

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

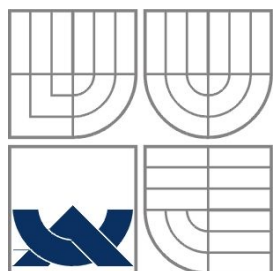
ŘÍDICÍ SYSTÉM ODPRÁŠENÍ OBLOUKOVÝCH PECÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

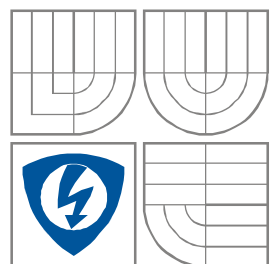
Bc. Ondřej Blažek

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ŘÍDICÍ SYSTÉM ODPRÁŠENÍ OBLOUKOVÝCH TAVÍCÍCH PECÍ

CONSTROL SYSTEM DEDUSTING ARC MELTING FURNACES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

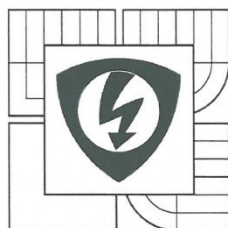
Bc. Ondřej Blažek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Huták, Ph.D.

BRNO, 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Bc. Ondřej Blažek

Ročník: 2

ID: 98130

Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém odprášení obloukových tavicích pecí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte koncepci řídicího systému (silové obvody, komunikace, zvolené komponenty pro řízení a měření (PLC), volba měniče, volba klimatizace rozvaděče).
2. Navrhněte koncepci řízení (algoritmy řízení, struktura programu, vizualizace, vzdálený přístup, archivace hodnot).
3. Zhodnoťte projekt po realizaci (popis fáze návrhu x dodatečné zkoušení v rámci ostrého provozu zařízení, dodatečné úpravy).

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Skalický, J.: Teorie řízení, skripta FEKT, 2002

[2] Shinnars, S.,M.:Advanced Modern Control System Theory and Design, Wiley

Termín zadání: 27.9.2013

Termín odevzdání: 28.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Petr Huták, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

Ing. Ondřej Vitek, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Práce se zabývá řízením a vizualizací procesů systému odprášení obloukových tavících pecí, její předmětem je elektrická část vzduchotechnického systému od návrhu řídicího systému přes průmyslovou komunikaci až po návrh výkonových prvků, mezi které patří například frekvenční měnič napájející motor hlavního tahového ventilátoru. Další část práce je dále věnována návrhu a popisu samotného řízení, tedy koncepci řídicího programu, provedení vizualizace, realizaci vzdáleného přístupu a systému archivace procesních hodnot. V poslední části je zpracováno zhodnocení projektu z hlediska přípravné fáze a z hlediska uvádění do provozu, zejména pak popisu dodatečných úprav, které musely být oproti návrhu na systému při uvádění do provozu provedeny.

Abstract

This master's thesis deals with control and process visualization system dedusting arc melting furnaces, the subject of this master's thesis is electrical part of the ventilation system from the control system via industrial communication to the design of power components, which include the main fan motor powering inverter. Another part is paid to the design and description of the proceedings, a concept of the control program, design visualization, implementation, remote access and archiving of process values. The last part contains evaluation of the project in terms of the preparatory phase and in terms of commissioning, in particular the description of the additional work that had to be compared to the proposal for commissioning performed.

Klíčová slova

Řídicí systém, vizualizace, odprášení tavicích pecí, SIEMENS S7-1200.

Keywords

Control systém, visualization, dedusting of melting furnaces, SIEMENS S7-1200

Bibliografická citace

Blažek O. *Řídicí systém odprášení obloukových tavících pecí*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 70 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Huták, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou semestrální práci na téma Řídicí systém odprášení obloukových tavících pecí jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu semestrální práce Ing. Petru Hutákovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé semestrální práce.

V Brně dne Podpis autora

**Obsah**

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	5
SEZNAM TABULEK	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	9
ÚVOD.....	10
1 POPIS ŘÍZENÉHO SYSTÉMU	12
1.1 AKČNÍ ČLENY SYSTÉMU ŘÍZENÍ	14
1.1.1 POHON HLAVNÍHO TAHOVÉHO VENTILÁTORU	14
1.1.2 OVLÁDÁNÍ ŠKRCENÍ POTRUBÍ U PECÍ.....	15
1.1.3 OVLÁDÁNÍ KLAPEK DÝMNÍKŮ A DIGESTOŘE	17
1.2 MĚŘENÍ HODNOT SYSTÉMU VZT	18
1.2.1 MĚŘENÍ PODTLAKU	18
1.2.2 MĚŘENÍ TEPLŮT	21
1.3 FILTR GARANT	24
1.3.1 DŮLEŽITÉ PROVOZNÍ PARAMETRY FILTRU.....	24
1.3.2 ŘÍZENÍ REGENERACE FILTRU.....	26
1.4 SYSTÉM VYNÁŠENÍ ODPRAŠKŮ Z FILTRU	31
1.5 ODPRÁŠENÍ PECÍ.....	32
1.6 VYPALOVÁNÍ KELÍMKŮ.....	32
2 REALIZACE SYSTÉMU	33
2.1 USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU.....	33
2.1.1 KONCEPCE NAPÁJENÍ.....	34
2.1.2 PROVEDENÍ ROZVADĚČE +RD1.....	37
2.1.3 ŘÍDICÍ SYSTÉM	38
2.1.4 TOPOLOGIE KOMUNIKAČNÍ SÍTĚ.....	41
2.2 ŘÍZENÍ SYSTÉMU VZT.....	43
2.2.1 REALIZACE PID REGULÁTORŮ ZA POUŽITÍ S7-1200	43
2.2.2 ŘÍZENÍ HTV	46
2.2.3 ŘÍZENÍ ODPRÁŠENÍ PECÍ.....	50
2.2.4 PRACOVNÍ MÍSTĚ VYPALOVÁNÍ KELÍMKŮ	54
2.2.5 VIZUALIZACE A VZDÁLENÝ PŘÍSTUP	56
2.2.6 BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY.....	57
3 ZHODNOCENÍ PO REALIZACI.....	63
3.1 SYSTÉM ŘÍZENÍ.....	63
3.2 PROVEDENÍ ZAŘÍZENÍ	63
4 ZÁVĚR.....	64
LITERATURA.....	65
PŘÍLOHY	66



SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 - vývin zplodin při provozu tavící obloukové pece</i>	10
<i>Obr. 2 - vývin zplodin při operaci vypalování kelímků</i>	11
<i>Obr. 3 - spin separátor hořících částí</i>	12
<i>Obr. 4 - pohled na filtrační jednotku s hlavním tahovým ventilátorem a hlavním rozvaděčem řízení RD1</i>	12
<i>Obr. 5 - schéma VZT systému odprášení pecí</i>	13
<i>Obr. 6 - schéma řízení výkonu HTV</i>	14
<i>Obr. 7 - elektropneumatický pozicionér</i>	15
<i>Obr. 8 - pohled na umístěný pozicionér</i>	15
<i>Obr. 9 - regulační smyčka podtlaku na tavící peci</i>	16
<i>Obr. 10 - schéma ovládání klapky dýmníků a digestoře</i>	17
<i>Obr. 11 - měřič diferenciálního tlaku SITRANS, P DS III</i>	18
<i>Obr. 12 - vnitřní uspořádání měřícího ústrojí SITRANS, P DS III [1]</i>	19
<i>Obr. 13 - blokové schéma vnitřní elektroniky SITRANS, P DS III [1]</i>	19
<i>Obr. 14 - princip převodu hodnoty tlaku z proudové smyčky</i>	20
<i>Obr. 15 - termočlávkový teploměr s ochrannou jímkou</i>	21
<i>Obr. 16 - provedení měření teploty v místě přejímky na pecích</i>	21
<i>Obr. 17 - Odporový teploměr Pt100</i>	22
<i>Obr. 18 - provedení měření teploty na filtru</i>	22
<i>Obr. 19 - převodník pro teploměry SITRANS TR300</i>	23
<i>Obr. 20 - připojení převodníku TR300 na proudovou smyčku a k teploměrům</i>	23
<i>Obr. 21 - vnitřní uspořádání filtru (bezprašná komora), v pozadí viditelný rotor hlavního tahového ventilátoru</i>	24
<i>Obr. 22 - měření tlakové ztráty filtru</i>	25
<i>Obr. 23 - rozvaděč řízení regenerace</i>	26
<i>Obr. 24 - ventilátor regenerace filtru</i>	26
<i>Obr. 25 - klapka regeneračního potrubí</i>	26
<i>Obr. 26 - servomotor s resolverem, převodovkou a tažným lanem</i>	27
<i>Obr. 27 - indukční snímač koncové polohy dráhy vozíků</i>	27
<i>Obr. 28 - regenerační vozík s tažným lanem</i>	27
<i>Obr. 29 - schéma předávání stavů mezi řídicími systémy vzduchotechniky a regenerace filtru</i> ...	29
<i>Obr. 30 - struktura části programu řídicí ŘSRF</i>	30
<i>Obr. 31 - pohon vyhrnovacího šneku</i>	31



<i>Obr. 32 - frekvenční měnič napájející motor vyhrnovacího šneku</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 33 - stykače pohonů rotačního podavače a vynášecího dopravníku.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 34 - pohon rotačního podavače</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 35 - rozvaděč RD2 s operátorským panelem pro pec 8t.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 36 - rozvaděč RD3 s operátorským panelem pro pec 12t.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 37 - ovládací panel pracoviště vypalování kelímků</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 38 - rozmístění rozvaděčů a kabelové trasy systému</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 39 - schéma zapojení silových obvodů</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 40 - výkonové jističe (deony) "F1" a "F2" s přípojnicovým systémem v rozvaděči RD1.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 41 - navržený kabel pro napájení technologie v programu SICHR.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 42 - rozvaděč RD1 osazen klimatizačními jednotkami na zkouškách v ESB Brno</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 43 - PLC S7-1200 s I/O kartami, zdroj SITOP PSU 100S a switch SCALANCE X206-1 v rozvaděči RD1</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 44 - HMI panel SIEMENS, TP700</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 45 - HMI panel SIEMENS, KTP600 basic</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 46 - decentralní periferie distribuovaných I/O - ET200SP</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 47 - vývojové prostředí TIA Portal.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 48 - hardwarová konfigurace projektu ve vývojovém prostředí TIA</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 49 - schéma komunikace řídicího systému vzduchotechniky</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 50 - funkční blok PID regulátoru vložený v projektu.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 51 - menu nastavení PID regulátoru.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 52 - vnitřní blokové schéma použitého PID regulátoru</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 53 - graf PID regulátoru použitý při ladění</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 54 - obrazovka nastavení tlaků na vstupu filtru pro jednotlivé konfigurace VZT systému ...</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 55 - funkční blok telegramu ST352 pro obsluhu frekvenčních měničů prostřednictvím komunikace PROFINET.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 56 - obrazovka kontrolních bodů logiky řízení HTV.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 57 - obrazovka hlavního panelu pro obsluhu a přehled systémů filtru.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 58 - způsob volby parametrizační sady pece</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 59 - obsluha operátorského pracoviště pecí.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 60 - obrazovka nastavení jednoho z režimů odprášení pece</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 61 - obrazovka přehledů procesních hodnot pece</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 62 - ovládací panel pracoviště vypalování kelímků</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 63 - obrazovka obsluhy a přehledů pracoviště vypalování kelímků na hlavním panelu.....</i>	<i>54</i>



<i>Obr. 64 - struktura programu řízení pracoviště vypalování kelímku.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 65 - tvorba vizualizace panelu ve vývojovém prostředí TIA.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 66 - obrazovka hlavního HMI panelu, nastavení ochran filtru 1</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 67 - obrazovka hlavního HMI panelu, nastavení ochran filtru 2</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 68 - obrazovka přehledů činnosti klapek.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 69 - nastavení manipulačních časů klapek.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 70 - schéma zapojení tlačítek nouzového zastavení</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 71 - nastavení akustické a světelné signalizace pro jednotlivé alarmy.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 72 - stojan akustické a světelné signalizace</i>	<i>62</i>



SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 - vstupní parametry VZT systému</i>	<i>10</i>
<i>Tabulka 2 - popis VZT systému</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka 3 - souhrn ovládání a signálů jednotlivých dýmníků</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 4 - soupis povelových signálů do ŘSRF</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 5 - soupis stavové signalizace do ŘSVZT</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 6 - popis rozvaděčů a ovládacích panelů, které jsou součástí systému řízení VZT</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 7 - energetická bilance odběrů systému VZT</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 8 - popis vstupních a výstupních proměnných PID regulátoru</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 9 - tabulka symbolů použitých v rovnici popisu regulátoru</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 10 - možné stavy částí systému</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 11 - soupis dostupných parametrizačních sad odprášení pecí</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 12 - data parametrizační sady režimu pece</i>	<i>52</i>



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

HTV	Hlavní tahový ventilátor
ŘSVZT	Řídicí systém vzduchotechniky
ŘSRF	Řídicí systém regenerace filtru
TZL	Tuhé znečišťující látky
Nm ³	Normované metry krychlové
I/O	Input / Output - vstup, výstup
AI	Analog input - analogový vstup (u karty řídicího systému)
AO	Analog output - analogový výstup (u karty řídicího systému)
BI	Binary input - binární vstup (u karty řídicího systému)
BO	Binary output - binární výstup (u karty řídicího systému)
PLC	Programmable Logic Controller (Programovatelný Logický Automat)
HMI	Human Machine Interface (Rozhraní člověk - stroj)
TP	Touch Panel - dotykový panel
KTP	Key Touch Panel - dotykový panel s funkčními klávesami
SCADA	Supervisory control and data acquisition - dispečerské řízení a sběr dat
TIA	Totally integrated automation - vývojový nástroj pro řídicí systémy SIEMENS
GSD	General Station Description

ÚVOD

Z důvodů narůstajících požadavků na nezávadnost provozů sléváren na životní prostředí se neustále zpřísňují limity exhalací, což má dopad na složitost technických řešení systémů odprášení těchto provozů. V rámci tavby pak prochází provoz pece různými fázemi, kterým se řídicí systém odprášení musí přizpůsobovat, stejně tak změnám v celém vzduchotechnickém systému. V neposlední řadě je pak třeba brát v úvahu okolní podmínky provozu, kdy zařízení pracuje v silně prašném prostředí se zvýšenou teplotou.



Obr. 1 - vývin zplodin při provozu tavící obloukové pece

Z hlediska průběhu tavby lze rozlišit operace prováděné na samotných pecích a operace prováděné na pracovišti vypalování kelímku. V případě provozu, pro který byl řídicí systém odprášení navrhován, se jedná o toto rozvržení. Systém obstarává dvě pece (8t a 12t), u kterých je místo přejímky zplodin realizováno jednak přímo z vnitřního prostoru pecí a prostřednictvím dýmníků osazených u stropu haly nad pecemi, dále o pracoviště vypalování kelímků, tím se myslí prostor s digestoří a s dýmníky umístěnými u stropu haly nad tímto pracovištěm. Systém je projektován pro následující provozní podmínky:

Parametr:	Hodnota / popis:
Počet pracovních hodin /rok:	4000 hod/rok
Místo přejímky:	Jednotlivá odsávací hrdla od pecí, digestoř u pracoviště vypalování kelímků a příslušné dýmníky u stropu haly.
Pracovní teplota přejímky:	~350 °C (uvažované maximum 600 °C) v místě sání z tavicích pecí, 80 °C v místě sání digestoře a dýmníků.
Typ prachu:	Prach s příměsí - nehořlavý, nevýbušný.
Obsah pevných příměsí - TZL:	Odhadem do 3 g/m ³ .
Podtlak v místě přejímky:	Do 300 Pa
Objemový průtok před filtrací:	81.300 Nm ³ /h (120.000 m ³ /h při 130 °C)
Výstup TZL ve vzdušně za filtrem:	< 5 mg/Nm ³
Umístění zařízení:	Uvnitř

Tabulka 1 - vstupní parametry VZT systému

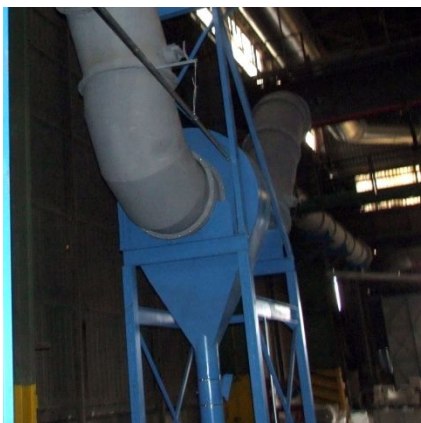


Obr. 2 - vývin zplodin při operaci vypalování kelímků

Přímým důvodem pro inovaci systému odprášení provozu, pro který byl navržen v této diplomové práci popisovaný řídicí systém, je zlepšení problematického odsávání v době před touto inovací. Dle měření, provedených v rámci zjištění skutečného stavu stávajícího systému před rekonstrukcí byla odhalena celá řada nedostatků, které znemožňují dosažení legislativou uložených limitů pro tuhé znečisťující látky, touto hodnotou je 5 mg/Nm³. Mezi nedostatky patřily zejména skutečnosti jako celá řada netěsností v systému, nevyhovující tlakové parametry hlavního ventilátoru pro délku potrubní trasy, v neposlední řadě pak únik dýmu světlíky ve stropu haly, díky čemuž dosahovaly hodnoty koncentrace TZL při autorizovaném měření až 21,8 mg/Nm³ ve vzdušnině uniklé mimo prostor výrobní haly. Vzhledem k těmto skutečnostem bylo přikročeno k inovaci celého systému odprášení, jehož korektní funkce si vyžádala důmyslný systém řízení a regulace jednotlivých částí. Následující práce se zabývá popisem tohoto VZT systému a všech částí, které se podílí na jeho řízení.

1 POPIS ŘÍZENÉHO SYSTÉMU

Celé řešení elektro části bylo vypracováno na základě technologického schéma VZT systému, požadavků na řízení a na základě předložených informací k osazeným akčním členům v příslušných částech VZT systému. Celý VZT systém je tvořen potrubními trasami, které odvádí zplodiny z prostor, kde jsou vyvíjeny (tzv. místa přejímky). Tyto potrubní trasy se dělí na dvě větve, kdy jedna je větví dýmníků u stropu haly a druhá zajišťuje odvod zplodin z prostoru tavících pecí a prostoru vypalování kelímků (digestoř). Tato druhá větev je dále vybavena spin separátorem hořících částí, který zamezuje nasátí větších částic s vyšší teplotou do filtru, kde by mohly zapříčinit poškození, případně zapálení filtračních hadic.

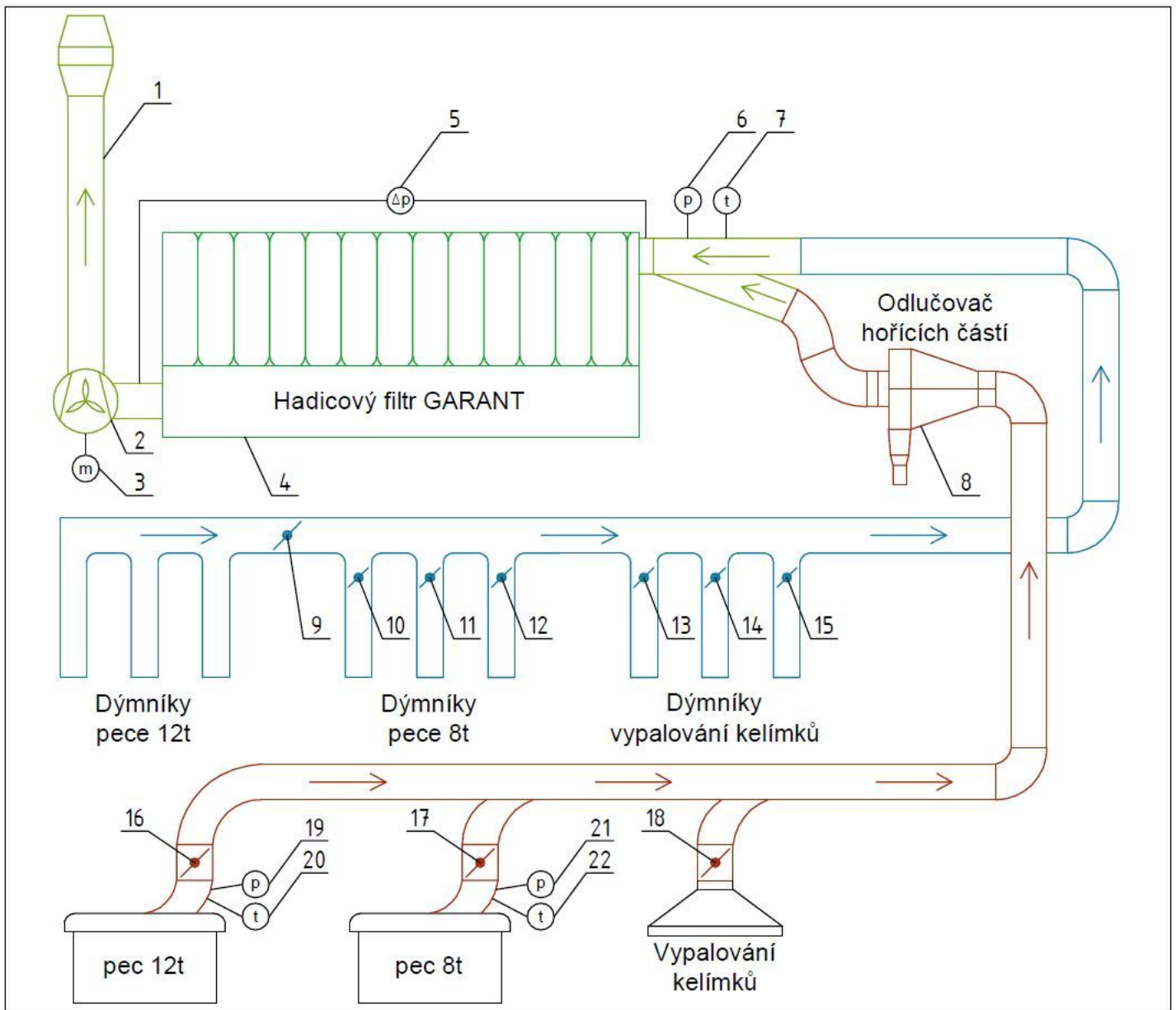


Obr. 3 - spin separátor hořících částí

Za spin separátorem hořících částic jsou obě větve spojeny do jedné potrubní trasy, která vstupuje do filtrační jednotky. Za filtrem je umístěna jednotka hlavního tahového ventilátoru (radiální ventilátor), poháněná třífázovým asynchronním motorem 3x400V/ 250kW. Motor je z důvodů nutnosti řízení jeho výkonu napájen z frekvenčního měniče. Účelem tohoto ventilátoru je vývin podtlaku v celém vzduchotechnickém systému. Za ventilátorem následuje výfuk systému s tlumičem hluku, který odvádí přefiltrovanou vzdušinu mimo prostor haly.



Obr. 4 - pohled na filtrační jednotku s hlavním tahovým ventilátorem a hlavním rozvaděčem řízení RD1



Obr. 5 - schéma VZT systému odprášení pecí

Odkaz:	Popis:	Odkaz:	Popis:
1	Výfuk VZT systému	12	Klapka 3/3 dýmníku pece 8t
2	Hlavní tahový ventilátor VZT systému	13	Klapka 1/3 dýmníku pracoviště vypalování kelímků
3	Motor hlavního tahového ventilátoru	14	Klapka 2/3 dýmníku pracoviště vypalování kelímků
4	Hadicový filtr GARANT	15	Klapka 3/3 dýmníku pracoviště vypalování kelímků
5	Měření tlakové ztráty filtru	16	Pozicioner s klapkou pro řízení odtahu z pece 12t
6	Měření tlaku na vstupu filtru	17	Pozicioner s klapkou pro řízení odtahu z pece 8t
7	Měření teploty na vstupu filtru	18	Klapka digestoře pracoviště vypalování kelímků
8	Odlučovač hořících částí	19	Měření tlaku na sání z pece 12t
9	Klapka dýmníků pece 12t	20	Měření teploty na sání z pece 12t
10	Klapka 1/3 dýmníku pece 8t	21	Měření tlaku na sání z pece 8t
11	Klapka 2/3 dýmníku pece 8t	22	Měření teploty na sání z pece 8t

Tabulka 2 - popis VZT systému

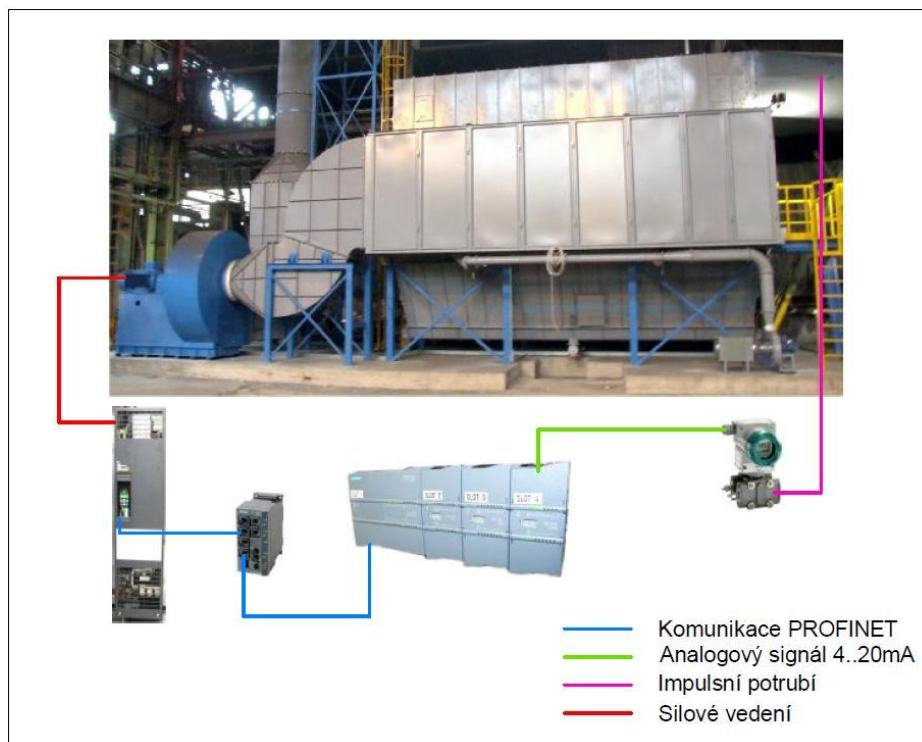
1.1 Akční členy systému řízení

Řídicí systém zpracovává celou řadu vstupních signálů, na základě kterých v rámci požadavků řídicího programu provádí změny v nastavení příslušných klapek, řídí výkony ventilátorů, případně spouští nebo zastavuje různé pohony. Požadovaných změn je docíleno za využití akčních členů, které převádí požadavek v podobě elektrického signálu na mechanickou změnu stavu, nebo jiné další formy (světlo, teplo). V rámci řízení systému vzduchotechniky jde zejména o změnu polohy (zejména u potrubních klapek), změnu výkonu ventilátoru (otáčky motoru napájeného frekvenčním měničem), případně světelná a akustická návěstí. Použitými akčními členy se zabývá tato část práce.

1.1.1 Pohon hlavního tahového ventilátoru

Hlavní tahový ventilátor systému sestává ze skříně ventilátoru, rotoru ventilátoru (radiální typ), elektromotoru a spojky, která tvoří mechanické spojení těchto rotačních částí. Vzhledem k neustálým změnám zejména v pozicích klapek sání v místě přejímek, případně teplot vzdušiny a mění se tlakové ztráty na filtru, je nutné výkon ventilátoru neustále těmito podmínkám přizpůsobovat a to samozřejmě s ohledem na požadavek hodnot pro daný režim a konfiguraci VZT systému (mapa požadovaných hodnot tahu, vyjádřených žádaným podtlakem v daném místě, je uložena v paměti řídicího systému). Aby bylo dosaženo tohoto požadavku, musí být motor ventilátoru otáčkově říditelný. Toho bylo docíleno napájením motoru frekvenčním měničem, řízení měniče je skalární bez zpětné otáčkové vazby, tedy i bez kompenzace skluzu, což pro danou aplikaci nevádí (měnič je řízen PID regulátorem v řídicím PLC na základě žádané a skutečné hodnoty podtlaku v daném místě). Schéma regulační smyčky výkonu ventilátoru je na

Obr. 6.



Obr. 6 - schéma řízení výkonu HTV

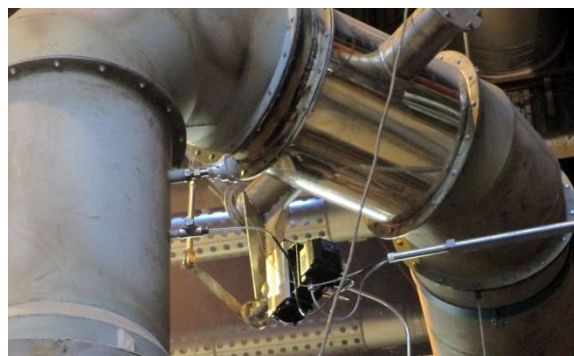
V řídicím PLC je spuštěn PID regulátor, jehož úkolem je řídit výkon frekvenčního měniče HTV v návaznosti na měření a na systémem žádané hodnotě podtlaku na vstupu filtru. Měření je realizováno převodníkem tlaku SIEMENS, SITRANS P DS III (více v části 1.2.1), jehož jedna komora je spojena s okolím a druhá impulsním potrubím připojena na vstupu filtru. Výstupem převodníku je analogová proudová smyčka 4..20mA zpracovávaná řídicím systémem. Výstupem PID regulátoru je hodnota v rozsahu 0 - 100%, která je komunikována do frekvenčního měniče HTV prostřednictvím sítě PROFINET, rozsah 0 - 100% odpovídá výstupnímu kmitočtu měniče 0 - 50Hz, tedy se jedná o otáčkovou funkci motoru HTV. Akcelerační a decelerační rampa byla nastavena s ohledem na maximální možné zatížení napájecí sítě, přičemž pro případ akcelerace je řízením měniče příslušná rampa ovlivňována překročením proudového limitu (natažení rampy), pro případ decelerace pak nárůstem napětí v meziobvodu.

1.1.2 Ovládání škrcení potrubí u pecí

Účelem systému je udržovat žádané hodnoty podtlaků na pecích konstantní a to dle aktivního režimu tavby (pro různé režimy se žádaná hodnota podtlaku na jednotlivých pecích liší). Podtlak je vytvářen HTV, v místě přejímky u tavicí pece je však ovlivňován dalšími faktory, kterými jsou zejména stavy klapky dýmníků, popřípadě stav pracoviště vypalování kelímků. Z důvodu nepředpokladatelných změn je nutné škrcení potrubí v místě přejímky u pece upravovat, toto umožňuje použitý elektropneumatický pozicionér VALVE CONTROL, VT 1000ER, který je určen k regulaci průtoku média průmyslovou armaturou ovládanou pneupohonem, v této aplikaci dvojčinným.



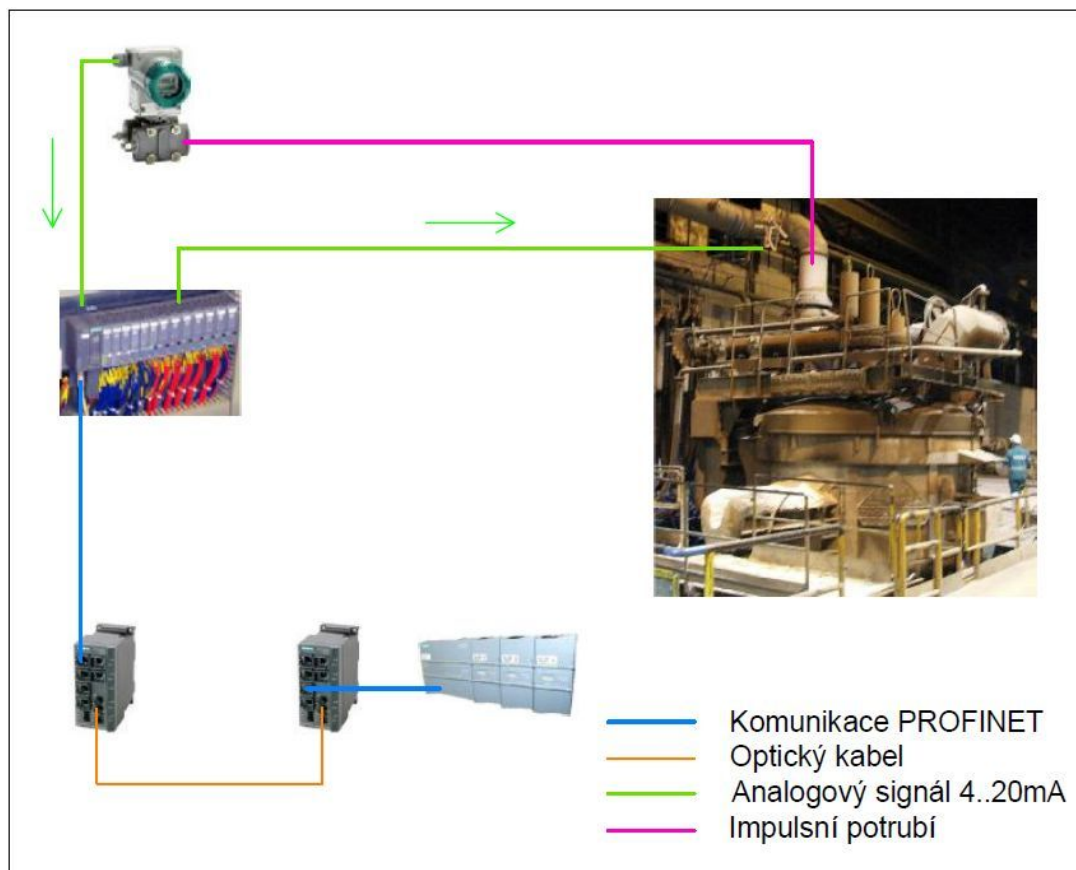
Obr. 7 - elektropneumatický pozicionér



Obr. 8 - pohled na umístěný pozicionér

Podtlak na jednotlivých pecích je udržován na systémem žádané hodnotě PID regulátorem, který běží na řídicím PLC. Zpětnou vazbu pro regulátor tvoří převodník tlaku SIEMENS, SITRANS P DS III (více v části 1.2.1), jehož jedna komora je spojena s okolím a druhá impulsním potrubím připojena na sací potrubí pece v místě pod klapkou, směrem k víku pece. Měřená hodnota podtlaku je převáděna na proud v proudové smyčce, tato je zpracována příslušnou analogovou kartou periferie distribuovaných I/O ET 200SP umístěné v rozvaděči +RD2. Hodnoty jsou následně přeneseny komunikační linkou do řídicího systému, kde jsou uloženy do vstupně / výstupní paměti.

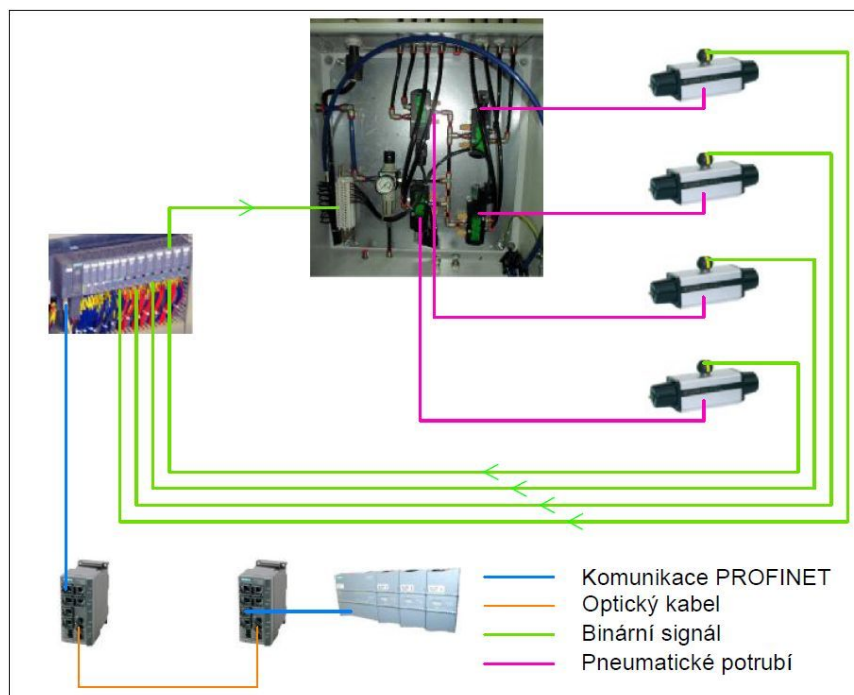
V řídicím systému je údaj aktuálního podtlaku načten na vstup PID regulátoru, který v závislosti na žádané hodnotě vypočítá regulační zásah, který je vyjádřen hodnotou v rozsahu hodnot 0 - 100%. Požadovaná hodnota regulačního zásahu je uložena do výstupní paměti PLC a následně přenesena po komunikaci do periferie distribuovaných I/O. Zde je tato hodnota převedena na proud v příslušné proudové smyčce analogového výstupu, na který je připojen pozicionér, který dle tohoto proudu změní natočení klapky. Řízení podtlaku na peci je znázorněno na Obr. 9.



Obr. 9 - regulační smyčka podtlaku na tavící peci

1.1.3 Ovládání klapek dýmníků a digestoře

Klapky dýmníků a digestoře na pracovišti vypalování kelímků není nutné, na rozdíl od klapek pecí, polohovat. Jediné řízení spočívá v nastavení do krajních poloh (OTEVŘENO / ZAVŘENO) prostřednictvím pneuventilů umístěných ve skříni +RD2/2, tato poloha je zpětně signalizována signálním válcem na binární vstupy periferie distribuovaných I/O. Pneupohon těchto klapek je dvojčinný, pneuventil ovládající příslušnou klapku přepouští stlačený vzduch buď do jedné nebo do druhé pneutrasy čímž uvádí pneupohon do pohybu jedním nebo druhým směrem. Z hlediska bezpečnosti může být prudké uzavření klapek pro VZT systém nebezpečné (prudký nárůst podtlaku při vysokých otáčkách HTV), z tohoto důvodu je pneupotrubí pro směr uzavření klapky trvale přiškrceno, čímž je docíleno pozvolné uzavírání těchto klapek.



Obr. 10 - schéma ovládání klapek dýmníků a digestoře

Celkem je na VZT systému osazeno osm klapek s pneupohony popisovanými v této části, ovládání klapek je provedeno po následujících skupinách vždy jedním pneuventilem. Na dýmnících nad pracovištěm vypalování kelímků a nad pecí 8t je vždy jedna klapka ponechána trvale otevřena, a to z bezpečnostních důvodů v rámci ochrany SPIRO potrubí větve dýmníků před úplným uzavřením VZT systému.

Skupina klapek:	Pneuventilů:	Počet signálů polohy do RS:	
		OPEN:	CLOSE:
1x klapka dýmníku nad pecí 12t	1	1	1
3x klapka dýmníku nad pecí 8t	1	3	3
3x klapka dýmníku nad pracovištěm vypalování kelímků	1	3	3
1x klapka digestoře na pracovišti vypalování kelímků	1	1	1

Tabulka 3 - souhrn ovládání a signálů jednotlivých dýmníků

1.2 Měření hodnot systému VZT

Řízení VZT systému je prováděno na základě požadavků obsluhy a dále v závislosti na měřených parametrech v příslušných částech tohoto systému. Pro řízení se využívají zejména hodnoty teplot a podtlaků, měření těchto veličin v jednotlivých částech je využíváno jednak pro bezpečný provoz systému (teplota vzdušiny nasávané do filtru, maximální povolený podtlak v potrubí), dále pro řízení (zpětná vazba pro PID regulátory, teplotní korekce podtlaků na pecích). Vzhledem k robustnosti provedení, spolehlivosti a celkové orientaci dodávek pro projekt na společnost SIEMENS byla veškerá plně instrumentace dodaná právě od společnosti SIEMENS, divize Industry Automation & Drive Technology, tedy IADT.

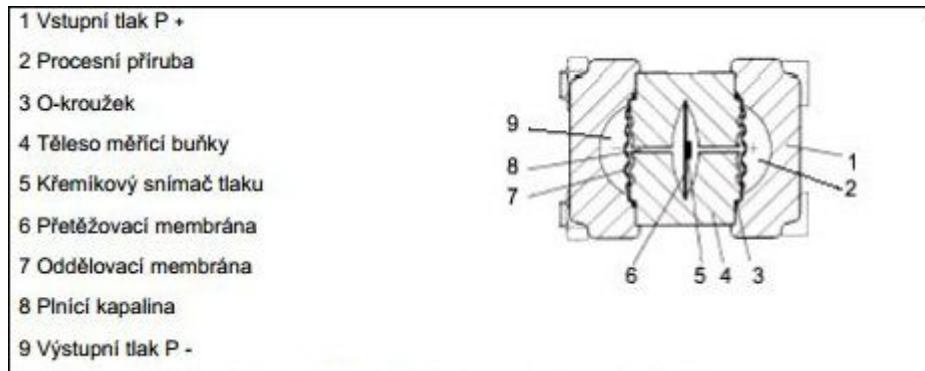
1.2.1 Měření podtlaku

Informace o podtlaku je získávána celkem ve čtyřech místech systému, jsou jimi podtlak na peci 8t, podtlak na peci 12t, podtlak před filtrem v místě za sloučením obou potrubních větví a diferenciální tlak na filtru (tlaková ztráta). Vyjma měření tlakové ztráty, které je součástí řídicího systému regenerace filtru, jsou zbylá měřidla ve zmíněných třech místech dodaná v rámci tohoto projektu. Pro potřeby této aplikace je vyžadováno měření relativního tlaku, tedy tlaku (resp. podtlaku) v potrubí vůči okolnímu prostoru mimo potrubí, vzhledem ke skutečnosti, kdy se jedná o VZT potrubí, jsou však hodnoty tohoto podtlaku velmi nízké, uvažuje se s hodnotami podtlaku vůči okolí do 4000Pa, tedy 50mBar. Standardní měřiče relativního tlaku však mají podstatně vyšší rozsahy, z tohoto důvodu byly vybrány přístroje měřící diferenciální tlak SITRANS, P DS III s rozsahem 60mBar.



Obr. 11 - měřič diferenciálního tlaku SITRANS, P DS III

Měřící ústrojí sestává ze dvou komor, které jsou připojeny k měřenému místu impulsním potrubím přes procesní závit. Diferenciální tlak se přenáší přes oddělovací membránu a plnicí kapalinu na křemíkový snímač tlaku, který je napařen na přetěžovací membránu, ta se v případě nadměrného tlaku prohne natolik, že se oddělovací membrána opře o těleso měřící buňky, tím je křemíkový snímač ochráněn proti přetížení. Na měření tlaku se podílí měřící membrána, na které jsou napařeny čtyři piezo-rezistory v můstkovém zapojení. Prohnutím membrány tyto rezistory mění svůj odpor, čím vyvolají výstupní napětí na můstku, které je úměrné diferenciálnímu tlaku. Vnitřní uspořádání měřícího ústrojí je patrné z Obr. 12.



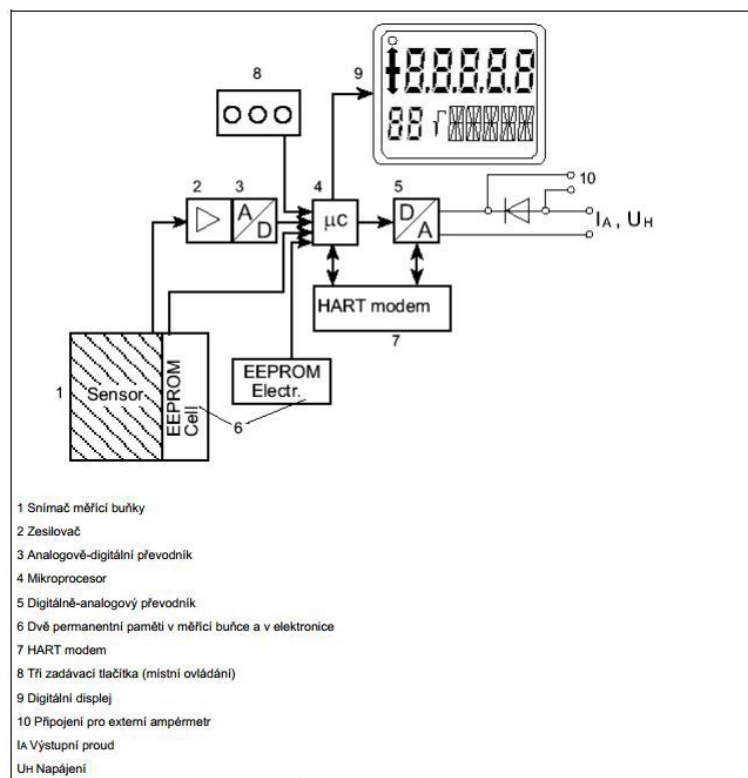
Obr. 12 - vnitřní uspořádání měřícího ústrojí SITRANS, P DS III [1]

Tento signál je dále zpracován elektronikou měřiče, konkrétně A/D převodníkem a následně mikrokontrolerem, který má k dispozici paměť ve které jsou uložena uživatelská nastavení. Vypočtená hodnota diferenciálního tlaku (může být zobrazena na displeji, který patří k volitelné výbavě), je dále převedena D/A převodníkem na proud v analogové smyčce, který vyhodnocuje řídicí PLC. Proud v analogové smyčce pak odpovídá přepočtu dle rovnice:

$$I = \frac{p - M_A}{M_E - M_A} \cdot 16mA + 4mA$$

Kde:

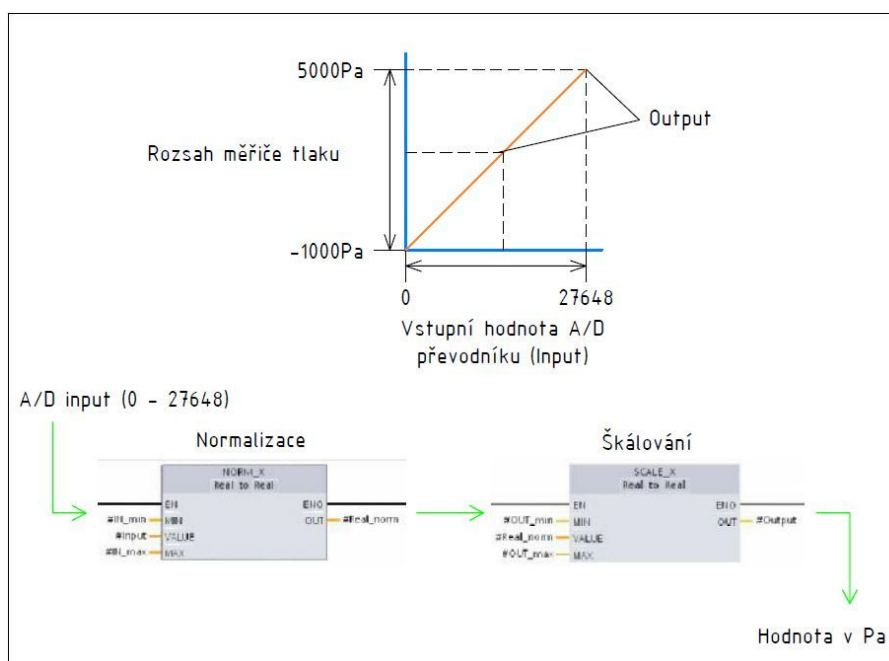
- p měřený tlak
- M_A počátek měřeného rozsahu
- M_E konec měřeného rozsahu



- 1 Snímač měřící buňky
- 2 Zesilovač
- 3 Analogově-digitální převodník
- 4 Mikroprocesor
- 5 Digitálně-analogový převodník
- 6 Dvě permanentní paměti v měřící buňce a v elektronice
- 7 HART modem
- 8 Tři zadávací tlačítka (místní ovládání)
- 9 Digitální displej
- 10 Připojení pro externí ampérmetr
- I_A Výstupní proud
- U_H Napájení

Obr. 13 - blokové schéma vnitřní elektroniky SITRANS, P DS III [1]

Jelikož se může v potrubí vyskytovat i přetlak, je rozsah měření nastaven v rozmezí $-10 \sim 50\text{mBar}$, tedy $-1000 \sim 5000\text{Pa}$, dále se již pracuje s jednotkami tlaku v Pa. A/D převodník analogové karty řídicího PLC převádí velikost proudu na celé INT číslo, kde proudu 4mA odpovídá hodnota 0 a proudu 20mA hodnota 27648. Pro proud smyčkou nižší než 4mA je definován poruchový stav (například indikace přerušeni smyčky, případně poruchy vysílače), pro hodnoty proudu vyšší než 20mA pak poruchový stav překročení povoleného rozsahu, případně spojení vodičů proudové smyčky. Při převodu z analogových hodnot musí získaná hodnota na A/D převodníku projít dvěma operacemi, tedy normalizací a škálováním.



Obr. 14 - princip převodu hodnoty tlaku z proudové smyčky

Účelem normalizace je linearizace hodnot A/D převodníku do rozsahu $0,01 - 1$, což vyjadřuje rozsah $0 - 100\%$. V řídicím PLC tuto operaci obstarává blok `NORM_X`, kterému se nastaví rozsah vstupních hodnot (v našem případě se $\text{MIN}=0$ a $\text{MAX}=27648$), na vstup „VALUE“ je vkládána aktuální hodnota A/D převodníku a na výstupu je tato vstupní hodnota přepočítána na hodnotu $0,01 - 1$, právě dle zadaných mezí. Výstup z bloku normalizace je zaveden na vstup bloku škálování (`SCALE_X`), ten přepočítává vkládanou hodnotu $0,01 - 1$ (vyjádření pro $0 - 100\%$ rozsahu) na skutečnou hodnotu tlaku dle zadaného rozsahu (v našem případě se $\text{MIN}=-1000\text{Pa}$ a $\text{MAX}=5000\text{Pa}$). Výstupem tohoto bloku je z analogové smyčky získaná hodnota tlaku měřená SITRANS, P DS III.

Elektronika měřiče tlaku SITRANS, P DS III dále podporuje vzdálenou diagnostiku a kontrolu hodnot prostřednictvím komunikace HART. Toto je realizovatelné za použití PC s příslušným SW a HART modemem připojeným na příslušnou proudovou smyčku. V případě SITRANS, P DS III nebyl tento modem nutný vzhledem k vybavení měřiče volitelným displejem.

1.2.2 Měření teplot

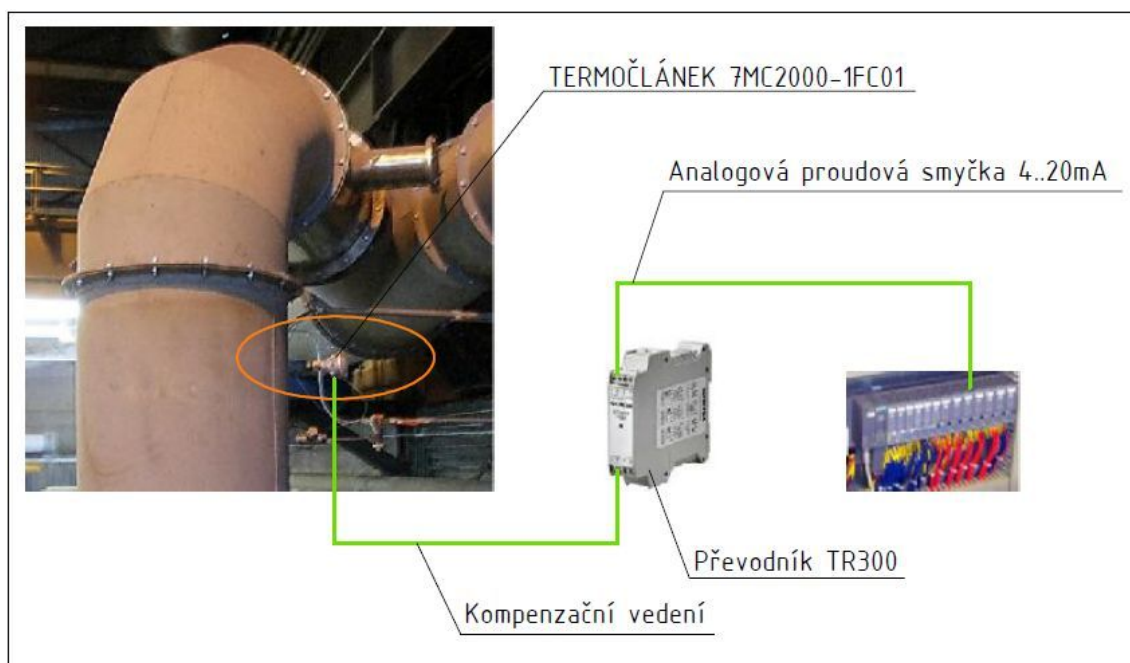
Měření teplot je nutné z hlediska hlídání bezpečných teplotních limitů, v případě pecí je pak žádaná hodnota podtlaku korigována aktuální teplotou nasávané vzdušiny. Dále je údaj o teplotě u jednotlivých pecí využíván pro orientační výpočet objemového množství potrubím protékající vzdušiny. Na systému byly použity dva typy snímačů teplot z důvodů různých světlych průřezů potrubí DN a různých pracovních teplot v místě měření. Dle projektové dokumentace byly udány maximální teploty v místě přejímek u pecí do 600°C, na vstupu filtru pak do 350°C, místy osazenými teplotním měřením jsou tedy potrubí mezi klapkou a pecí 8t a 12t, dále potrubí na vstupu do filtru.

1.2.2.1 Měření v místě přejímky pecí 8 a 12t

Místem měření teploty je část potrubí mezi pecí a klapkou s pozicionerem. DN potrubí v tomto místě je 630mm s projektovým teplotním maximem 600°C. Vzhledem k teplotám a DN potrubí byl zvolen teploměr z produkce SIEMENS, vedený pod objednacím číslem 7MC2000 - 1FC0. Jedná se o termočlánekový teploměr délky 500mm, o průměru 22mm, maximální přípustná teplota 1200°C. Teploměr je dodáván s ochrannou jímkou, ta musí pro správnou funkci měření teploty zasahovat minimálně do ½ DN potrubí. Svorky, umístěné v hlavici termočláneku, jsou propojeny kompenzačním vedením se svorkami převodníku teplot TR300, který vzniklé termoelektrické napětí vyhodnotí a převede na proud analogové proudové smyčky, ten je dále vyhodnocen vstupní analogovou kartou řídicího PLC. Více o tomto převodníku v části 1.2.2.3.



Obr. 15 - termočlánekový teploměr s ochrannou jímkou



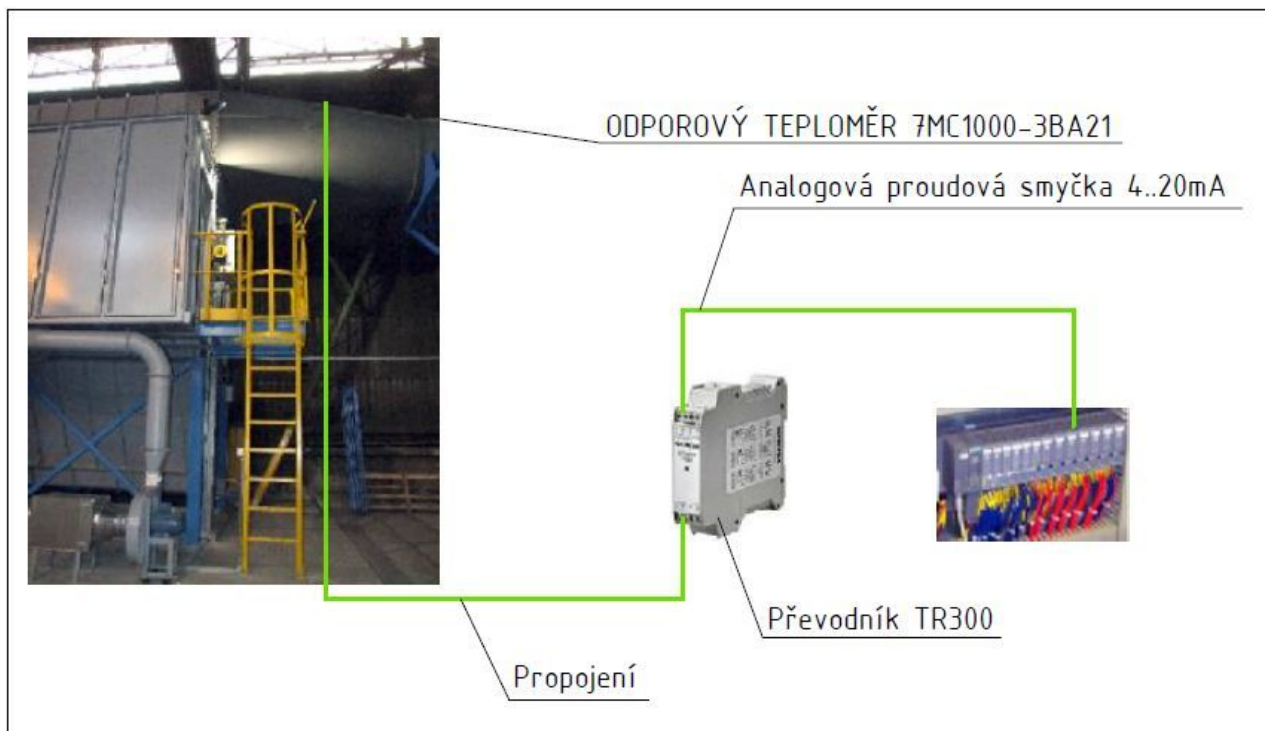
Obr. 16 - provedení měření teploty v místě přejímky na pecích

1.2.2.2 Měření teploty na vstupu před filtrem

Pro měření teplot na vstupu do filtru platí jiné parametry nežli pro pece, je to dáno především teplotou vzdušiny, která je podstatně nižší (uvažováno maximálně 130°C) vzhledem k poměrně velké délce potrubní trasy mezi tímto místem a pecemi, přičemž se vzdušina dále chladí přísáváním dýmníky. Dalším parametrem je DN potrubí, které v tomto místě činí 1400mm, přičemž pro správně měření platí, aby těleso teploměru zasahovalo minimálně do poloviny světlého průřezu. Vzhledem k popsaným parametrům byl vybrán odporový teploměr Pt100 uváděný pod objednacím číslem 7MC1000-3BA21. Jedná se o tyčový teploměr s 1x Pt100 s ochrannou jímkou délky 1000mm, průměru 15mm s maximální pracovní teplotou 600°C. Svorky, umístěné v hlavici teploměru, jsou propojeny se svorkami převodníku TR300, který vyhodnotí změnu odporu tohoto článku kterou, převede na proud analogové proudové smyčky, ten je dále vyhodnocen vstupní analogovou kartou řídicího PLC. Více o tomto převodníku v části 1.2.2.3.



Obr. 17 - Odporový teploměr Pt100



Obr. 18 - provedení měření teploty na filtru

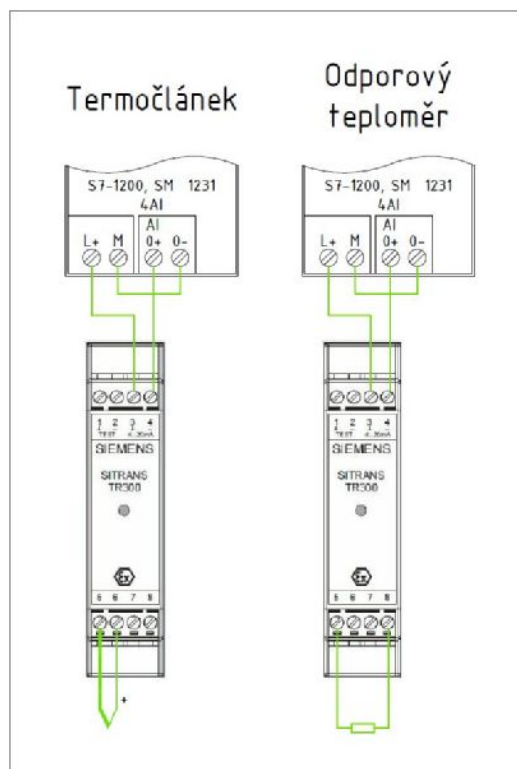
1.2.2.3 Převodník teplot TR300

Teplota je měřena termočládky, případně odporovým teploměrem Pt100. Termoelektrické napětí, nebo odpor odporového teploměru je zpracován převodníkem teploměrů SIEMENS, TR300.



Obr. 19 - převodník pro teploměry SITRANS TR300

Termoelektrické články se připojují na svorky 5 a 6, je nutné dodržet polaritu připojení, které je v této aplikaci dvoudrátové. Odporový teploměr se připojuje na svorky 5 a 8, též se jedná v případě této aplikace o dvoudrátové připojení. Na svorky 3 a 4 se pak připojí vodiče proudové smyčky analogového vstupu řídicího PLC, převodník se z těchto svorek napájí. Připojení převodníku je zobrazeno na Obr. 20.



Obr. 20 - připojení převodníku TR300 na proudovou smyčku a k teploměrům

Převodník se parametrizuje přes komunikaci HART, jedna z možností je využití konfiguračního nástroje SIMATIC PDM, kterým lze dále vyčíst aktuálně měřené parametry, případně zobrazit statistiky měření. Pro komunikaci je nutné použít HART modem, připojený na proudovou smyčku.

1.3 Filtr GARANT

Jedná se o taškový filtr pro těžký průmyslový provoz GARANT G00302-A001, který je osazen v sousední příčné hale k hale výrobní, ve které jsou situovány tavící pece. Součástí filtru je regenerační ventilátor, pohony regeneračních klapek, servomotor zajišťující pojezd regeneračního vozíku po přesně definovaných intervalech, servisní dveře pro kontrolu vynášecích cest odprašků a pro vstup do bezprašné komory. Dále k filtru náleží pomocné systémy, které sestávají zejména z dopravníků odpraškových cest.

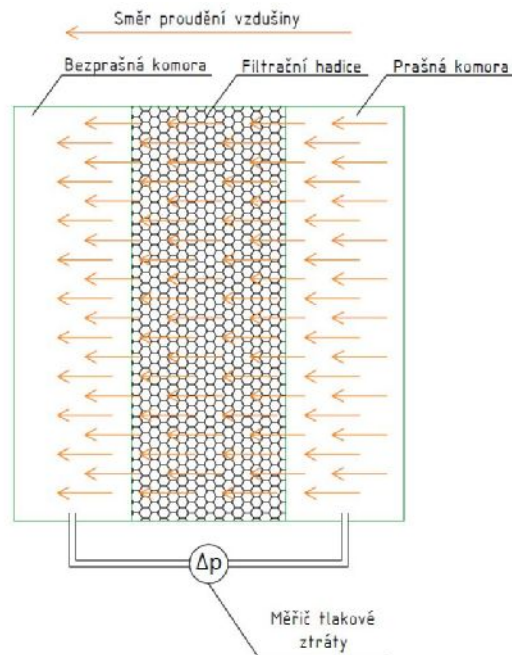


Obr. 21 - vnitřní uspořádání filtru (bezprašná komora), v pozadí viditelný rotor hlavního tahového ventilátoru

1.3.1 Důležité provozní parametry filtru

1.3.1.1 Popis parametrů filtru

Filtrační plocha filtru se v průběhu provozu vzduchotechniky přirozeně zanáší částicemi, které jsou z filtrované vzdušiny odstraňovány právě touto plochou. Zanesení se projevuje zvýšením tlakové ztráty na filtru, která vyjadřuje rozdíly tlaků mezi prašnou a bezprašnou komorou, na kterou je připojen ventilátor. Měření tlakové ztráty je realizováno měřičem tlakové difference, komory měřiče tlaku jsou spojeny s jednotlivými komorami filtru. Rozdíl tlaků je následně převáděn na proud v proudové smyčce (typicky 4..20mA), z tohoto proudu je následně v řídicím systému linearizací a scalingem vypočtena skutečná tlaková ztráta, ta je následně ukazatelem zanesení filtračních vložek, její velikost se samozřejmě úměrně, vedle zvýšení míry zanesení, mění i s výkonem hlavního tahového ventilátoru, jehož vyšší výkon představuje vyšší průtok vzdušiny filtrem. Připojení měření tlakové ztráty k filtru je patrné z Obr. 22.



Obr. 22 - měření tlakové ztráty filtru

Druhým důležitým parametrem je teplota vzdušiny na vstupu filtru. Jelikož se jedná o aplikaci odprášení tavících pecí, vzdušina nasávaná z pecí může mít v určitých fázích tavby vysokou teplotu. Přirozeně se vzhledem k délce potrubní trasy předpokládá, že před vstupem do filtru dojde k dostatečnému ochlazení vzdušiny natolik, že k poškození filtračních hadic, případně k jejich zapálení nedojde. Pro případ nenadálé události, kdy by teplota vzdušiny začala stoupat nad povolenou mez (teplota 130°C), řídicí systém provede okamžité odstavení vzduchotechniky vypnutím hlavního tahového ventilátoru.

1.3.1.2 Způsob měření parametrů filtru

Pro měření teploty na vstupu filtru a tlakové ztráty filtru je použita příslušná polní instrumentace určená pro tyto aplikace, jelikož velikost tlakové ztráty je důležitým údajem pro regeneraci filtru, je příslušné měření osazeno již v rozvaděči dodavatele filtru, měření teploty je obstaráno v rámci tohoto projektu a podrobně je popsáno v části 1.2.2.2. Údaj velikosti tlakové ztráty a údaj o vstupní teplotě je důležitý vzájemně jak pro ŘSVZT tak pro ŘSRF, tyto údaje jsou z toho důvodu vzájemně sdíleny prostřednictvím analogových vstupů a výstupů, neboť přímá komunikace, která by umožňovala vzájemnou výměnu dat, nebyla zřízena.

1.3.2 Řízení regenerace filtru

Jak již bylo zmíněno, součástí dodávky filtru je i rozvaděč řízení regenerace (ŘSRF) sestávající z řídicího PLC, stykačů pro ovládání pohonů, servozesilovač napájející motor pojezdu regeneračního vozíku a jednotky pro měření tlakové ztráty filtru. Na základě povelů z nadřazeného řídicího systému VZT a aktuální měřené tlakové ztráty na filtru je pak řízen proces regenerace filtru, tedy odstraňování pevných zachycených částic z filtrační plochy.



Obr. 23 - rozvaděč řízení regenerace

1.3.2.1 Ventilátor regenerace a klapky regeneračního vzduchu

Ventilátor regenerace vyvíjí potřebný přetlak v systému regenerace, kterým je realizováno vyprášení pevných částic z filtrační tkaniny. Rotační část ventilátoru pohání třífázový asynchronní motor, jehož start je prováděn rozběhovou kombinací stykačů Y/D. Sání ventilátoru je vzhledem ke zvýšené prašnosti prostředí vybaveno skříní filtrace. Součástí potrubí regeneračního vzduchu jsou dále klapky, které v případě, kdy není regenerace filtru aktivní, potrubí k regeneračním vozíkům uzavřou.



Obr. 24 - ventilátor regenerace filtru



Obr. 25 - klapka regeneračního potrubí

1.3.2.2 Regenerační vozíky s pohonem

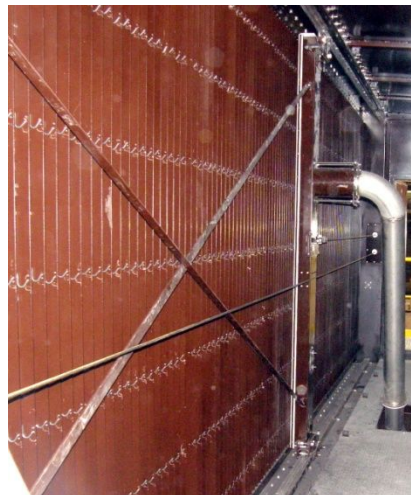
Regenerační vozíky jsou umístěny v bezprašné komoře filtru, plní funkci přívodu regeneračního vzduchu k regenerované filtrační ploše, tuto dále oddělují od okolí, čímž se zamezí toku filtrované vzdušiny přes tuto plochu a umožní regeneraci příslušné sekce. Celkem jsou v bezprašné komoře instalovány dva vozíky umístěné na kolejnicích, spřažené jedním lanem, které zajišťuje pohyb těchto vozíků po filtrační ploše. Každý z vozíků tedy regeneruje polovinu filtrační plochy. Ocelové lano, kterým jsou oba vozíky spřaženy, je vedeno přes tažné kolo spojené se hřídelí servomotoru napájeného servozsilovačem, na jehož hřídel je dále připojen resolver pro snímání aktuální polohy pohonu. Krajiní polohy dráhy regeneračních vozíků jsou ohraničeny indukčními snímači polohy, které slouží jako referenční body při kalibraci pojezdu a zároveň pro zamezení pohybu vozíků mimo povolené meze.



Obr. 26 - servomotor s resolverem, převodovkou a tažným lanem



Obr. 27 - indukční snímač koncové polohy dráhy vozíků



Obr. 28 - regenerační vozík s tažným lanem

1.3.2.3 Proces řízení regenerace filtru

Instalovaný filtr GARANT je vybaven samostatným řídicím systémem, který řídí proces regenerace filtru. Ovládání tohoto řídicího systému probíhá prostřednictvím binárních signálů, stejným způsobem je provedena zpětná signalizace do ŘSVZT. Mezi oběma řídicími systémy je dále přenášen údaj o aktuální teplotě na vstupu filtru a o aktuální tlakové ztrátě filtru. Program řízení regenerace je spuštěn na základě povelu z ŘSVZT (případně může být spuštěn místně přímo na HMI panelu ŘSRE, jestliže bylo binárním povelům předáno řízení na místní). Bezprostředně po spuštění programu je prověřena aktuální tlaková ztráta, ta je kritériem pro spuštění regeneračního cyklu, případně je regenerace prováděna cyklicky ve stanoveném čase bez ohledu na tlakovou ztrátu. Jestliže je stav filtru vyhodnocený jako nutný pro spuštění regenerace, postupuje se následovně. V první řadě je spuštěn regenerační ventilátor, který vytvoří v regeneračním potrubí, přivádějícím regenerační vzduch do vozíků, potřebný přetlak. Následně jsou otevřeny potrubní klapky, čímž je regenerační vzduch přiveden do regeneračních vozíků. Regenerační vozíky jsou servomotorem posouvány po v programu definovaných intervalech (krocích posuvu), v nové poloze setrvávají vždy stanovenou dobu, po kterou je vozíkem překrytý určitý počet filtračních hadic. Působením regeneračního vzduchu v každém kroku jsou z filtrační plochy vyfoukávány zachycené pevné částice, které v prostoru prašné komory vlastní vahou padají do spodního zásobníku. V případě poklesu tlakové ztráty pod spouštěcí mez je regenerační cyklus dokončen postupným průjezdem zbývající filtrační plochy a vozíky jsou zaparkovány do výchozí polohy (home position). Regenerační cyklus trvá přibližně 40 minut. V případě, kdy je od nadřazeného řídicího systému, případně v rámci manuální obsluhy vydán povel k ukončení provozu, je spuštěna sekvence tzv. after cleaning, neboli po provozní regeneraci.

1.3.2.4 Komunikace s řídicím systémem regenerace a jeho řízení

Jak již bylo řečeno, řídicí systém regenerace filtru obstarává pouze regeneraci filtru a je podřazený řídicímu systému vzduchotechniky. Komunikace mezi těmito systémy (ŘSVZT a ŘSRE) probíhá prostřednictvím binárních a analogových signálů.

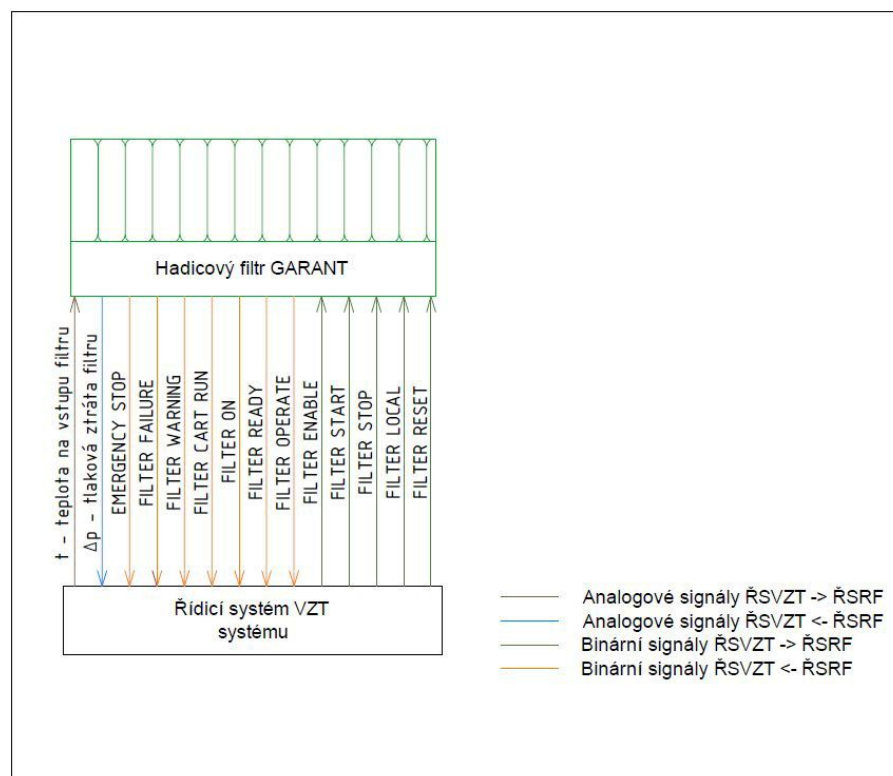
Označení signálu:	Význam signálu v případě že jeho hodnota (binární signály) je Log. 1:
FILTER ENABLE	Povolení činnosti filtru
FILTER START	Povel ke spuštění filtru (proces hlídání tlakové ztráty a spuštění regenerace)
FILTER STOP	Povel k zastavení činnosti filtru, proběhne after cleaning.
FILTER LOCAL	Předání ovládání systému regenerace na dotykový panel umístěný na rozvaděči řízení regenerace filtru.
FILTER RESET	Reset poruchových stavů řídicího systému regenerace filtru
Teplota na vstupu filtru	Údaj o teplotě na vstupu filtru prostřednictvím proudové analogové smyčky.

Tabulka 4 - soupis povelových signálů do ŘSRF

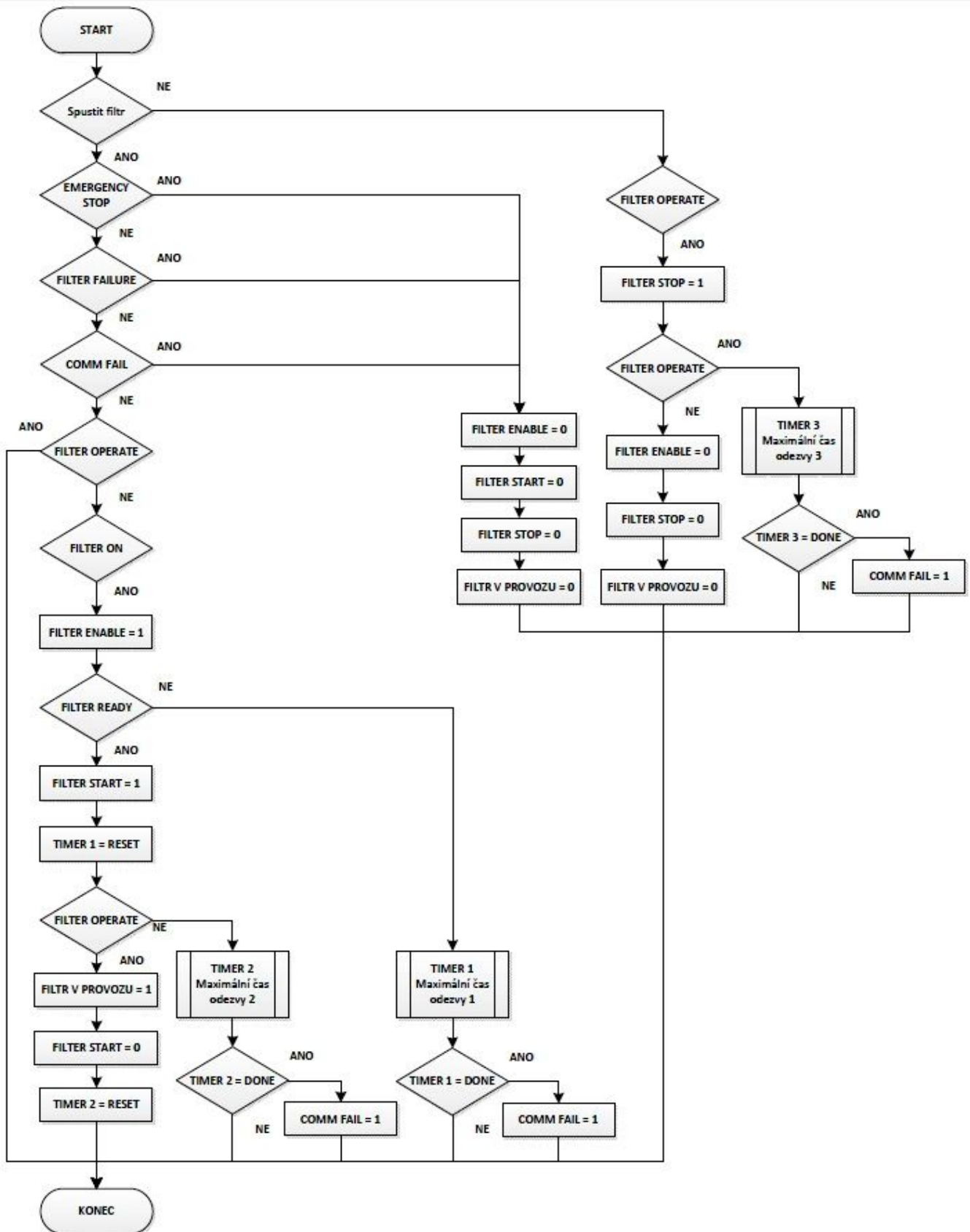
Označení signálu:	Význam signálu v případě že jeho hodnota (binární signály) je Log. 1:
EMERGENCY STOP	Signalizace stisknutí tlačítka nouzového zastavení na dveřích rozvaděče řízení regenerace filtru.
FILTER FAILURE	Porucha řízení regenerace filtru (výpadky motorových ochran, porucha servoměniče)
FILTER WARNING	Výstraha řízení regenerace (signál aktivní i v případě kdy probíhá after cleaning)
FILTER CART RUN	Signalizace aktivního pojezdu regeneračních vozíků.
FILTER ON	Signál zapnutí filtru - rozvaděč řízení regenerace je zapnut a pod napětím.
FILTER READY	Signál připravenosti systému řízení regenerace filtru, filtr lze spustit
FILTER OPERATE	Řízení regenerace filtru je aktivní.
Δp - tlaková ztráta	Údaj o aktuální tlakové ztrátě filtru prostřednictvím proudové analogové smyčky.

Tabulka 5 - soupis stavové signalizace do ŘSVZT

Proces řízení řídicího systému regenerace filtru se odvíjí od vzniku požadavku na chod regenerace (v diagramu stav proměnné „SPUSTIT FILTR“). Vydáním tohoto příkazu, který vzniká na základě žádosti na spuštění VZT systému, je postupně testován stav ŘSRF (poruchová hlášení, stav tlačítka nouzového zastavení), jestliže není žádný z těchto poruchových signálů aktivní a je hlášen rozvaděč řízení regenerace pod napětím (FILTER ON), je vydán povel k povolení činnosti filtru (FILTER ENABLE). Po příchodu signálu o připravenosti ŘSRF (FILTER READY) je vydán povel ke spuštění ŘSRF (FILTER START), korektní spuštění regenerace filtru je indikováno signálem provozu (FILTER OPERATE) a interně je na základě tohoto nastaveno hlášení o spuštění filtru (FILTR V PROVOZU). Od okamžiku vydání kteréhokoliv z povelů se zároveň měří čas prostřednictvím příslušných časovačů (TIMER 1, 2 a 3), které jsou po příchodu očekávaného signálu resetovány. Jestliže je však překročena vymezená doba pro jednotlivé odezvy, spouštěcí sekvence je ukončena s vyhodnocením chyby v komunikaci (COMM FAIL), pro opětovný pokus o spuštění regenerace filtru je nutné tento poruchový stav kvitovat. Sekvence ukončení provozu regenerace filtru má obdobný průběh, spuštěna je na základě zániku požadavku na chod filtru (proměnné „SPUSTIT FILTR“), postupně je vydán povel k zastavení filtru (FILTER STOP), po zániku signálu „FILTER OPERATE“ je pak provoz regenerace filtru považován za ukončený resetem proměnné „FILTR V PROVOZU“.



Obr. 29 - schéma předávání stavů mezi řídicími systémy vzduchotechniky a regenerace filtru



Obr. 30 - struktura části programu řídicí ŘSRF

1.4 Systém vynášení odprašků z filtru

Při provozování filtru se na filtrační ploše zachytávají z filtrované vzdušiny pevné částice, které jsou v rámci regenerace z filtrační plochy odstraňovány do zásobního prostoru filtru, množství těchto částic je poměrně značné. O odstranění tohoto materiálu z prostoru filtru se stará systém vynášení odprašků, který sestává ze soustavy šnekových dopravníků a rotačního podavače. Ve spodní části prostoru odprašků ve filtru je umístěn vyhrnovací šnek, který svým pohybem zajišťuje pohyb odprašků do střední části prostoru k rotačnímu podavači. Rotační podavač sestává z rotoru, na kterém jsou navařeny přepážky vytvářející jednotlivé oddíly, hlavním účelem tohoto podavače je zamezení přisávání vzduchu do filtru tímto prostorem. Systém vynášení odprašků je zakončen vynášecím dopravníkem, který odprašky přepravuje do zásobního pytle (tzv. Big-bag). Vynášení odprašků je kompletně řízeno ŘSVZT a to na základě signálu „OPERATE“ z ŘSRF. Po příchodu tohoto signálu jsou postupně v rámci startovací sekvence spouštěny jednotlivé pohony s časovými odstupy z důvodů postupného vyprázdnění odpraškových cest pro případ, kdy by v tomto systému po předchozím provozu nějaké částice zůstaly a to v pořadí vynášecí dopravník -> rotační podavač -> vyhrnovací šnek. Činnost systémů odpraškových cest je v rámci stop sekvence provedena, jestliže signál „OPERATE“ z ŘSRF není aktivní, jednotlivé pohony jsou postupně s časovými prodlevami zastavovány v opačném pořadí, než jak byly spouštěny.

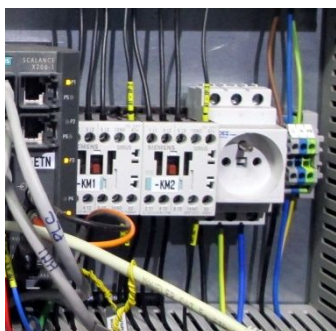


Obr. 31 - pohon vyhrnovacího šneku



Obr. 32 - frekvenční měnič napájející motor vyhrnovacího šneku

Ovládání jednotlivých pohonů je realizováno binárními výstupy řídicího PLC řízení vzduchotechniky. V případě pohonů rotačního podavače a vynášecího dopravníku se jedná o ovládání prostřednictvím stykačů napájení těchto pohonů, avšak v případě napájení pohonu vyhrnovacího šneku je použit frekvenční měnič. Důvodem použití frekvenčního měniče je možnost nastavení rychlosti vyhrnovacího šneku, neboť při příliš vysoké rychlosti dochází k víření dopravovaného materiálu v prostoru filtru a opětovnému zachycení na filtrační plochu, což značně snižuje účinnost regenerace.



Obr. 33 - stykače pohonů rotačního podavače
a vynášecího dopravníku



Obr. 34 - pohon rotačního podavače

1.5 Odprášení pecí

System je určen primárně k odprášení obloukových tavících pecí, ty jsou ve výrobní hale dvě s výkony 8 a 12t vsázky na tavbu. System je navržen za předpokladu možného paralelního chodu těchto pecí. Odprášení je realizováno sáním vzdušiny přímo z prostoru pece, dým, který unikne mimo prostor pece je případně odsát systémem dýmníků u stropu haly. Obsluha systém VZT pro danou pec uvádí do činnosti na operátorském panelu, který přísluší dané peci, volbou aktuálního režimu tavby.



Obr. 35 - rozvaděč RD2 s operátorským
panelem pro pec 8t



Obr. 36 - rozvaděč RD3 s operátorským
panelem pro pec 12t

1.6 Vypalování kelímků

Dalším pracovištěm, na kterém vznikají zplodiny, je pracoviště vypalování kelímků. Zplodiny, vznikající při vypalování, jsou odsávány digestoří. Zplodiny, které uniknou do haly, jsou odsáty dýmníky umístěnými u stropu haly nad tímto pracovištěm. Odsávání pracoviště vypalování kelímků je uváděno do provozu obsluhou na příslušném panelu RD2/1.



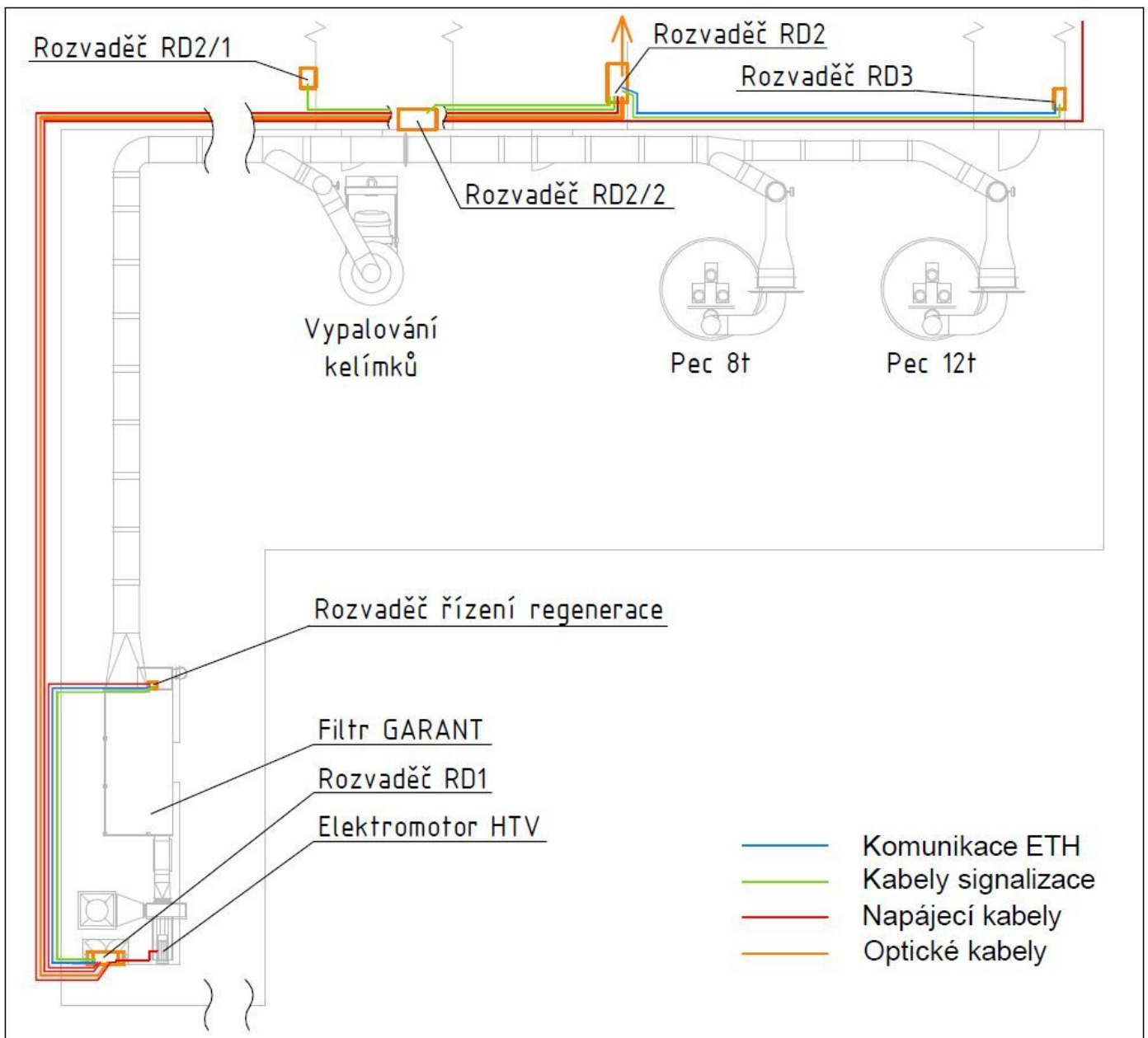
Obr. 37 - ovládací panel pracoviště vypalování kelímků

2 REALIZACE SYSTÉMU

Předmětem realizace v rámci této diplomové práce je návrh elektrické části systému řízení VZT, která pod sebe zahrnuje kabelové trasy, akční členy, instrumentaci pro měření parametrů systému a části spadající pod systém řízení.

2.1 Uspořádání systému

Jednotlivé části systému jsou rozmístěny po rozsáhlejším prostoru ve dvou halách, jak je zobrazeno na Obr. 38.



Obr. 38 - rozmístění rozvaděčů a kabelové trasy systému

Hlavními prvky elektro části systému vzduchotechniky jsou rozvaděče a slučovací skříně, nesoucí unikátní označení v podobě popisů na dveřích a krytech. Popis jednotlivých rozvaděčů a skříní je v Tabulka 6.



Označení:	Popis rozvaděče:
RD1	Hlavní rozvaděč řízení a napájení systémů VZT. Jedná se o dvoudvřevou skříň osazenou řídicím PLC, hlavním HMI dotykovým panelem, síťovým prvkem PROFINET, frekvenčními měniči, které napájí motory hlavního tahového ventilátoru a vyhrnovacího šneku, oddělovacími relé, stykači pro ovládání pohonů a jisticími prvky, které zajišťují ochranu jednotlivých napájecích cest. Jelikož napájení signalizačních obvodů, PLC a HMI panelu je provedeno napětím 24V DC, součástí je dále příslušný napájecí zdroj.
RD2	Slučovací skříň zejména pro akční a signalizační členy umístěné v okolí pecí a pracoviště vypalování kelímků. Hlavní částí je jednotka distribuovaných I/O, která s řídicím PLC komunikuje prostřednictvím optického kabelu, který zprostředkovává komunikaci mezi rozvaděči RD1 a RD2. Operátorský panel pak slouží k uživatelské obsluze VZT systému pro pec 8t. Veškeré části řídicího systému, tedy jednotka distribuovaných I/O, operátorský panel, switch a veškerá signalizace jsou navrženy pro napětí 24V DC, součástí rozvaděče je tedy napájecí zdroj, který dále napájí tímto napětím rozvaděč RD3.
RD2/1	Jedná se o ovládací panel pro řízení pracoviště vypalování kelímků, na panelu je k dispozici světelná signalizace stavu programu řízení pracoviště vypalování kelímků červenou, oranžovou a zelenou kontrolkou, dále dvě tlačítka pro ovládání programu.
RD2/2	Jedná se o skříň osazenou pneumatickými ventily pro ovládání klapky dýmníků a klapky digestoře na pracovišti vypalování kelímků.
RD3	Jedná se o skříň operátorského panelu pro pec 12t.
FILTRARE	Jedná se o rozvaděč řízení regenerace filtru, umístěný je na filtru v prostoru přístupném po servisním žebříku. Rozvaděč je osazen řídicím PLC, HMI dotykovým panelem, servozesilovačem, sadou relé a stykači pro ovládání jednotlivých pohonů.

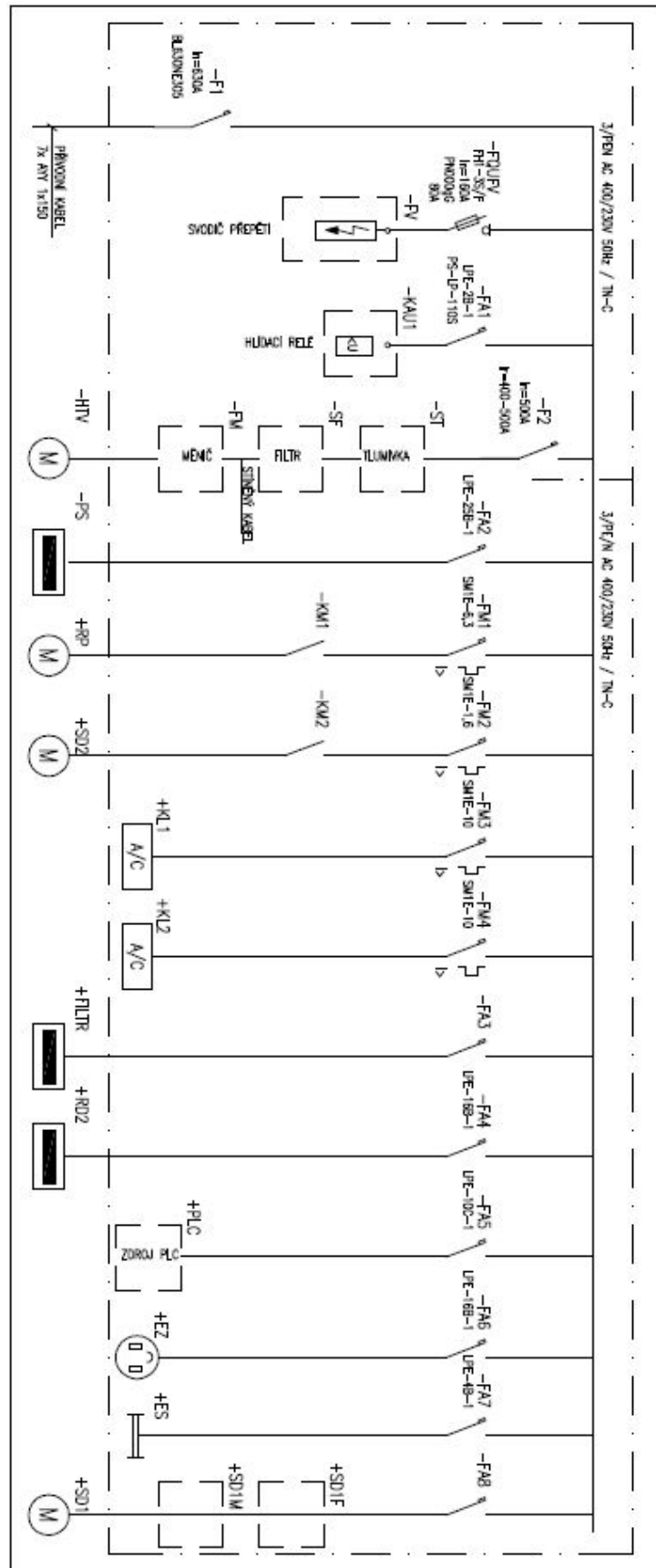
Tabulka 6 - popis rozvaděčů a ovládacích panelů, které jsou součástí systému řízení VZT

2.1.1 Koncepce napájení

Veškeré rozvaděče náležící k systému vzduchotechniky jsou napájeny z rozvaděče RD1, pro který je z rozvodny podniku přiveden napájecí kabel. Výpočet napájecího kabelu byl proveden v programu SICHR od společnosti OEZ, pomocí něj byla provedena kontrola na úbytek napětí a jistění navrženo tak, aby byla dodržena potřebná výkonová dodávka s rezervou.

Označení:	Popis:	Uvažovaný příkon:
HTV	Pohon hlavního tahového ventilátoru	250kW
PS	Zásuvková skříň na sloupě	17kW
RP	Rotační podavač	0,37kW
SD	Vynášecí dopravník	2,2kW
VD	Vyhrnovací dopravník	4kW
FILTR	Rozvaděč regenerace filtru	17,2kW
RD2	Rozvaděč distribuovaných I/O a operátorský panel pro pec 8t	1,5kW
-	Osvětlení a servisní zásuvka rozvaděče RD1, RD2 a RD3	1kW
PLC	Zdroje napájecího napětí +24V DC v RD1 a RD2	1kW
KL1	Klimatizační jednotka 1 - rozvaděče RD1	1,8kW
KL2	Klimatizační jednotka 2 - rozvaděče RD1	1,8kW

Tabulka 7 - energetická bilance odběrů systému VZT



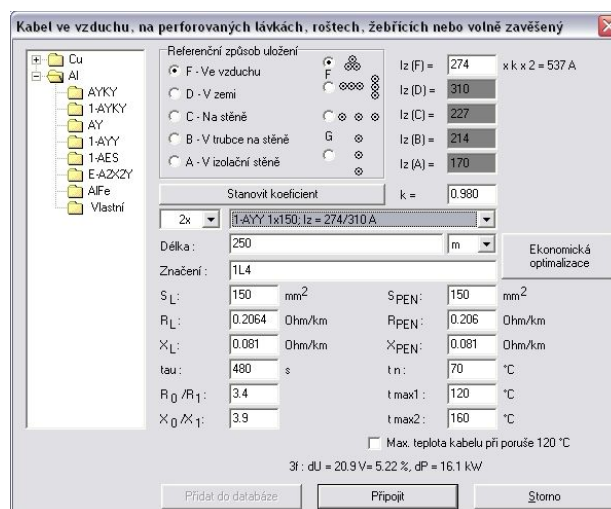
Obr. 39 - schéma zapojení silových obvodů

Z Obr. 39 je patrné provedení silových obvodů pro napájení jednotlivých elektro částí systému. Hlavním jističem plnícím funkci hlavního vypínače rozvaděče je deon označený „F1“. Jeho vypnutím je od napájecího napětí odpojena veškerá příslušící technologie včetně řídicího systému. Dalším významným jističem prvkem je jistič „F2“ určený pro odjištění frekvenčního měniče HTV. Tento jistič slouží jednak k ochraně měniče například při prohoření vstupního usměrňovače, jeho významným účelem je však i možnost odpojení měniče od napájecího napětí a tím zabezpečení HTV proti rozběhu při servisních pracích, aniž by došlo k vypnutí ostatních částí, například řídicího systému. Hlavní deon, deon napájení HTV a svodiče přepětí je na Obr. 40.



Obr. 40 - výkonové jističe (deony) "F1" a "F2" s přípojnicovým systémem v rozvaděči RD1

Návrh přívodu byl proveden pro přenos výkonu 300kW, v programu byl proveden návrh přívodního vedení, sestávajícího z kabelů 1-AYY 1x150, na fázi jsou použity dva tyto kabely.



Obr. 41 - navržený kabel pro napájení technologie v programu SICHR

2.1.2 Provedení rozvaděče +RD1

Rozvaděč RD1 je hlavní částí systému řízení vzduchotechniky, neboť plní funkci napájení celé technologie, zároveň jsou uvnitř osazeny frekvenční měniče napájení motorů vyhrnovacího šneku filtru a hlavního tahového ventilátoru, své místo zde má též hlava řídicího systému ŘSVZT. Jedná se o skříň sestávající ze dvou polí, která od sebe ve vnitřním prostoru rozvaděče nejsou oddělena přepážkou, skříň je vybavena dvoukřídlými dveřmi. Vzhledem k místu realizace (jižní Itálie) byly předpokládány vysoké teplotní průměry (předpokládaná teplota prostředí až 50°C) spojené se zvýšenou vlhkostí a slaností vzduchu (přímořská oblast). Zařízení instalované v rozvaděči dále vyvíjí poměrně značné ztrátové teplo, zejména pak frekvenční měnič pro motor HTV, u kterého je při nominálním výkonu uvažováno 5kW tepelných, 500W ve ztrátovém teple je předpokládáno při maximálním zatížení na deonech jistících napájecí přívod a frekvenční měnič HTV. Ztrátový výkon 500W je uvažován pro měnič vyhrnovacího šneku, napájecí zdroj 24V DC a pro samotné PLC s HMI dotykovým panelem. Celkem se tedy jedná o ztrátový výkon 6kW, který je nutno z vnitřního prostoru rozvaděče odvést. Jelikož je rozvaděč umístěn v těžkém průmyslovém prostředí (zejména vysoká prašnost), není vhodné zajistit chlazení vnitřního prostoru rozvaděče nucenou cirkulací chladícího vzduchu, nýbrž je nutné toto prostředí (vnitřek a okolí rozvaděče) oddělit. Problém byl konzultován se společností Rittal, která se zabývá výrobou a dodávkami rozvaděčových systémů a systémů jejich chlazení. Na základě vstupních údajů (velikost rozvaděče, teplota okolí, požadovaná vnitřní teplota, celkový ztrátový výkon komponent v rozvaděči) byl společností vypracován výpočet optimálního systému chlazení, výsledkem byl návrh dvou chladících jednotek Rittal, SK3332540, umístěných na bočnicích rozvaděče.



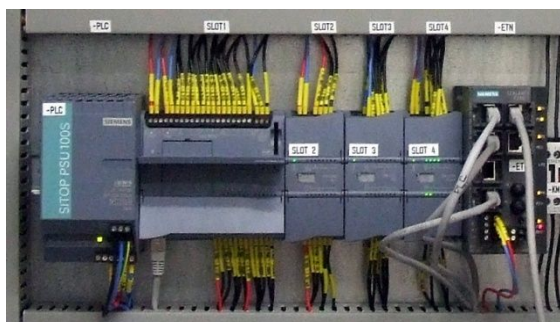
Obr. 42 - rozvaděč RD1 osazen klimatizačními jednotkami na zkouškách v ESB Brno

2.1.3 Řídicí systém

Řízení VZT systému probíhá v PLC SIEMENS, S7-1200, který je instalován v rozvaděči RD1 a představuje kompaktní a modulární systém pro řízení širokého spektra aplikací. Mezi jeho hlavní přednosti patří široké možnosti průmyslové komunikace, díky které se stává nastavení spolupráce s ostatními zařízeními rychlé a snadné.

2.1.3.1 Hlava řídicího systému

Jako řídicí PLC byl využit kontrolér SIEMENS, S7-1200, typ: CPU 1214C DC/DC/Rly. Jedná se o CPU s 75kB vnitřní paměti pro řídicí program, přímo jeho součástí je 10 binárních reléových výstupů a 16 binárních vstupů. Pro rozšíření počtu analogových a binárních vstupů a výstupu je řídicí PLC rozšířeno celkem o tři signální moduly připojené přímo na jeho sběrnici, tedy SM1222 RLY (8 binárních reléových výstupů), SM1221 DC (16 binárních vstupů) a SM1234 AI/AQ (4 analogové vstupy a 2 analogové výstupy). Napájení pro CPU, stejně jako pro příslušící části v rozvaděči RD1, je provedeno ze zdroje SIEMENS, SITOP 10A, 230V AC/24V DC.



Obr. 43 - PLC S7-1200 s I/O kartami, zdroj SITOP PSU 100S a switch SCALANCE X206-1 v rozvaděči RD1

2.1.3.2 Hlavní ovládací panel

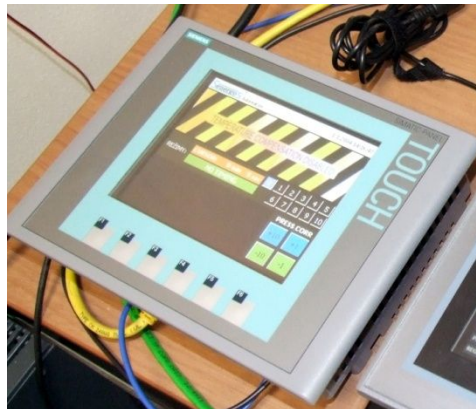
Hlavní ovládací panel slouží pro celkový přehled o systému vzduchotechniky, dále pak pro jeho parametrizaci. Vybrán byl typ SIEMENS, TP 700 comfort, osazený 7“ displejem schopným zobrazit 16 milionů barev. Operačním systémem panelu jsou windows CE. Důvodem volby právě tohoto panelu jsou jednak možnosti skriptování (za použití VBScript), pomocí kterého jsou tvořeny datalogy procesních hodnot systému, dále umožnění vzdáleného přístupu na panel, který byl ze strany objednatele požadován, za použití klasického webového prohlížeče, případně za použití zdarma dostupné aplikace Sm@rtClient.



Obr. 44 - HMI panel SIEMENS, TP700

2.1.3.3 Operátorské panely

Pro účely ovládání systému VZT od pecí jsou určeny operátorské panely SIEMENS, KTP 600 basic. Každý z těchto panelů poskytuje základní provozní údaje pro pec, ke které přísluší a umožňuje režimovou volbu na peci (obrazovka režimů ovládaná tlačítky na příslušném rozvaděči pod panelem). Dále jsou na těchto panelech k dispozici alarmová hlášení. Komunikace s řídicím systémem probíhá po komunikaci PROFINET.



Obr. 45 - HMI panel SIEMENS, KTP600 basic

2.1.3.4 Periferie decentrálních vstupů a výstupů

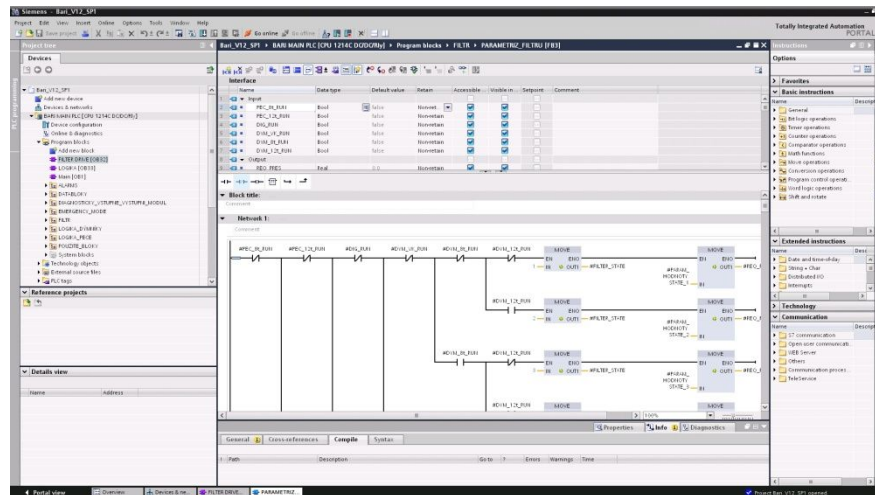
Jelikož je technologie VZT rozmístěna po poměrně velké ploše, místa pro zpracování analogových a binárních signálů řídicím systémem jsou dvě. Prvním místem je rozvaděč RD1, kde se nachází kontrolér, druhým pak rozvaděč operátorského panelu RD2, ve kterém je umístěna periferie distribuovaných vstupů a výstupů. Jedná se o komunikační hlavu SIEMENS, ET200SP doplněnou o příslušný počet základních jednotek karet (base unit) a samotné karty binárních a analogových vstupů a výstupů. Stav těchto vstupů a obměnu výstupů provádí kontrolér (S7-1200) po komunikaci PROFINET, která mezi rozvaděči RD1 a RD2 probíhá po optickém kabelu (viz. 2.1.4).



Obr. 46 - decentrální periferie distribuovaných I/O - ET200SP

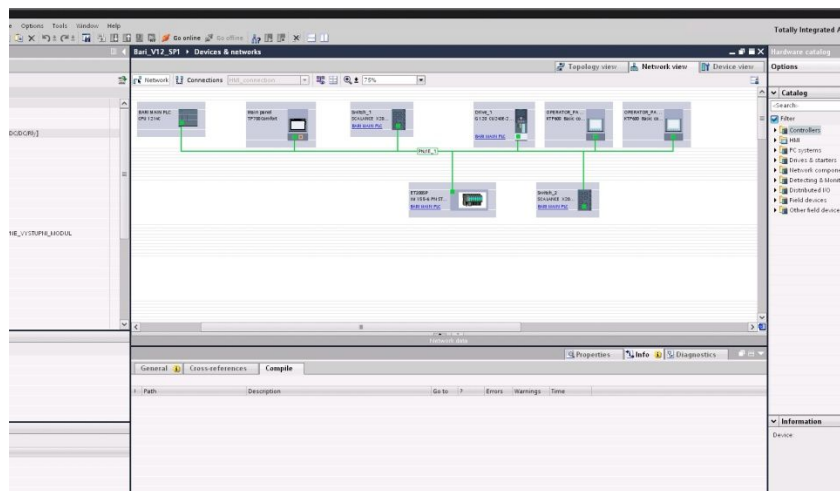
2.1.3.5 Vývojové prostředí

Veškeré práce na programovém vybavení řídicího PLC a na vizualizaci operátorských panelů a hlavního panelu byly prováděny ve vývojovém prostředí SIEMENS, TIA Portal V12, která je rozšířena o nástroj pro programování HMI panelů WinCC Advanced V12. Značnou výhodou tohoto nástroje je sloučení veškerých prací (vizualizace, programování řídicího systému, parametrizace frekvenčních měničů) do jednoho prostředí, kde se mezi jednotlivými částmi systému, na kterých hodláte pracovat, pohybujete prostřednictvím navigačního okna.



Obr. 47 - vývojové prostředí TIA Portal

Vzájemnou spolupráci komponent oživíte pouhým nadefinováním všech zařízení na komunikační síti v rámci hardwarové konfigurace, ve které každé komponentě přidělíte příslušnou IP adresu a určíte MASTER/SLAVE příslušnost (například v případě frekvenčního měniče). V případě, kdy zařízení není z produkce SIEMENS, je možné provést integraci do HW konfigurace za použití GSD (general station description) souborů, které bývají dostupné v rámci technické podpory příslušných výrobců.



Obr. 48 - hardwarová konfigurace projektu ve vývojovém prostředí TIA

2.1.4 Topologie komunikační sítě

System řízení sestává z několika částí, které si mezi sebou vyměňují informace v rámci komunikační sítě PROFINET. PROFINET je průmyslová komunikační sběrnice určená pro řídicí systémy průmyslové automatizace, vystaven je na základech průmyslového ETHERNETU. Všechny části řídicího systému po této síti komunikují uzavřeným protokolem SIEMENS, sběrnice však pracuje též s TCP/IP standardy IT, je tedy možné po síti provádět vzdálenou diagnostiku a parametrizaci veškerých komponent (webservery, přístup přes vývojové prostředí, servisní SW).

2.1.4.1 Součásti sítě

Pro řízení VZT systému je využíváno několik zařízení, která jsou koordinována řídicím systémem, popřípadě z nich řídicí systém získává provozní stavy a hodnoty vzduchotechniky. Konkrétně jde v rámci této aplikace o následující:



Kontrolér se vstupy a výstupy S7-1200 - průmyslové PLC, ve kterém je prováděn řídicí program



Frekvenční měnič G120 - napájí elektromotor hlavního tahového ventilátoru



Jednotka distribuovaných vstupů a výstupů ET200SP - vzdálená periferie, do které jsou staženy veškeré signály (binární a analogové) systémů v její blízkosti



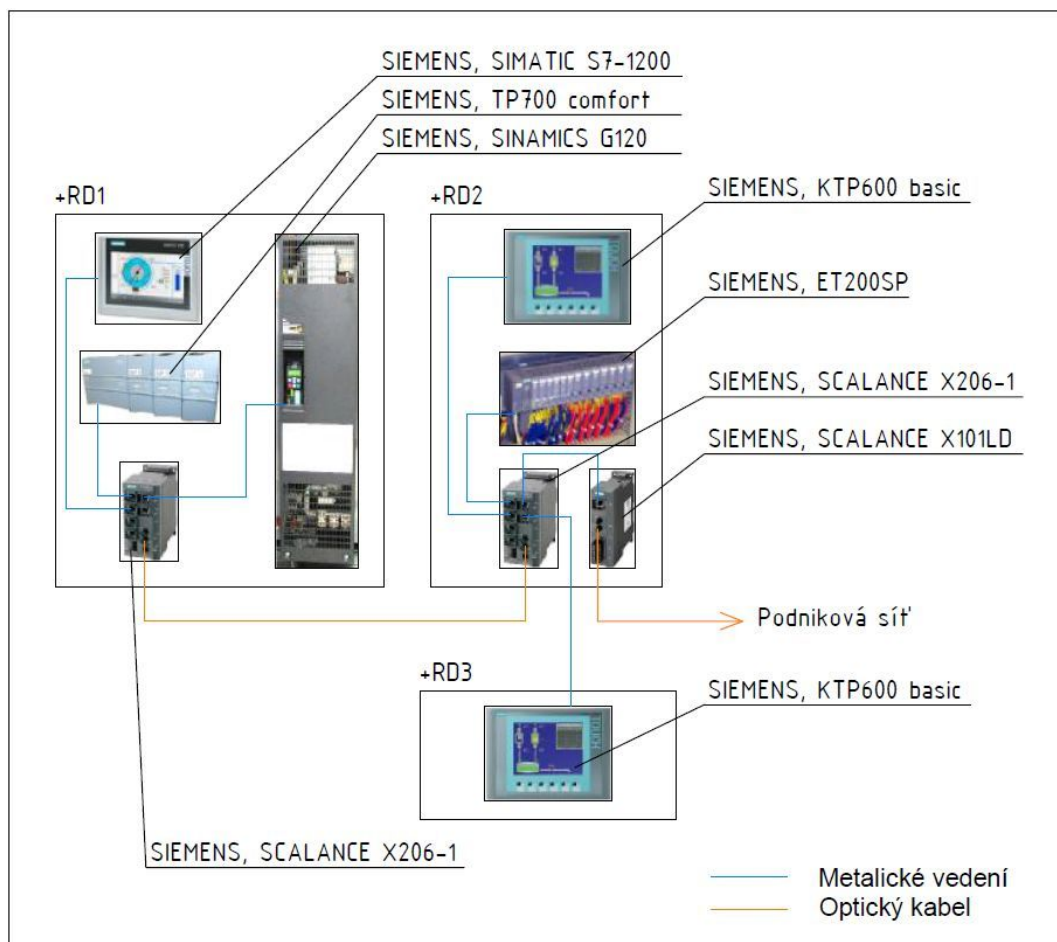
HMI panel TP700 comfort- dotykový panel, předávající obsluze provozní údaje o celém systému, umožňující parametrizaci a záznam provozních dat a poruchových událostí



Operátorské HMI panely KTP600 basic - dotykové panely umístěné poblíž tavicích pecí, zobrazující základní přehledy a usnadňující vzdálenou obsluhu systému

2.1.4.2 Uspořádání sítě

Komunikační síť řízení vzduchotechniky je v tomto případě vzhledem k dispozičnímu uspořádání technologie poměrně rozsáhlá, soustředěná do dvou míst. Prvním místem je okolí jednotky filtru a hlavního tahového ventilátoru, druhým místem okolí pecí a pracoviště vypalování kelímků, přičemž délka kabelové trasy mezi místy je přibližně 200m. Investorem byla navíc vymezena pouze jedna kabelová trasa, ve které je umístěn silový kabel napájející celou technologii vzduchotechniky, čímž by byl nevyhnutelný souběh silového, signalizačního a komunikačního vedení s možnými následnými poruchami v přenosu těchto signálů a dat.



Obr. 49 - schéma komunikace řídicího systému vzduchotechniky

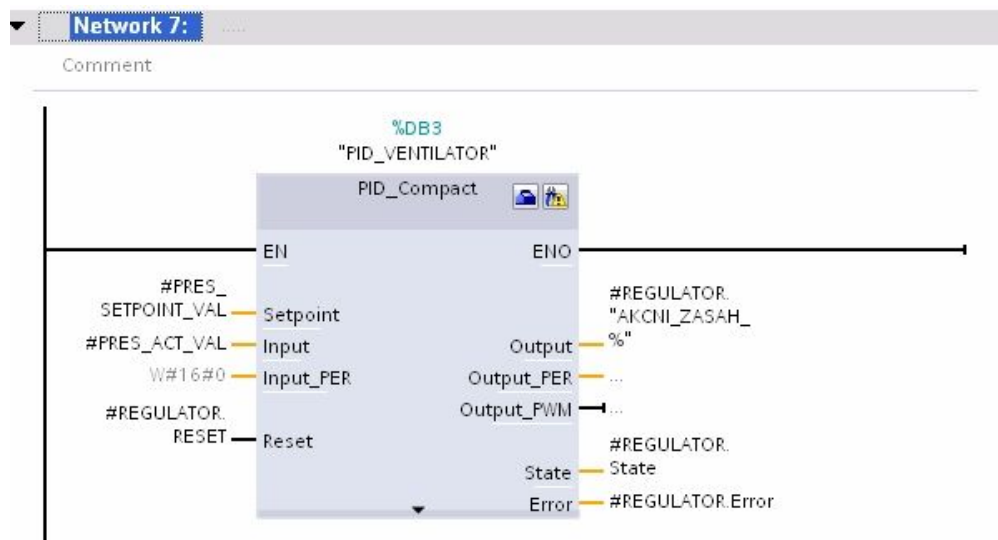
Aby bylo možné vyhnout se vzniku těchto souběhů v rámci posílení hladkého provozu systému, byl poblíž pece umístěn další rozvaděč (ozn. +RD2), který slouží jednak jako skříň operátorského panelu, dále jako slučovací skříň. Veškeré binární a analogové signály jsou přivedeny na I/O karty jednotky distribuovaných vstupů a výstupů SIEMENS ET200SP, která je následně připojena datovým metalickým kabelem do průmyslového switche SIEMENS, SCALANCE X206-1. Vedle této jednotky jsou do tohoto switche připojeny zbylá zařízení systému, tedy dva operátorské panely SIEMENS, KTP600 a převodník OPTO/METALIKA SIEMENS, SCALANCE X101LD, prostřednictvím kterého je optickým kabelem typu singlemode celá technologická síť vzduchotechniky připojena k podnikové síti a do sítě internet.

Switch SIEMENS, SCALANCE X206-1 v rozvaděči +RD2 je prostřednictvím optického kabelu typu multimode, uloženého ve společném kabelovém žlabu s napájecím kabelem technologie, spojen s druhým switchem téhož výrobce a typu umístěným v rozvaděči +RD1, kde jsou do něj metalickými kabelem připojeny kontrolér PLC (SIEMENS, S7-1200), hlavní obslužný panel (SIEMENS, TP 700 comfort), frekvenční měnič hlavního tahového ventilátoru (SIEMENS, G120), dále je z něj provedeno propojení se switchem umístěným v rozvaděči řízení regenerace filtru.

2.2 Řízení systému VZT

2.2.1 Realizace PID regulátorů za použití S7-1200

PID regulátory v řídicím systému pracují nezávisle na sobě celkem tři, jejich úkolem je regulovat prostřednictvím akčních členů (měnič HTV, pozicionery klapky) hodnoty podtlaku v daných částech (místa přejímek na peci 8 a 12t, podtlak na vstupu filtru). K tomuto účelu jsou využity funkční bloky, standardně dostupné ve vývojovém prostředí TIA.



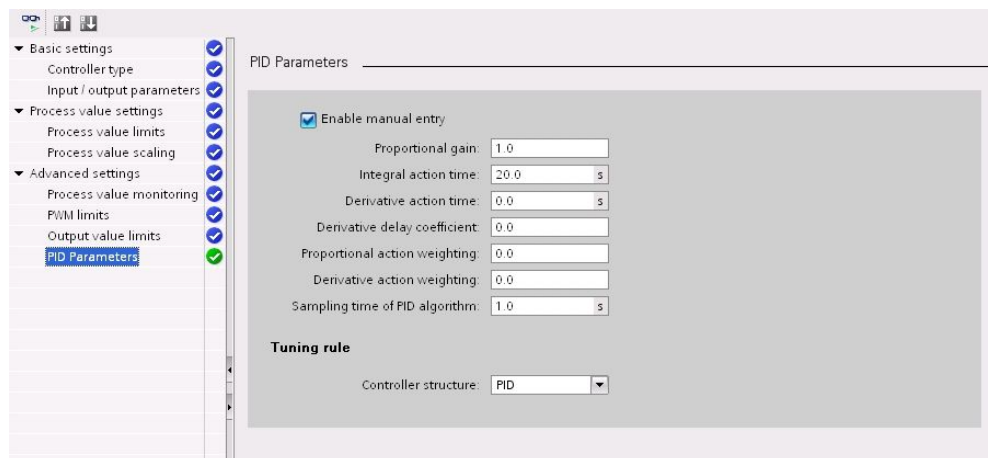
Obr. 50 - funkční blok PID regulátoru vložený v projektu

K příslušnému funkčnímu bloku (Obr. 50) se vytvoří datový blok, ve kterém jsou uložena veškerá nastavení regulátoru (konstanty regulátoru, pracovní meze, provozní limity), v popisovaném případě se jedná o PID regulátor pro řízení HTV, datový blok má název „PID_VENTILATOR“. Blok je pak nutné napojit na příslušné proměnné jiných datových bloků, přes které jsou sdíleny hodnoty měřené veličiny, požadované veličiny a regulačního zásahu.

Vazba bloku:	Význam:
<i>Setpoint</i>	Požadovaná hodnota udržovaná regulátorem
<i>Input</i>	Vstup pro měřenou hodnotu (regulační odchylka)
<i>Input_PER</i>	Vstup pro měřenou hodnotu (regulační odchylka) získávanou přímo z analogového vstupu A/D převodníku. Převod probíhá na základě parametrů zadaných v nastaveních bloku PID regulátoru.
<i>Reset</i>	Reset poruchového stavu PID regulátoru, například při překročení regulačních mezí.
<i>Output</i>	Hodnota regulačního zásahu v rozsahu hodnot 0 - 100 (0 - 100%).
<i>Output_PER</i>	Hodnota regulačního zásahu zadávaná přímo na analogový výstup D/A převodníku. Převod probíhá na základě parametrů zadaných v nastaveních bloku PID regulátoru.
<i>Output_PWM</i>	Výstup pro řízení pulsně šířkovou modulací.
<i>State</i>	Kód aktuálního stavu PID regulátoru.
<i>Error</i>	V případě poruchy chybový kód PID regulátoru.

Tabulka 8 - popis vstupních a výstupních proměnných PID regulátoru

PID regulátor je možné parametrizovat buď v nabídce přizpůsobení, případně lze nastavení provést přímo změnou parametrů v příslušném datovém bloku. Na Obr. 51 je nabídka nastavení konstant regulátoru, v levé části obrázku pak menu pro výběr ostatních karet nastavení regulátoru.



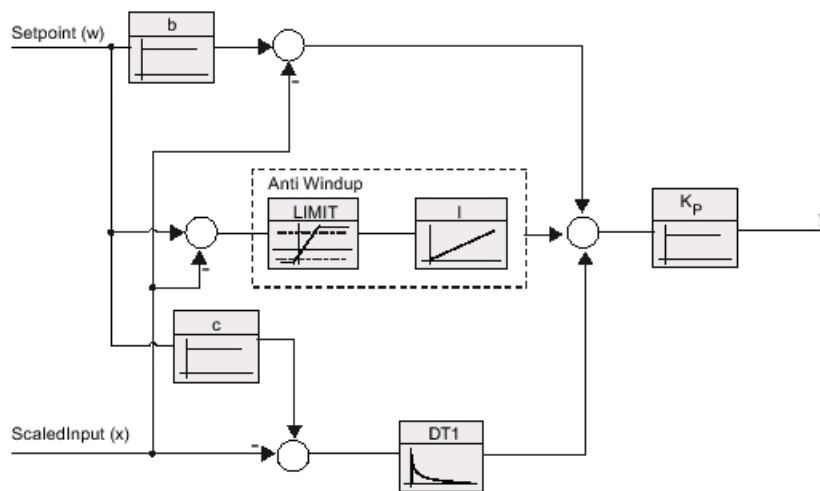
Obr. 51 - menu nastavení PID regulátoru

Blokové zapojení regulátoru je patrné z Obr. 52, matematický popis regulátoru je následující:

$$y = K_p \left[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_i \cdot s} (w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1} (c \cdot w - x) \right]$$

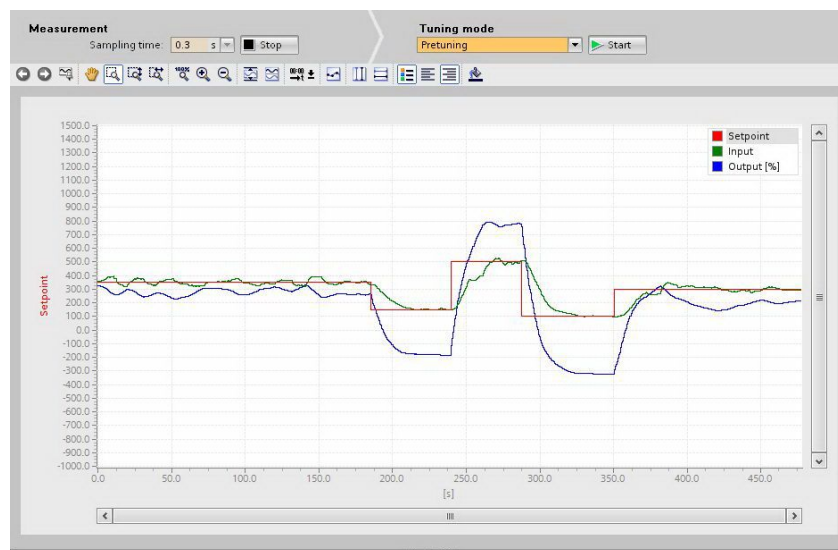
Symbol:	Význam:
y	Výstupní hodnota PID algoritmu
K_p	Proporcionální zesílení
s	Laplaceův operátor
b	Váhový koeficient proporcionálního regulátoru
w	Žádaná hodnota
x	Procesní veličina (měřená hodnota)
T_i	Integrační čas
a	Zpoždění derivačního regulátoru
T_D	Derivační čas
c	Váhový koeficient derivačního regulátoru

Tabulka 9 - tabulka symbolů použitých v rovnici popisu regulátoru



Obr. 52 - vnitřní blokové schéma použitého PID regulátoru

Pro hrubé nastavení PID regulátoru je možné použít funkci „Auto Tune“ a „Fine Tune“, která provede analýzu řízené soustavy a pokusí se nastavit příslušné konstanty regulátoru. V rámci dosažení žádané odezvy regulátoru je však ve většině případů nutné provést ruční úpravu konstant regulátoru. Zmíněné funkce pro automatické nastavení konstant byly využity zejména pro PID regulátor HTV, pro regulaci podtlaků na pecích bylo nastavení provedeno výhradně ručně, váha byla ponechána pouze pro proporcionální zesílení ($K_p=0,01$) a pro integrační čas ($T_I=2,56$). Takto nastavený regulátor je poměrně pomalý (dosažení žádané hodnoty je pozvolné), regulace podtlaku na peci by mohla probíhat rychle (doba odezvy regulované soustavy je krátká), prudké změny ve škrcení potrubí jsou však vzhledem k vznikajícím tlakovým rázům v systému VZT nežádoucí a stálá regulační chyba v řádu jednotek Pa je přípustná.



Obr. 53 - graf PID regulátoru použitý při ladění

2.2.2 Řízení HTV

Hlavní tahový ventilátor vytváří v celém systému vzduchotechniky potřebný podtlak, díky kterému je z příslušných míst zajištěn odtah zplodin do filtru. Řízení výkonu hlavního tahového ventilátoru obstarává PID regulátor, jehož úkolem je udržovat na vstupu filtru požadovaný podtlak (způsob, jakým je provedeno měření a působení PID regulátoru je rozebrán v části 1.1.1).

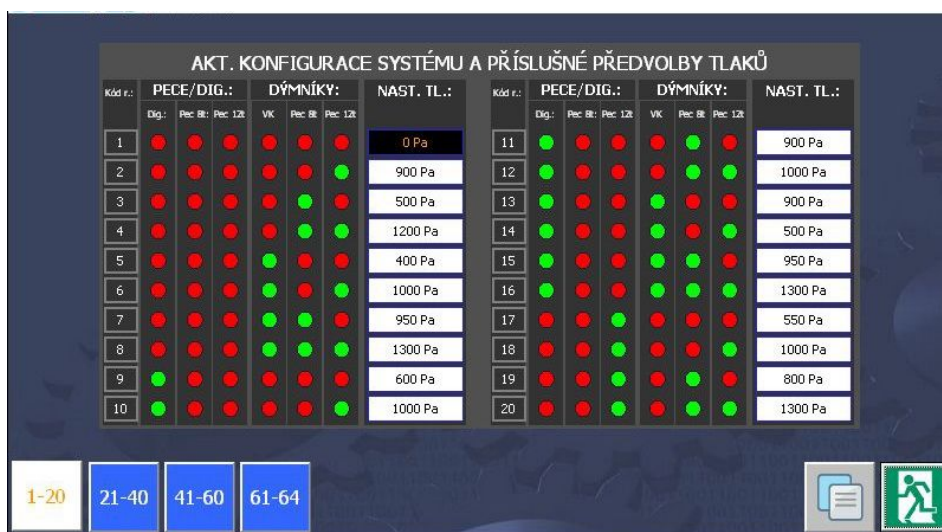
2.2.2.1 Způsob volby požadovaného podtlaku před filtrem

V případě řízení celé vzduchotechniky je nutné zajistit, aby byl podtlak generovaný HTV za všech provozních stavů dostačující. Tohoto požadavku bylo docíleno naprogramováním provozní mapy do řídicího PLC, která přiděluje každé konfiguraci systému příslušnou hodnotu žádaného podtlaku. Celkem systém rozeznává stav v šesti částech.

Část systému:	Možné stavy:
Odprášení pece 8t	PROVOZ / VYPNUTO
Odprášení pece 12t	PROVOZ / VYPNUTO
Digestoř pracoviště vypalování kelímků	OTEVŘENO / ZAVŘENO
Dýmníky nad pecí 8t	OTEVŘENO / ZAVŘENO
Dýmníky nad pecí 12t	OTEVŘENO / ZAVŘENO
Dýmníky nad pracovištěm vypalování kelímků	OTEVŘENO / ZAVŘENO

Tabulka 10 - možné stavy částí systému

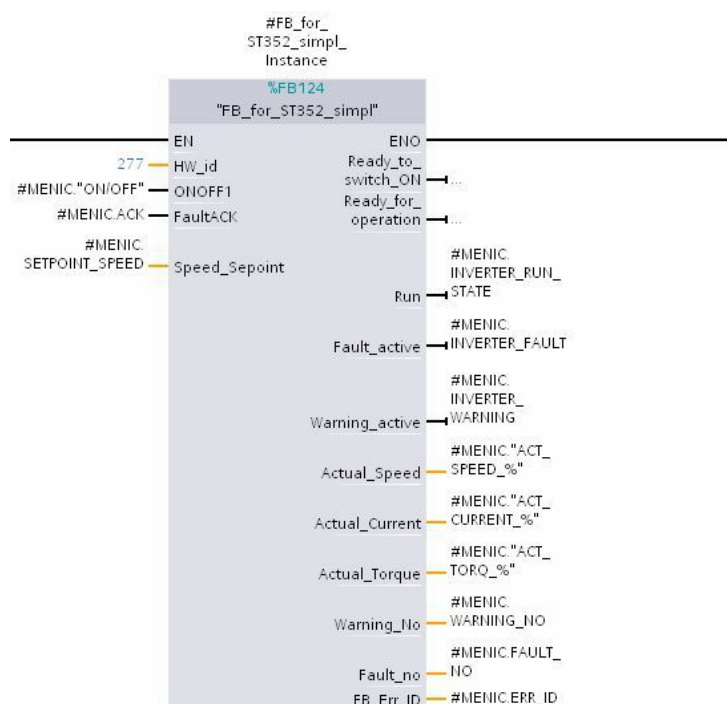
Jelikož pro každou z částí existují pouze dva stavy, které je možné binárně vyjádřit čísly 1 nebo 0, je možné sestavit logickou tabulku, která zná 2^6 , tedy 64 možných stavů systému. V PLC běží neustále algoritmus, který aktuální konfiguraci klapek a režimu pecí vyhodnocuje, výstupem pak je aktuální číslo konfigurace, na které je navázána hodnota požadovaného tlaku. Na Obr. 54 je jedna ze čtyř obrazovek hlavního panelu pro nastavení podtlaků před filtrem pro příslušné konfigurace systému, červená tečka reprezentuje stav zavřeno nebo vypnuto, zelená pak otevřeno nebo zapnuto.



Obr. 54 - obrazovka nastavení tlaků na vstupu filtru pro jednotlivé konfigurace VZT systému

2.2.2.2 Obsluha měniče HTV

Měnič HTV je obsluhován prostřednictvím komunikace PROFINET, pro vlastní řízení je využíván telegram ST 352, prostřednictvím kterého je možné obsluhovat základní funkce měniče a monitorovat základní hodnoty. V programu je toto řízení obsaženo v podobě funkčního bloku, viz. Obr. 55. Pro řízení měniče je nutné zadat pouze HW identifikátor, který je příslušnému měniči přidělen v rámci HW konfigurace projektu, obsluha spočívá v ovládní chodu měniče binárním vstupem ONOFF1, v případě že dojde k poruchovému stavu, který měnič zastaví, je možné provést kvitování poruchy binárním vstupem FaultACK, posledním zadávaným parametrem je požadovaná rychlost motoru, ta se zadává v rozsahu 0 - 100, tedy rozsah 0 - 100% výstupního kmitočtu, což dle nastavení měniče představuje 0 - 50Hz.



Obr. 55 - funkční blok telegramu ST352 pro obsluhu frekvenčních měničů prostřednictvím komunikace PROFINET

Zpětně funkční blok vyčítá z měniče jeho provozní údaje, zejména je k dispozici údaj o chodu měniče, konkrétně o zapnutí výstupního střídače, porucha měniče a vznik varovného hlášení. Dále jsou k dispozici některé provozní údaje jako aktuální rychlost motoru, ta je vyjadřována v rozsahu 0 - 100%, který odpovídá nulovým až maximálním otáčkám motoru (v případě tohoto projektu 100% odpovídá otáčkám 1446/min), obdobně je možné vyčítat údaje o aktuálním výstupním proudu měniče a vypočítaném momentu stroje. V případě vzniku varovného nebo poruchového hlášení je kód příslušné chyby nebo varování posílán na vstupy Fault_no, případně FB_Err_ID. Co se týká vlastního ovládní měniče řídicím programem, vlastní spuštění je iniciováno žádanou hodnotou podtlaku na vstupu filtru, která je výstupem logického bloku vyhodnocování konfigurace systému (viz. 2.2.2.1). Jestliže je požadovaný tlak >100 Pa, systém to vyhodnotí jako požadavek na spuštění VZT systému. Rozběh HTV probíhá v následující sekvenci:

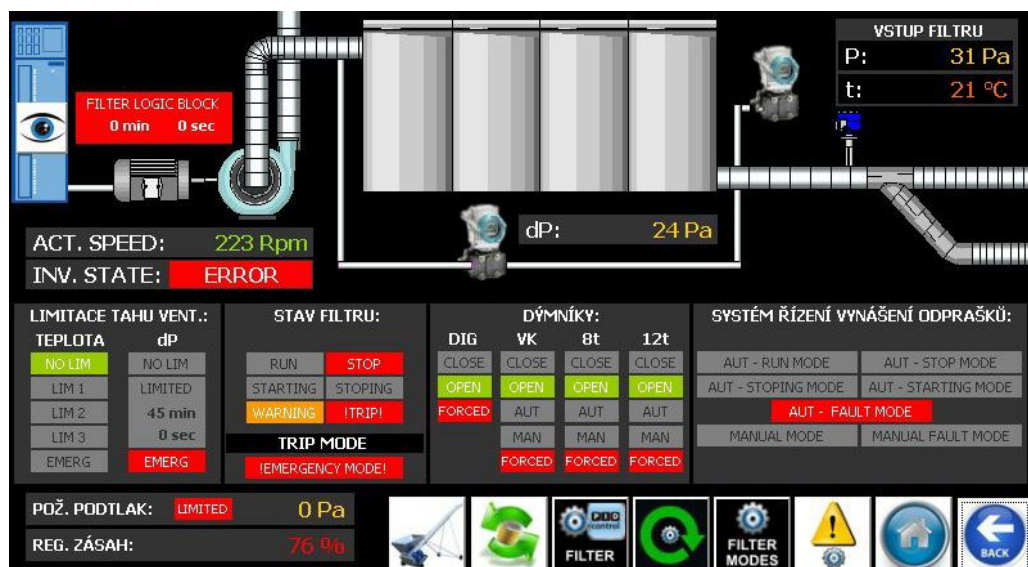
- 1) Proběhne test na bezporuchový stav všech systémů, které přísluší k části vytvářející podtlak v potrubí (systémy odpraškových cest, stav řízení regenerace filtru, tlačítka nouzového zastavení nejsou stisknuta, měnič není v poruše a další, kontrolní body jsou patrný z Obr. 56). Poruchový stav je možné eliminovat nastavením typu reakce u jednotlivých bodů na WARNING, případně NOTHING, čímž je možné systém omezenou dobu nouzově provozovat. Jestliže je daný bod v poruše (indikátor ACTUAL svítí) a reakce je nastavena na hodnotu TRIP, program startovací sekvenci, případně provoz HTV ukončí.
- 2) Jestliže testováním jednotlivých bodů nebyl nalezen poruchový stav, je vydán povel k zahájení činnosti regenerace filtru, operaci spuštění systému řízení regenerace obstarává samostatný řídicí blok popsany v části 1.3.2.4. Je očekáváno stavové hlášení o provozu filtru, přičemž náběh filtru musí proběhnout do doby stanovené parametrem maximální doby odezvy, jestliže tomu tak není a vyhrazená doba je překročena, startovací sekvence je ukončena s chybou (na Obr. 56 označena jako porucha 13). Z důvodu eliminace zacyklení programu je v případě spouštěcí sekvence tato ukončena bez ohledu na nastavení parametru působení této poruchy.
- 3) Po potvrzení úspěšného spuštění regenerace filtru je prostřednictvím telegramu ST352 vydán povel k zapnutí měniče, přičemž se čeká na zpětné potvrzení o jeho zapnutí. Po potvrzení spuštění je na vstup bloku telegramu ST352 vkládán PID regulátorem tlaku na vstupu filtru požadovaný výkon měniče (regulační zásah). Tímto je startovací sekvence ukončena a systém dále běží v režimu provozu.

AKTIVNÍ KROK SEKVENCE:		FILTER STOP						
KONTROLNÍ BODY LOGIKY:								
1)	Jistič frekvenčního měniče vypnut	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
2)	Jistič nap. vývodu regenerace vypnut	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
3)	Modul vyn. odprašků porucha MAN	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	WARNING
4)	Modul vyn. odprašků porucha AUT	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
5)	Jedn. filtru - sig. tlačítka nouz. zastav.	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
6)	Jedn. filtru - porucha filtru	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
7)	Jedn. filtru - varování	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	WARNING
8)	Působení systémů zabezpečení	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
9)	Frekvenční měnič - porucha	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
10)	Frekvenční měnič - varování	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	NOTHING
11)	Separátor pevných částic - plný zásob.	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
12)	Hav. mez teploty do filtru nas. plynů	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
13)	Max. doba odezvy filtru překročena	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	WARNING
14)	Hav. mez tlakové ztráty na filtru	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
15)	Překročen maximální povolený tlak	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP
16)	Porucha měření vstup. tlaku	ACTUAL	ERR	TEST	OK	WARNING	TRIP	TRIP

Obr. 56 - obrazovka kontrolních bodů logiky řízení HTV

V režimu provozu HTV je průběžně kontrolován stav poruchových hlášení, jestliže jsou všechny kontrolní body shledány v pořádku, HTV je ponecháno v chodu. K ukončení provozu z tohoto režimu může dojít v následujících případech:

- 1) Některý z kontrolních bodů je vyhodnocen jako porucha (bod musí mít nastaveno působení na hodnotu TRIP). V tomto případě přejde řízení HTV do režimu „TRIP MODE“, ve kterém je okamžitě provedeno zastavení měniče HTV, ukončena činnost regenerace filtru a zároveň proběhne vynucené otevření klapek dýmníků. V tomto režimu systém řízení setrvává, dokud není proveden reset řízení. Po provedení resetu přechází řízení do režimu STOP, po vyhrazenou dobu 1 min je zablokována logika řízení VZT systému. Toto blokování je využito z důvodu prodloužené doby uzavření klapek vzhledem k přiškrncení ovládacího pneupotrubí, systém by pak byl nežádaně opět spuštěn.
- 2) Je nastavena konfigurace systému VZT, pro kterou je parametrizován nulový požadovaný tlak na vstupu filtru (typicky konfigurace číslo 1, kdy jsou všechny klapky zavřeny a odprášení pecí se nachází v režimu STOP). Systém řízení přejde do režimu „STOPING MODE“ ve kterém dochází ke korektnímu odstavení systému. Je vydán povel k vynucenému otevření klapek dýmníků, čímž se zabrání prudkému nárůstu podtlaku v systému v důsledku uzavření sacích míst v okamžiku, kdy v rámci doběhu má motor HTV ještě poměrně vysoké otáčky (prudké navýšení tlaku by iniciovalo podtlakovou ochranu, v důsledku čehož by při odstavení došlo k přechodu systému do režimu „TRIP MODE“). S vynuceným otevřením dýmníků je dále vydán povel k zastavení měniče HTV, jakmile je potvrzeno vypnutí výstupního střídače společně s nulovými otáčkami motoru, je vydán povel k zastavení regenerace filtru. Tímto je režim zastavení HTV ukončen a systém řízení přechází do režimu „STOP MODE“.



Obr. 57 - obrazovka hlavního panelu pro obsluhu a přehled systémů filtru

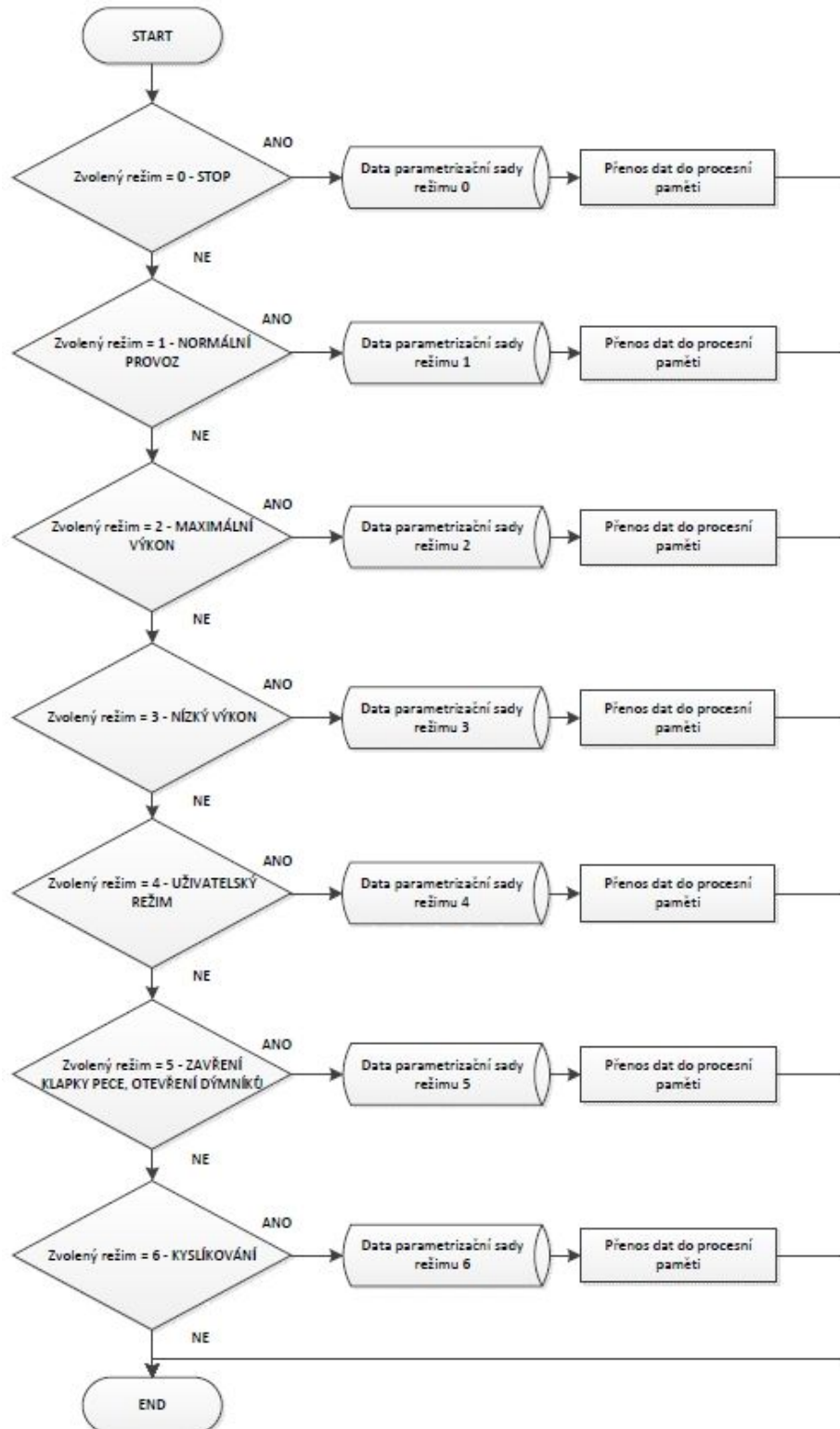
2.2.3 Řízení odprášení pecí

Účelem řízení odprášení pecí je udržování konstantního žádaného podtlaku v místě přejímky, tedy konkrétně v podtrubí odsávání z prostoru pecí. Jelikož je celý proces tavby sestaven z dílčích operací, mění se v jejím průběhu i požadavky na chod systému vzduchotechniky. Řízení tavicích pecí není v tomto případě automatizované, pece jsou ovládány obsluhou, která nastavuje dle aktuálních potřeb zdvih uhlíkových elektrod, proudové zdroje pecí, náklon pecí a podobně, vzhledem k těmto skutečnostem je nutné přizpůsobit i obsluhu VZT systému. Systém ovládání odprášení pecí je souborem parametrizačních sad, kde každá je reprezentovaná názvem vystihujícím příslušný soubor parametrů. Dostupné parametrizační sady jsou shrnuty v Tabulka 11.

Označení parametrizační sady:	Popis:
0 - STOP	Odprášení pece vypnuto.
1 - NORMÁLNÍ PROVOZ	Nastavení pro počátek tavby.
2 - MAXIMÁLNÍ VÝKON	Maximální možný odtah z pece
3 - NÍZKÝ VÝKON	Nízký výkon sání z pece
4 - UŽIVATELSKÝ REŽIM	Uvolněná možnost uživatelského nastavení podtlaku na peci
5 - ZAVŘENÍ PECE, OTEVŘENÍ HORNÍ	Odtah z pece vypnut (žádaný podtlak na peci = 0Pa), sání pouze dýmníky
6 - KYSLÍKOVÁNÍ	Režim odprášení při uhlíkovém varu - masivní vývin zplodin

Tabulka 11 - soupis dostupných parametrizačních sad odprášení pecí

Na Obr. 58 je zobrazen algoritmus, dle kterého je prováděna volba režimu pece. Ke každému režimu náleží datový blok parametrizační sady, jehož součástí jsou parametry a volby sepsané v Tabulka 12. Obsluha pece provede výběr žádaného režimu nájezdem kurzoru (značka na obrazovce operátorského panelu pro obsluhu režimů) prostřednictvím tlačítek označenými šipkami na rozvaděči (RD2 nebo RD3), volbu potvrdí stiskem tlačítka volby. Jestliže je nastaven čas zpoždění náběhu režimu, začne se počítat čas zpoždění, popřípadě systém přechází na volbu žádaného režimu okamžitě. Bezprostředně po aktivaci nového režimu jsou data parametrizační sady daného režimu vloženy do procesní paměti, dle které systém provede nové nastavení všech příslušných částí (otevření, případně zavření dýmníků, nová žádaná hodnota podtlaku na peci vložená na vstup PID regulátoru a podobně). Jestliže je tlak požadovaný příslušným režimem vyšší než 100Pa, v rámci logiky řízení systému je odprášení příslušné pece považováno jako aktivní, to je následně zpracováno logikou řízení HTV.

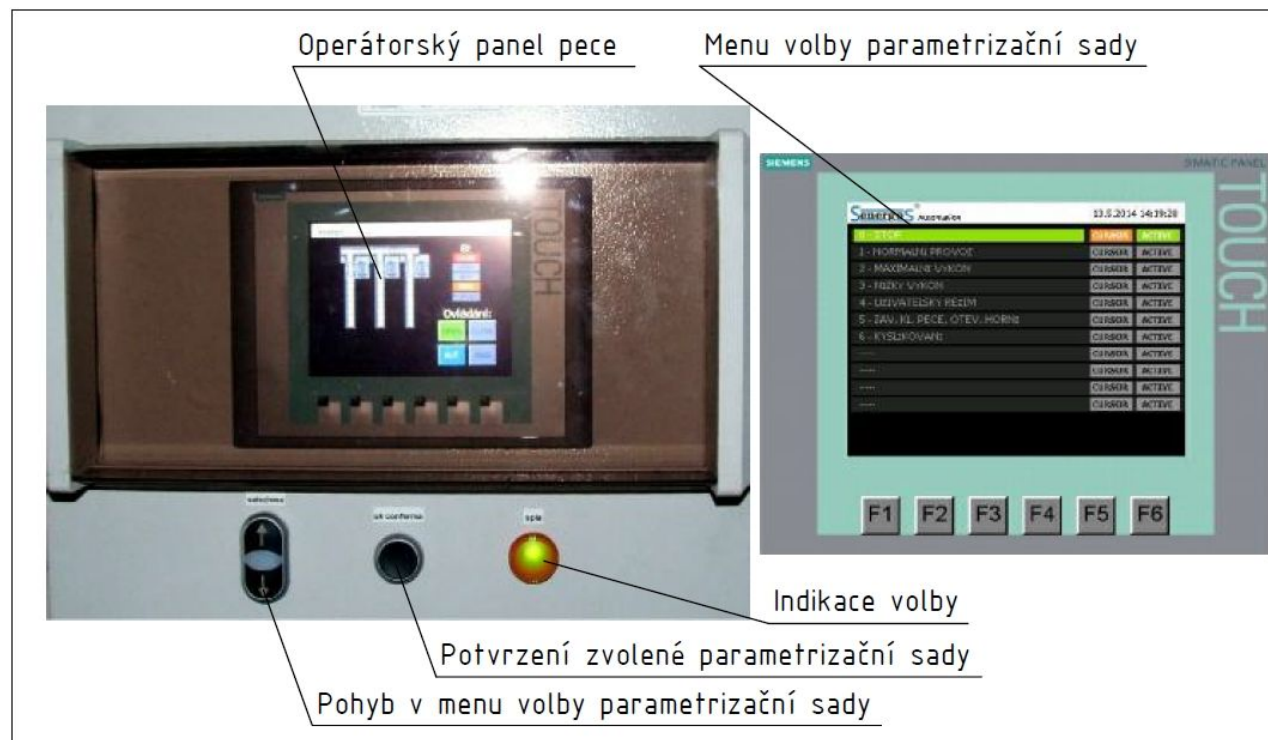


Obr. 58 - způsob volby parametrizační sady pece

Obrazovka pro obsluhu režimů a ovládací panel jsou zobrazeny na Obr. 59. Jelikož je v okolí místa instalace panelu vysoká prašnost, je dotykový panel chráněn krytem se zámkem. Funkčními tlačítky panelu je možný pohyb na ostatní obrazovky panelu, na kterých jsou dostupné provozní hodnoty systému VZT pro danou pec, stavy dýmníků a alarmová hlášení systému.

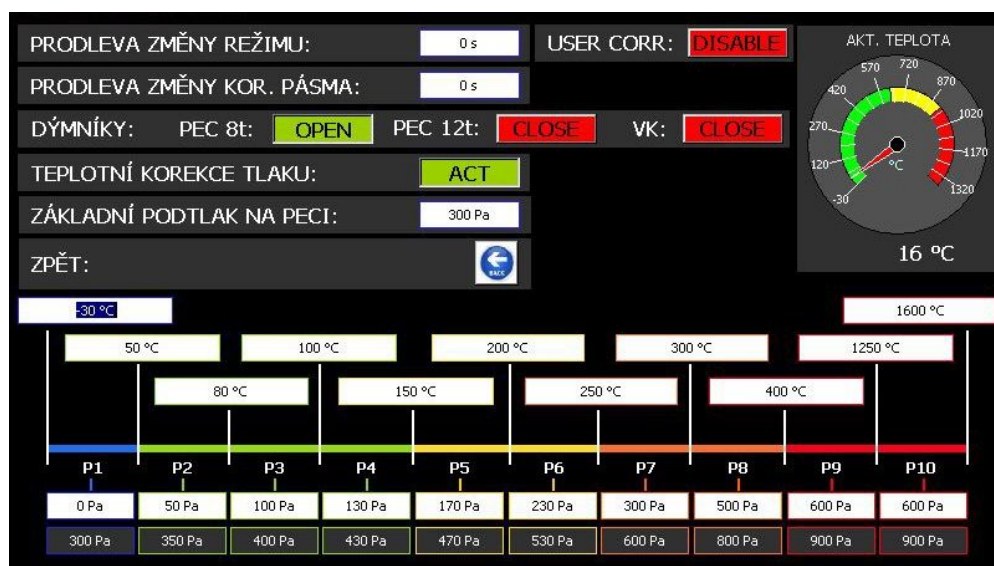
Parametr, volba:	Popis:
Prodleva změny režimu	Určuje zpoždění (sec), s jakým režim po potvrzení volby naběhne.
Prodleva změny korekčního pásma	Určuje minimální čas po který musí být ustálena teplota v novém korekčním pásmu tak, aby k příslušné korekci podtlaku došlo.
Uživatelská korekce podtlaku	Určuje, zda bude mít obsluha možnost při volbě tohoto režimu upravovat žádaný podtlak na peci.
Otevření dýmníku pece 8t	Volba, zda při aktivaci tohoto režimu bude otevřen dýmník nad pecí 8t
Otevření dýmníku pece 12t	Volba, zda při aktivaci tohoto režimu bude otevřen dýmník nad pecí 12t
Otevření dýmníku nad pracovištěm vypalování kelímků	Volba, zda při aktivaci tohoto režimu bude otevřen dýmník nad pracovištěm vypalování kelímků
Teplotní korekce tlaku	Volba, zda při aktivaci tohoto režimu bude korigován podtlak na peci v závislosti na teplotě.
Základní podtlak na peci	Hodnota podtlaku, udržovaná při aktivaci režimu na peci, bez korekčních hodnot (v případě použití teplotní korekce)
Teplotní korekční pásmo 1	Celkem třemi parametry je zadána spodní a horní hodnota teploty pro vymezení hranic pásma a korekční hodnota tlaku pro každé pásmo.
Teplotní korekční pásmo 2	
Teplotní korekční pásmo 3	
Teplotní korekční pásmo 4	
Teplotní korekční pásmo 5	
Teplotní korekční pásmo 6	
Teplotní korekční pásmo 7	
Teplotní korekční pásmo 8	
Teplotní korekční pásmo 9	
Teplotní korekční pásmo 10	

Tabulka 12 - data parametrizační sady režimu pece



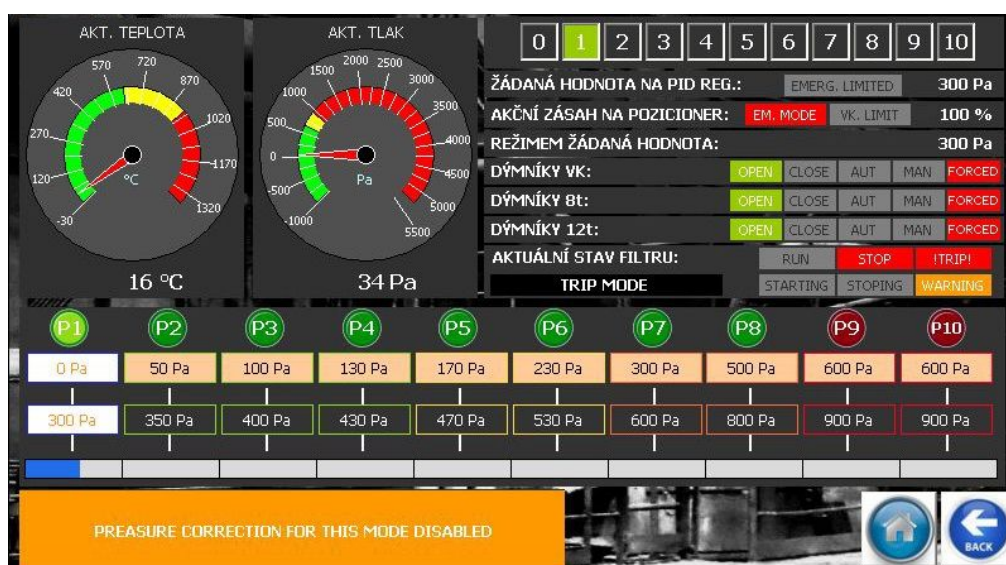
Obr. 59 - obsluha operátorského pracoviště pecí

Způsob nastavení jednotlivých režimů odprášení (parametrizační sada režimu) je na Obr. 60. Veškeré parametry se zadávají dotykem v místě editačního pole a následným zadáním nové hodnoty na numerické klávesnici, která se zobrazí. Ve spodní části obrazovky jsou k dispozici editační pole korekčních hodnot podtlaků pro jednotlivá korekční teplotní pásma, v horní části pak nastavení žádaného podtlaku na peci pro daný režim, konfigurace klapek a podobně.



Obr. 60 - obrazovka nastavení jednoho z režimů odprášení pece

Pro každou z pecí je dostupná celá řada parametru a procesních hodnot, které mohou být obsluhou sledovány, případně za provozu upravovány. Přístupné jsou pro každou pec na jednotlivých operátorských panelech a na hlavním panelu.



Obr. 61 - obrazovka přehledů procesních hodnot pece

2.2.4 Pracoviště vypalování kelímků

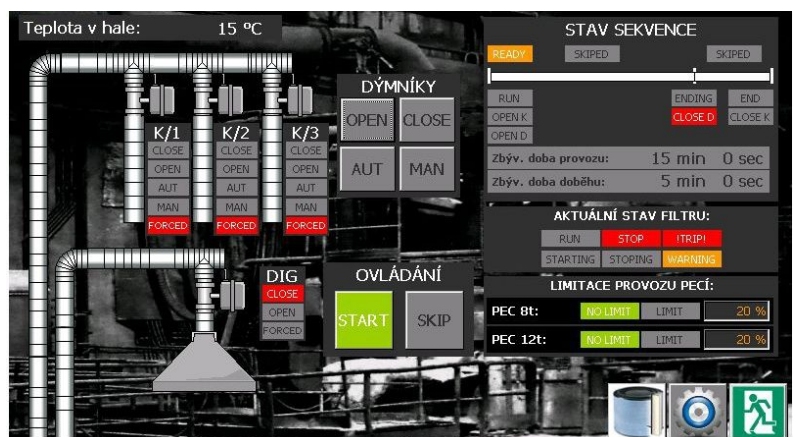
Jedná se o samostatné pracoviště, ke kterému z hlediska systému vzduchotechniky náleží digestoř (oddělená od VZT systému klapkou) a dýmníky u stropu haly nad tímto pracovištěm. Provoz odprášení tohoto pracoviště je řízen samostatným programem, který představuje sekvenci skládající se ze tří kroků:

- 1) **STOP (STOP MODE)** - klapka digestoře i dýmníků je uzavřena, odprášení pracoviště dýmníků je vypnuto. Dýmníky pracoviště vypalování kelímku však mohou být otevřeny jinou částí systému řízení (např. vynuceně v rámci odstavení nebo režimu TRIP řízení hlavního tahového ventilátoru nebo v rámci režimu řízení některé z pecí)
- 2) **PROVOZ (RUN MODE)** - klapka digestoře i dýmníků pracoviště vypalování kelímku jsou otevřeny, zároveň je spuštěn časovač doby provozu.
- 3) **ODSTAVENÍ (ENDING MODE)** - klapka digestoře je uzavřena, klapky dýmníků jsou otevřeny, čímž dojde k odsátí zbytku zplodin po činnosti na tomto pracovišti. Náběhem režimu odstavení je spuštěn časovač doby tohoto režimu.

Ovládání programu řízení pracoviště je možné z hlavního panelu i z ovládacího panelu poblíž tohoto pracoviště, tlačítka ovládacího panelu korespondují s tlačítky na obslužné obrazovce pracoviště na hlavním HMI panelu (zelené tlačítko plní funkci START, červené pak funkci SKIP, v PLC jsou tlačítka na obrazovce HMI panelu a tlačítka ovládacího panelu u pracoviště vypalování kelímků spřažena).

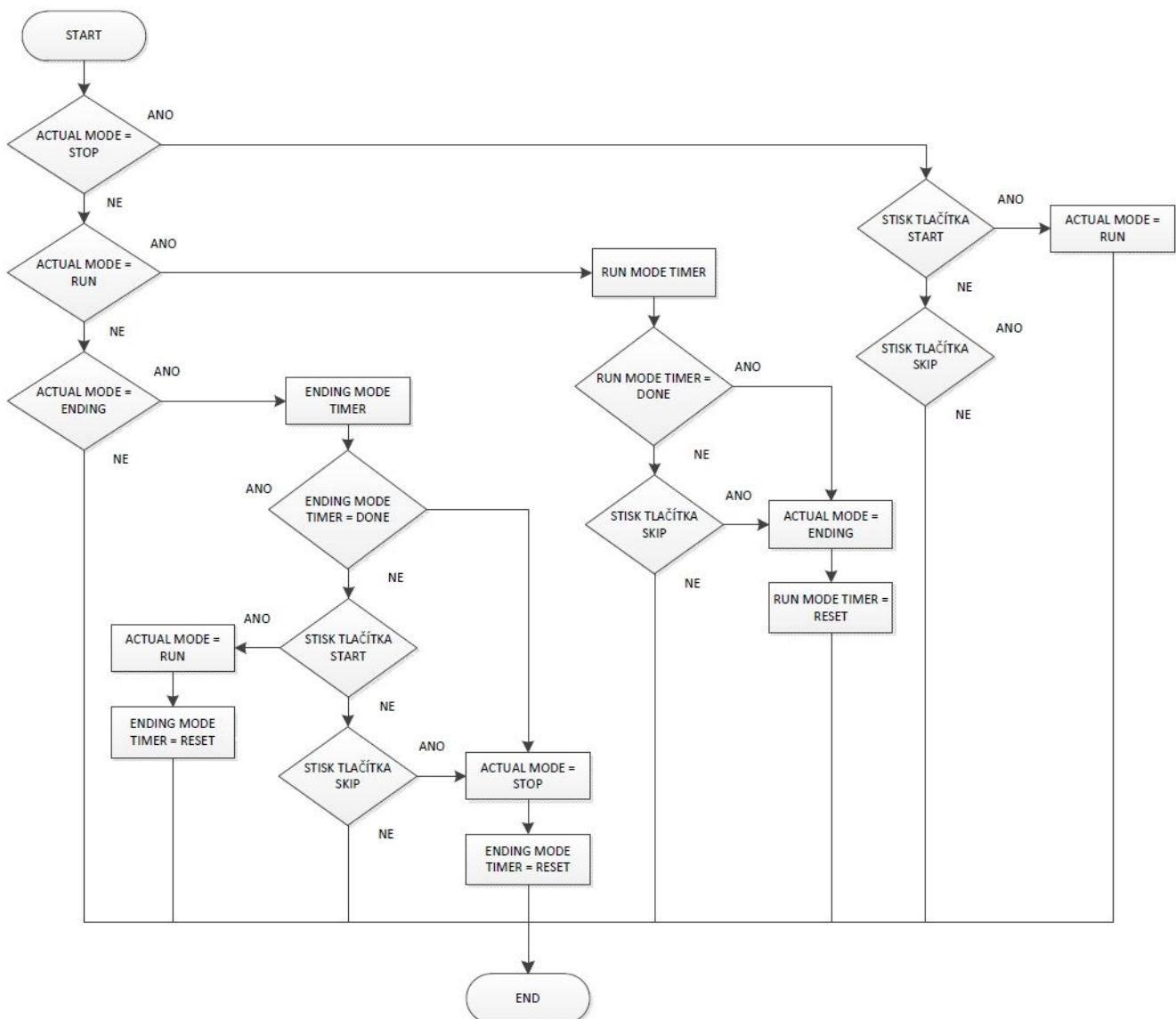


Obr. 62 - ovládací panel pracoviště vypalování kelímků



Obr. 63 - obrazovka obsluhy a přehledů pracoviště vypalování kelímků na hlavním panelu

Každý z provozních režimů (RUN MODE a ENDING MODE) má svůj časovač, který časuje dobu provozu jednotlivých režimů. Přechod mezi jednotlivými režimy je možný použitím tlačítek START a SKIP. Jestliže se řízení nachází v režimu STOP, stisknutím tlačítka START je spuštěn režim RUN MODE, současně s náběhem tohoto režimu se spustí časovač, který po uplynutí zadané doby provozu přepne systém do režimu ENDING MODE. Po přechodu do režimu ENDING MODE je spuštěn příslušný časovač režimu, po uplynutí nastavené doby je program ukončen přepnutím do režimu STOP MODE. V režimu RUN MODE je možné přeskočit časování, stisknutím tlačítka SKIP. Následně dojde k resetu časovače RUN MODE TIMER a přepnutí do režimu ENDING MODE. V režimu ENDING mode je pak možné vrátit se zpět do režimu RUN MODE stiskem tlačítka START, případně program ukončit stiskem tlačítka SKIP. Struktura řídicího programu je na Obr. 64.



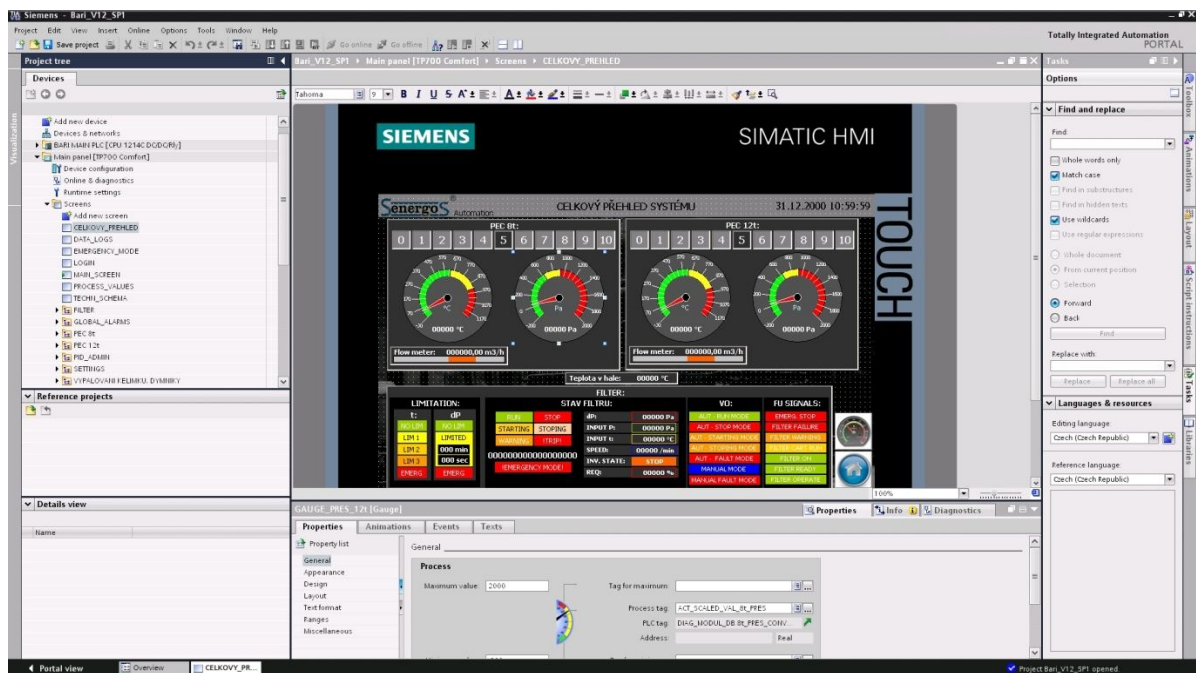
Obr. 64 - struktura programu řízení pracoviště vypalování kelímku

2.2.5 Vizualizace a vzdálený přístup

Pro potřeby

2.2.5.1 Vizualizace procesu

System je vybaven prostředky vizualizace systému z důvodů snadné obsluhy a diagnostiky případných poruch zařízení. K funkční realizaci vizualizace byly využity HMI panely SIEMENS, konkrétně TP700 jako hlavní panel a KTP600 jako dva operátorské panely u pecí. Hlavní panel patří do skupiny comfort panelů, umožňujících vzdálený přístup na vizualizaci přes webserver, který lze provozovat na standardním PC, je tedy považován za náhradu SCADA systému, KTP600 patří do řady basic a umožňuje základní přehled proměnných systému. Návrh vizualizace pro tyto panely je prováděn ve vývojovém prostředí TIA portal, za použití nástroje WinCC, kde pro basic panely postačuje verze flexible, pro comfort panely je již však nutné použít upgrade na WinCC Advanced.



Obr. 65 - tvorba vizualizace panelu ve vývojovém prostředí TIA

2.2.5.2 Vzdálený přístup přes internet

Vzhledem k poměrně značné vzdálenosti místa instalace VZT systému od sídla společnosti dodávající jak řídicí systém, tak zařízení vzduchotechniky, byl jedním z požadavků vzdálený přístup k systému z důvodu operativního řešení nastalých potíží a jako nástroj vzdálené podpory pro obsluhu zařízení. Například řídicí systém byl uváděn do ostrého provozu prostřednictvím vzdáleného přístupu, takto byl upravován na základě požadavků objednatele.

2.2.6 Bezpečnostní systémy

Vzhledem ke složitosti zařízení a možným rizikům vycházejícím z druhu provozu kde je VZT systém instalován je nutné systém řízení vybavit příslušnými ochrannými funkcemi, jejichž účelem je zabránit nebezpečným stavům, které by mohly ohrozit bezpečný provoz systému. K uvažovaným rizikům patří zejména:

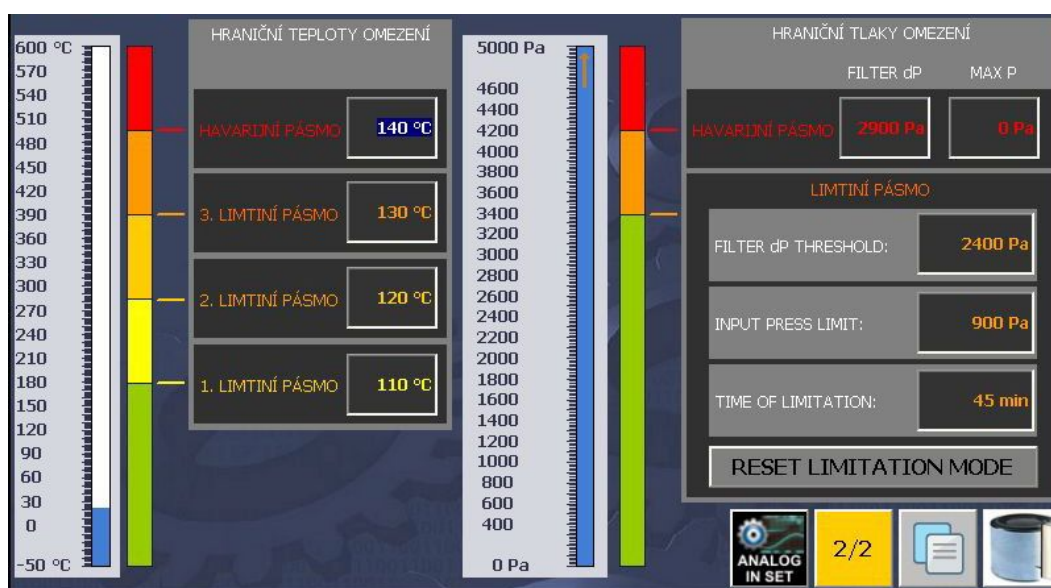
- 1) Poškození filtračních hadic, případně vznik požáru filtru v důsledku nasávání příliš horké vzdušiny.
- 2) Poškození filtračních hadic, případně vznik požáru filtru v důsledku nekorektní funkce separátoru hořících částí (například plná odpadní nádoba separátoru).
- 3) Vystavení VZT systému vysokým hodnotám podtlaku v důsledku nekorektní funkce měření podtlaku na vstupu filtru.
- 4) Poškození filtru v důsledku silného znečištění.
- 5) Nebezpečí vystavení osob podtlaku nebo styku s rotující částí HTV, případně dopravníků při vstupu do vnitřního prostoru filtru.
- 6) Nekorektní funkce pneumotorů v důsledku přerušení dodávky stlačeného vzduchu.

2.2.6.1 Ochrana maximální vstupní teploty filtru

Maximální povolená projektovaná teplota do filtru vstupující vzdušiny je 130°C, při dosažení této teploty, která je považována za havarijní. Je nutné zabránit dalšímu nasávání vzdušiny o této teplotě do filtru. Nežli však k tomuto stavu dojde, systém je navržen tak, aby při překročení stanovených teplotních pásem zajistil ochlazení vzdušiny přísáváním chladnějšího vzduchu do systému vynuceným otevíráním klapek dýmníků, k odstavení vzduchotechniky pak přikračuje pouze v případě, kdy je přísávání chladného vzduchu do systému neúčinné. Celkem jsou k dispozici tři limitní pásma, kdy při dosažení hranice prvního pásma dojde k otevření 50% všech uvažovaných dýmníků (jestliže v rámci provozního řízení nejsou otevřeny), při dosažení druhého limitního pásma pak k otevření 75% dýmníků, při dosažení teploty třetího limitního pásma pak k otevření všech dýmníků. Jestliže teplota vzroste nad hranici havarijního pásma, je systém odstaven. Obrazovka nastavení této ochrany je na Obr. 66 vlevo.

2.2.6.2 Ochrana maximální tlakové ztráty

Přirozeným průvodním jevem provozu VZT systému je průběžné zanášení filtru, které je eliminováno provozem systému regenerace filtru. V případě, že do VZT systému začne být nasávána vzdušina s vyšším obsahem pevných částic, popřípadě tyto částice změni svůj charakter (zvýšená lepivost apod.), může to představovat nedostatečnost regeneračního procesu, tlaková ztráta se tedy začne zvyšovat, jelikož je podtlak na vstupu filtru řízen PID regulátorem, je zvýšená tlaková ztráta kompenzována zvýšením tahu HTV, to vede ke zvýšení mechanického namáhání filtrační textilie. Řídicí systém na tlakovou ztrátu reaguje jednak limitačním a jednak havarijním mechanismem. V rámci limitace systému je nastavena hranice tlakové ztráty, pro kterou dojde k limitování maximálního tlaku na vstupu filtru (INPUT PRESS LIMIT), tato limitace je pak aktivní nastavenou dobu od překročení příslušné hranice tlakové ztráty (TIME OF LIMITATION). Havarijní hodnotou tlakové ztráty je ohraničeno pásmo, které způsobí na poruchovou vypínací cestu systému, která okamžitě odstaví HTV. Parametry pro ochranu maximální tlakové ztráty jsou na Obr. 66 v pravé části.

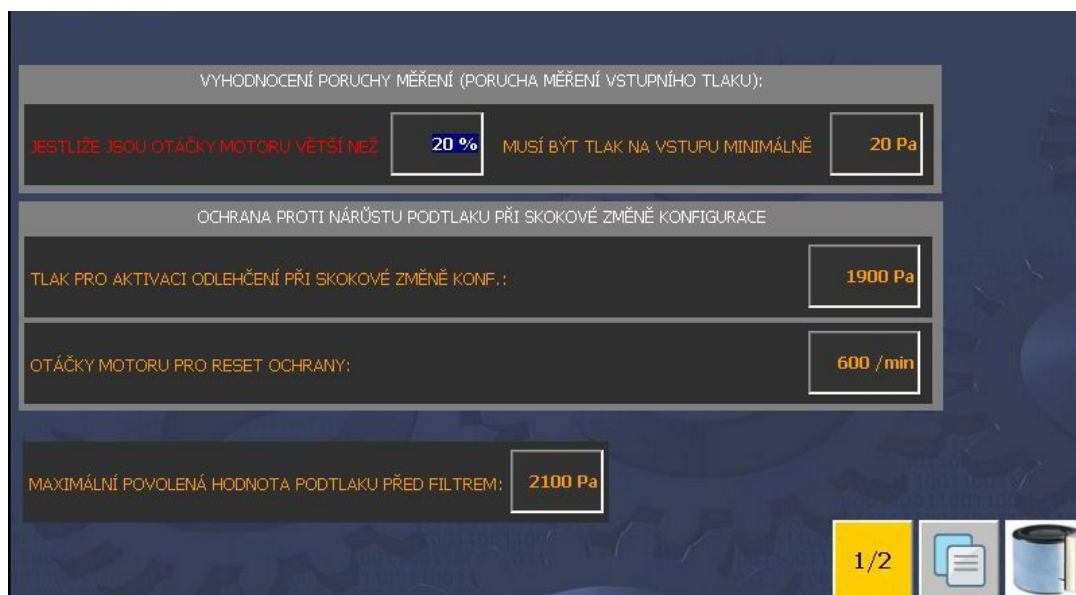


Obr. 66 - obrazovka hlavního HMI panelu, nastavení ochrany filtru 1

2.2.6.3 Ochrana VZT systému

Součástí VZT systému jsou takové části, které mohou být vystaveny jen určitému podtlaku (zejména horní větve dýmníků realizovaná SPIRO potrubím), to se při náhlém vzrůstu podtlaku v systému nad povolenou mez může zhroutit. K prudkému nárůstu podtlaku v systému může dojít zejména při provozování systému v režimu, kdy je na vstupu filtru požadován vysoký podtlak, což je spojeno s vysokými otáčkami HTV. Jestliže v tomto stavu dojde k velké změně v konfiguraci klapek (povel k uzavření většího počtu klapek v krátkém okamžiku), vzhledem k nastavení decelerační rampy měniče trvá poměrně dlouho, než se otáčky HTV sníží na bezpečnou mez, to je doprovázeno prudkým nárůstem podtlaku v systému.

Primárním mechanismem, který má tomuto zamezit je přiškrcení pneupotrubí uzavírání klapky dýmníků, které se tímto uzavírají delší dobu, po výjezdu z koncových snímačů otevřeného stavu pak řídicí systém přejde do konfigurace s požadovaným nižším pod tlakem na vstupu filtru, čímž začnou být otáčky HTV snižovány. V případě, kdy by i navzdory tomuto opatření došlo k nárůstu podtlaku, systém prvně při překročení nastaveného parametru, který je však nižší než havarijní mez podtlaku, vydá povel k vynucenému otevření všech klapky dýmníků, tímto VZT systém otevře a odlehčí, následně při dosažení bezpečně malých otáček HTV (OTÁČKY MOTORU PRO RESET OCHRANY) je ochrana uvolněna a řízení pokračuje na požadovaný tlak dle aktuální konfigurace systému. Jestliže i navzdory tomuto opatření dojde k nárůstu podtlaku nad havarijní mez (MAXIMÁLNÍ POVOLENÁ HODNOTA PODTLAKU PŘED FILTREM), je systém řízení HTV uveden do módu TRIP, což vede k vynucenému otevření VZT systému a k odstavení HTV. Nastavení popsanych ochran je na Obr. 67.



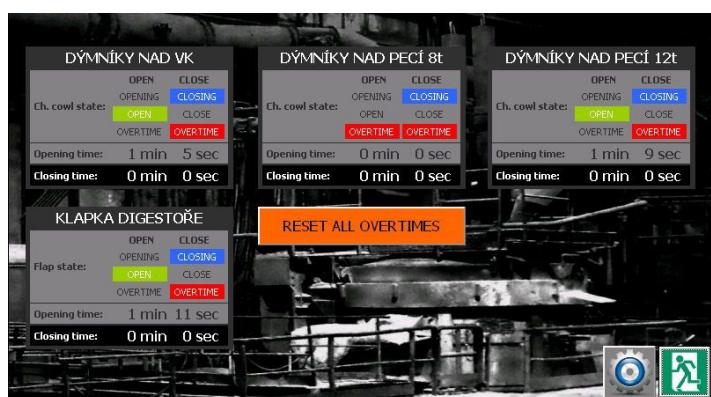
Obr. 67 - obrazovka hlavního HMI panelu, nastavení ochran filtru 2

2.2.6.4 Kontrola funkčnosti měření tlaku před filtrem

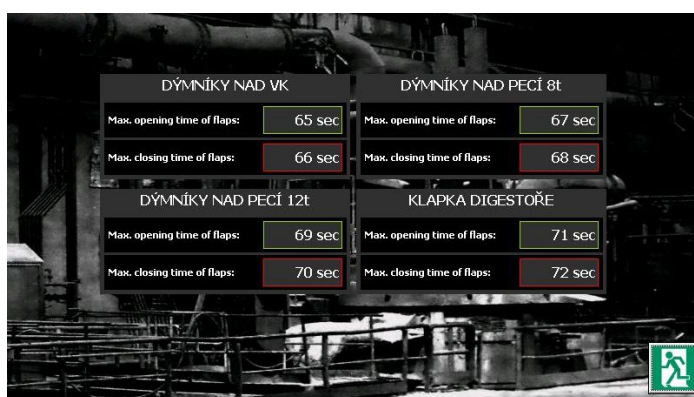
K nekorektní funkci měření podtlaku před filtrem může dojít z mnoha příčin (zkrat nebo přerušení analogové proudové smyčky mezi analogovým vstupem PLC a měřidlem tlaku, přerušení impulsního potrubí, porucha měřidla tlaku). Z hlediska způsobu řízení HTV může mít porucha měření na VZT systém vážný dopad, je to dáno způsobem řízení podtlaku před filtrem, který je realizován PID regulátorem. Při poruše měření může být hodnota vyhodnocovaná řídicím PLC nízká, přičemž otáčky HTV jsou vysoké, přirozeným zásahem PID regulátoru by pak bylo zvýšení regulačního zásahu. Kontrola funkce tohoto měření se opírá o jednoduchou logiku, kdy při určitých otáčkách HTV (zadávají se bezpečné otáčky) musí být na vstupu filtru určitá minimální hodnota podtlaku. Není-li tato podmínka splněna, jedná se pravděpodobně o poruchu v měření, čímž je systém řízení HTV odstaven. Nastavení této ochrany se provádí na obrazovce hlavního HMI panelu, viz. Obr. 67.

2.2.6.5 Hlídaní maximální manipulační doby klapek

Jelikož je činnost systému řízena i na základě signálů koncových spínačů klapek dýmníků a digestoře, může být zapříčiněno nechtěné spuštění HTV únikem manipulačního vzduchu z pneupotrubí, případně jeho nedostatečného tlaku v důsledku vypnutí kompresoru. Jestliže k úniku dojde, klapky se mohou pootočit a najet na koncový spínač otevřené polohy, na což systém zareaguje spuštěním HTV. Nekorektní činnost řízení klapek je vyhodnocována na základě vydání povelu k otevření, případně zavření a měření času přestavění klapky, kdy proces přestavění je ukončen a časovač resetován příchodem očekávaného signálu (OTEVŘENO/ZAVŘENO). Časy jsou zadány na základě měření doby přestavění pro proces otevírání i zavírání zvlášť (časy se liší vzhledem k přiškrcení potrubí pro směr zavírání klapek, tato doba je podstatně delší než pro proces otevírání). Obrazovky pro přehled činnosti klapek a nastavení mezních časů jsou na Obr. 68 a Obr. 69.



Obr. 68 - obrazovka přehledů činnosti klapek



Obr. 69 - nastavení manipulačních časů klapek

2.2.6.6 Bezpečnostní zapojení ovládání dýmníků

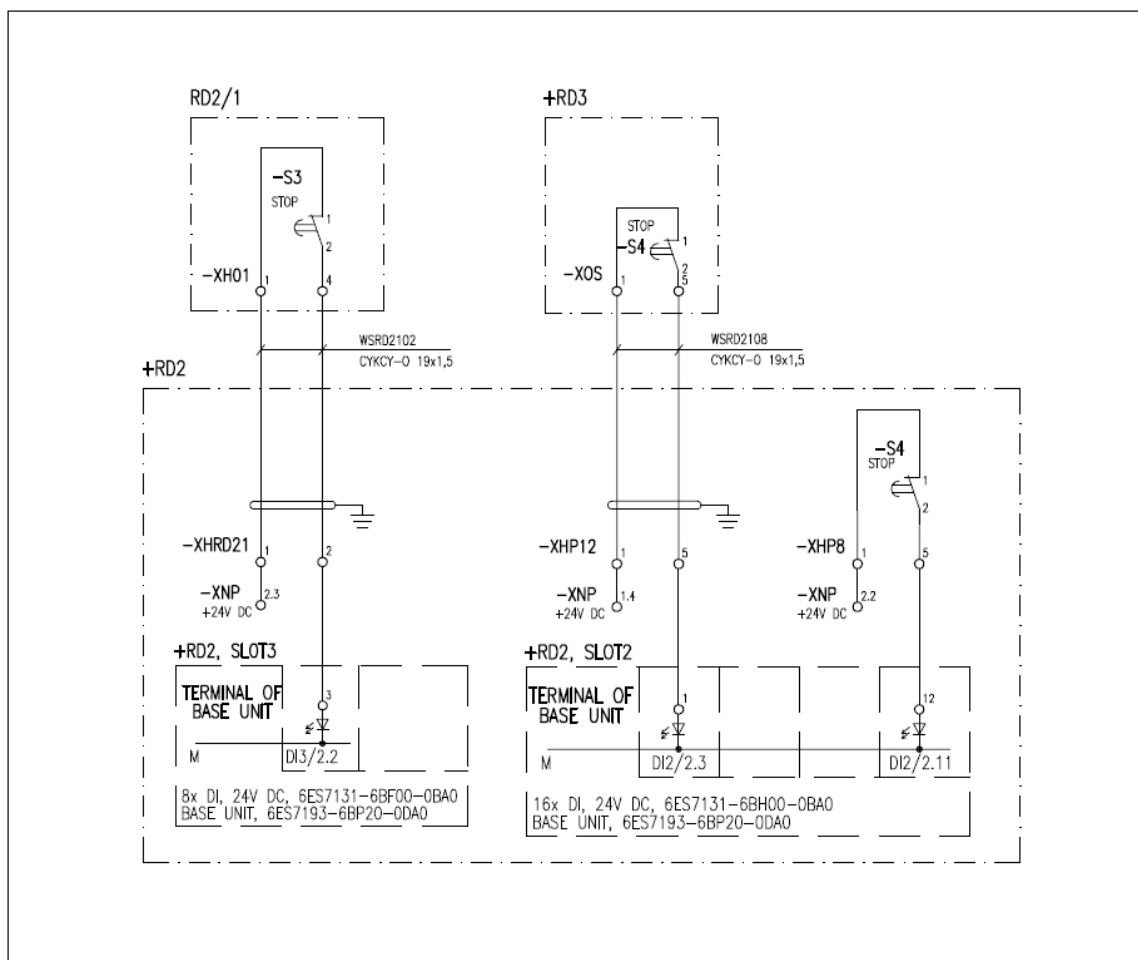
V případě, kdy jsou otáčky HTV vysoké, může být uzavření klapek pro VZT systém nebezpečné z důvodu prudkého nárůstu tlaku. Jestliže dojde k poruše na řídicím systému (chyba v programu s následným uvedením PLC do stavu STOP, ztráta napájecího napětí, ztráta komunikace), uvedou se výstupy karet binárních výstupů (karty na sběrnici PLC, karty periferie distribuovaných I/O i v případě výpadku komunikace mezi RD1 a RD2) do stavu logické nuly. Z tohoto důvodu je zapojení ovládání pneuventilů provedeno tak, aby byly klapky dýmníků otevřeny při ztrátě ovládacího napětí na příslušných pneuventilech. Jestliže tedy dojde k popsanému poruchovému stavu, HTV začne dobíhat a vlivem ztráty ovládacího napětí na pneuventilech klapek se tyto plně otevrou, čímž podtlak v potrubí klesne na bezpečnou úroveň.

2.2.6.7 Hlídaní funkčnosti komunikace mezi řídicím systémem a měničem HTV

Porucha komunikace mezi frekvenčním měničem a PLC, který zabezpečuje jeho řízení, může nastat v důsledku celé řady příčin, například z důvodu přerušení metalického kabelu, selhání PLC, popřípadě v důsledku značného zarušení komunikace působením elektromagnetického záření. Komunikace mezi PLC a frekvenčním měničem probíhá po uzavřeném komunikačním protokolu SIEMENS prostřednictvím telegramů ST352, přičemž frekvenční měnič hlídá čas, který uběhl od poslední odezvy. Timeout této komunikace je nastaven na 1000ms, při překročení tohoto času, kdy nedojde k odezvě PLC, se měnič uvede do poruchového stavu a odpojí výstupní střídač, čímž dojde k doběhu motoru setrvačností.

2.2.6.8 Tlačítka nouzového zastavení

Pro případ nenadálé události, která by vyžadovala odstavení vzduchotechniky, jsou operátorské panely u pecí a ovládací panel pracoviště vypalování kelímku vybaveny tlačítka s hříbkovitou stiskací plochou a s aretací pro nouzové zastavení HTV. Stisknutím některého z nich je způsobeno vyvolání poruchového režimu TRIP u řízení HTV a zablokování možného opětovného rozběhu do uvolnění těchto tlačítek rotačním pohybem. Tlačítko nouzového zastavení se stejným významem jako tlačítko nouzového zastavení na rozvaděčích, je umístěno i na obrazovce sekvencí řízení filtru. Stiskem tlačítka je vyvoláno řízené nouzové zastavení. Tlačítkem nouzového vypnutí je pak vybaven rozvaděč RD1, jehož stisknutím dojde k vybavení podpěťové spouště přívodního deonu, čímž je celá technologie vzduchotechniky odpojena od napájecího napětí, včetně rozvaděčů operátorských panelů (RD2 a RD3). Tlačítka nouzového zastavení jsou připojena na příslušné binární vstupy řídicího systému, ve stavu, kdy nebylo žádné z těchto tlačítek stisknuto je na příslušných binárních vstupech logická 1, stisknutím některého z těchto tlačítek se na příslušném binárním vstupu objeví logická nula. Tímto provedením je zároveň hlídán obvod tlačítka nouzového zastavení, při přerušení ovládací cesty se na příslušném binárním vstupu objeví logická nula, což způsobí stejné zapůsobení v řídicím systému, jako by toto tlačítko bylo stisknuto.



Obr. 70 - schéma zapojení tlačítek nouzového zastavení

2.2.6.9 Akustická a světelná signalizace

Pro případ, kdy vznikne některý z poruchových stavů, je možné této skutečnosti přiřadit v nastavení globálních alarmů akustickou nebo světelnou signalizaci, ta je realizována majáky vybavenými sirénami (viz. Obr. 72), umístěnými u obou pecí a na filtru na viditelném místě.

Nastavení světelné signalizace při vzniku alarmu

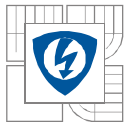
	ACTUAL	NORMAL	LIGHT	SIREN
1) Systémy filtrace - varování	ACTUAL	NORMAL	NO	NO
2) Systémy filtrace - vypnutí (TRIP mode)	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
3) Klimatizace 1 rozváděče RD1 - varování	ACTUAL	NORMAL	NO	NO
4) Klimatizace 1 rozváděče RD1 - vážná porucha	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
5) Klimatizace 1 rozváděče RD1 - výpadek jističe	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
6) Klimatizace 2 rozváděče RD1 - varování	ACTUAL	NORMAL	NO	NO
7) Klimatizace 2 rozváděče RD1 - vážná porucha	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
8) Klimatizace 2 rozváděče RD1 - výpadek jističe	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
9) Měníč hlavního ventilátoru - výstraha	ACTUAL	NORMAL	NO	NO
10) Měníč hlavního ventilátoru - porucha	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
11) Měníč hlavního ventilátoru - výpadek jističe napájení	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
12) Regenerace filtru - varování	ACTUAL	NORMAL	NO	NO
13) Regenerace filtru - porucha	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
14) Motor šnekového dopravníku filtru M1 - porucha tr. měniče	ACTUAL	NORMAL	YES	YES
15) Motor rotačního podavače M2 - výpadek jističe	ACTUAL	NORMAL	YES	YES

Nastavení akustické signalizace při vzniku alarmu

Obr. 71 - nastavení akustické a světelné signalizace pro jednotlivé alarmy



Obr. 72 - stojan akustické a světelné signalizace



3 ZHODNOCENÍ PO REALIZACI

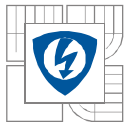
Přípravné fáze včetně nabídkového řízení probíhaly v období duben - květen 2013, v tomto období byla zpracována hrubá koncepce provedení, na základě které byla zpracovaná cenová nabídka za dílo. S touto cenou byla soutěž o realizaci díla vyhrána. Projektová dokumentace pro provedení stavby (stupeň DPS) byla zpracována v průběhu červenec - září 2013, současně s tímto probíhaly práce na vývoji řídicího systému pro tuto technologii a výroba veškerých rozvaděčů, která byla zadána společnosti ESB rozvaděče Brno. Montážní práce pak byly dokončeny na místě v průběhu října 2013, kdy byly provedeny veškeré zkoušky funkčnosti zařízení. Zařízení bylo předáno objednateli v plně funkčním rozsahu v rámci předávací taby za účasti zástupců objednatele v únoru 2014. V průběhu provozních zkoušek byla na řídicím systému a na fyzickém provedení na přání investora, případně na základě zjištěných nedostatků provedena řada drobných úprav.

3.1 Systém řízení

Předmětem úprav řídicího systému byly funkce, jejichž význam se ukázal až v rámci nasazení díla do provozu. Při provozních zkouškách byly zjištěny nebezpečné podtlakové rázy v potrubí, jejichž vznik byl potlačen systémem odlehčování potrubí při vzrůstu podtlaku nad prahovou hodnotu. Stejně tak se při návrhu řídicího systému nepočítalo se skutečností, kdy při vypnutí dodávky stlačeného vzduchu může dojít k samovolnému otevření pneumaticky ovládaných klapek, což v jednom případě vedlo k samovolnému rozběhu HTV. Tento nedostatek byl odstraněn doplněním hlídání manipulační schopnosti těchto klapek. Samotný systém řízení se v provozu prokázal jako plně funkční, po správném nastavení hodnot požadovaných tlaků před filtrem pro jednotlivé konfigurace systému je pro žádané podtlaky na pecích výkon HTV dostatečný. Mezi dodatečné úpravy pak patřily detaily ve vizualizaci a jazykové korekce.

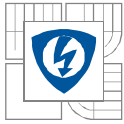
3.2 Provedení zařízení

Na základě požadavků investora bylo jedinou úpravou na zařízení doplnění tlačítek nouzového zastavení na operátorských panelech. Tato úprava spočívala v doplnění těchto tlačítek na příslušné panely a připojení na rezervní binární vstupy.



4 ZÁVĚR

Předmětem práce byl technický rozbor problematiky odprášení v hutním průmyslu a realizace systému řízení vzduchotechniky ocelárny. Pro úspěšné zvládnutí projektu bylo nutné prohloubit znalosti jednak v problematice provozu tavících pecí, dále pak především v oblasti rozsáhlé elektro části projektu, která pod sebe zahrnuje programovatelné automaty, tvorbu řídicích algoritmů, principy polní instrumentace, problematiku frekvenčních měničů, průmyslovou komunikaci a návrh systémů napájení. Součástí zadání byl požadavek na vypracování kompletního systému řízení, splnění tohoto cíle do značné míry komplikovala nedostupnost potřebné literatury k dané problematice. Velká část systému řízení byla doplněna a odladěna v průběhu uvádění zařízení do provozu. Přínosem práce je popis řízení technologie odprášení v hutním průmyslu, pro kterou je v současné době potřebná literatura nedostupná, popsané principy měření fyzikálních veličin a jejich zpracování řídicím systémem, dále systém vizualizace, vzdáleného přístupu a řešení komunikace může být přínosem i pro jiné aplikace.



LITERATURA

- [1] SITRANS P, řada DS III: Instrukční manuál. In: *SIEMENS: IADT* [online]. 2006 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:
http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=fedc0e8630&ctxp=doc_manualy



PŘÍLOHY