudový odběr 150 mA
- Hlavičkové Svorky
- Stupeň krytí IP20

Programování logického relé je mimořádně jednoduché a je možné kdykoli upravit program podle potřeby. Jednotka může být nastavena nebo přeprogramována tak, aby vyhovovala novým požadavkům. Programování je uživatelsky intuitivní. Programovat lze přímo na klávesnici logického relé nebo pomocí softwaru na počítači. K programování jednotky slouží 8 kláves. Klávesy též slouží k ovládání a kontrolování digitálních vstupů a stavu výstupů, analogových vstupních hodnot, zadání času a data, tak i pracovního stavu relé. Programovací sekvence se zobrazuje na 4 řádkovém displeji (každá řádka disponuje dvanácti znaky).

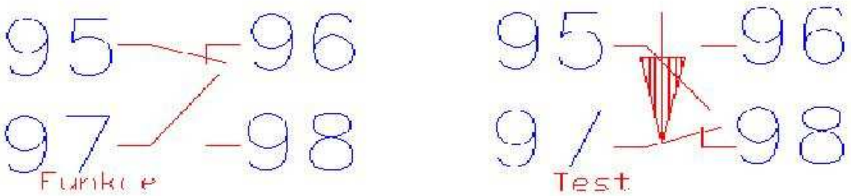
K programování pomocí PC slouží software LRD SW a jeho dva programovací jazyky, Liniové schéma (LADDER) nebo funkční blokový diagram (FBD).
Software LRD SW též umožňuje provést simulaci programu ještě před uvedením do provozu.



VYPRACOVAL		Ficenz Jakub
Ficenz Jakub	DNE: 14.1.2011	Podjavorinské 1597, Praha-4 Chodov
NÁZEV: NOVÉ ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ MÍCHADLA		Strana 47

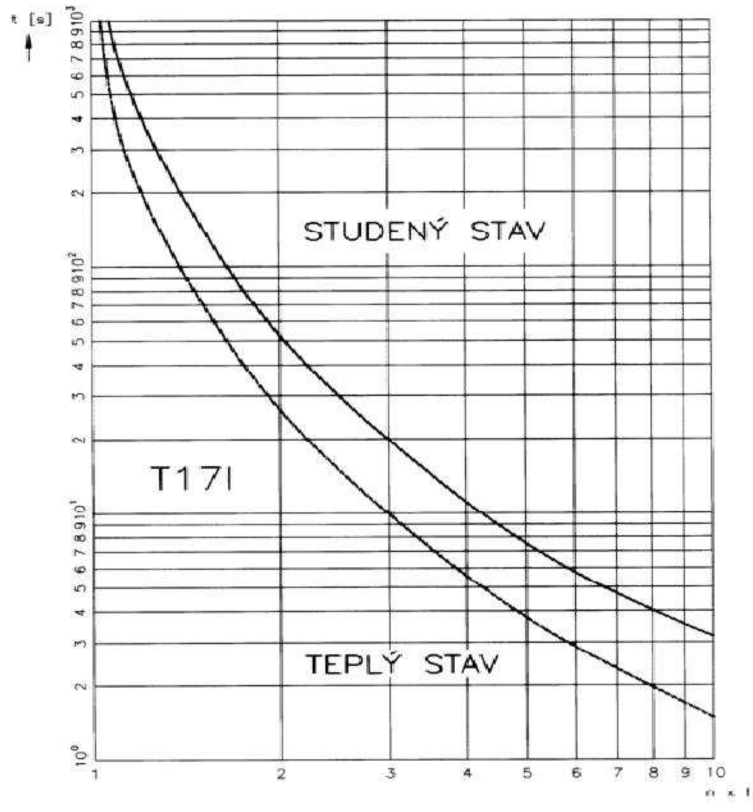
4.3 Podrobný popis původního ovládání míchadla

Kompletní ovládací reléový blok byl jištěn třífázovým jističem SX-40/3 40A. Před tento jistič je zařazen třípólový vypínač pro nouzové vypnutí. Zapnutí dopředných otáček míchadla bylo zajištěno vypínačem kat.1. Po sepnutí vypínače kat.1 došlo na tepelném nadproudovém relé T17I (TNR) k napájení kontaktů 95 a 97. Na obrázku je zobrazeno, jaká je poloha kontaktů v nadproudovém relé T17I.



Obr. 25 – Poloha kontaktů nadproudového relé v klidovém stavu

V bezporuchovém stavu je sepnut kontakt 96, který napájí relé Lovato MC9 pro dopředný chod.



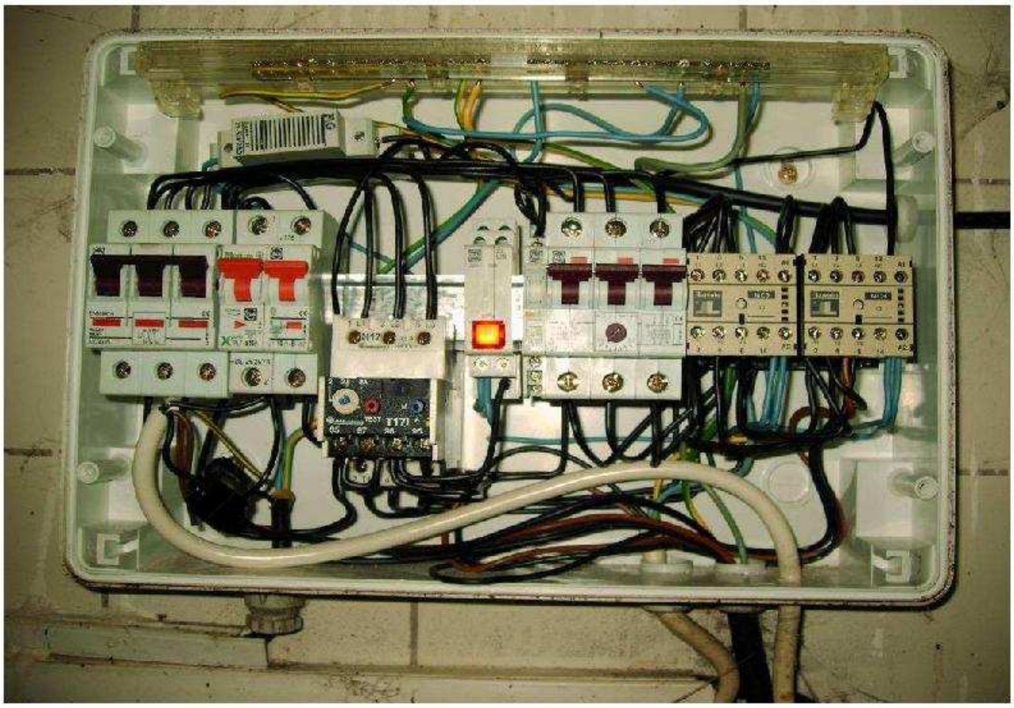
Obr. 26 – Vypínací charakteristika nepřímého tepelného nadproudového relé

Pokud dojde k nárůstu proudu nad 1,5A, tato hodnota je nastavena na nepřímém tepelném nadproudovém relé při dopředných otáčkách, a současně je TNR nastaven v poloze A (automat). Na TNR dojde k přepnutí na kontakt 98. Ten rozsvítí kontrolku pro zpětný chod. Současně přes pomocné relé Z7-NHK, pokud je sepnut kontakt 14, dojde k otáčení zpětných otáček za pomoci relé Lovato MC9. Zpětné otáčení trvá tak dlouho, dokud tepelné nadproudové relé nepřepne podle vypínací charakteristiky uvedené (viz. Obr. 26). V přiloženém grafu jsou vidět vypínací charakteristiky TNR pro třídu do 10A.

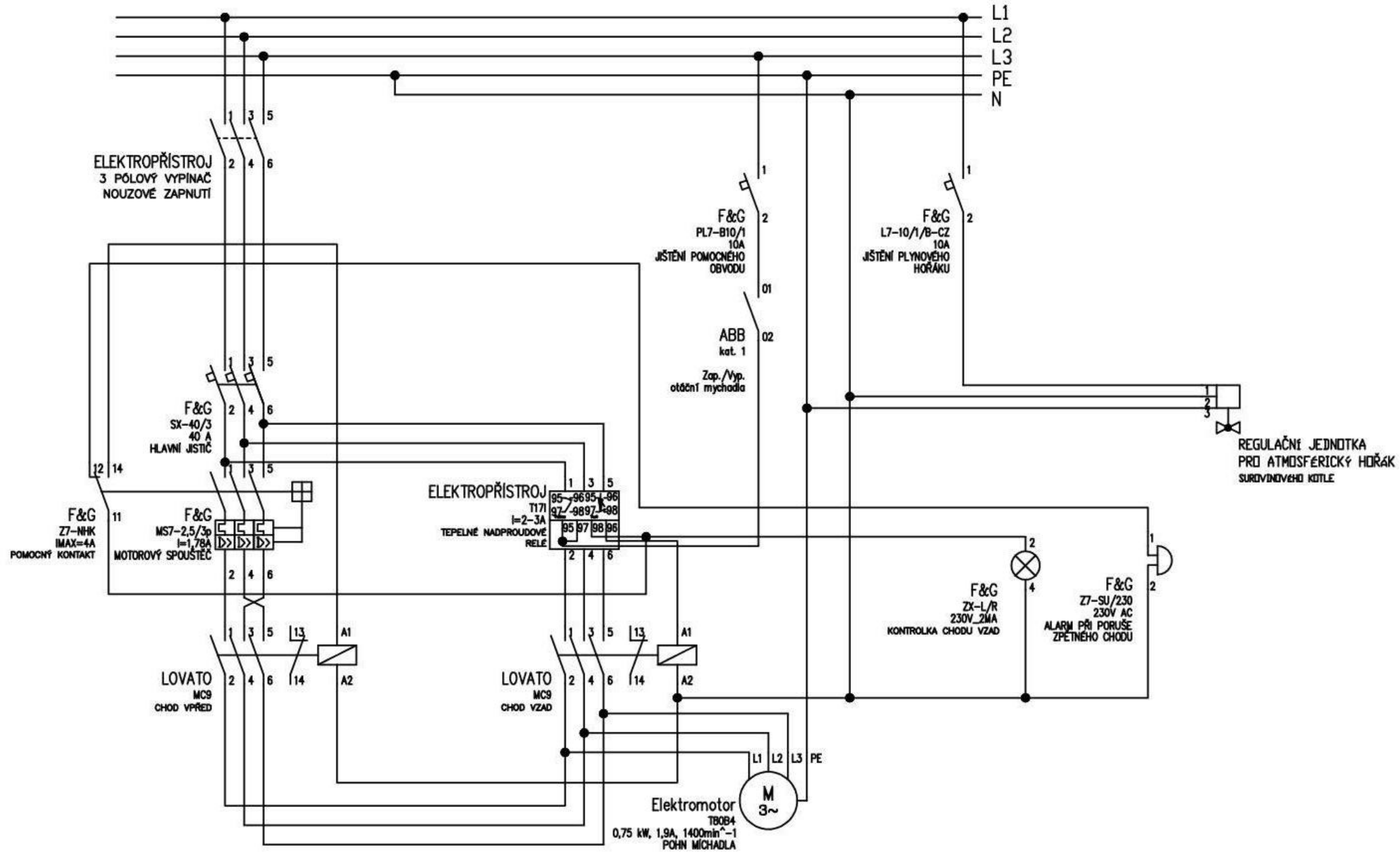
Jestliže zrovna není přítomna obsluha, může dojít k situaci, že i při zpětných otáčkách opět dojde k zastavení míchadla. Pak dojde k nárůstu proudu na jedné z fází nad 1,78 A a motorový spouštěč MS7-2,5/3p spolu z pomocným kontaktem vypne. Pomocný kontakt rozepne na svorku 12, která spustí akustický signál oznamující poruchu při zpětných otáčkách. Obsluha musí při této závadě znovu zapnout motorový spouštěč MS7-2,5/3p.

Tento systém však neřešil odpojení plynového hořáku od napájení nebo uzavření přívodu plynu přes solenoidové ventily.

Celková ochrana proti připalování kvasů selhávala z důvodu prokluzu klínového řemenu na řemenicích pohonu míchadla.



Obr. 27 – Původní osazení rozvaděče



VYPRACOVAL		Ficenz Jakub
Ficenz Jakub	DNE: 14.1.2011	Podjavorinské 1597, Praha-4 Chodov
NÁZEV PŮVODNÍ ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ MÍCHADLA		Strana 50

5. Závěr

Předkládaná diplomová práce je tématicky zaměřena na vyhodnocení spotřeby plynového vytápění a regulaci otáček míchadla v pěstitelské pálenici Radlík. V jedné části je zaměřena na problematiku spotřeby plynu a možnosti snížení spotřeby plynu. V další části diplomové práce je provedena racionalizace chodu míchadla a tím zajištění plynulé výroby pálenky. Způsob provozu pěstitelské pálenice ovlivňuje spotřebu plynu. Na základě provedených analýz a výpočtů příkonů, výkonů, spotřeb spalovacího vzduchu, množství spalin a ztrát, které ovlivňují spotřebu plynu, byla navržena zadavateli opatření pro úsporu spotřeby plynu. Jedná se o utěsnění a odizolování pracovních prostorů plynových spotřebičů. Obnova spárování šamotových cihel. Zaizolování měděných vík kotlů, klobouků a přestupných potrubí do chladičů. Odstranění usazenin ze dna kotlů vzniklých při spalování zemního plynu. Samostatnou úsporu plynu by přinesla realizace rekuperátoru umístěného na odvodu spalin z kotlů. Získané teplo by sloužilo k vytápění vnitřního prostoru pálenice. Navržená opatření budou postupně realizována. Současně však kromě opatření která budou aplikována do provozu pálenice je třeba zregulovat příkon plynových hořáku tak aby nedocházelo k poškození výrobní technologie pěstitelské pálenice. Hlavním předmětem řešení diplomové práce je racionalizace chodu míchadla pro rektifikační kotel. Byl navržen a realizován nový způsob ovládání a chodu otáček míchadla a byly také provedeny úpravy dle potřeby zadavatele tak, aby celý výrobní proces pálenky byl kontinuální a nedocházelo k prostojům zařízení. V diplomové práci je uveden navržený ovládací program a celkové elektrické zapojení s podporou ovládacího Programmable Logic Computer. Chtěl bych jenom připomenout že tento program pro ovládání míchadla není jediný možný, a lze lehce programově nahradit. Navržený způsob ovládání míchadla a chodu otáčení míchadla byl realizován a v provozu se osvědčil.

6. Seznam použité literatury

[1] Plancom s.r.o. *Projekt stavby větrání kotelny*. Praha, 2003-04.

[2] Plancom s.r.o. *Projekt stavby NTL Plynovod*. Praha, 2003-04.

[3] ÚVP Brno s.r.o. *Místní provozní řád. Brno*, 2003-11.

Technické normy:

[4] *ČSN EN 746-1. Průmyslová tepelná zařízení - Část 1: Všeobecné bezpečnostní požadavky na průmyslová tepelná zařízení = Industrial thermoprocessing equipment - Part 1: Common safety requirements for industrial thermoprocessing equipment*. 2010-04-01.

[5] *ČSN EN 746-2. Průmyslová tepelná zařízení – Část 2: Bezpečnostní požadavky na zařízení ke spalování a manipulaci s palivy = Industrial thermoprocessing equipment - Part 2: Safety requirements for combustion and fuel handling systéme*. 2011-04-01.

[6] *ČSN 07 58 20. Ventily s elektrickým ovládáním pro plynná paliva. Technické požadavky. Zkoušení = Valves for fluent fuels with electrical control. Technical requirements. Testing.* 1994-04-01.

[7] *ČSN EN 14459 (ČSN 06 1807). Řídicí funkce v elektronických systémech hořáků a spotřebičů plynných paliv - Metody pro třídění a hodnocení = Control functions in electronic systems for gas burners and gas burning appliances - Methods for classification and assessment*. 2008-06-01.

Knihy :

[8] PETRLÍK, Jiří. *Odběrná plynová zařízení*. 1. vydání. Praha: GAS, 1997. 123 s. ISBN 80-902339-3-7.

[9] FÍK, Josef. *Zemní plyn*. 1. vydání. Praha: Agentura ČSTZ, 2006. 332 s. ISBN 80-86028-22-4.

[10] DYR, Josef, DYR, E. Jan. *Výroba slivovice a jiných pálenek*. 4. vydání, doplněné. Praha: MAXDORF s.r.o., 1996. 162 s. ISBN 80-85800-80-2.

[11] NOVÁK, Rudolf, NOVÁKOVÁ, Danuše. *Základy měření a zpracování dat*. 1. vydání, dotisk. Praha, ČVUT, 1999. 112 s. ISBN 80-01-01825-3.

[12] LIBRA, Martin, ČERNÝ, František, VACEK, Václav. *Laboratorní cvičení z fyziky I*. 1. vydání, dotisk. Praha: ČVUT, 1998. 110 s. ISBN 80-01-01737-0.

[13] EXNER, Petr, et al. *Lihovarnická příručka*. Praha: Agrospoj, 1998. 217 s.

Internetové zdroje:

[14] Pěstitelská pálenice Jílové – Radlík. Dostupné z: http://www.palenicejilove.cz.

[15] České technické normy. Dostupné z: http://www.normy.cz.

[16] Pěstitelská pálenice. aktuální nabídka a informace.
Dostupné z: http://palirna.blogspot.com.

7. Seznam grafických příloh

Seznam obrázků a schémat

Obr. 1 – Pálenice Radlík ... 11
Obr. 2 – Předehřívací nádrž pro kvas ... 13
Obr. 3 – Surovinový kotel ... 14
Obr. 4 – Chladič prvního pálení s epruvetou ... 15
Obr. 5 – Měděné sběrné nádrže s přívodním a odvodním potrubím ... 16
Obr. 6 – Rektifikační kotel s kloboukem ... 17
Obr. 7 – Chladič druhého pálení s epruvetou ... 18
Obr. 8 – Měřidlo ZEHR a shromažďovací nádrž ... 19
Obr. 9 – ZEHR a číselník proteklé pálenky ... 20
Obr. 10 – Filtrační zařízení ... 21
Obr. 11 – Ztráty výkonů ... 26
Obr. 12- Procentuální výkonové rozdělení ztrát surovinového kotle ... 32
Obr. 13- Procentuální výkonové rozdělení ztrát rektifikačního kotle ... 33
Obr. 14 – Schéma prvotního spuštění dopředných otáček ... 35
Obr. 15 – Soubor bloků, který zajišťuje dopředné otáčky za předpokladu příchozího pulzu z čidla ... 36
Obr. 16 – Soubor bloků, který odstraňuje závadu, pokud čidlo bude nepřetržitě předávat impuls bloku I01 ... 37
Obr. 17 – Soubor bloků, který zajišťuje spuštění zpětných otáček nebo dopředných otáček ... 38
Obr. 18 – Soubor bloků pro zajištění odpojení napájení plynového hořáku ... 39
Obr. 19 – Blokové schéma programu pro pálení moštu ... 40
Obr. 20 – Blokové schéma programu pro ovládání míchadla 1 ... 42
Obr. 21 – Blokové schéma programu pro ovládání míchadla 2 ... 43
Obr. 22 – Uchycení indukčního čidla k hnacímu pohonu míchadla ... 44
Obr. 23 – Nové elektrické zapojení pohonu míchadla za pomoci PLC ... 45
Obr. 24 – Nové elektrické zapojení míchadla ... 47
Obr. 25 – Poloha kontaktů nadproudového relé v klidovém stavu ... 48
Obr. 26 – Vypínací charakteristika nepřímého tepelného nadproudového relé ... 48
Obr. 27 – Původní osazení rozvaděče ... 49

Obr. 28 – Původní elektrické zapojení míchadla 50

Seznam tabulek

Tab. 1 – Technické parametry hořáků surovinového a rektifikačního kotle 22
Tab. 2 – Parametry tranzitního plynu.. 23