

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

REKONSTRUKCE ELEKTRICKÉ ČÁSTI VYTLOUKACÍHO ROŠTU

RECONSTRUCTION OF DISCHARGING SHAKEOUT MACHINE ELECTRIC INSTALLATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vojtěch Bednář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ivo Pazdera, Ph.D.

BRNO 2016

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Bc. Vojtěch Bednář

ID: 145969

Ročník: 2

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Rekonstrukce elektrické části vyloukacího roštu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte řídicí část zařízení včetně ovládacích a signalizačních kabelů a kabelových tras
2. Navrhněte stavební elektroinstalaci u nově budované technologie
3. Proveďte analýzu zhotoveného zařízení odbornou firmou, zjistěte změny při realizaci a zaznamenejte je do dokumentace skutečného provedení

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Klíma B., Střídavé pohony, 2014

[2] PATOČKA, M. Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoproudé elektrotechnice. odborné knihy. odborné knihy. Brno: VUTIUM, 2011. 564 s. ISBN: 978-80-214-4003- 6.

[3] Veltman A., Pulle D., Doncker R.W, Fundamentals of Electrical Drives, 2007

Termín zadání: 21.9.2015

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Ivo Pazdera, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Ondřej Vítek, 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

Diplomová práce se zabývá návrhem části projektové dokumentace elektrické části nově budovaného zařízení vytloukacího roštu. Navazuje na semestrální projekt 2, ve kterém bylo provedeno seznámení se s okolním prostředím navrhovaného zařízení. Dále je zde řešeno doplnění rozvodny o potřebná zařízení včetně návrhů nového napájecího kabelu a silových vývodů.

V první části diplomové práce je řešena řídicí část zařízení a návrh ovládacích a signalizačních kabelů, včetně vytvoření výrobní dokumentace zařízení.

Druhá část řeší návrh stavební elektroinstalace, ve které je navrženo nové osvětlení nově vzniklého zařízení a jeho ovládání.

Poslední část je zaměřena na koordinaci při vlastní realizaci navrženého zařízení. Jsou zde řešeny problémy vznikající při jednotlivých pracovních postupech vč. návrhů možných řešení k jejich odstranění. Na základě projektové dokumentace a následné realizace je vypracována dokumentace skutečného provedení odpovídající skutečnému stavu zařízení po realizaci.

Abstract

This Diploma work is concerned with the design of project documentation for discharging shakeout machine electric installation. This work continues in the Semestral project 2 in which the background of a new machine was made. Then, this work deals with the replacement of a switch room with required devices including the design of a new connecting cables and power streams.

In the first part, the work deals with the control part of the device and the design of control and signal cables including the product documentation of the device.

In the second part, the work deals with the proposal of building electro installation in which a new lighting and its use is described.

The last part focuses on the coordination during the realization of a suggested device. In this part, all problems coming from the particular working procedures including a proposal of possible solutions are described. According to the project documentation and following realization, the documentation of final concept reflecting the real status of the device is described.

Klíčová slova

ASŘ; AYKY; CYKY; Dimenzování; Dopravník; Elektrický proud; Elektroinstalace; Hodinový úhel; Jisticí přístroj; Jištění; Kabel; MaR; Motor; Napájecí soustava; Napětí; Návrh; Oteplení; Ovládání; PC Schematic; Projektová dokumentace; Realizace; Rozvodna; Siemens; Simatic S7; Skutečné provedení; Stroj; Transformátor; Vedení; Vnější vlivy; Vytloukáč rošt

Keywords

ASŘ; AYKY; CYKY; Dimensioning; Transporter; Electric current; Wiring; Hour angle; Automatic circuit breaker; Protection; Cable; MaR; Motor; Feed system; Voltages; Project; Warming; Control; PC Schematic; Project documentation; Realization; Switchroom; Siemens; Simatic S7; Actual realization; Machine; Transformer; Wring; Internal influences; Discharging shakeout machine

Bibliografická citace

BEDNÁŘ, V. Rekonstrukce elektrické části vytloukácího roštu Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 85 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ivo Pazdera, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji Diplomovou práci na téma Návrh rekonstrukce elektrické části vytloukáčeho roštu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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

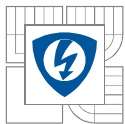
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Ivo Pazderovi, Ph.D za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

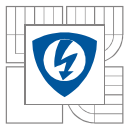
V Brně dne

Podpis autora

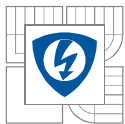


OBSAH

1 ÚVOD.....	14
2 ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	15
2.1 TECHNOLOGIE ZAŘÍZENÍ.....	15
2.2 PROVOZNÍ SILNOPROUDÉ ROZVODY.....	15
2.3 ROZSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE	16
2.3.1 STAVEBNÍ ELEKTROINSTALACE	16
2.3.2 MAR, ASŘ, MOTOROVÉ INSTALACE NOVÉ TECHNOLOGIE	16
3 OKOLNÍ VLIVY A JEJICH DOPAD NA POUŽITÉ PŘÍSTROJE	19
3.1 NAPĚŤOVÁ SOUSTAVA	19
3.1.1 NAPĚŤOVÁ SOUSTAVA 3/PE/N 400V AC 50 Hz TN – C – S.....	19
3.1.2 NAPĚŤOVÁ SOUSTAVA 3 500V AC 50 Hz IT	20
3.2 NAPÁJECÍ TRANSFORMÁTORY A JEJICH ZAPOJENÍ	21
3.2.1 PARALELNÍ ZAPOJENÍ TRANSFORMÁTORŮ.....	21
3.2.2 HODINOVÝ ÚHEL TRANSFORMÁTORU.....	22
3.3 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ A OKOLNÍ VLIVY	23
3.3.1 VNĚJŠÍ VLIVY	23
3.3.2 PROSTORY Z HLEDISKA NEBEZPEČÍ ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM	23
3.3.3 URČENÍ VNĚJŠÍ VLIVŮ	24
4 DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH VEDENÍ	26
4.1 DIMENZOVÁNÍ PODLE PŘÍPUSTNÉHO OTEPLENÍ.....	26
4.1.1 OTEPLOVACÍ CHARAKTERISTIKA	27
4.2 DIMENZOVÁNÍ S OHLEDEM NA HOSPODÁRNOST.....	28
4.3 DIMENZOVÁNÍ S OHLEDEM NA MECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ.....	28
4.4 DIMENZOVÁNÍ PODLE DOVOLENÉHO ÚBYTKU NAPĚTÍ.....	28
4.5 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA ÚČINKY ZKRATOVÝCH PROUDŮ	29
4.6 DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ S OHLEDEM NA SPRÁVNOU FUNKCI OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	29
4.7 JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÉHO VEDENÍ	30
4.7.1 DŮVODY JIŠTĚNÍ.....	30
4.7.2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA JISTÍCÍ PŘÍSTROJE	30
4.7.3 OCHRANA SAMOČINNÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE	32
5 VÝPOČTOVÝ PROGRAM SICHR	33
5.1 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI PROJEKTU V PROGRAMU SICHR.....	33
5.1.1 ÚVODNÍ STRANA.....	33
5.1.2 CELKOVÉ SCHÉMA	34
5.1.3 SCHÉMA PAPRSKU.....	36
5.1.4 PŘEHLED PARAMETRŮ A VÝPOČTŮ.....	37
6 DOPLNĚNÍ ROZVODNY A URČENÍ PŘÍVODNÍCH KABELŮ	41

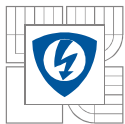


6.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PRO DIMENZOVÁNÍ PŘÍVODŮ	41
6.1.1 PARAMETRY PRO ČÁST 500V AC	41
6.1.2 PARAMETRY PRO ČÁST 400V AC	42
6.2 NÁVRH NAPÁJENÍ ROZVADĚČE RTG	44
6.2.1 DOPLNĚNÍ ROZVODNY O NOVÝ VÝVOD	44
6.2.2 NÁVRH PŘÍVODNÍHO KABELU	46
6.3 NÁVRH NAPÁJENÍ ROZVADĚČE RO18.1.....	47
6.3.1 DOPLNĚNÍ ROZVODNY O NOVÝ VÝVOD	47
6.3.2 NÁVRH PŘÍVODNÍHO KABELU	49
6.4 KABELOVÁ TRASA PRO NAPÁJECÍ KABELY Z ROZVODNY	50
7 NÁVRH SILOVÝCH VÝVODŮ JEDNOTLIVÝM ZAŘÍZENÍM VČETNĚ NAVRŽENÍ KABELŮ A KABELOVÝCH TRAS.....	52
7.1 SILOVÉ VÝVODY A NÁVRH JEDNOTLIVÝCH KABELŮ Z ROZVADĚČE RTG	52
7.2 NÁVRH KABELOVÝCH TRAS K JEDNOTLIVÝM ZAŘÍZENÍM.....	56
8 NÁVRH ŘÍDICÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ VČETNĚ OVLÁDACÍCH A SIGNALIZAČNÍCH KABELŮ A KABELOVÝCH TRAS VČETNĚ VYTVOŘENÍ VÝROBNÍ DOKUMENTACE	58
8.1 NÁVRH ŘÍDICÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ VČETNĚ OVLÁDACÍCH A SIGNALIZAČNÍCH KABELŮ	58
8.1.1 SIEMENS SIMATIC S7 – 1200.....	58
8.1.2 OVLÁDACÍ A SIGNALIZAČNÍ KABELY VČETNĚ KABELOVÝCH TRAS	60
8.2 VÝROBNÍ DOKUMENTACE NOVÉHO ZAŘÍZENÍ	69
8.2.1 PC SCHEMATIC	69
9 NÁVRH ELEKTRO INSTALACE U NOVĚ BUDOVANÉ TECHNOLOGIE.....	71
9.1 ELEKTROINSTALACE	71
9.1.1 ROZVODNÁ SÍŤ.....	71
9.2 NÁVRH ELEKTROINSTALACE	71
9.2.1 NÁVRH OSVĚTLENÍ.....	71
10 ANALÝZA ZHOTOVENÉHO ZAŘÍZENÍ VČETNĚ DOKUMENTACE SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ.....	76
10.1 DOKONČENÉ ZAŘÍZENÍ VYTLOUKACÍHO ROŠTU	76
10.1.1 VYTLOUKACÍ KABINA	76
10.1.2 VIBRAČNÍ DOPRAVNÍKY A MAGNETICKÝ SEPARÁTOR.....	77
10.1.3 FLUIDNÍ CHLADNIČKA	78
10.1.4 FILTRAČNÍ JEDNOTKA	80
11 ZÁVĚR.....	82
LITERATURA	83
PŘÍLOHY	85

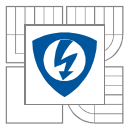


SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Zapojení sítě TN – C – S převzato z [1]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 2 Zapojení sítě IT převzato z [2]</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 3 Zapojení vinutí transformátoru Dyl převzato z [5]</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 4 Zapojení vinutí transformátoru Ydl převzato z [4]</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 5 Obecná oteplovací charakteristika převzato z [21]</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 6 Ukázka vypínacích charakteristik elektrického zařízení (EZ) a jisticího prvku (JP) při správně nastavené ochraně převzato z [11]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 7 Ukázka dvou charakteristik jisticích prvků (JP) při správně nastavené selektivitě převzato z [11]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 8 Ukázka průchodu elektrického proudu jisticím prvkem při samočinném odpojení od zdroje převzato z [11]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 9 Ukázka úvodní strany programu SICHR</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 10 SICHR – celkového schématu kresleného jako přehledové</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 11 SICHR – celkového schématu kresleného detailně</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 12 SICHR – Schéma paprsku</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 13 Výsledná hláška po dokončení výpočtu parametrů</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 14 Zobrazení výsledků výpočtu parametrů v textové podobě</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 15 Zobrazení výsledků výpočtu parametrů v tabulkové podobě</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 16 Ukázka vyexportovaného nastavení jisticího prvku Modeion</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 17 Zadání hodnot zdroje do výpočtového programu SICHR pro část 500V AC</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 18 Zadání hodnot zdroje do výpočtového programu SICHR pro část 400V AC</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 19 Doplnění rozvodny části 500V AC znázorněné v programu SICHR</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 20 Výběr pojistkového vývodu v rozvodny části 500V AC v programu SICHR</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 21 Výběr odpínače v rozvodně v programu SICHR</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 22 Výběr propojení zařízení v rozvodně v programu SICHR</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 23 Realizace nového přívodního kabelu pro rozvaděč RTG znázorněné v programu SICHR</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 24 Určení přívodního kabelu rozvaděče RTG v programu SICHR</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 25 Doplnění rozvodny části 400V AC znázorněné v programu SICHR</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 26 Výběr nového jisticího prvku rozvodny v části 400V AC v programu SICHR</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 27 Realizace nového přívodního kabelu pro rozvaděč RO18.1 znázorněné v programu SICHR</i>	<i>49</i>

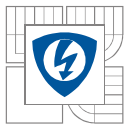


<i>Obrázek 28 Určení přívodního kabelu pro rozvaděč RO18.1 v programu SICHHR.....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 29 Návrh kabelové trasy mezi rozvodnou a novými rozvaděči.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 30 Celkové schéma silových obvodů navrhovaného zařízení v programu SICHHR.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 31 Návrh kabelové trasy silových zařízení</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 32 Kabelová trasa k filtrační jednotce a chladicí věži.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 33 Řídící jednotka PLC Siemens Simatic S7 – 1200 1214C převzato z [23].....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 34 Rozšiřující moduly Siemens Simatic S7 – 1200 převzato z [23].....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 35 Kabelové trasy ovládacích kabelů a umístění ovládacích zařízení</i>	<i>67</i>
<i>Obrázek 36 Umístění senzorů na chladniče písku.....</i>	<i>68</i>
<i>Obrázek 37 Ukázka elektrického schématu programu PC Schematik převzato z [25].....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 38 Ukázka mechanického výkresu programu PC Schematic převzato z [25]</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 39 Elektroinstalace v prostoru nového suterénu</i>	<i>73</i>
<i>Obrázek 40 Elektroinstalace v prostoru vytloukací kabiny.....</i>	<i>74</i>
<i>Obrázek 41 Elektroinstalace v prostoru filtru.....</i>	<i>75</i>
<i>Obrázek 42 Vytloukací kabina</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 43 Magnetický separátor a vibrační dopravníky</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 44 Fluidní chladnička</i>	<i>80</i>
<i>Obrázek 45 Filtrační jednotka</i>	<i>80</i>
<i>Obrázek 46 Ukázka rozvodu vzduchotechniky filtrační jednotky.....</i>	<i>81</i>



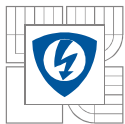
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Použité transformátory ve slévárně.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 2 Dovolené bezpečné napětí u zařízení do 1000 V s ohledem na členění prostorů</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 3 Označení vodičů podle způsobu uložení převzato z [11]</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 4 Dovolené proudové zatížení CU vodičů pro 30°C (při uložení v zemi 20°C) převzato z [11].....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 5 Doby odpojení v sítích TN převzato z [11]</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 6 Vypočtené parametry pro doplnění rozvodny v části 500V AC programem SICHR</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 7 Vypočtené parametry přívodního kabelu pro rozvaděč RTG programem SICHR.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 8 Vypočtené parametry pro doplnění rozvodny v části 400V AC programem SICHR</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 9 Vypočtené parametry přívodního kabelu rozvaděče RO18.1 programem SICHR.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 10 Navržené přístroje jednotlivých silových vývodů</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 11 Přehled základních parametrů CPU 1214C [24]</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 12 Seznam ovládacích kabelů a připojených zařízení.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabulka 13 Zařízení pro stavební elektroinstalaci.....</i>	<i>72</i>

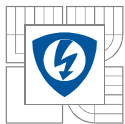


SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

MaR	- Měření a regulace
ASŘ	- Asynchronní řízení
RTG	- Rozvaděč technologie
RO18.1	- Rozvaděč osvětlení a stavební elektroinstalace
AC	- Střídavé napětí
DC	- Stejnoseměrné napětí
U	- Napětí
I	- Proud
I_k''	- Rázový zkratový proud (efektivní hodnota)
i_p	- Nárazový zkratový proud (špičková hodnota)
P_i	- Instalovaný výkon
P_p	- Výpočtové zatížení
R	- reálná složka impedance vedení
X	- imaginární složka impedance vedení
φ	- fázový posun
β	- Součinitel náročnosti
l	- Délka
$\vartheta(t)$	- závislost teploty na čase
ϑ_{max}	- teplota v ustáleném čase
t	- čas, který uběhl od začátku děje
τ	- časová oteplovací konstanta
ΔU	- Úbytek napětí
FU	- Označení pojistkového vývodu
QF	- Označení motorového spouštěče
QA	- Označení stykače
WL	- Označení silového kabelu
WS	- Označení ovládacího kabelu
T	- Transformátor
M	- Motor
EH	- Tepelné zařízení



JP	- Jisticí prvek
EV	- Elektro ventil
S	- Senzor, Tlačítko
DM	- Dveřní senzor
SB	- Havarijní tlačítko
ST	- Senzor měření teploty
D	- PLC
P	- Signálka
A	- Svítidlo
MS	- Ovládací skříňka
MX	- Přepojovací skříňka
ČSN	- Česká národní norma



1 ÚVOD

Tato diplomová práce navazuje na semestrální projekt 2, který byl realizován jako dílčí část této diplomové práce a zabývá se návrhem projektové dokumentace elektrické části nově budovaného zařízení vytloukacího roštu.

V rámci semestrálního projektu byla nejprve provedena teoretická příprava na realizaci projektové dokumentace, seznámením se s okolními podmínkami prostředí, s napájecí soustavou a s požadavky investora akce a budoucího správce zařízení.

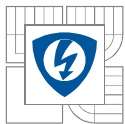
Další krok semestrálního projektu je věnován potřebné úpravě rozvodny a doplnění vhodných přístrojů pro realizaci nového vývodu pro napájení nově budovaných technologií. Pro napojení nové technologie je v diplomové práci řešen návrh napájecího kabelu včetně návrhu kabelové trasy.

V poslední části semestrálního projektu je řešen návrh silových vývodů k jednotlivým zařízením, a to včetně napájecích kabelů jednotlivých zařízení a kabelových tras.

Nad rámec semestrálního projektu je v této diplomové práci řešen návrh řídicí části zařízení včetně řídicích a ovládacích zařízení a návrhů kabelových tras k jednotlivým zařízením. Dle tohoto návrhu je zpracována výrobní dokumentace zařízení, podle které proběhla realizace tohoto projektu.

Předposledním krokem je návrh stavební elektroinstalace u nově budovaného zařízení, a to včetně návrhu jednotlivých typů zařízení této elektroinstalace.

Poslední část diplomové práce je zaměřena na koordinaci prací při realizaci projektu včetně řešení vyskytlých problémů, provedení záznamů vynucených změn, provedení analýzy funkčnosti nového zařízení a vyhotovení dokumentace skutečného stavu tohoto zařízení.



2 ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tato diplomová práce je podkladem k finálnímu zpracování projektu.

2.1 Technologie zařízení

Formovací rámy určené po odlití budou stávajícím mostovým jeřábem převáženy z licího pole do prostoru nového vytloukacího roštu. V prostoru před roštem dojde k oddělení spodního a horního rámu a eventuálnímu vyjmutí odlitku z formy. Následně je rám s formovací směsí zavezen opět jeřábem na vytloukací rošt umístěný v uzavíratelné akustické kabině. Kabina je intenzivně odsávána pomocí filtru s aktivní regenerací filtrační plochy. Po navedení rámu obsluha zavře dveře kabiny roštu a spustí rám na vibrující roštovou plochu. Po uvolnění směsi z rámu obsluha otevře vrata, rám vyveze ven do meziskladu prázdných ráků a takto postupně vytlouká jednotlivé formy. V případě menších forem vytlouká obsluha ráky včetně odlitku. Po částečném uvolnění formy oddělí vršek od spodku, odlitek odstraní z vytloukacího roštu a nechá dokončit vytlučení směsi na roštnících.

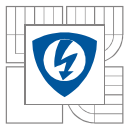
Formovací směs uvolněná z ráků propadáva roštníci vytloukacího roštu a výsypkou je usměrněna na vynášecí vibrační žlab umístěný pod roštem. Nad koncovou částí vibračního žlabu vyrobené z nemagnetického materiálu je umístěn permanentní pásový magnet, který odseparuje magnetické podíly. Magnetická frakce padá do bedny a po zaplnění je vyvezena jeřábem ze suterénu a dopravena do tavírny k dalšímu zpracování kovového odpadu. Z vibračního žlabu je směs dopravována do druhého dvoupatrového separačního vibračního dopravníku. Vrchní dopravní lože tohoto dopravníku bude tvořené síťovou plochou s bočním vyústěním, kde dojde k oddělení písku od hrud, které budou bočním výpadem přesunuty na vibrační dopravníky mimo chladničku. Vibrační doprava přesune tepelně nezatížené hrudy na stávající pásový dopravník. Na spodní lože dvoupatrového vibračního dopravníku propadne písek, který bude dopraven do gravitační chladničky.

V gravitační chladničce je vratný písek vychlazen na požadovanou teplotu dosahující max. 130°C. Z chladničky vypadává písek na vibrační dopravník, který bude zaústěn do krytého odsávaného závětrí na stávajícím pásovém dopravníku. Dále vratný písek putuje stávajícím způsobem do sekce stávající regenerace. Celá trasa vibračních dopravníků bude zakrytována a odsávána. Zákryty na vibračních dopravnících budou mít lehce odnímatelné víka pro kontrolu a čištění.

2.2 Provozní silnoprůdové rozvody

V rámci dodávky vytloukacího roštu, dopravníků a chladničky bude třeba realizovat novou přípojku motorové instalace a realizaci osvětlení do nového suterénu a kabiny vytloukacího roštu a k filtračnímu zařízení. V rámci funkčního celku technologické dodávky roštu a dopravníků bude dodáno také příslušné zařízení ASŘ a MaR.

Nový rozvaděč bude obsahovat silové napojení nových spotřebičů a řídicí automat pro provoz nového výrobního zařízení. Nový řídicí automat bude mít vazbu na stávající řízení vratné dopravy. Dále odtud bude napojen podružný rozvaděč filtračního zařízení. Z rozvaděče bude současně zapojena i světelná instalace.



Rozvaděč bude napojen po doplnění výzbroje ze stávající rozvodny umístěné v krajní lodi výrobní haly umístěného mezi řadou T3-T4 v modulu sloupů B1-B2.

Instalace elektrického zařízení silnoproudu a slaboproudu, rozvodů a jejich provozování bude prováděno v souladu s požadavky souvisejících norem ČSN.

Kabely k jednotlivým zařízením budou vedeny po nových kabelových trasách, tvořených kabelovými lávkami, rošty nebo korýtky a v ochranných trubkách.

Elektroinstalace bude provedena v souladu s příslušnými pořizovacími předpisy a ČSN. Elektrická zařízení budou obsluhována a provozována dle příslušných pracovních a provozních předpisů, ČSN a pokynů výrobců těchto zařízení tak, aby byla zajištěna bezpečnost při práci a ochrana zdraví pracovníků.

Elektrická zařízení budou dimenzována na účinky zkratových proudů dle ČSN tak, aby při působení zkratových proudů nebylo překročeno dovolené mechanické a tepelné namáhání. Ovládání pracovních strojů, ovládacích skříní a přístrojů, které jsou přístupné bez otevření dveří rozvaděčů, mohou provádět osoby alespoň poučené. Obsluhu přístrojů, které jsou přístupné až po otevření dveří rozvaděče, smí provádět osoby alespoň znalé.

Bezpečnost obsluhy bude zajištěna:

- ochranou proti nebezpečnému dotykovému napětí (nn – nulováním, vn – zemněním)
- seznámením a poučením všech osob, které mohou přijít s elektrickými zařízeními do styku, o nebezpečí v rozsahu příslušné normy

Požadavky na osvětlení prostoru jsou stanoveny podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. – podmínky ochrany zdraví při práci v souladu s normou ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů

2.3 Rozsah diplomové práce

Předmětem diplomové práce je řešení stavební elektroinstalace, provozních rozvodů silnoproudu a MaR ve Slévárně šedé litiny I pro Rekonstrukci vytloukacího roštu.

Projektová dokumentace elektrické instalace bude zpracována v návaznosti na projekty technologie a stavby.

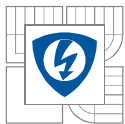
2.3.1 Stavební elektroinstalace

Bude řešit osvětlení v prostoru umístění nové technologie:

- Osvětlení nového suterénu pod vytloukacím roštem
- Osvětlení kabiny vytloukacího roštu
- Osvětlení prostoru umístění filtračního zařízení kabiny.

2.3.2 MaR, ASŘ, motorové instalace nové technologie

Napájení veškerého nově instalovaného technologického zařízení bude provedeno z nově instalovaného rozvaděče, který bude umístěn u zdi za kabinou roštu (sloup K3). Rozvaděč RT bude v provedení oceloplechový skříňový, s krytím IP54.



Rozvaděč bude napojen po doplnění výzbroje ze stávající rozvodny umístěné v krajní lodi výrobní haly umístěného mezi řadou T3-T4 v modulu sloupů B1-B2. Kabeláž bude provedena stávajícím kanálem kabelové trasy.

Pro novou technologii bude provedena nová kabelová trasa vedená v novém podzemním suterénu a trasa k filtru po stávající ocelové konstrukci a zdi ve výšce cca 4,5m (vedle odsávacího potrubí).

Seznam ovládaných zařízení s výkonovými parametry je uveden v příloze seznamu strojů a zařízení.

Požadavky na řízení technologie:

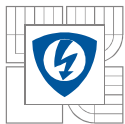
2.3.2.1 Hlavní rozvaděč RTG

- Hlavní vypínač
- Vypínač ovládacího napětí (světelná signalizace)
- Přepínač Automat – Ručně (světelná signalizace)
- Signalizace – chod automatu
- Signalizace – stávající dopravník chod
- Signalizace – chod filtru
- Signalizace – porucha
- Výpis poruch

2.3.2.2 Ovládací skříň u kabiny roštu

Zapínání a vypínání technologie roštu a dopravníků v automatickém režimu.

- Signalizace – chod AUTOMAT (zapnuto)
- Signalizace – PORUCHA (výpis na hlavním rozvaděči)
- Vypínač (tlačítko) Rošt – ZAPNUTO
- Vypínač (tlačítko) Rošt – VYPNUTO
 - Při zapnutí automatu roštu dojde k postupnému zapnutí nových zařízení ve směru od stávajícího pásového dopravníku v nastaveném časovém sledu
 - Filtr odsávání kabiny (3.1)
 - Vibrační dopravník III (1.11)
 - Vibrační trubky (1.13)
 - Fluidní chladnička (1.15), (sekce řízení chladničky)
 - Vibrační dopravník separační II (1.9)
 - Magnetický separátor
 - Vibrační dopravník I (1.5)
 - Vytloukací rošt (1.2)
 - Ventilátor vzduchové clony kabiny
 - Splnění podmínky zapnutí stávajícího dopravníku (samostatné zapnutí v rámci stávající technologie)
 - Splnění podmínky zapnutí stávajícího filtračního zařízení – odsávání chladničky a vstupu na pásový dopravník



- Při vypnutí Roštu dojde v postupném vypínání v obráceném sledu od roštu k vibračnímu dopravníku III.
- Vypínač (tlačítko) - Vibrační doprava - ZAPNUTO
- Vypínač (tlačítko) - Vibrační doprava - VYPNUTO
 - Zapnutí a vypnutí celé vibrační cesty je možné provést bez zapnutí roštu (režim automat). Postupné zapínání a vypínání je stejné jako s roštem, nedojde pouze k zapnutí roštu.
 - Aktivace vypnutí v době chodu roštu je bez odezvy – vypnout lze pouze při vypnutém roštu.

2.3.2.3 Ovládací skříň posuvných dveří u kabiny roštu

- Samostatné ovládání dveří - součást dodavatele dveří
 - Napájení ovládání z hlavního rozvaděče

2.3.2.4 Deblokační skříňky

- Pro ovládání v ručním (servisním) režimu pro jednotlivé pohony všech zařízení.
 - Umístění v dosahu jednotlivých dopravníků v suterénu.

2.3.2.5 Rozvaděč gravitační chladničky – samostatná sekce řízení (není v dodávce chladničky)

- dle dodané dokumentace chladničky - pole v hlavním rozvaděči
- vřazeno do spouštění v automatickém režimu
- deblokační ovládání v ručním režimu

2.3.2.6 Rozvaděč filtru (cca 800 x 400 x 2000), (umístění u filtru)

- dodávka s filtrem.
- Řídící vazba na zapnutí a vypnutí filtru

Rozvaděč filtru bude napájen přes Hlavní rozvaděč Tg a zapínán v rámci automatu roštu (signál 0-1- zapnuto-vypnuto). Rozvaděč filtru bude obsahovat rozhraní pro ovládání

- Dálkové – Automatický provoz od roštu
- Místní - zapnutí a ovládání z rozvaděče filtru

Při zapnutí přes Automat pracuje filtr podle vlastního programu řízení filtru.

2.3.2.7 Informační kontrolky v hlavním velínu

- chod roštu v automatickém provozu
- chod filtru
- porucha roštu

3 OKOLNÍ VLIVY A JEJICH DOPAD NA POUŽITÉ PŘÍSTROJE

Diplomová práce se zabývá tvorbou realizačního projektu v konkrétním prostředí, které má vliv na použité přístroje a jejich dimenzování. Jedná se především o tyto problémy:

- Napěťová soustava
- Napájecí transformátory a jejich zapojení
- Pracovní prostředí a okolní vlivy

3.1 Napěťová soustava

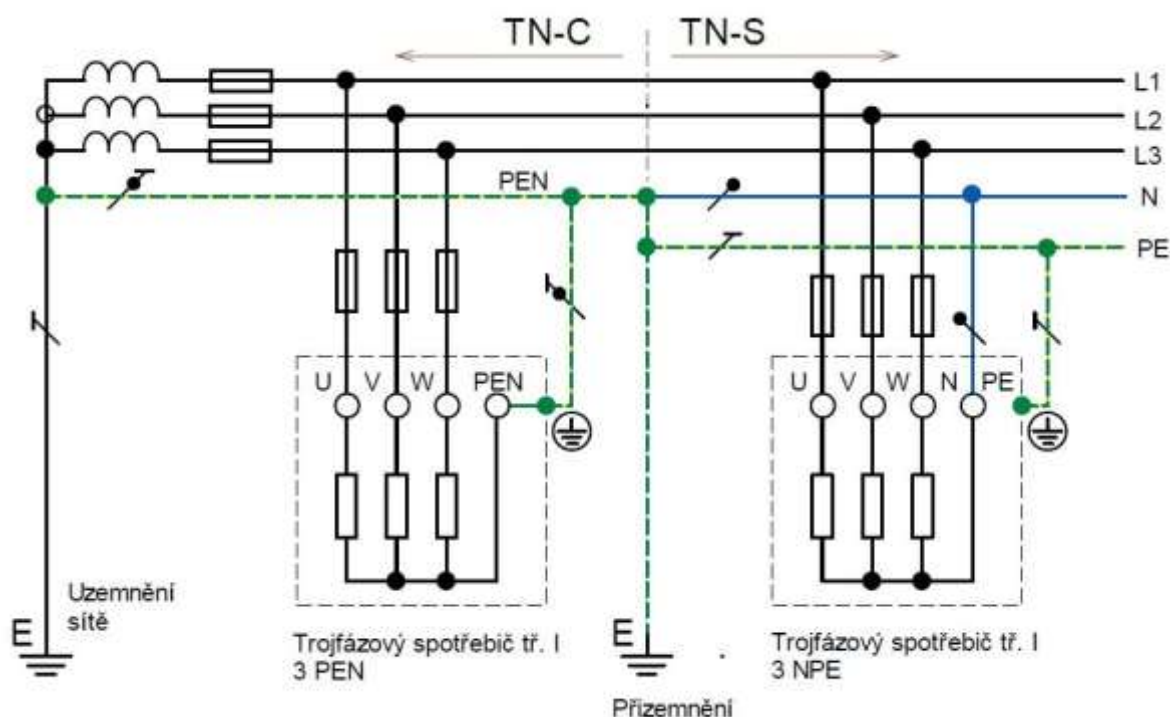
Ve slévárně jsou použity dvě napěťové soustavy.

První napěťová soustava je 3/PE/N 400V AC 50 Hz TN – C – S a v této diplomové práci je s ní uvažováno pouze v části stavební elektroinstalace a vybraných zařízeních, které nebylo možné jinak zapojit.

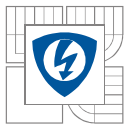
Druhá napěťová soustava je 3 500V AC 50 Hz IT, ze které je napájena technologie vyloukacího roštu a ostatních budovaných zařízení v tomto projektu.

3.1.1 Napěťová soustava 3/PE/N 400V AC 50 Hz TN – C – S

Síť TN – C – S je v ČR nejpoužívanější soustavou. Od distribučního transformátoru je rozvod realizován sítí TN – C. V elektroměrovém, podružném rozváděči nebo v bytové rozvodnici je vodič PEN vyveden na dvě sběrnice PE a N. V tomto místě rozdělení je nutné vodiče PEN uzemnit (eliminace vzniku úrazu při přerušení PEN), a od tohoto místa dále je rozvod veden jako síť TN – S. Dále je již zakázáno vodiče PE a N znovu spojit a vytvořit síť TN – C. [1]



Obrázek 1 Zapojení sítě TN – C – S převzato z [1]



3.1.1.1 Požadavky na zajištění ochrany v sítích TN

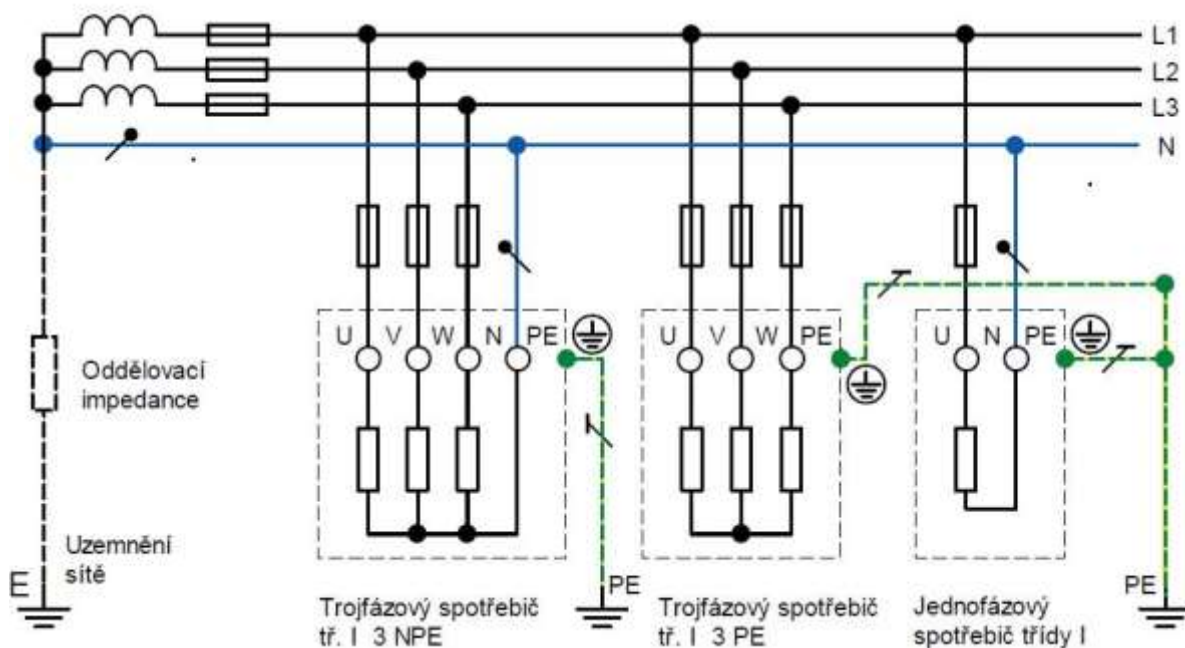
Největší vliv na automatickém odpojení od zdroje v sítích TN má uzemnění a správné dimenzování ochranného vodiče a jejich spojení. To znamená:

- Vodič PEN by měl být uzemněn v řadě bodů a měl by být veden tak aby se zamezilo riziku jeho přerušení
- *Nulový bod sítě musí být uzemněn*
- Ochranné vodiče by měli být spojeny se zemí ve všech bodech, kde je to možné a aby tyto body byly co nejrovnoměrněji rozloženy
- Ve velkých objektech je doporučeno využít ochranné pospojování mezi ochrannými vodiči a cizími vodivými částmi
- Je doporučeno aby vodič PEN (PE) byl vždy uzemněn při vstupu do budovy
- Odpor uzemnění zdroje by neměl být větší než 5Ω
- Celkový odpor zdroje a uzemnění PEN vodičů, které vedou z transformátoru, by nemělo být větší jak 2Ω [1]

3.1.2 Napěťová soustava 3 500V AC 50 Hz IT

Soustava IT má všechny živé části spojené se zemí přes velkou impedanci nebo rovnou úplně izolované. Všechny neživé části by měli být se zemí spojeny navzájem jedním uzemňovacím vodičem, po skupinách nebo jednotlivě každý zvlášť. Používají se především bez středního vodiče a spotřebiče jsou tedy zapojeny mezi jednotlivými fázemi. Je ovšem možné použít i zapojení s vyvedeným středním vodičem. [2]

Síť IT je možné provozovat i s jednou poruchou proti zemi. Je ovšem nutné použít v této síti hlídač izolačního stavu, protože porucha proti zemi znamená uzemnění soustavy a síť se stává tedy neizolovaná, napětí mezi vázovými vodiči a zemí se rovná napětí sdruženému a z důsledku úrazu elektrickým proudem může být pro člověka velmi nebezpečné, proto je nutné tuto poruchu detekovat. [2]



Obrázek 2 Zapojení sítě IT převzato z [2]

3.2 Napájecí transformátory a jejich zapojení

Ve slévárně jsou použity tyto transformátory:

Trafo	S	Spojení	U	I	u_k	Váha oleje	Váha celkem	Rok výroby	Typ	Výrobce
[název]	[MVA]		[kV]	[A]	[%]	[Kg]	[Kg]			
T25SVO	1	Dy1	6/0,38	94,4/1442	6,24	1140	5100	1963	TTU	Romania
T26SVO	1,6	Yd1	6/0,5	154/1760	6,05	1350	4850	1979	aTO412/22	BEZ Bratislava
T28SVO	1,6	Yd1	6/0,5	154/1760	6,28	1090	4810	1985	aTO412/22	BEZ Bratislava
T29SVO	1,6	Yd1	6/0,5	154/1760	6,26	1090	4810	1985	aTO412/22	BEZ Bratislava

Tabulka 1 Použité transformátory ve slévárně

Jak je vidět z dané tabulky pro napěťovou soustavu 3/N/PE 400V AC TN – C – S, je využit pouze první transformátor T25SVO se zdánlivým výkonem 1 kVA, naproti tomu soustava 3 500V AC IT je napájena ze tří transformátorů T26SVO, T28SVO a T29SVO, každý o zdánlivém výkonu 1,6 kVA, přičemž transformátory pracují paralelně.

3.2.1 Paralelní zapojení transformátorů

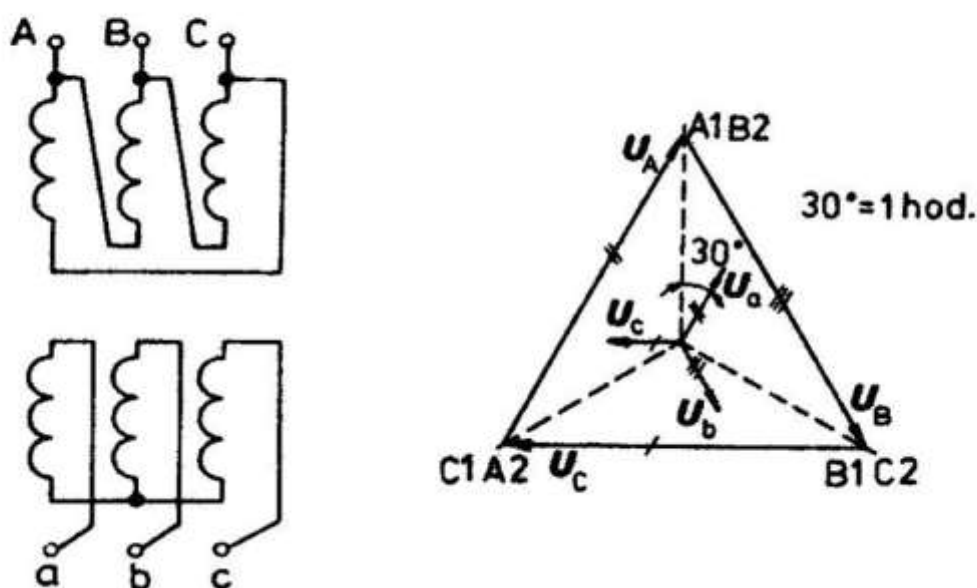
Pro zvýšení výkonu je možné zapojit napájecí transformátory paralelně. Pro takovéto zapojení ovšem platí pravidla, které je důležité pro správný chod zařízení dodržet:

- Stejná velikost sekundárního napětí

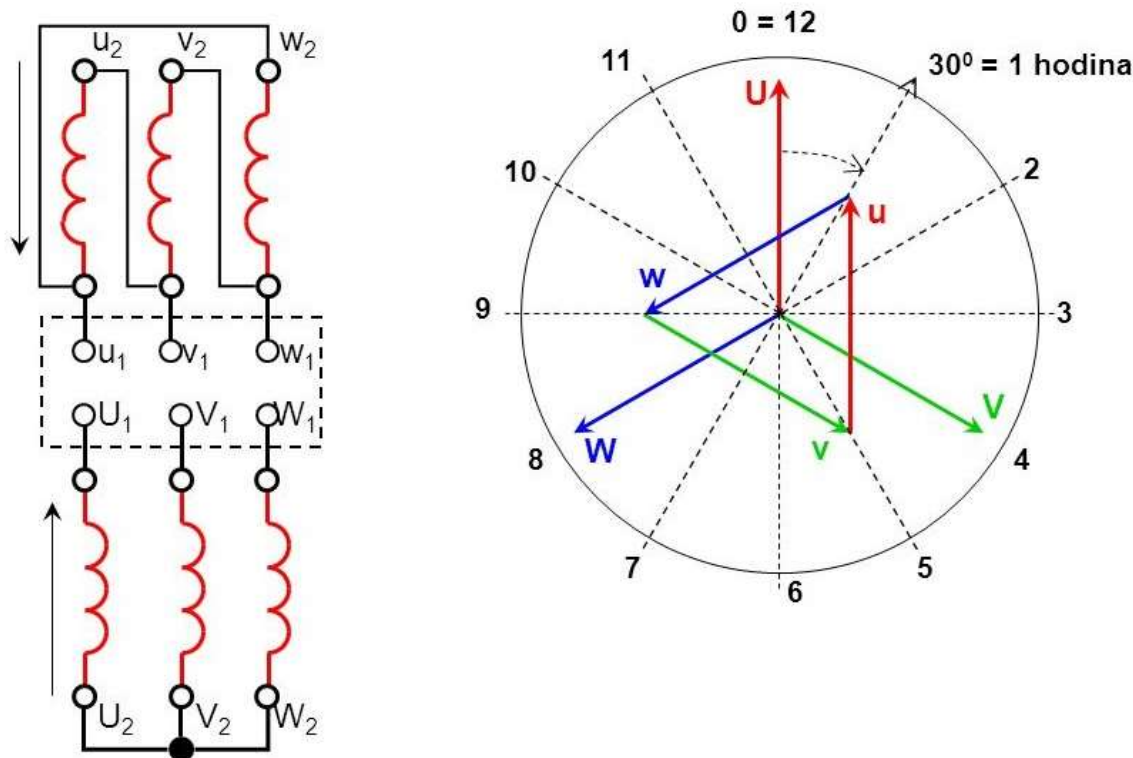
- I sebemenší rozdíl napětí způsobí velké vyrovnávací proudy mezi transformátory a to má za následek tepelné ztráty na vedení
- Stejný sled fází
 - Je důležité, aby měli jednotlivé okamžité hodnoty napětí jednotlivých fází stejné hodnoty. Kdyby tomu tak nebylo, dojde mezi transformátory k obrovským vyrovnávacím proudům – tedy zkratu
- Stejně napětí na krátko
 - Při různých u_k transformátorů dojde k nerovnoměrnému rozložení přenášeného výkonu
- Stejný hodinový úhel
 - Vnější a vnitřní zapojení má vliv na posun fázoru napětí mezi primárním a sekundárním vinutím transformátoru. Při různých hodinových úhlech dojde k obrovským vyrovnávacím proudům – zkratu [6]

3.2.2 Hodinový úhel transformátoru

Pro zapojení svorek transformátoru byl zaveden pojem hodinový úhel. Hodinový úhel je důležitý pro paralelní chod transformátorů a lze ho popsat jako fázový posun mezi fázory vstupního a výstupního napětí stejné fáze. Je vyjádřen v hodinách, přičemž jedna hodina odpovídá 30° . Označení samotného zapojení se skládá ze dvou písmen a jednoho číselného údaje. První písmeno je velké a značí typ zapojení primárního vinutí (Y – hvězda, D – trojúhelník). Druhé písmeno je malé a značí zapojení sekundárního vinutí (y – hvězda, d – trojúhelník). Číslice představuje velikost hodinového úhlu. [3]



Obrázek 3 Zapojení vinutí transformátoru Dy1 převzato z [5]



Obrázek 4 Zapojení vinutí transformátoru Yd1 převzato z [4]

3.3 Pracovní prostředí a okolní vlivy

Jednotlivé vlivy, které jsou na zařízení kladeny, jsou určeny zvlášť protokolem vnějších vlivů dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3 Výběr a stavba el. zařízení – Všeobecné předpisy. Prostory vytloukacího roštu byly určeny dle protokolu vnějších vlivů jako nebezpečné.

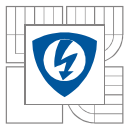
3.3.1 Vnější vlivy

Na každé elektrické zařízení působí jeho okolí a naopak. Toto působení je v elektrotechnických předpisech nazváno jako "Vnější vlivy". K tomu, aby byly zajištěny základní podmínky bezpečnosti při provozní spolehlivosti (při určeném způsobu provozu) je potřeba, aby elektrické zařízení bylo vybráno a instalováno v souladu s požadavky, které jsou definovány v příslušném elektrotechnickém předpisu [7]

Rovněž vnější vlivy svoji přítomností předurčují jednotlivé prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem, elektrickým či elektromagnetickým polem. [7]

3.3.2 Prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Z hlediska velikosti nebezpečí úrazu elektrickým proudem, které může vzniknout při provozu elektrického zařízení, s ohledem na vnější vlivy a jejich působení, se prostory člení na prostory:



Normální

Obyčejné, studené, prašné (pokud je prach nevodivý a nehořlavý). Svými vlastnostmi zabraňuje vzniku úrazu el. proudem. [9]

Nebezpečné

Horké, vlhké, prašné (pokud je prach vodivý a nehořlavý se zvýšenou korozní agresivitou), s otřesy, venkovní, prostory s mechanickým poškozením, s vodivým okolím. Jsou to prostory, kde působením vnějších vlivů je buď přechodné, nebo stálé nebezpečí úrazu el. proudem. [9]

Zvlášť nebezpečné

Mokré, s extrémní korozní agresivitou, prostory, kde se nebezpečí úrazu mimořádně zvyšuje nepříznivými poměry (voda, kotle a kovové nádrže, těsné prostory s kovovými hmotami, zdravotnická zařízení nebo zvláštní předpisy určité způsoby ochrany. Působením zvláštních okolností a vnějších vlivů se nebezpečí úrazu el. proudem ještě zvyšuje. [9]

Prostředí	Při dotyku částí	$U (\sim AC)$	$U (DC)$
		[V]	[V]
Normální	Živých	50	100
	Neživých	50	120
Nebezpečné	Živých	25	60
	Neživých	50	120
Zvlášť nebezpečné	Živých	12	25
	Neživých	25	60

Tabulka 2 Dovolené bezpečné napětí u zařízení do 1000 V s ohledem na členění prostorů

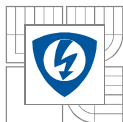
3.3.3 Určení vnější vlivů

Vnější vlivy musí být určeny jednoznačně. Určují ve všech prostorech, ve kterých je umístěno nebo používáno elektrické zařízení, v nichž z jakéhokoliv hlediska musí být řešena ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny nebo před statickými výboji. [8]

O určení vnějších vlivů a opatření, která určené vnější vlivy podmiňují, musí být písemný protokol - Protokol o určení vnějších vlivů. Protokol je součástí dokladové části dokumentace, která musí být po dobu životnosti zařízení, provozu či objektu archivována. Při změnách využití objektu musí být určeny znovu ty části vnějších vlivů, u kterých dochází ke změnám. [8]

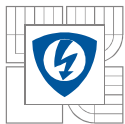
Vnější vlivy není nutno určovat v prostorech, pro které jsou tyto stanoveny jednoznačně technickou normou, nebo jiným předpisem. V protokolu o určení vnějších vlivů se u těchto prostorů uvede pouze odkaz na normu nebo příslušný předpis, na jejichž základě byly vnější vlivy stanoveny, pokud zde nepůsobí další vnější vlivy. [8]

Pro elektrická zařízení, provedená podle předpisů a norem platných v době, kdy byla tato zařízení zřizována a zahájila provoz, lze posuzovat dle ustanovení dříve platných norem, až do doby rekonstrukce, změny technologických postupů, nebo zpracovávaných hmot. [8]



V protokolu je možno volit ze dvou způsobů uvedení vnějších vlivů:

1. *uvést všechny vnější vlivy uvedené v ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 (do května ČSN 33 2000-3), včetně těch, které jsou v souladu s článkem ZA. 4 ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 považovány za normální a povah vnějšího vlivu, který se v daném prostoru nevyskytuje s příslušnou poznámkou (např. nevyskytuje se) [8]*
2. *uvést všechny vnější vlivy ve sledovaném prostoru, které nejsou v souladu s článkem ZA. 4 ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 považovány za normální a ostatní shrnout do konstatování: "Všechny ostatní vnější vlivy jsou v souladu s článkem ZA. 4 ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 považovány za normální". [8]*



4 DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH VEDENÍ

Elektrické vedení je jednou z hlavních součástí každého elektrického zařízení a umožňuje přenos elektrické energie a signálů na vzdálenosti. Elektrické vedení je tvořeno vodiči, které slouží k vedení el. proudu a izolací oddělující živou část od okolí. [11]

Druhy elektrických vedení:

- vedení z holých vodičů
- vedení v trubkách a lištách
- vedení z můstkových vodičů
- vedení kabelová [11]

Průřez elektrického vedení musí, splňoval požadavky na:

- přípustné oteplení
- hospodárnost provozu
- mechanickou pevnost
- odolnost vůči účinkům zkratového proudu
- dovolené úbytky napětí
- spolehlivou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem [11]

4.1 Dimenzování podle přípustného oteplení

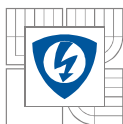
Při průchodu proudu vodičem dochází k jeho zahřívání. Vyvinuté teplo ve vodiči je přímo úměrné odporu vodiče R a druhé mocnině proudu tekoucího vodičem I . [11]

V ustáleném stavu (konstantní teplota vodiče) se množství tepla vyvinutého ve vodiči rovná množství tepla předaného do okolí a je přímo úměrné teplotnímu rozdílu mezi vodičem a okolím. [11]

Izolace vodičů a kabelů je tepelně méně odolná než kovové vodiče, proto je nejvyšší dovolená teplota vodiče dána druhem izolace. Teplota vodiče ovšem nesmí dlouhodobě překročit určitou hodnotu, při které by se zkracovala životnost jeho izolace. [11]

Na oteplení vodiče má dále vliv i teplota okolí a možnosti odvodu tepla z povrchu vodiče, které jsou dány uložením vodiče (například kabel uložený v zemi se chladí lépe než kabel na volném vzduchu, kabel v plastové izolační trubce hůře ap.). [11]

Pro každý typ vodiče a kabelu udává výrobce pro uložení na vzduchu jejich jmenovitou proudovou zatížitelnost I při teplotě 30 °C, která se musí ještě přepočítat na dovolené proudové zatížení I_{DOV} respektující způsob uložení vodiče a okolní teplotu apod. Přepočítací součinitele,



respektující snížení zatížení v závislosti na způsobu uložení vodiče, jeho seskupení, okolní teplotu, atd. [11]

způsob uložení	označení	popis
	A	Izolované vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	B	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	C	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	D	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	E	Kabely 2+3 žilové na vzduchu

Tabulka 3 Označení vodičů podle způsobu uložení převzato z [11]

Jmenovitý průřez vodičů (mm ²)	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	při dvou zatížených vodičích					při třech zatížených vodičích				
	způsob uložení podle tabulky					způsob uložení podle tabulky				
	A	B	C	D*	E	A	B	C	D*	E
1	11	13,5	15	17,5	17	10,5	12	13,5	14,5	14,5
1,5	14,5	17,5	19,5	22	22	13	15,5	17,5	18	18,5
2,5	19,5	24	26	29	30	18	21	24	24	25
4	26	32	35	38	40	24	28	32	31	34
6	34	41	46	47	52	31	36	41	39	43
10	46	57	63	63	71	42	50	57	52	60
16	61	76	85	81	96	56	68	76	67	80
25	80	101	112	104	119	73	89	96	86	103

Tabulka 4 Dovolené proudové zatížení CU vodičů pro 30°C (při uložení v zemi 20°C) převzato z [11]

4.1.1 Oteplovací charakteristika

Když začne protékat proud vodičem, který byl do té chvíle se svým okolím tepelně rovnovážný, se začne zvyšovat teplota vodiče, kterým teče elektrický proud. Teplota narůstá doté doby než rozdíl teplot vodiče a okolí umožní přestup tepla vznikajícího ve vodiči do okolního prostředí. Ustálení oteplení závisí na materiálu vodiče, jeho ochlazovací ploše a způsobu chlazení, uložení a velikost protékajícího proudu. Teplotní charakteristika je určena podle rovnice: [21]

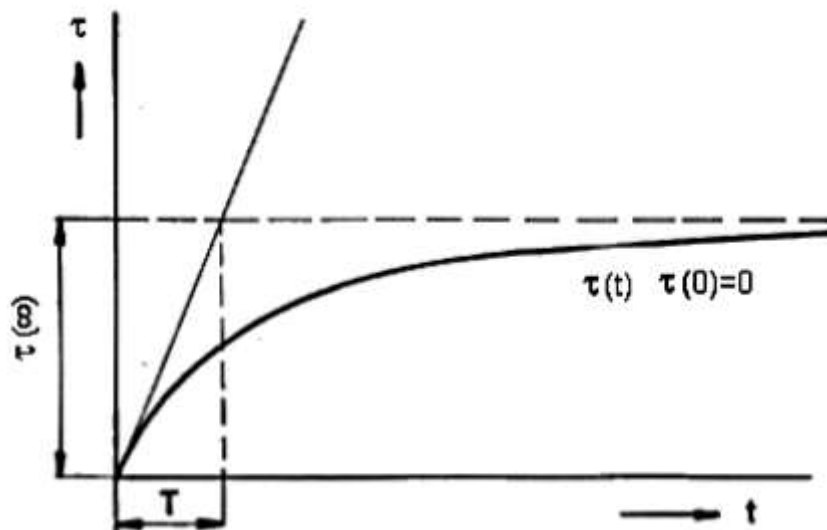
$$\vartheta(t) = \vartheta_{max} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$\vartheta(t)$ - závislost teploty na čase

ϑ_{max} - teplota v ustáleném čase

t - čas, který uběhl od začátku děje

τ - časová oteplovací konstanta



Obrázek 5 Obecná oteplovací charakteristika převzato z [21]

4.2 Dimenzování s ohledem na hospodárnost

Tento ohled má zajistit, aby investiční a provozní náklady na vedení byly co nejmenší. Zjednodušeně řečeno, čím větší průřez vodičů použijeme, tím bude vedení dražší, ale na druhé straně bude mít menší odpor a menší ztráty za provozu. Účelem návrhu podle tohoto kritéria je nalézt hospodárný průřez vedení, jemuž odpovídá minimum celkových nákladů. [11]

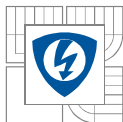
Dle tohoto kritéria lze přihlédnout k použitému materiálu vodičů. Při použití měděných vodičů je možnost využití menšího průřezu vodičů oproti hliníkovým vodičům, ovšem jejich pořizovací náklady mohou být natolik odlišné, proto je potřeba zohlednit dobu využití vedení a kalkulovat ztráty na obou variantách. [11]

4.3 Dimenzování s ohledem na mechanické namáhání

Vodiče by měly být schopny odolávat mechanickému namáhání, které může nastat při montáži, nebo během provozu jako jsou například pohyblivé přívody, v pohyblivých prostředcích, vedení na pracovních strojích apod. Průřezy vodičů musí být navrženy tak, aby mechanická pevnost snesla nejvyšší namáhání, které může v provozu nastat. Normy udávají minimální průřezy pro jednotlivé druhy vedení, místo jejich použití, způsob uložení. [11]

4.4 Dimenzování podle dovoleného úbytku napětí

Na vedení protékáném proudem dochází vlivem jeho impedance k úbytku napětí a tím i k poklesu napětí na spotřebiči. Tento pokles napětí by mohl ovlivnit některé důležité provozní vlastnosti spotřebiče, a proto jsou dovolené úbytky napětí ΔU limitovány a jsou závislé na druhu rozvodu. Jeho hodnota bývá uváděna v příslušných normách. Průřez vodičů by měl být navržen takový, aby při nejvyšším předpokládaném zatížení nepřesáhl úbytek napětí hodnotu povolenou normou. Není – li dovolený úbytek napětí předepsán, platí zásada, že v místě spotřebiče nemá být pokles napětí větší než 5 % jmenovitého napětí sítě. [11]



Dovolený úbytek napětí lze spočítat snadno z následující rovnice:

$$\Delta U = RI \cos\varphi + XI \sin\varphi$$

- R - reálná složka impedance vedení
 X - imaginární složka impedance vedení
 I - proud, který protéká vedením
 φ - fázový posun

4.5 Dimenzování vedení s ohledem na účinky zkratových proudů

Při provozu vedení může dojít k průrazu izolace a k následnému zkratu. I když je zkrat odpojen ochranným jistícím prvkem, po určitou krátkou dobu protéká obvodem zkratový proud, který bývá mnohonásobně větší než jmenovitý proud. Zkratové proudy mohou dosahovat velikosti desítek kiloampér a více, síly způsobené těmito proudy pak dosahují velkých velikostí [11]

Tento zkratový proud způsobuje namáhání vodičů:

- mechanické (dva vodiče protékané proudem na sebe působí silou)
- tepelné (zahřívání) [11]

Nadměrné ohřátí vodiče by mohlo způsobit požár a u izolovaných vodičů poškození izolace. Čím větší průřez vodiče použijeme, tím menší má odpor a proto se v něm vyvíjí menší množství tepla a zároveň má větší tepelnou setrvačnost a z těchto důvodů se méně zahřeje. [11]

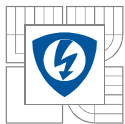
Výpočtem zkratových proudů se zabývají zejména normy a to ČSN EN 60865-1 ed. 2 Zkratové proudy - Výpočet účinků - Část 1: Definice a výpočetní metody a ČSN 38 1754 Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů. [11]

4.6 Dimenzování vedení s ohledem na správnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem

Průřez vedení tj. pracovního i ochranného vodiče je nutno volit tak, aby impedance vypínací smyčky nepřekročila hodnotu, která vyplývá z podmínky pro vypnutí ochranného prvku v požadované době. Nejdelší možné doby odpojení pro sítě s uzemněným uzlem (TN) jsou závislé na velikosti napětí vodiče proti zemi. [11]

Druh zařízení	Smluvní vypínací čas				
	120 V	230 V	277 V	400 V	580 V
držená v ruce	0,8 s	0,4 s	0,4 s	0,2 s	0,1 s
pevná	5 s				

Tabulka 5 Doby odpojení v sítích TN převzato z [11]



4.7 Jištění elektrického vedení

4.7.1 Důvody jištění

Účelem jištění

Zabránit škodám nebo ohrožení lidí, zařízení, výroby, a to:

- preventivně zabránit vzniku nenormálních stavů
- možností vzniků následných poruch
- omezit následky poruch na nejmenší míru. [11]

Nenormální stavy a poruchy u el. rozvodu

Přetížení, zkrat, zemní spojení, přerušování obvodu,

Podle časové následnosti reakce rozdělujeme jištěné jevy do dvou skupin:

1. skupina obsahuje poruchy vyžadující okamžitý, přímý a na napětí sítě nezávislý zásah ochrany. Jedná se hlavně o zkrat [11]
2. skupina obsahuje nebezpečné stavy dovolující zpožděný zásah. Jedná se zde o přetížení, zemní spojení, zmenšení izolačních odporů, stoupnutí teploty. Většinou zde dochází k vyhodnocení stavu, jeho signalizaci a k následnému řízenému vypnutí obvodu. [11]

4.7.2 Základní požadavky na jisticí přístroje

Základní princip jištění vedení:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

I_b - výpočtový proud

I_z - dovolené proudové zatížení

I_n - jmenovitý proud jisticího prvku

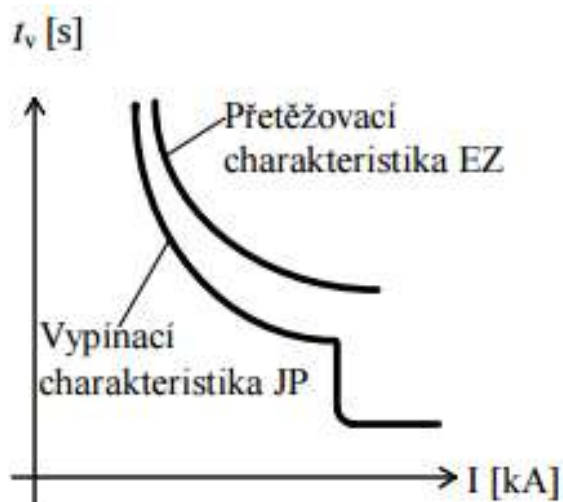
I_2 - proud zajišťující zapůsobení ve smluvené době

4.7.2.1 Ochrana elektrického zařízení před nadproudy

Tepelnými a elektrodynamickými účinky s tolerancí dovoleného krátkodobého přetěžování musí být zajištěno:

- možnost trvalého zatěžování
- ochrana proti nedovoleným přetížením – jisticí prvek musí vypnout dříve, než dojde u elektrického zařízení k nedovolenému oteplení - vypínací charakteristika jisticího prvku musí ležet celá vlevo, tzn. pod přetěžovací charakteristikou elektrického zařízení
- ochrana proti zkratovým proudům – jisticí prvek vypne rychle, případně omezí velikost zkratového proudu. [11]

Podmínka správné funkce jisticího prvku je, aby jeho zkratová vypínací schopnost byla vyšší než nejvyšší hodnota zkratového proudu v daném místě. [11]



Obrázek 6 Ukázka vypínacích charakteristik elektrického zařízení (EZ) a jisticího prvku (JP) při správně nastavené ochraně převzato z [11]

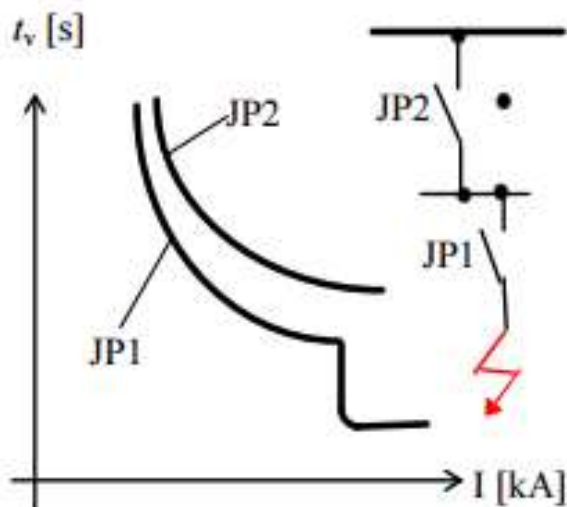
4.7.2.2 Selektivní působení jisticího přístroje

Selektivnost mezi jisticími přístroji téhož obvodu má iniciovat vždy ten ochranný prvek, který je nejbližší k poruše a zajistit tedy požadovanou posloupnost působení tak, aby došlo k minimalizaci ztrát jiných zařízení, které jsou v pořádku. Lze ji dosáhnout volbou jisticího přístroje a jeho nastavením. Selektivitu se nejčastěji dosahuje odstupňováním jmenovitých proudů jisticích přístrojů. Další možností je použít jisticí přístroje s časovým zpožděním. Tím bude zajištěno, že při poruše u spotřebiče vypne nejdříve ten nejbližší jisticí prvek. [11]

Z hlediska působení v rozsahu velikosti zkratového proudu rozeznáváme selektivitu:

- plnou
- částečnou – působí do určité hodnoty zkratového proudu [11]

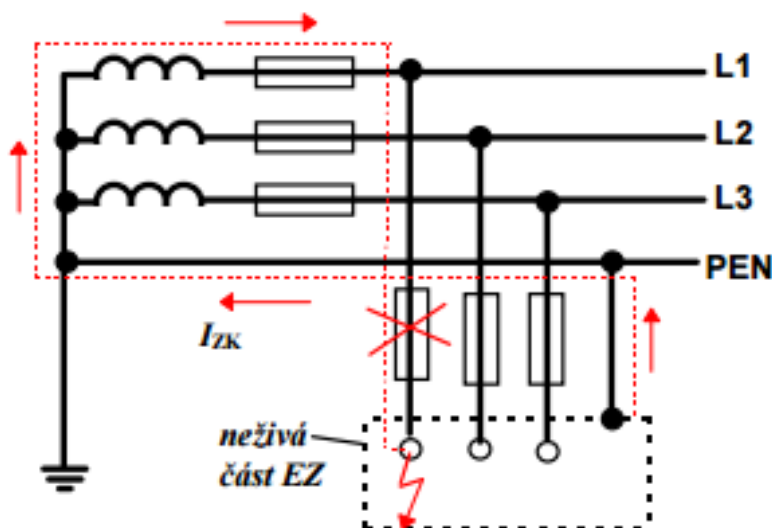
V oblasti nadproudů do velikosti vybavovací hodnoty lze selektivitu určit z vypínacích charakteristik jednotlivých jisticích prvků. Vypínací oblast předřazeného jisticího prvku musí ležet nad nebo vpravo od vypínací charakteristiky přiřazeného jisticího prvku. [11]



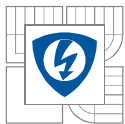
Obrázek 7 Ukázka dvou charakteristik jisticích prvků (JP) při správně nastavené selektivitě převzato z [11]

4.7.3 Ochrana samočinným odpojením od zdroje

Tento druh ochrany je nejrozšířenější a lze ho použít ve všech druzích sítě. Při poruše – spojení živé části EZ s neživou částí dojde ke zkratu a dříve neživá část se stane živou. Poruchový proud prochází od zdroje fázovým vodičem přes jisticí prvek do místa poruchy a zpátky se vrací ochranným vodičem ke zdroji. Dráha zkratového proudu – impedanční smyčka musí mít malou velikost, aby velikost zkratového proudu byla rovna nebo větší než je velikost proudu jisticího prvku zajišťující vypnutí v požadované době. Velikost proudu jisticího prvku se stanoví z jeho vypínací charakteristiky pro maximální dobu odpojení 5 s. [11]



Obrázek 8 Ukázka průchodu elektrického proudu jisticím prvkem při samočinném odpojení od zdroje převzato z [11]



5 VÝPOČTOVÝ PROGRAM SICHR

V této diplomové práci je pro výpočet silových vývodů, tj. jištění, spínání a dimenzování jednotlivých kabelů použit výhradně výpočtový program SICHR od firmy OEZ Letohrad. Výpočtový program SICHR je jednoduchý. Firma OEZ Letohrad poskytuje program SICHR ve free verzi, která je dostupná pro každého na <http://www.oez.cz/sluzby/vypoctovy-program-sichr> (po bezplatné registraci do věrnostního programu Modrá Planeta).

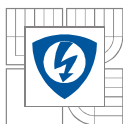
V programu SICHR lze kombinovat jednotlivé prvky databáze výhradně od firmy OEZ Letohrad. Dále je pak možnost vybírat z široké škály otevřené databáze vodičů a transformátorů.

Při dimenzování jednotlivých vodičů a prvků program po zadání potřebných parametrů spočítá celkové náklady na provoz a pořizovací náklady.

5.1 Jednotlivé části projektu v programu SICHR

5.1.1 Úvodní strana

Úvodní stranou projektu je hlavička s všeobecnými informacemi, jako je název projektu, jméno autora projektu a název firmy. V pravém horním rohu jsou dvě editační pole, z nichž jedno obsahuje datum a druhé může být použito pro spisové číslo dokumentu. Následuje stručný přehled norem, podle kterých program počítá, a soupiska použitého materiálu s označením příslušného prvku ve schématu, s jeho typovým označením a počtem použitých kusů nebo metrů v případě kabelů. Vygenerovaný seznam může sloužit jako prvotní podklad pro objednávku materiálu. Proto například u kabelů není uvedena délka vedení, ale celková potřebná délka kabelu. [12]



Projekt Úpravy Režim Zobrazit Okno Nápověda Jazyk / Language X

OEZ **Projekt : Rekonstrukce vyloukačícího roštu na Slévárně šedé litiny** PS 1: Vyloukačící rošt a

Autor : Bc. Vojtěch Bednář, Intesys BRNO s. r. o. Datum : 27.4.2015

Všeobecné informace a soupiska materiálu Soubor : Sichr

Sít IT, jmenovité napětí AC 500 V.
K ověření selektivity byly použity údaje výrobce
K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, PNE 33 0000-1 ed. 5, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.
K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce
Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma
Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

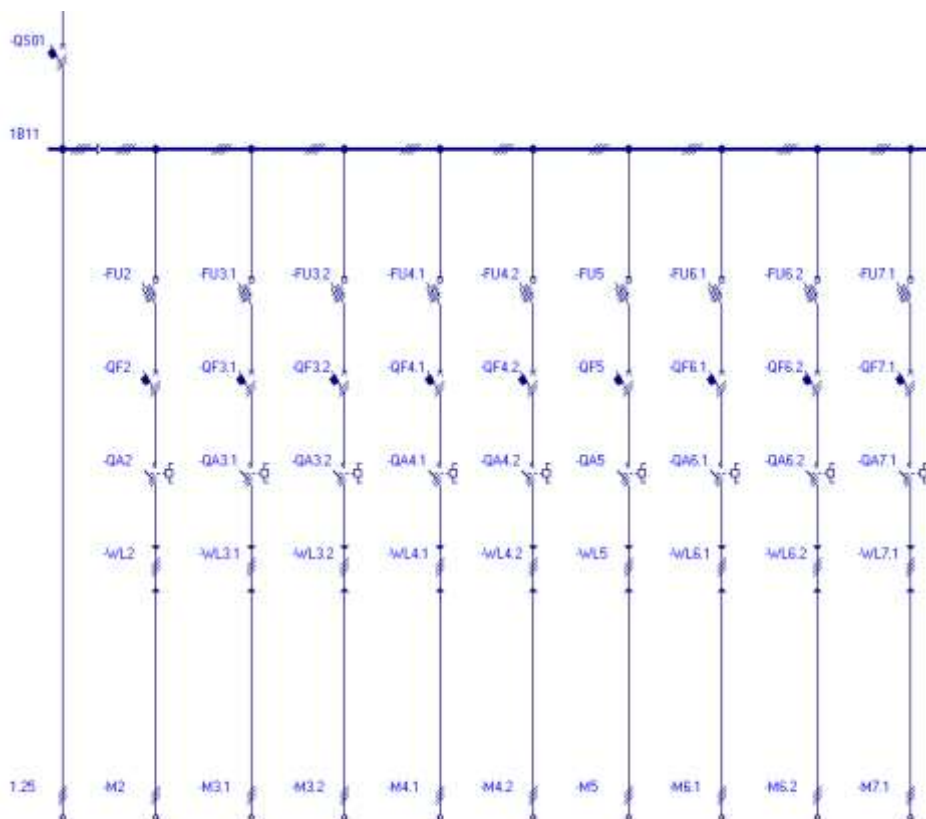
Označení	Typ	Množství
	Soupiska strojů, přístrojů a vodičů	
	Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení	
	Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ	
	Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ	
FU	SPF3 SS	3 ks
	PNA3 500A gG	3 ks
1L4	1-YY 1x150	8 m
QS	BH630NE305	1 ks
	SE-BH-0630-V001	1 ks
-wL01	1-AYKY 4x240	450 m
-QS01	BH630SE305	1 ks
	SE-BH-0630-MTV8	1 ks
-FU2	QPVA14-3...	1 ks
	PV14 32A gG	3 ks
-QF2	SM123-2.5	1 ks
-QA2	ST123-7-A230-10	1 ks
-wL2	CYKY4x2,5	35 m
-FU3.1	QPVA14-3...	1 ks
	PV14 63A gG	3 ks
-QF3.1	SM503-40	1 ks
-QA3.1	ST503-40-A230	1 ks
-wL3.1	CYKY4x6	35 m
-FU3.2	QPVA14-3...	1 ks
	PV14 63A gG	3 ks

Obrázek 9 Ukázka úvodní strany programu SICHR

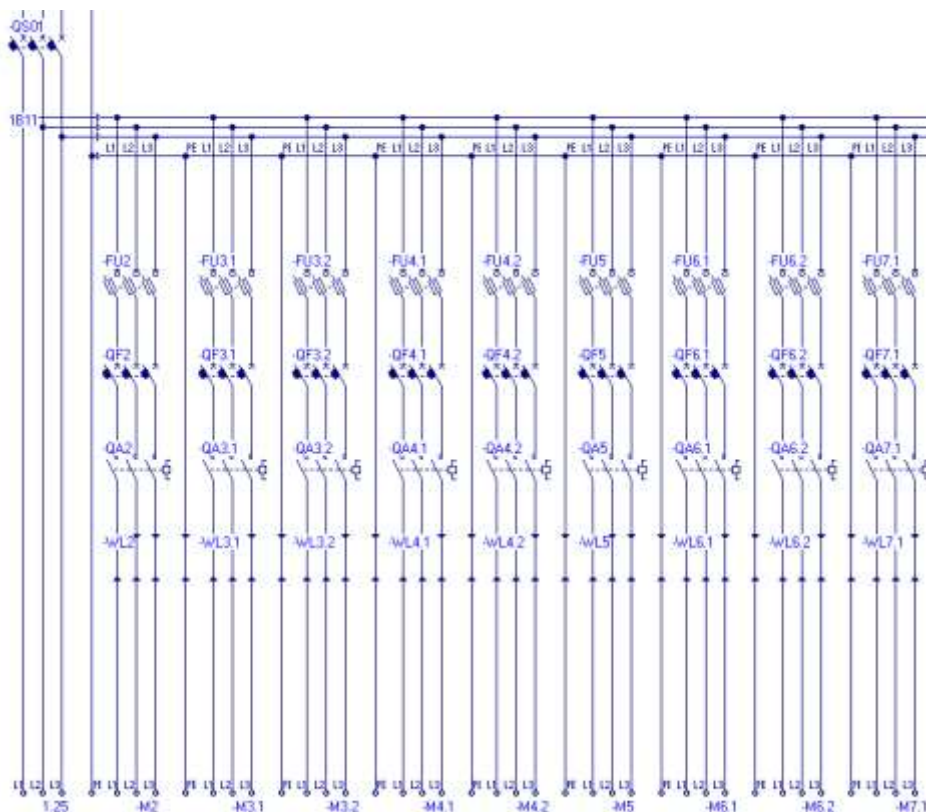
5.1.2 Celkové schéma

Celkové schéma slouží jako přehledové schéma navrhovaného obvodu. Toto schéma má 25 „řádků“, tedy možnost vložit až 25 jednotlivých prvků do jednoho obvodu. Takto využitých větví je možné vložit do projektu až 500. [12]

Celkové schéma je možné mít jako přehledové, kdy je schéma nakresleno jednou čarou nebo detailněji, kdy je každý vodič nakreslen a zapojen jednotlivě. [12]



Obrázek 10 SICHR – celkového schématu kresleného jako přehledové



Obrázek 11 SICHR – celkového schématu kresleného detailně

5.1.3 Schéma paprsku

Na zobrazení ve schématu paprsku má vliv zvolený režim výpočtu. A to:

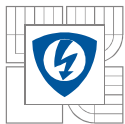
- Charakteristiky
- Selektivita
- Impedance
- Optimalizace

1B1	Sít' IT U ₂ = 525 V	In = 5280 A Ik'' = 82.5 kA ip = 181 kA	
FU	PNA30G Zs(0,1s) = 28 mΩhm (Ia = 8.85 kA)	I1 = 120 kA io = 51.7 kA	Připojeno pomocí SPF3
1L4	1-Y-Y 1x150 Iz = 456 A tm = 75 °C dU = 0.0 % I ² t < k ² S ²	(Ik'' = 78.1 kA) io = 50.9 kA	O.K. Zsv < Zs(0,1s) (8.47 mΩhm < 28.2 mΩhm)
QS	BH630N-V001 In = 630 A		
-WL01	3H1-AKKY 4x240 Iz = 940.5 A tm = 37 °C dU = 1.1 % I ² t < k ² S ²	(Ik'' = 28.2 kA) io = 37.6 kA	O.K. Zsv < Zs(0,1s) (23.5 mΩhm < 28.2 mΩhm)
-QS01	BH630S-MTV8 In = 630 A IR = 435 A Zs(0,1s) = 113 mΩhm (Ia = 2.20 kA)	Icm = 73.5 kA IR = 435 A, tR(7.2xIR) = 3 s (M, Tt), li = 2 kA (0 ms) io = 37.6 kA	
1B11	Sběrnice B = 1 U = 517 V (Un + 3.5%)	(Ik'' = 28.2 kA) io = 37.6 kA	O.K. Zsv < Zs(0,1s) (23.5 mΩhm < 113 mΩhm)
1.25	Vývod P = 0 W xB = 0 W cos φi = 0.95 (Ik'' = 28.2 kA) I = 0 A U = 517 V (Un + 3.5%) B = 0		Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována io = 37.6 kA

Vypínací charakteristiky - impedanční smyčky - paprsek 1



Obrázek 12 SICHR – Schéma paprsku



5.1.3.1 Charakteristiky

Základním režimem ve schématu paprsku je režim charakteristiky. V režimu charakteristiky probíhá výpočet počátečního rázového zkratového proudu I_k , nárazového zkratového proudu i_p a výpočet úbytků napětí na kabelu ΔU . Provádí se zde kontrola zkratové vypínací, zkratové zapínací a podmíněné zkratové schopnosti jednotlivých přístrojů a také správnosti jištění kabelů, odpínačů, stykačů a proudových chráničů. Jištění proti zkratu musí být před jištěným prvkem, jištění proti přetížení může být i za ním, pokud mezi ním a jisticím prvkem není vývod nebo sběrnice. [12]

5.1.3.2 Selektivita

Druhým a neméně důležitým režimem ve schématu paprsku je režim selektivita. Zde se kontroluje vzájemné selektivní působení za sebou zařazených jisticích přístrojů. Cílem je dosáhnout toho, aby při poruše vypínal pouze přístroj, který je nejbližší předřazený poruše. Tím se omezí rozsah poruchy na co nejmenší část elektrického rozvodu. V případě částečné selektivity je zde uvedená hodnota proudu, do které budou přístroje 100% selektivní. [12]

5.1.3.3 Impedance

Třetím důležitým režimem je režim impedance. V tomto režimu se kontroluje správnost funkce ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše. Nejprve je vyčíslena maximální přípustná impedance poruchové smyčky. Ta závisí na nastavené maximální době odpojení a na vypínací charakteristice prvku, který ochranu zajišťuje. S touto hodnotou se pak porovnává impedance poruchové smyčky v námi zadaném obvodu. [12]

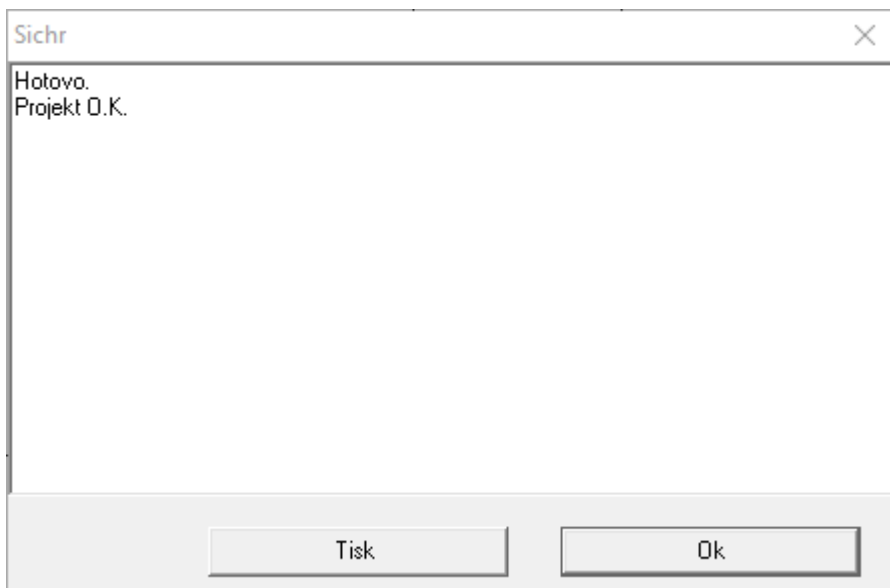
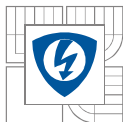
5.1.3.4 Optimalizace

Čtvrtým a posledním režimem schématu paprsku je režim optimalizace. Režim optimalizace se týká především ekonomické stránky projektu. V tomto režimu je program schopen autorovi projektu pomoci při zadání určitých parametrů s ekonomickou podstatou projektu. Program v tomto režimu nepočítá pouze se zatěžovacím proudem, který protéká kabelem, úbytkem napětí a správným automatickým odpojením od zdroje ale také se ztrátami, které budou na kabelu v průběhu uvažované doby používání. S těmito parametry je program schopen navrhnout takové řešení, které je z ekonomického hlediska nejvýhodnější. [12]

5.1.4 Přehled parametrů a výpočtů

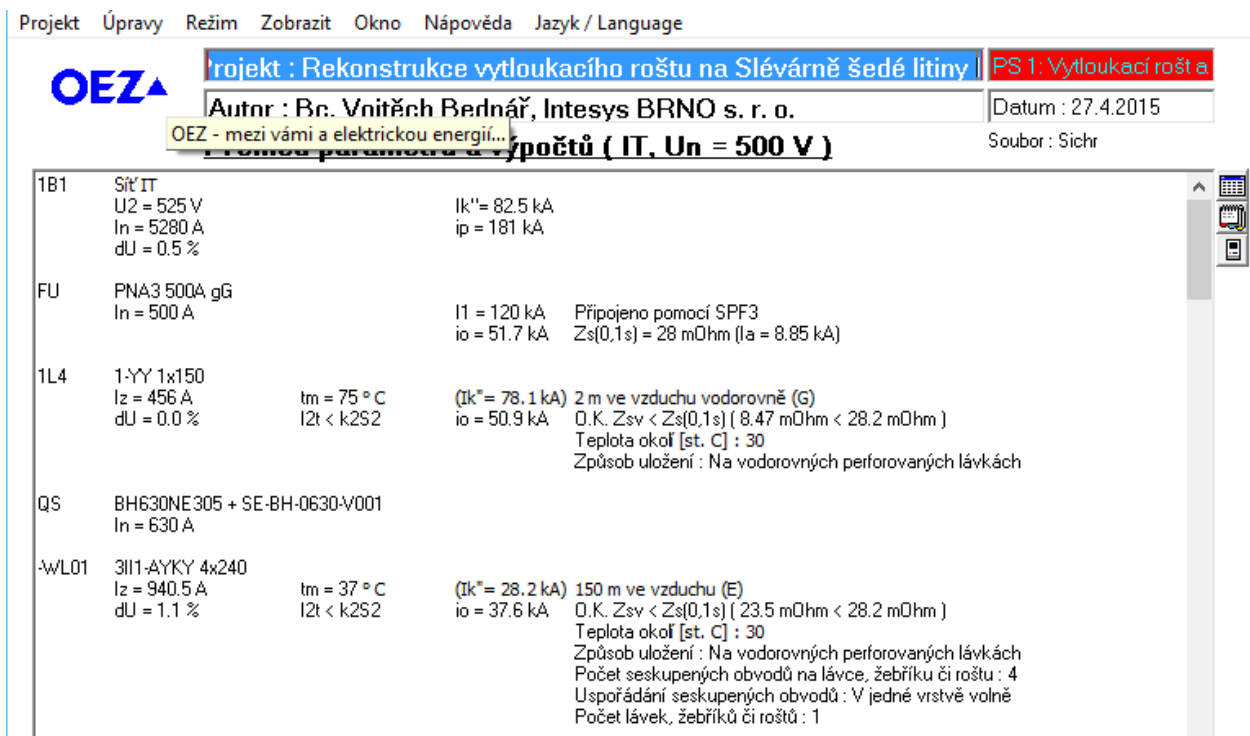
V žádném režimu výpočtu neprovádějí současně všechny výpočty ani všechny kontroly. Pro celkovou kontrolu projektu je tedy potřeba projít všechny paprsky a provést výpočty a kontroly ve všech režimech výpočtu. K tomu slouží tato poslední část projektu, přehled parametrů a výpočtů. [12]

Program postupně přepíná mezi všemi paprsky a všemi režimy výpočtu a výsledky ukládá do jedné společné tabulky. V této tabulce je vždy uvedeno označení prvku ve schématu, jeho parametry a veškeré výsledky výpočtů a kontrol. Na závěr je zobrazen souhrnný výsledek, kde jsou soustředěna všechna případná chybová hlášení nebo oznámení, že je v projektu. [12]

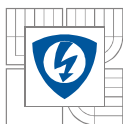


Obrázek 13 Výsledná hláška po dokončení výpočtu parametrů

Vypočtené výsledky je možné zobrazit ve dvou zobrazeních. První možnost je textová, tedy jednotlivé výsledky jsou napsané jako text. Druhá možnost je zobrazení jako tabulka.



Obrázek 14 Zobrazení výsledků výpočtu parametrů v textové podobě



Projekt Úpravy Režim Zobrazit Okno Návod Jazyk / Language X

OEZ **Projekt : Rekonstrukce vyloukačického roštu na Slévárně šedé litiny** **PS 1: Vyloukačický rošt a**

Autor : Bc. Vojtěch Bednář, Intesys BRNO s. r. o. **Datum : 27.4.2015**

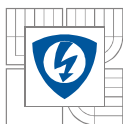
Přehled parametrů a výpočtů (IT, Un = 500 V) Soubor : Sichr

Označení	Parametry	Výpočty	Selektivita
1B1	Sít IT	$I_k'' = 82.5 \text{ kA}$	
	$U_2 = 525 \text{ V}$	$i_p = 181 \text{ kA}$	
	$I_n = 5280 \text{ A}$	$dU = 0.5 \%$	
	FU		
FU	PNA3 500A gG	$i_o = 51.7 \text{ kA}$	
	$I_n = 500 \text{ A}$	$Z_s(0,1s) = 28 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 8.85 \text{ kA}$)	
	$I_t = 120 \text{ kA}$		
	Připojeno pomocí SPF3		
	1L4		
1L4	1-YY 1x150	$I_z = 456 \text{ A}$	
	2 m ve vzduchu vodorovně (G)	$t_m = 75^\circ \text{C}$	
	Teplota okolí [st. C] : 30	($I_k'' = 78.1 \text{ kA}$)	
	Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lž	$dU = 0.0 \%$	
		$I_{2t} < k_2 S_2$	
		$i_o = 50.9 \text{ kA}$	
		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,1s)$ ($8.47 \text{ m}\Omega < 28.2 \text{ m}\Omega$)	
	QS		
QS	BH630NE305 + SE-BH-0630-V001		
	$I_n = 630 \text{ A}$		
	-wL01		
-wL01	3I11-AYKY 4x240	$I_z = 940.5 \text{ A}$	
	150 m ve vzduchu (E)	$t_m = 37^\circ \text{C}$	
	Teplota okolí [st. C] : 30	($I_k'' = 28.2 \text{ kA}$)	
	Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lž	$dU = 1.1 \%$	
	Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či rc	$I_{2t} < k_2 S_2$	
	Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě	$i_o = 37.6 \text{ kA}$	
	Počet lávek, žebříků či roštů : 1	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,1s)$ ($23.5 \text{ m}\Omega < 28.2 \text{ m}\Omega$)	

Obrázek 15 Zobrazení výsledků výpočtu parametrů v tabulkové podobě

Takto vypočtené parametry je možné exportovat do formátů XLS (Exel) a dále s nimi pracovat.

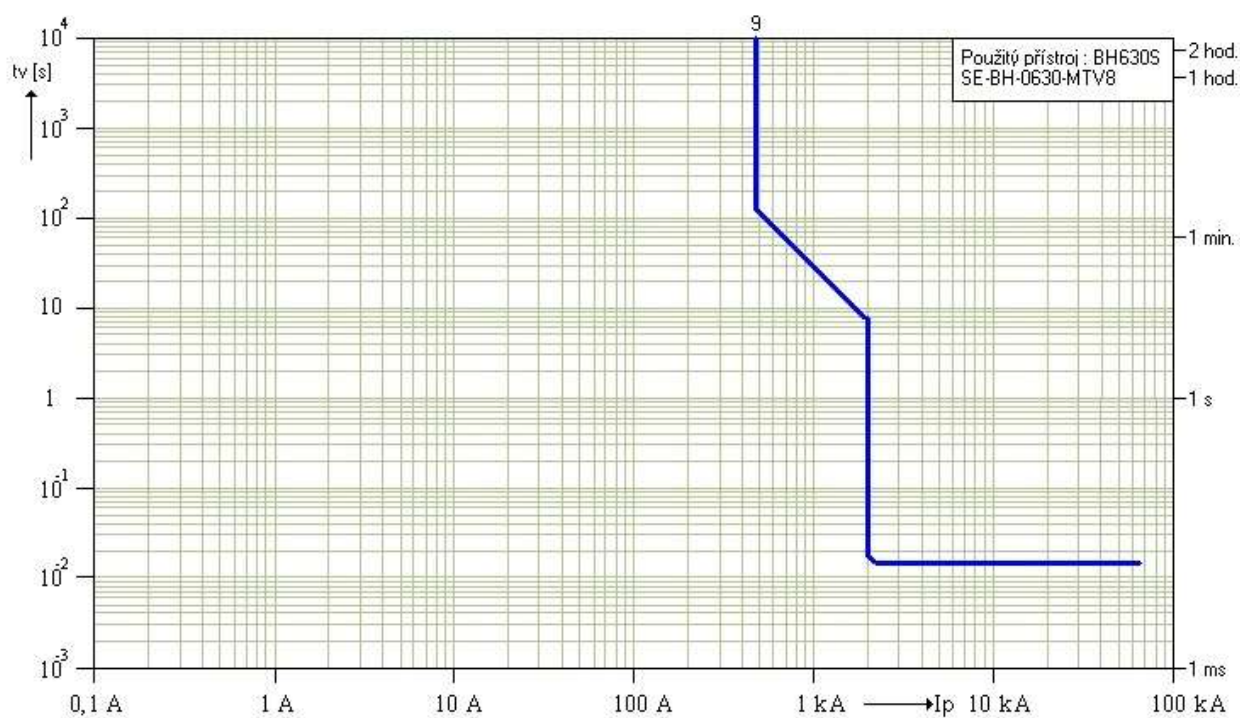
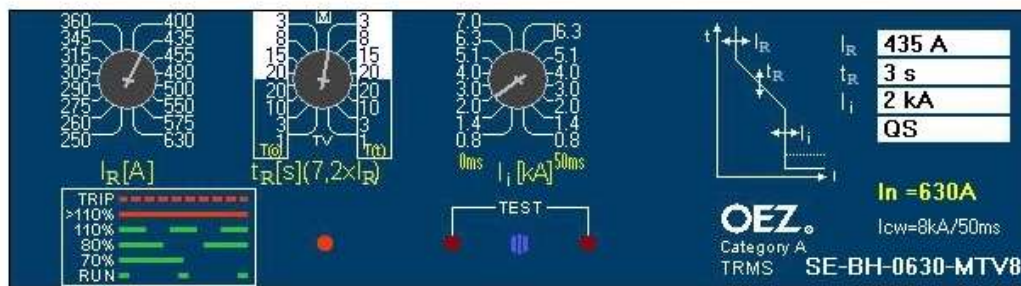
Poslední možností výpočtu parametrů je možnost exportu nastavení vybraných prvků, které jsou použity v projektu, jako jsou například spínací bloky Modeion. [12]



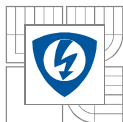
QS

BH630NE305 + SE-BH-0630-V001

$I_n = 630 \text{ A}$



Obrázek 16 Ukázka vyexportovaného nastavení jisticího prvku Modeion



6 DOPLNĚNÍ ROZVODNY A URČENÍ PŘÍVODNÍCH KABELŮ

Tato diplomová práce se zabývá kompletní realizační projektovou dokumentací pro elektrickou část vytlukačského zařízení. V rámci této dokumentace je také doplnění rozvodny v části 3 500V AC IT a dimenzování přívodního kabelu pro rozvaděč RTG (rozvaděč technologie). Rozvaděč RO18.1 (rozvaděč osvětlení) je nově napojen z téže rozvodny, ovšem z části, která je vyčleněná pro napěťovou hladinu 3/PEN 400V AC TN – C.

6.1 Základní parametry pro dimenzování přívodů

Pro správné určení přístrojů a jejich dimenzování je zapotřebí znát několik důležitých parametrů, bez kterých by vlastní návrh nebylo možné.

6.1.1 Parametry pro část 500V AC

Instalovaný příkon

$$P_i = 231,9 \text{ kW}$$

Součinitel náročnosti

$$\beta = 1$$

Výpočtové zatížení

$$P_p = 231,9 \text{ kW}$$

Délka kabelové trasy

Délka kabelové trasy byla určena měřením a připočteno 20% jako rezerva.

$$l = 150 \text{ m}$$

Počáteční rázový zkratový proud (efektivní hodnota)

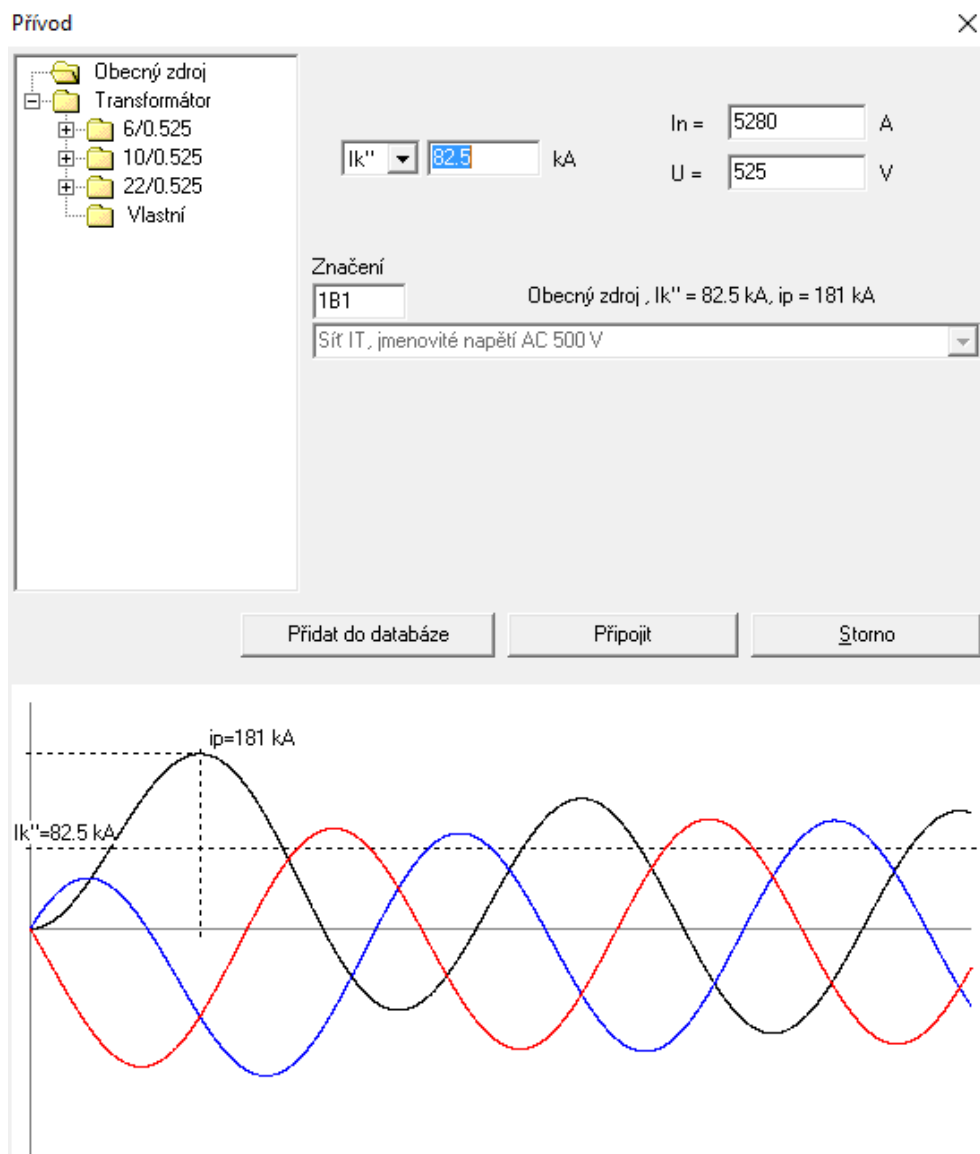
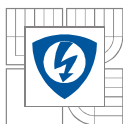
Hodnota počátečního rázového proudu byla spočtena podle parametrů napájecích transformátorů

$$I_k'' = 82,5 \text{ kA}$$

Nárazový zkratový proud (špičková hodnota)

Hodnota nárazového zkratového proudu byla spočtena programem SICHR po zadání potřebných parametrů zdroje

$$i_p = 181 \text{ kA}$$



Obrázek 17 Zadání hodnot zdroje do výpočtového programu SICHR pro část 500V AC

6.1.2 Parametry pro část 400V AC

Instalovaný příkon

$$P_i = 2,53 \text{ kW}$$

Součinitel náročnosti

$$\beta = 1$$

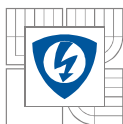
Výpočtové zatížení

$$P_p = 2,53 \text{ kW}$$

Délka kabelové trasy

Délka kabelové trasy byla určena měřením a připočteno 20% jako rezerva.

$$l = 150 \text{ m}$$



Počáteční rázový zkratový proud (efektivní hodnota)

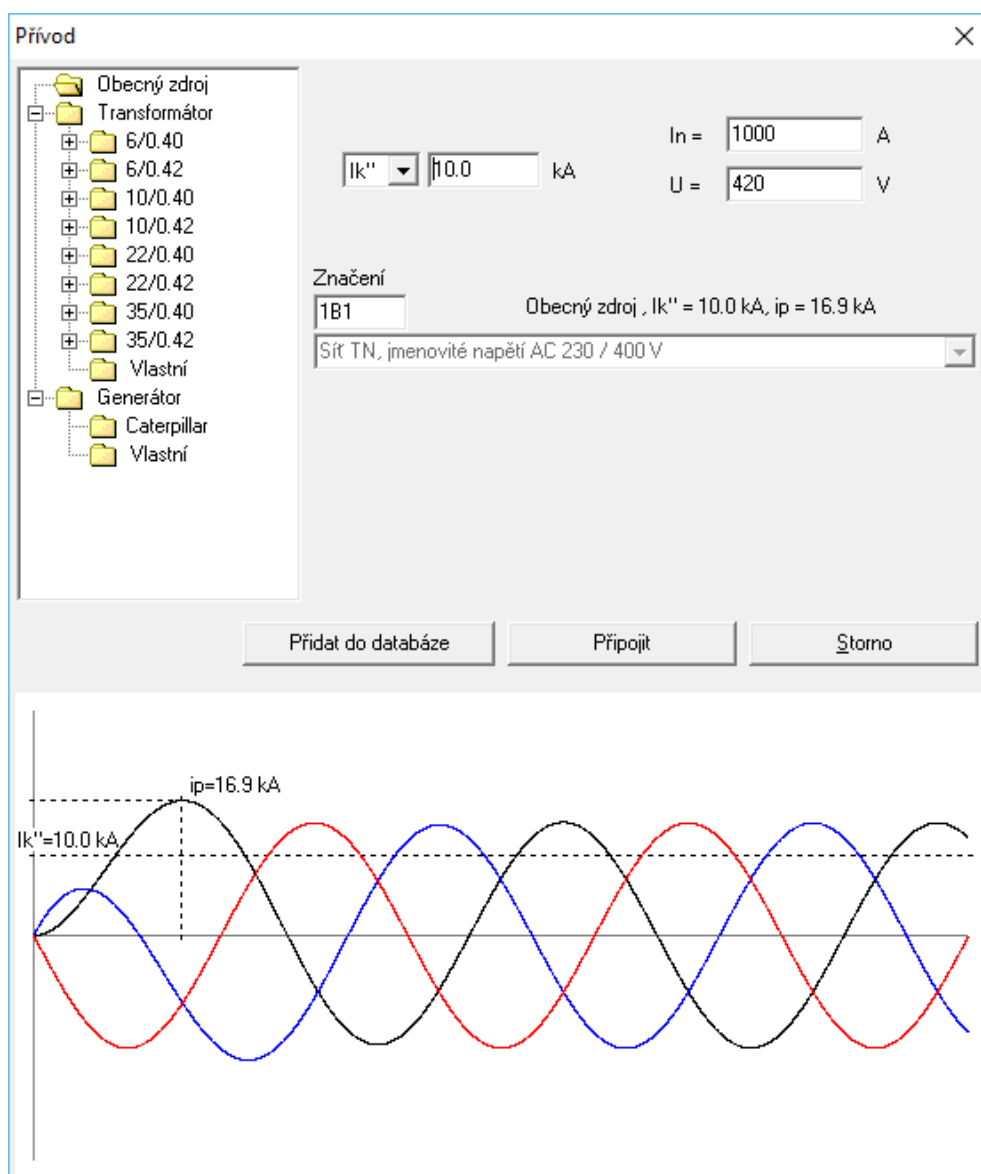
Hodnota počátečního rázového proudu byla spočtena podle parametrů napájecích transformátorů

$$I_k'' = 10 \text{ kA}$$

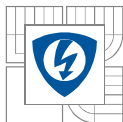
Nárazový zkratový proud (špičková hodnota)

Hodnota nárazového zkratového proudu byla spočtena programem SICHR po zadání potřebných parametrů zdroje

$$I_p = 16,9 \text{ kA}$$



Obrázek 18 Zadání hodnot zdroje do výpočtového programu SICHR pro část 400V AC



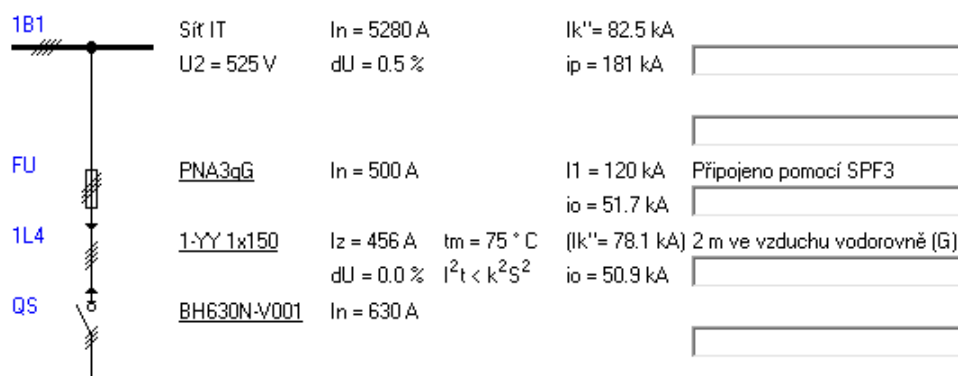
6.2 Návrh napájení rozvaděče RTG

6.2.1 Doplnění rozvodny o nový vývod

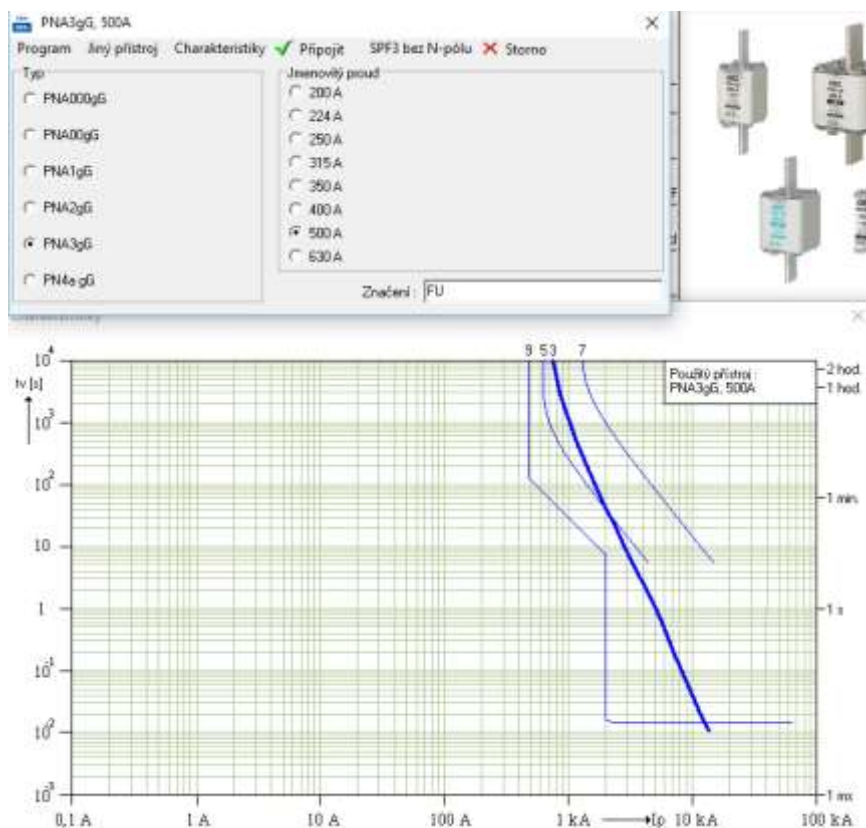
Při návrhu doplnění rozvodny muselo být uvažováno s velkým počátečním rázovým proudem, který je větší než 80 kA a napětové hladině 500V. Většina přístrojů má rázový napětový proud uváděný pro napětí 400V. Při vyšším napětí tato hodnota u každého přístroje velmi rychle klesá.

Požadavek budoucího správce zařízení byl doplnění rozvodny o jističový vývod, ne o pojistkový. Bohužel tento požadavek mohl být splněn pouze za předpokladu velkého navýšení finančního rozpočtu, proto byl nakonec zamítnut.

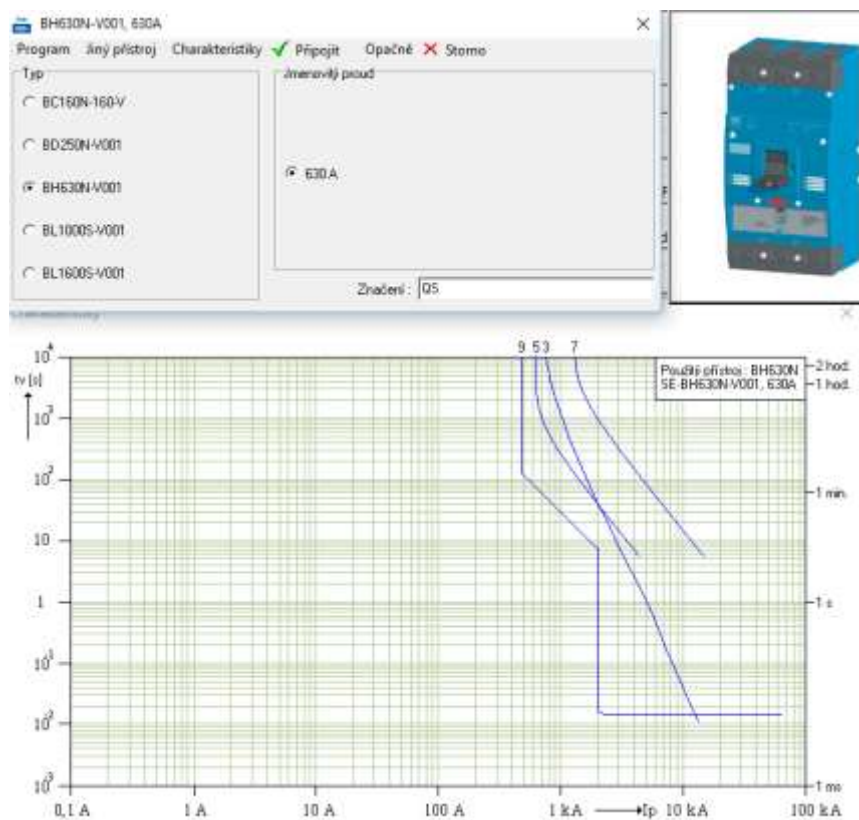
V konečném řešení je navrženo řešení pojistkového vývodu v podobě pojistkového spodku SPF3 a pojistkové vložky PNA3gG 500A. Tímto pojistkovým vývodem je osazen odpínač Modeion BH630 (do 100 do 630A) pro bezpečné odepnutí zařízení od zátěže. Propojení mezi jednotlivými prvky je řešeno třemi kabely 1 – YY 1x150. Každý fázový vodič je propojen samostatně.



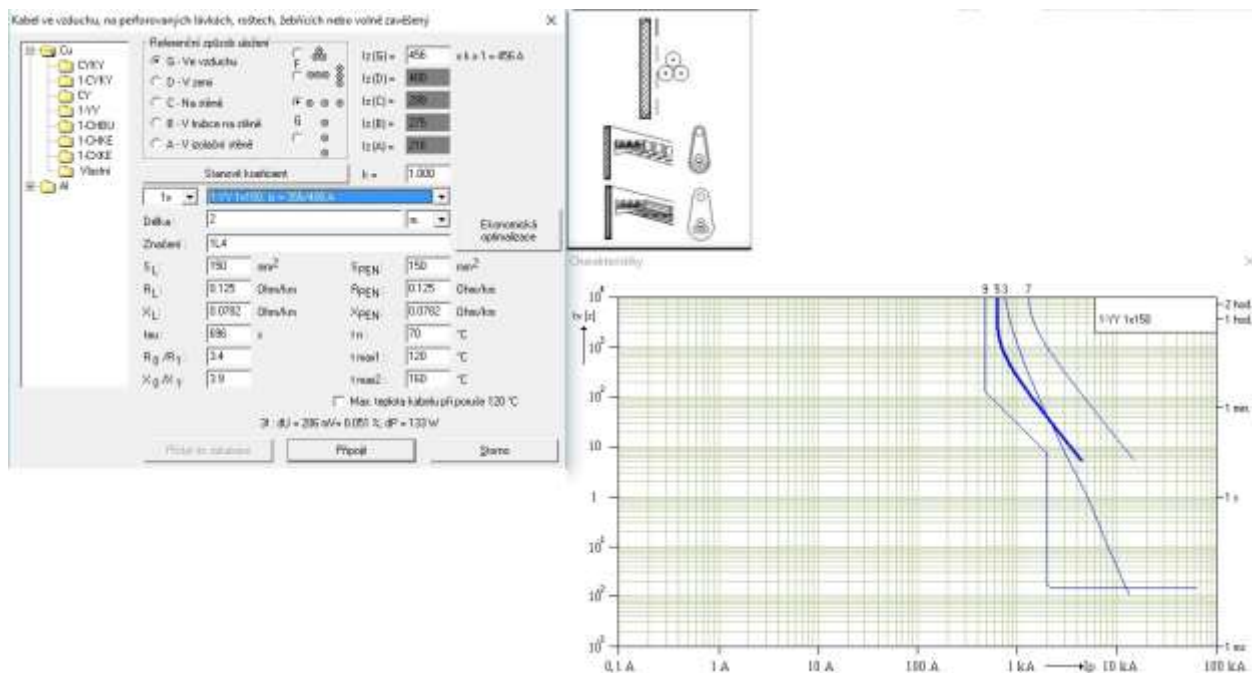
Obrázek 19 Doplnění rozvodny části 500V AC znázorněné v programu SICH



Obrázek 20 Výběr pojistkového vývodu v rozvodny části 500V AC v programu SICHR



Obrázek 21 Výběr odpínače v rozvodně v programu SICHR



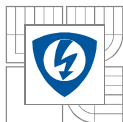
Obrázek 22 Výběr propojení zařízení v rozvodně v programu SICHR

Označení	Parametry	Výpočty	Selektivita
1B1	1B1		
	Síť IT	$I_k'' = 82.5 \text{ kA}$	
	$U_2 = 525 \text{ V}$	$i_p = 181 \text{ kA}$	
	$I_n = 5280 \text{ A}$	$dU = 0.5 \%$	
FU	FU		
	PNA3 500A gG	$i_o = 51.7 \text{ kA}$	
	$I_n = 500 \text{ A}$	$Z_s(0,1s) = 28 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 8.85 \text{ kA}$)	
	$I_l = 120 \text{ kA}$		
	Připojeno pomocí SPF3		
1L4	1L4		
	1-Y 1x150	$I_z = 456 \text{ A}$	
	2 m ve vzduchu vodorovně (G)	$t_m = 75^\circ \text{ C}$	
	Teplota okolí [st. C] : 30	$(I_k'' = 78.1 \text{ kA})$	
	Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lž	$dU = 0.0 \%$	
		$I_{2t} < k_{2S2}$	
		$i_o = 50.9 \text{ kA}$	
		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,1s)$ ($8.47 \text{ m}\Omega < 28.2 \text{ m}\Omega$)	
QS	QS		
	BH630NE305 + SE-BH-0630-V001		
	$I_n = 630 \text{ A}$		

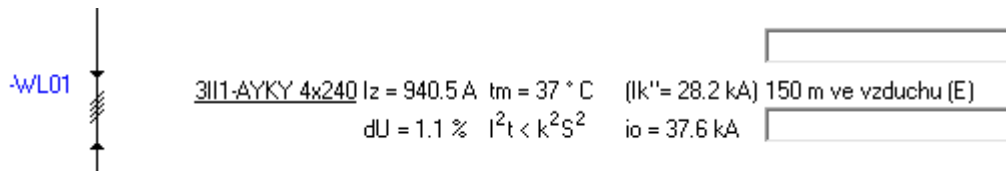
Tabulka 6 Vypočtené parametry pro doplnění rozvodny v části 500V AC programem SICHR

6.2.2 Návrh přívodního kabelu

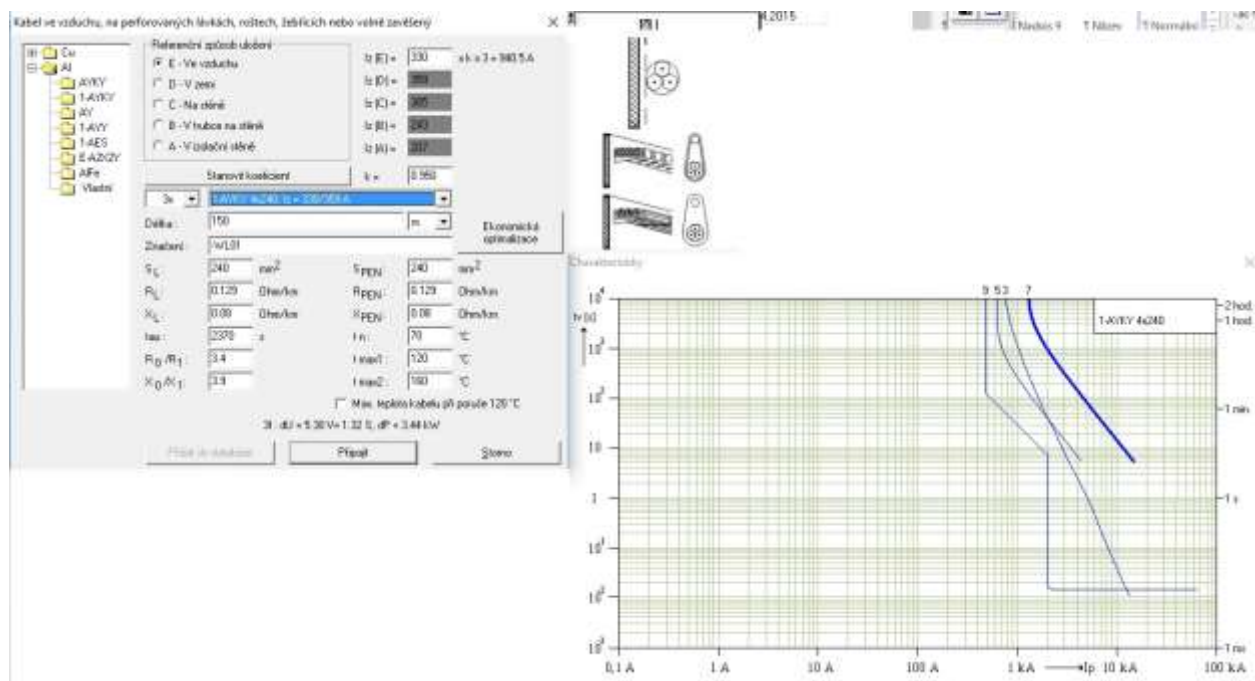
Přívodní kabel je navržen podle výpočtového zatížení a z něho vypočteného proudu, které v tomto případě má velikost 402A. Vzhledem k tomu, že zatížení kabelu je poměrně velké, je průřez navrženého přívodního kabelu velký. Při návrhu napájecího kabelu byl kladen důraz na ekonomickou stránku věci. Cenový rozdíl mezi měděným a hliněným kabelem je natolik výrazný, že pro napájení rozvaděče RTG jsou použity tři hliněné kabely typu 1 – AYKY 3x240. Při



uvažování měděných kabelů by bylo možné použít pouze dva kabely menšího průřezu. Ovšem i při této úvaze by byla pořizovací cena rozdílná řádově několik set tisíc korun.



Obrázek 23 Realizace nového přívodního kabelu pro rozvaděč RTG znázorněné v programu SICHR



Obrázek 24 Určení přívodního kabelu rozvaděče RTG v programu SICHR

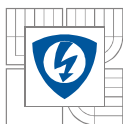
Označení	Parametry	Výpočty	Selektivita
-wL01	-wL01		
-wL01	3x111-AYKY 4x240	$I_z = 940.5 \text{ A}$	
	150 m ve vzduchu (E)	$t_m = 37^\circ \text{ C}$	
	Teplota okolí [st. C] : 30	$(I_k'' = 28.2 \text{ kA})$	
	Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách	$dU = 1.1 \%$	
	Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1	$I^2t < k^2S^2$	
	Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě	$i_o = 37.6 \text{ kA}$	
	Počet lávek, žebříků či roštů : 1	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,1s)$ ($23.5 \text{ m}\Omega < 28.2 \text{ m}\Omega$)	

Tabulka 7 Vypočtené parametry přívodního kabelu pro rozvaděč RTG programem SICHR

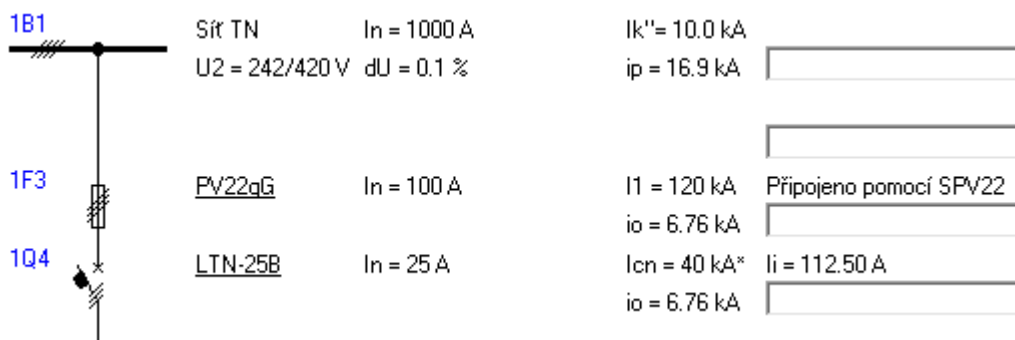
6.3 Návrh napájení rozvaděče RO18.1

6.3.1 Doplnění rozvodny o nový vývod

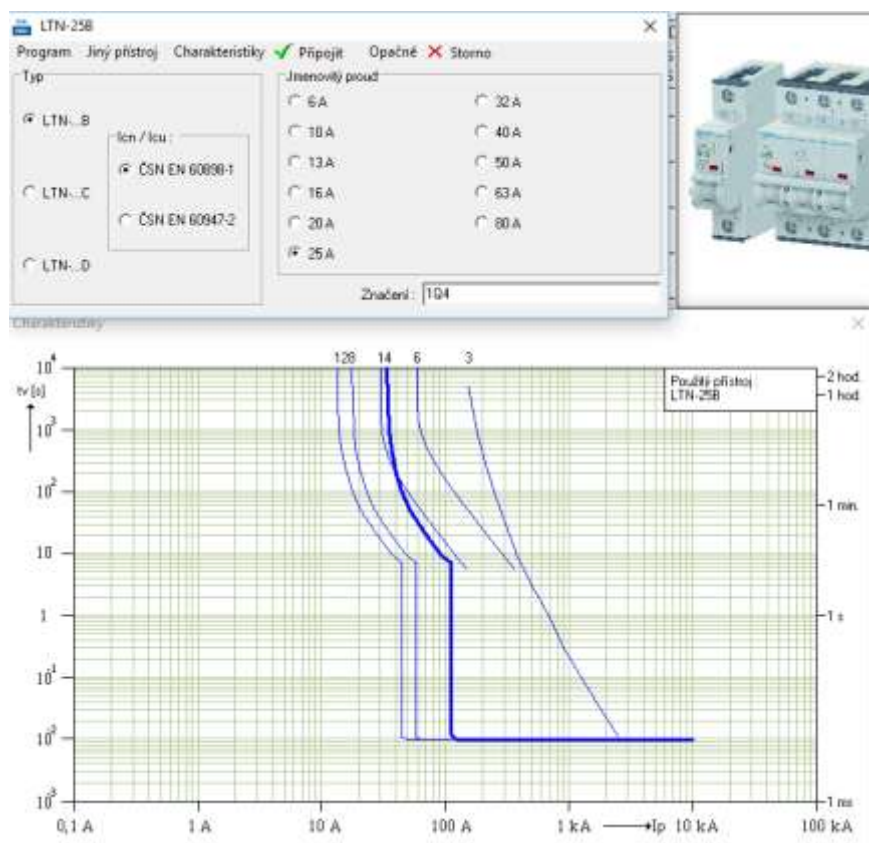
Oproti předchozímu návrhu je v tomto uvažováno napětí 400V AC. Vzhledem k tomu, že se jedná o soustavu „doplňkovou“, tak ani napájecí transformátory nemají takový výkon a je zde možné počítat s daleko menšími a většinou běžně používanými přístroji.



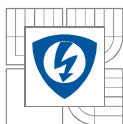
V konečném řešení je navrženo řešení stávajícího pojistkového vývodu s pojistkovými vložkami 100A gG. Za tímto stávajícím vývodem je osazen nový jistič od firmy OEZ Letohrad z řady Minia a to jistič LTN – 25B – 3.



Obrázek 25 Doplnění rozvodny části 400V AC znázorněné v programu SICHR



Obrázek 26 Výběr nového jističího prvku rozvodny v části 400V AC v programu SICHR

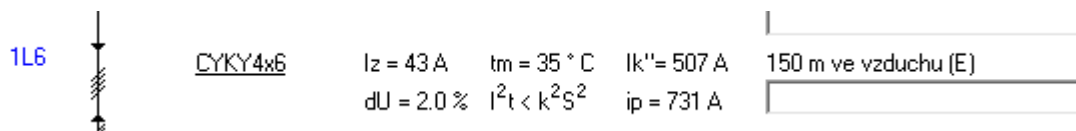


Označení	Parametry	Výpočty	Selektivita
1B1	1B1		
1B1	Sít TN	$I_k'' = 10.0 \text{ kA}$	
	$U_2 = 242/420 \text{ V}$	$i_p = 16.9 \text{ kA}$	
	$I_n = 1000 \text{ A}$	$dU = 0.1 \%$	
1F3	1F3		
1F3	PV22 100A gG	$i_o = 6.76 \text{ kA}$	
	$I_n = 100 \text{ A}$	$Z_s(0,4s) = 244 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 945 \text{ A}$)	
	$I_1 = 120 \text{ kA}$		
	Připojeno pomocí SPV22		
1Q4	1Q4		
1Q4	LTN-25B	$i_o = 6.76 \text{ kA}$	1F3-1Q4 selektivita ověřena do 7.0 kA
	$I_n = 25 \text{ A}$	$Z_s(0,4s) = 1.86 \text{ }\Omega$ ($I_a = 124 \text{ A}$)	
	$I_{cn} = 40 \text{ kA}^*$		
	$I_i = 112.50 \text{ A}$		

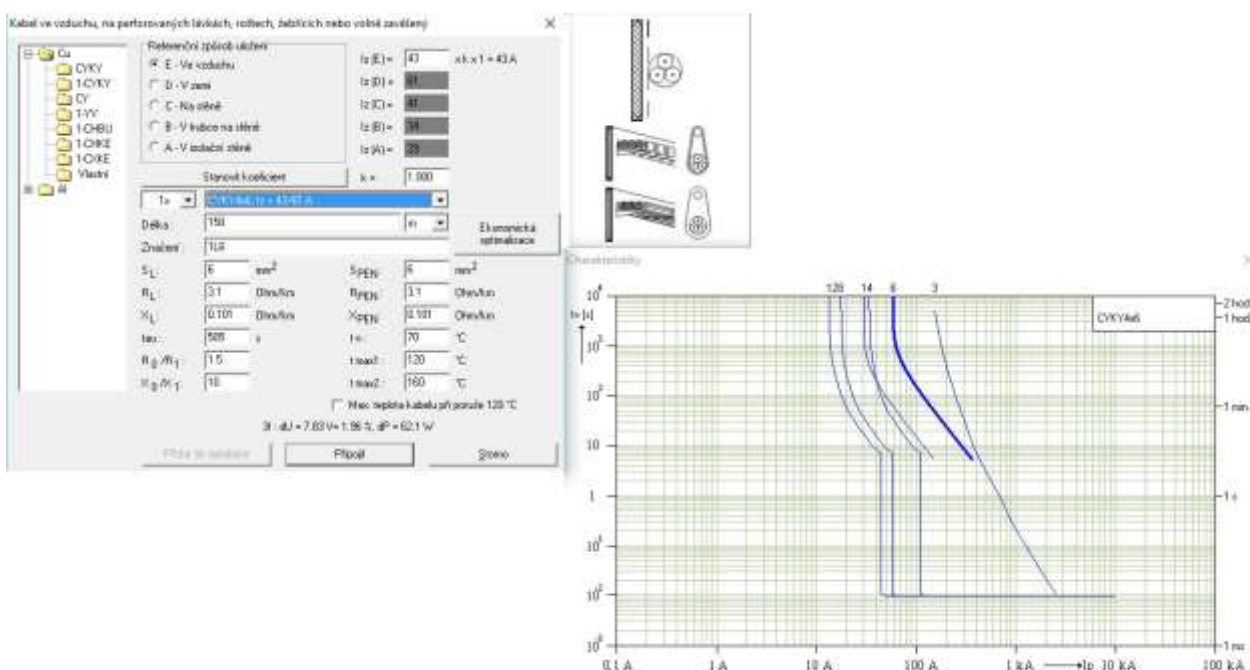
Tabulka 8 Vypočtené parametry pro doplnění rozvodny v části 400V AC programem SICHR

6.3.2 Návrh přívodního kabelu

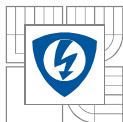
Přívodní kabel je navrhován podle výpočtového zatížení a z něho vypočteného proudu, které má v tomto případě velikost 2,37A/3,65/6,35A/(L1/L2/L3). Zatížení není souměrné, proto je potřeba počítat s proudem, který poteče nulovým vodičem jako vyrovnávací. K napájení rozvaděče RO18.1 bude použit měděný kabel CYKY 4x6.



Obrázek 27 Realizace nového přívodního kabelu pro rozvaděč RO18.1 znázorněné v programu SICHR



Obrázek 28 Určení přívodního kabelu pro rozvaděč RO18.1 v programu SICHR

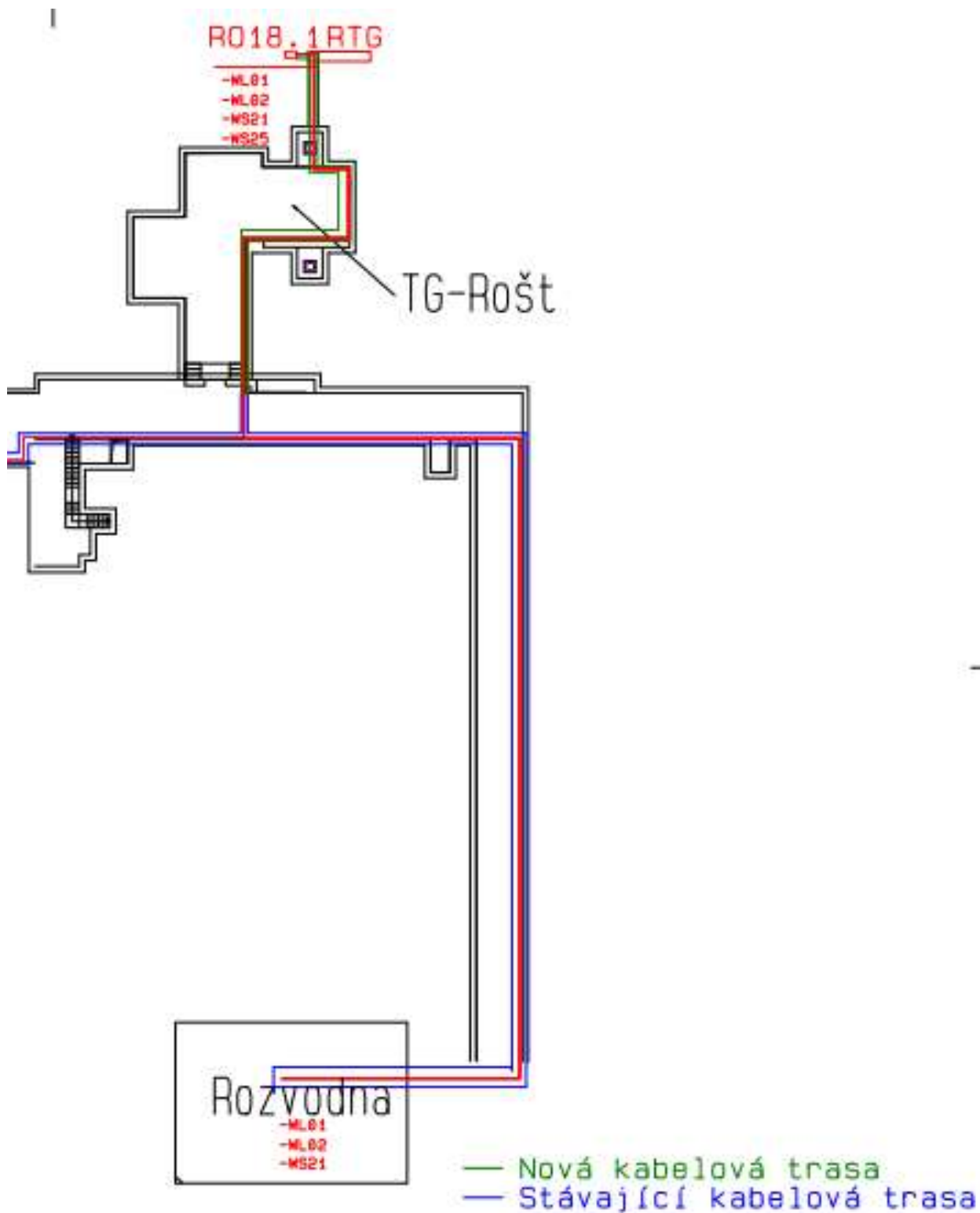


Dznačení	Parametry	Výpočty	Selektivita
	1L6		
1L6	CYKY4x6	$I_z = 43 \text{ A}$	
	150 m ve vzduchu (E)	$t_m = 35^\circ \text{ C}$	
	Teplota okolí [st. C] : 30	$I_k'' = 507 \text{ A}$	
	Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lž dU = 2.0 %		
	Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 12t < k2S2		
	Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě	$i_p = 731 \text{ A}$	
	Počet lávek, žebříků či roštů : 1	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (1.07 Ohm < 1.86 Ohm)	

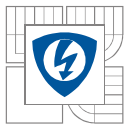
Tabulka 9 Vypočtené parametry přívodního kabelu rozvaděče RO18.1 programem SICHR

6.4 Kabelová trasa pro napájecí kabely z rozvodny

Kabelová trasa mezi rozvodnou a novými rozvaděči RTG a RO18.1 vede po stávajících kabelových žebřících. V nově budovaných prostorách je realizována nová kabelová trasa v podobě nových kabelových žebříků, žlabů nebo roštů.



Obrázek 29 Návrh kabelové trasy mezi rozvodnou a novými rozvaděči



7 NÁVRH SILOVÝCH VÝVODŮ JEDNOTLIVÝM ZAŘÍZENÍM VČETNĚ NAVRŽENÍ KABELŮ A KABELOVÝCH TRAS

7.1 Silové vývody a návrh jednotlivých kabelů z rozvaděče RTG

Každý silový vývod začíná vždy pojistkovým odpínačem. Tento pojistkový odpínač plní funkci snížení počátečního rázového zkratového proudu, čímž tvoří ochranu jednotlivých zařízení nacházejících se vždy za tímto pojistkovým odpínačem a nemají tak velkou zkratovou odolnost. Vývody, které nejsou ovládány a neslouží pouze jako napájení podružných zařízení, jsou jištěny pouze pojistkami.

Všechny silové přístroje (kromě oddělovacího transformátoru) jsou použity od firmy OEZ Letohrad. Celý návrh je proveden ve výpočtovém programu SICHR.

Nejprve bylo nutné do jednotlivých větví programu SICHR určit velikosti připojovaných zátěží a následně zvolit jednotlivé silové prvky.

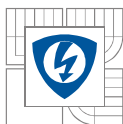
Následně byly určeny kabely, kterými jsou jednotlivá zařízení propojena. Kabely jsou měděné typu CYKY. Pro napojení vibračních dopravníků je zapotřebí přidat přepojovací krabičku a motor vibračního dopravníku připojit laněnými kabely. Z důvodu vibrací by pevný kabel CYKY špatně držel ve svorkovnici motoru, došlo by k jeho uvolnění a následnému zvětšení odporu mezi vodičem kabelu a svorkovnicí motoru, čímž by mohlo dojít k poškození zařízení.

Všechny vypočtené parametry programem SICHR jsou jako příloha této diplomové práce.

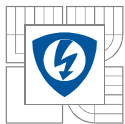
Značení jednotlivých zařízení

- M - Motor
- EH - Tepelné zařízení pro ohřev
- RTF - Rozvaděč filtrační jednotky
- T - Transformátor
- FU - Pojistkový odpínač + pojistková vložka
- QF - Motorový spouštěč
- QA - Stykač
- WL - Silový kabel

Každé číselné označení odpovídá číselnému označení připojovaného zařízení. To znamená, že pokud je motor označen jako M2, potom pojistkový odpínač je označen jako FU2, motorový spouštěč QF2, stykač QA2 a kabel WL2.

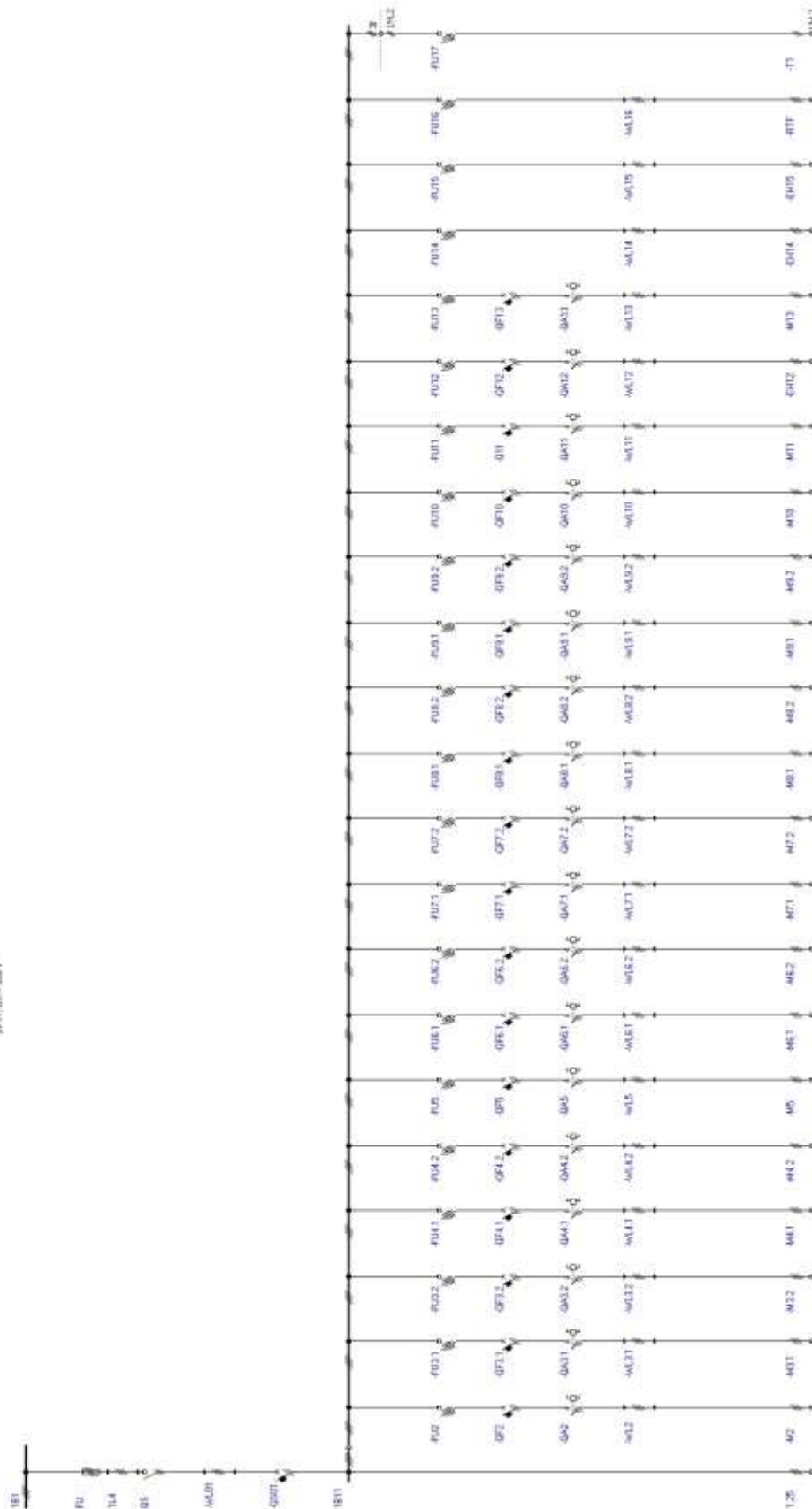


Zařízení	Označení	Pojistkový odpojovač	Pojistková vložka	Motorový Spouštěč	Stykač	Kabel	Přepojovací skříňka	Kabel
Vzduchová clona	M2	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-2,5	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	-	-
Vytloukací rošt	M3. 1	OPV14-3	PV14 63A gG	SM503-40	ST503-40-A230	CYKY-J 4x6	MX3. 1	YY-JZ 4x6
	M3. 2	OPV14-3	PV14 63A gG	SM503-40	ST503-40-A230	CYKY-J 4x6	MX3. 2	YY-JZ 4x6
Vibrační dopravník I	M4.1	OPV14-3	PV14 50A gG	SM123-10	ST123-12-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX4. 1	YY-JZ 4x2,5
	M4. 2	OPV14-3	PV14 50A gG	SM123-10	ST123-12-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX 4.2	YY-JZ 4x2,5
Magnetický separátor	M5	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-4	ST123-9-A230-10	CYKY-J 4x2,5	-	-
Vibrační dopravník II	M6. 1	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-6,3	ST123-9-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX6. 1	YY-JZ 4x2,5
	M6. 2	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-6,3	ST123-9-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX6. 2	YY-JZ 4x2,5
Vibrační dopravník trubka I	M7. 1	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX7. 1	YY-JZ 4x2,5
	M7. 2	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX7. 2	YY-JZ 4x2,5
Vibrační dopravník trubka II	M8. 1	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX8. 2	YY-JZ 4x2,5
	M8. 2	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX8. 2	YY-JZ 4x2,5
Vibrační dopravník trubka III	M9. 1	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX9. 2	YY-JZ 4x2,5
	M9. 2	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-1,6	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	MX9. 2	YY-JZ 4x2,5
Ventilátor chladicí věže	M10	OPV14-3	PV14 63A gG	SM503-32	ST503-40-A230	CYKY-J 4x4	-	-
Vodní pupa chladicí věže	M11	OPVA22-3	PV22 125A gG	SM-1003-90	3RA1444-8XC21-1AL2	CYKY-J 4x35	-	-
						CYKY-J 4x35		
Ohřev vody chladicí věže	EH12	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-4	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	-	-
Korečkový elevátor	M13	OPV14-3	PV14 32A gG	SM123-4	ST123-7-A230-10	CYKY-J 4x2,5	-	-



Adsorbční sušič tlak. vzduchu	EH14	OPV14-3	PV14 6A gG	-	-	-	-	-
Otápění rozvodu vody pro chladničku písku	EH15	OPV14-3	PV14 6A gG	-	-	-	-	-
Filtrační jednotka	RTF	FH2-3A/F	PHNA2 160A gG	-	-	-	-	-
Transformá tor 500/230V	T1	OPV10-2	PV10 4A gG	-	-	-	-	-

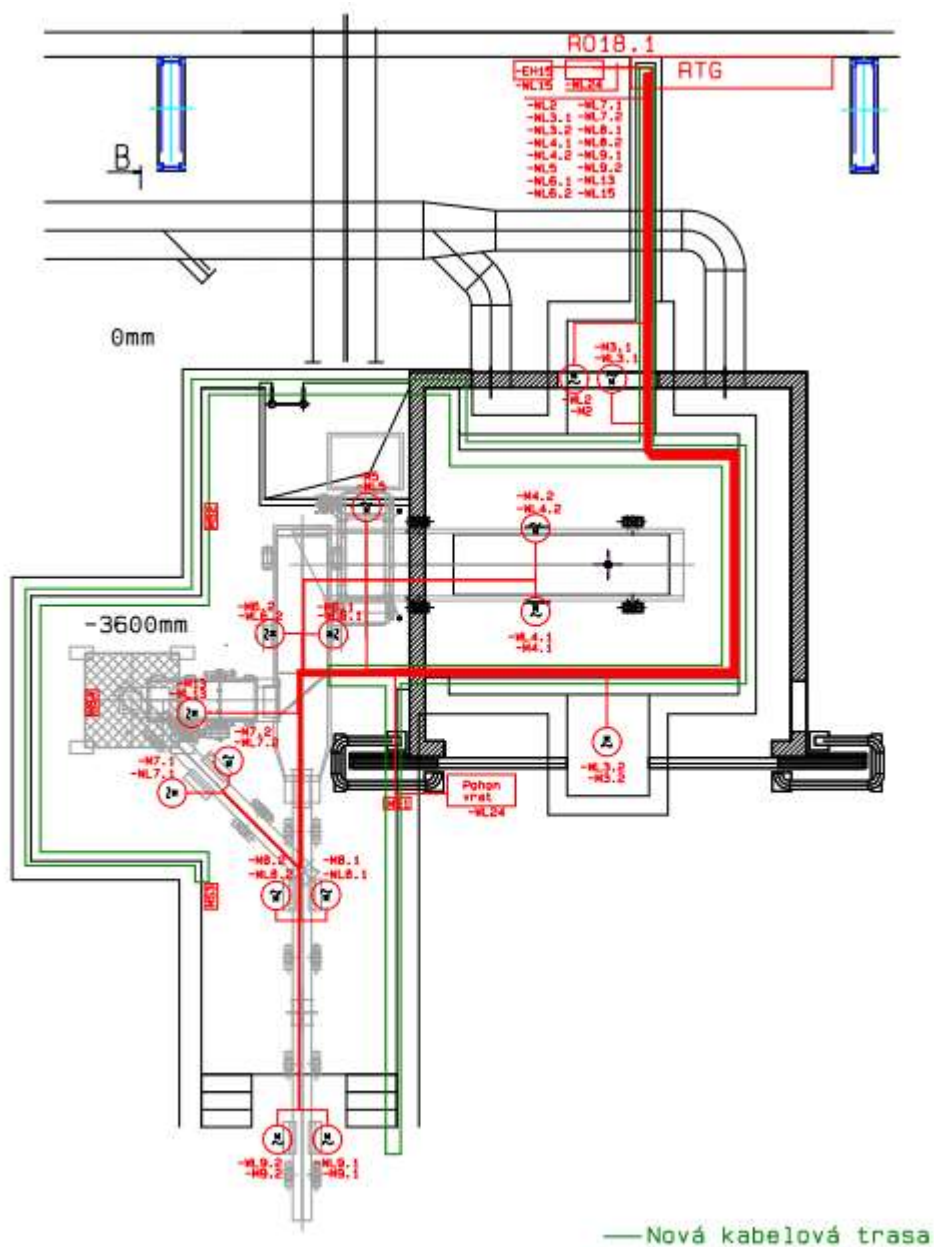
Tabulka 10 Navržené přístroje jednotlivých silových vývodů



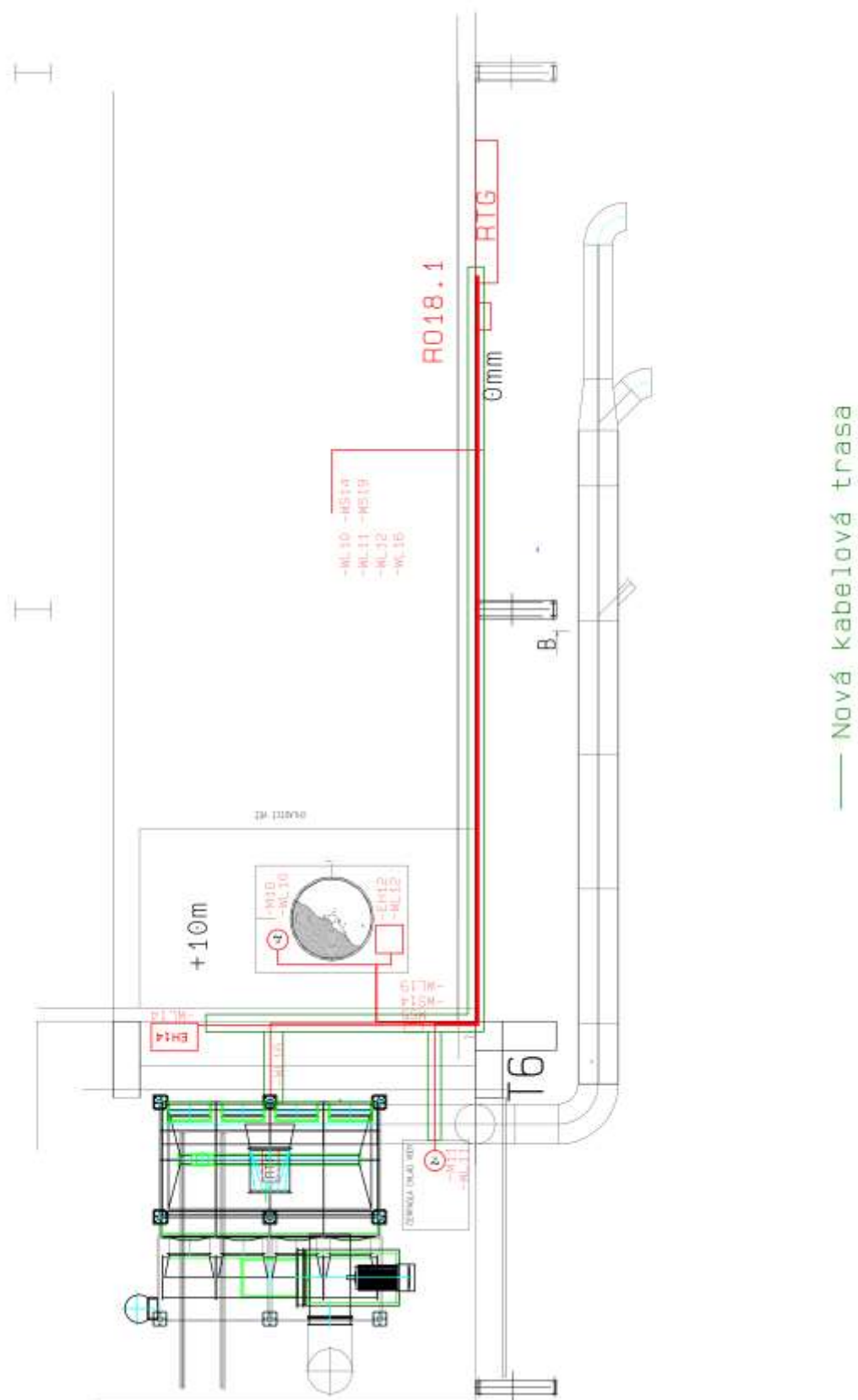
Obrázek 30 Celkové schéma silových obvodů navrhovaného zařízení v programu SICHR

7.2 Návrh kabelových tras k jednotlivým zařízením

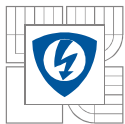
Kabelová trasa je částečně navržena společně s hlavním napájecím kabelem a dále pokračuje jako nová kabelová trasa na nově budovaném zařízení.



Obrázek 31 Návrh kabelové trasy silových zařízení



Obrázek 32 Kabelová trasa k filtrační jednotce a chladicí věži



8 NÁVRH ŘÍDICÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ VČETNĚ OVLÁDACÍCH A SIGNALIZAČNÍCH KABELŮ A KABELOVÝCH TRAS VČETNĚ VYTVOŘENÍ VÝROBNÍ DOKUMENTACE

8.1 Návrh řídicí části zařízení včetně ovládacích a signalizačních kabelů

Ovládací napětí bude realizována pomocí dvou napěťových soustav, a to:

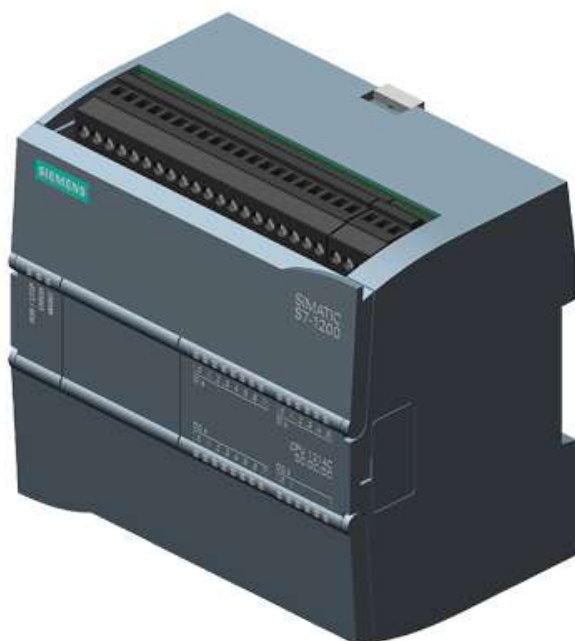
- 1/PE/N 230V AC 50 Hz TN – S
- 2 24V DC FELV

Obě tyto soustavy jsou řešeny pomocí oddělovacího transformátoru, resp. DC napájecím zdrojem s oddělovacím transformátorem.

Řídicí část zařízení je řešena jako automatická s možností přepnutí do ručního režimu pro potřebné servisní účely. Automatická část je řešena pomocí řídicího systému Siemens SIMATIC S7 – 1200. Ruční ovládání je řešeno z ovládacích krabiček, které jsou umístěné v určených částech zařízení podle možnosti přístupu a ovládání. Ruční ovládací systém je realizován mimo řídicí systém Siemens Simatic S7 – 1200 a je řešen pomocí reléové techniky.

8.1.1 Siemens Simatic S7 – 1200

Pro automatické řízení je použit programovatelný automat (PLC – Programmable Logic Controller) Siemens Simatic S7 – 1200. Tento řídicí systém je tvořen víceúčelovou řídicí jednotkou vhodnou k efektivní automatizaci dopravních systémů a menších strojů. Řídicí systém Siemens Simatic S7 – 1200 je k dostání ve třech různých variantách centrální procesorové jednotky, a to CPU 1211C, 1212C a 1214C. Pro potřeby tohoto projektu je navržen řídicí systém 1214C. [22]



Obrázek 33 Řídicí jednotka PLC Siemens Simatic S7 – 1200 1214C převzato z [23]

Typ	CPU 1214C
Rozměry	110 x 100 x 75
Paměť	
- pracovní	100 Kb
- stálá	4 Mb
- remanentní	10Kb
Vstupy/Výstupy	
- digitální	14 vstupů/10 výstupů
- analogové	2 vstupy
Rozšíření	
- signálové moduly	Je možné přidat maximálně 8 signálových modulů
- signálové desky	Je možné přidat maximálně 1 signálovou desku
- komunikační moduly	Je možné přidat maximálně 3 komunikační moduly
Vysokorychlostní čítače	
- vstup Ia.0 – Ia.5	100 nebo 80 kHz
- vstup Ia.6 – Ib. 5	30 nebo 20 kHz

Impulzní výstupy	
- výstup Qa.0 – Qa.3	100 nebo 80 kHz
- výstup Qa.4 – Qb.1	30 nebo 20 kHz
Paměťová karta	Paměťová karta SIMATIC
Reálný platný čas	20 dnů
Profinet	1 port
Rychlost vykonání instrukcí	
- matematické	2,3 μ s/instrukci
- booleovské	0,08 μ s/instrukci

Tabulka 11 Přehled základních parametrů CPU 1214C [24]

Pro možnost rozšíření signálových vstupů, resp. výstupů, je na pravé straně připojovací mechanismus, který obsahuje také sběrnici RS485, pomocí které jednotlivé moduly předávají informace centrální jednotce. Levá strana je určena pro připojení komunikačních modulů. Stejným principem jako signalizační. [22]

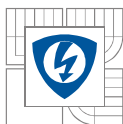


Obrázek 34 Rozšiřující moduly Siemens Simatic S7 – 1200 převzato z [23]

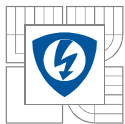
8.1.2 Ovládací a signalizační kabely včetně kabelových tras

8.1.2.1 Návrh jednotlivých kabelů

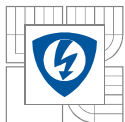
Jednotlivé kabely jsou navrženy podle velikosti přenášených informací a umístění jednotlivých zařízení.



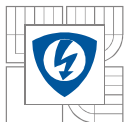
Připojené zařízení	Označení zařízení	Umístění zařízení	Kabel	Název Kabelu	Žíla kabelu	Název informace
Elektro ventil	-EV1	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS1	-	Ovládání ventilu chladničky písku
Elektro ventil	-EV2	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS2	-	Ovládání ventilu chladničky písku
Senzor	-S1	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS4	-	Senzor zaplnění chladničky písku
Senzor	-S2	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS5	-	Senzor zaplnění chladničky písku
Senzor	-S3	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS6	-	Senzor zaplnění chladničky písku
Senzor	-DM1	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS7	-	Senzor otevřených dveří chladničky písku
Senzor	-DM2	Chladnička písku	H05VV-F 3 G 0,75	-WS8	-	Senzor uzavřených dveří chladničky písku
Senzor	-S4	Korečkový elevátor	H05VV-F 3 G 0,75	-WS9	-	Kontrola otáček korečkového elevátoru
Havarijní vypínač	-SB1	Ovládací skříňka MS1	JYTY - O 7x1	-WS10	1, 4	Signalizace sepnutí havarijního tlačítka
					2, 5	Rozpínací kontakt 1



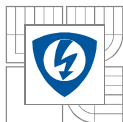
						havarijního tlačítka
					3, 6	Rozpínací kontakt 2 havarijního tlačítka
Havarijní vypínač	-SB1	Ovládací skříňka MS2	JYTY - O 7x1	-WS11	1, 4	Signalizace sepnutí havarijního tlačítka
					2, 5	Rozpínací kontakt 1 havarijního tlačítka
					3, 6	Rozpínací kontakt 2 havarijního tlačítka
Havarijní vypínač	-SB1	Ovládací skříňka MS3	JYTY - O 7x1	-WS12	1, 4	Signalizace sepnutí havarijního tlačítka
					2, 5	Rozpínací kontakt 1 havarijního tlačítka
					3, 6	Rozpínací kontakt 2 havarijního tlačítka
Havarijní vypínač	-SB1	Ovládací skříňka MS4	JYTY - O 7x1	-WS13	1, 4	Signalizace sepnutí havarijního tlačítka
					2, 5	Rozpínací kontakt 1 havarijního tlačítka
					3, 6	Rozpínací kontakt 2 havarijního tlačítka



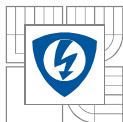
Havarijní vypínač	-SB1	Ovládací skříňka MS5	JYTY - O 7x1	-WS14	1, 4	Signalizace sepnutí havarijního tlačítka
					2, 5	Rozpínací kontakt 1 havarijního tlačítka
					3, 6	Rozpínací kontakt 2 havarijního tlačítka
Tlačítko	-S1	Ovládací skříňka MS1	JYTY - O 14x1	-WS15	1	Automatické ovládání zapnout rošt
Tlačítko	-S2				2	Automatické ovládání vypnout rošt
Tlačítko	-S3				3	Automatické ovládání zapnout dopravu
Tlačítko	-S4				4	Automatické ovládání vypnout dopravu
-	-				5	Ovládací napětí
Tlačítko	-S5				6	Zapnout vytloukáci rošt
Tlačítko	-S6				7	Vypnout vytloukáci rošt
Tlačítko	-S7				8	Zapnout vzduchovou clonu
Tlačítko	-S8				9	Vypnout vzduchovou clonu
Tlačítko	-S9				10	Zapnout korečkový elevátor



Tlačítko	-S10				11	Vypnout korečkový elevátor
-	-	Ovládací skříňka MS2	JYTY - O 7x1	-WS16	1	Ovládací napětí
Tlačítko	-S1				2	Zapnout vibrační dopravník I
Tlačítko	-S2				3	Vypnout vibrační dopravník I
Tlačítko	-S3				4	Zapnout magnetický separátor
Tlačítko	-S4				5	Vypnout magnetický separátor
Tlačítko	-S5				6	Zapnout vibrační dopravník II
Tlačítko	-S6				7	Vypnout vibrační dopravník II
-	-	Ovládací skříňka MS3	JYTY - O 7x1	-WS17	1	Ovládací napětí
Tlačítko	-S7				2	Zapnout vibrační dopravník trubka I
Tlačítko	-S8				3	Vypnout vibrační dopravník trubka I
Tlačítko	-S9				4	Zapnout vibrační dopravník trubka II
Tlačítko	-S10				5	Vypnout vibrační dopravník trubka II
Tlačítko	-S11				6	Zapnout vibrační



						dopravník trubka III
Tlačítko	-S12				7	Vypnout vibrační dopravník trubka III
-	-				1	Ovládací napětí
Tlačítko	-S1				2	Zapnout ventil pro otevření dveří chladničky písku
Tlačítko	-S2	Ovládací skříňka MS4	JYTY - O 7x1	-WS18	3	Zapnout ventil pro uzavření dveří chladničky písku
Tlačítko	-S3				4	Zapnout ventil výpusti chladničky písku
Tlačítko	-S4				5	Vypnout výpusti chladničky písku
-	-				1	Ovládací napětí
Tlačítko	-S1				2	Zapnout ventilátor chladící věže
Tlačítko	-S2	Ovládací skříňka MS5	JYTY - O 7x1	-WS19	3	Vypnout ventilátor chladící věže
Tlačítko	-S3				4	Zapnout vodní pumpu chladící věže
Tlačítko	-S4				5	Vypnout vodní pumpu chladící věže
Tlačítko	-S5				6	Zapnout otápění rozvodu vody

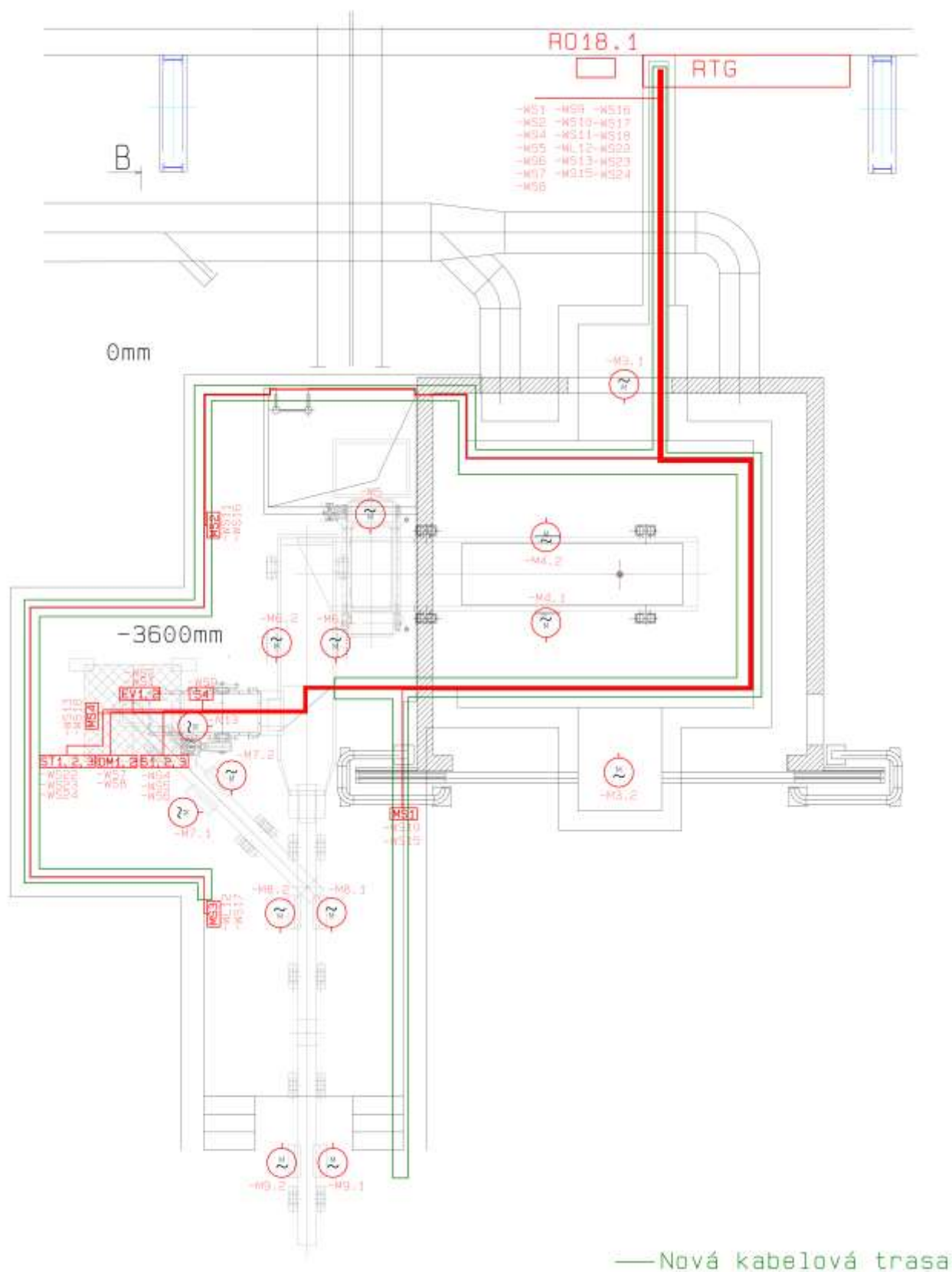


						pro chladničku písku
Tlačítko	-S6				7	Vypnout otápění rozvodu vody pro chladničku písku
Svorkovnice	-XS	RTF	JYTY – O 7x1	-WS20	1, 2	Signalizace chodu filtru
					3, 4	Porucha filtru
Kontakt stykače	-KS57	Stykovna	JYTY – O 4x1	-WS21	-	Chod pásu S57
Měření teploty	-ST1	Chladnička písku	JYTY – O 4x1	-WS22	-	Měření teploty písku
Měření teploty	-ST2	Chladnička písku	JYTY – O 4x1	-WS23	-	Měření teploty písku
Měření teploty	-ST3	Chladnička písku	JYTY – O 4x1	-WS24	-	Měření teploty písku
-	-	Velín	JYTY – O 7x1	-WS25	1	Ovládací napětí
Signalizace	-P1				2	Chod filtru
Signalizace	-P2				3	Porucha filtru
Signalizace	-P3				4	Automatický chod
PLC	-D1	Ovládací panel	FTP cat. 5e	-WS26	-	-

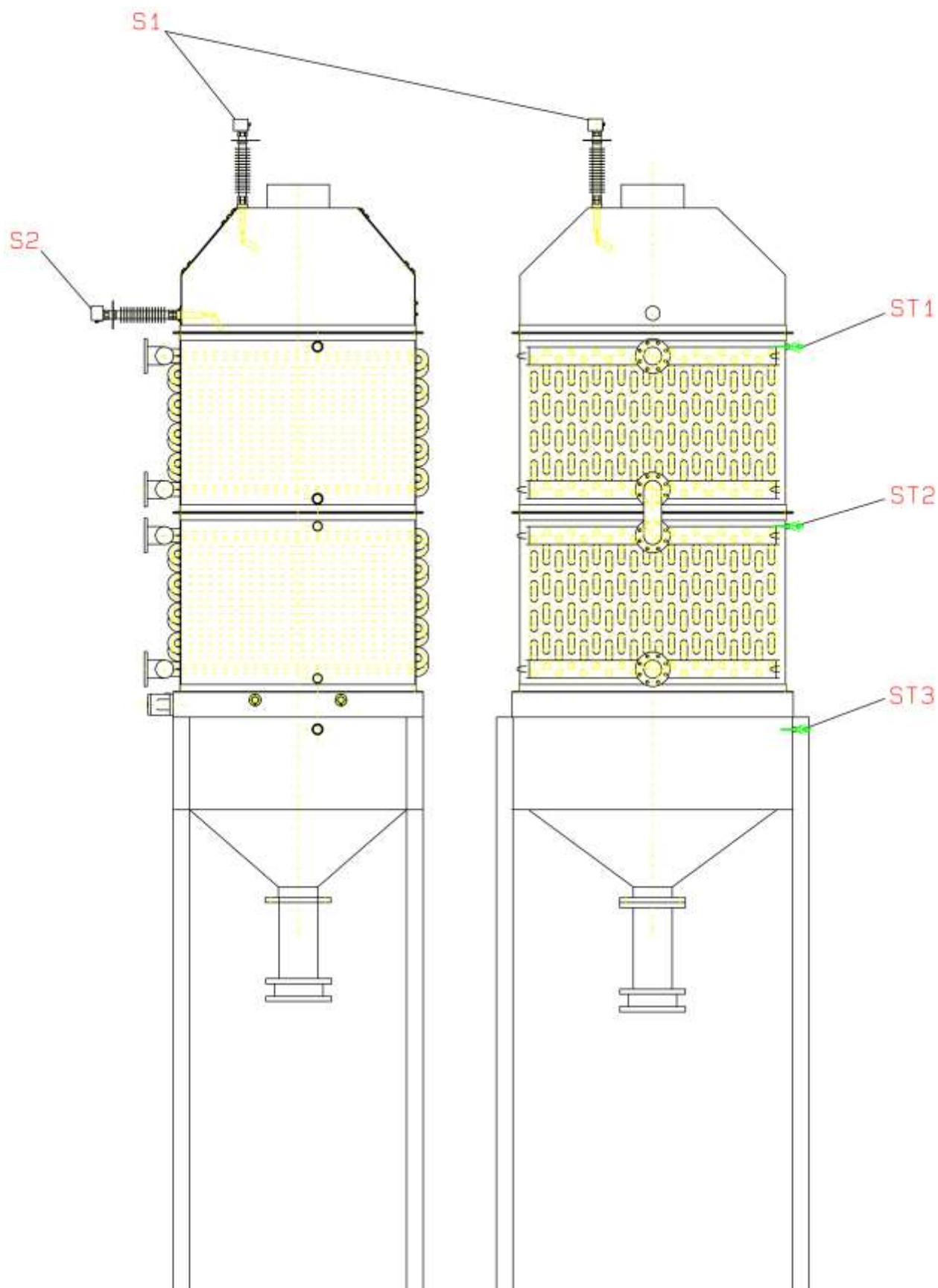
Tabulka 12 Seznam ovládacích kabelů a připojených zařízení

8.1.2.2 Kabelové trasy

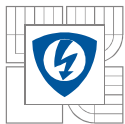
Pro kabelové trasy ovládacích kabelů jsou využity stejné trasy, které jsou navrženy pro silové obvody. Pro signalizaci informací do velínu je využita stávající kabelová trasa.



Obrázek 35 Kabelové trasy ovládacích kabelů a umístění ovládacích zařízení



Obrázek 36 Umístění senzorů na chladniče písku



8.2 Výrobní dokumentace nového zařízení

Po navržení nezbytných jednotlivých částí nového zařízení je předmětem této diplomové práce vypracování výrobní dokumentace. V této části práce je čerpáno zejména z již navržených věcí v předchozích kapitolách 6, 7 a v kapitole 8. Tato výrobní dokumentace je tvořena výhradně dle ČSN a zákonů ČR. Pro návrh výrobní dokumentace je použit software PC Schematic, jež slouží pro projektování elektrických zařízení. Vzhledem k velikosti řešeného projektu této diplomové práce je výkresová dokumentace navrhovaných zařízení samostatnou přílohou této diplomové práce.

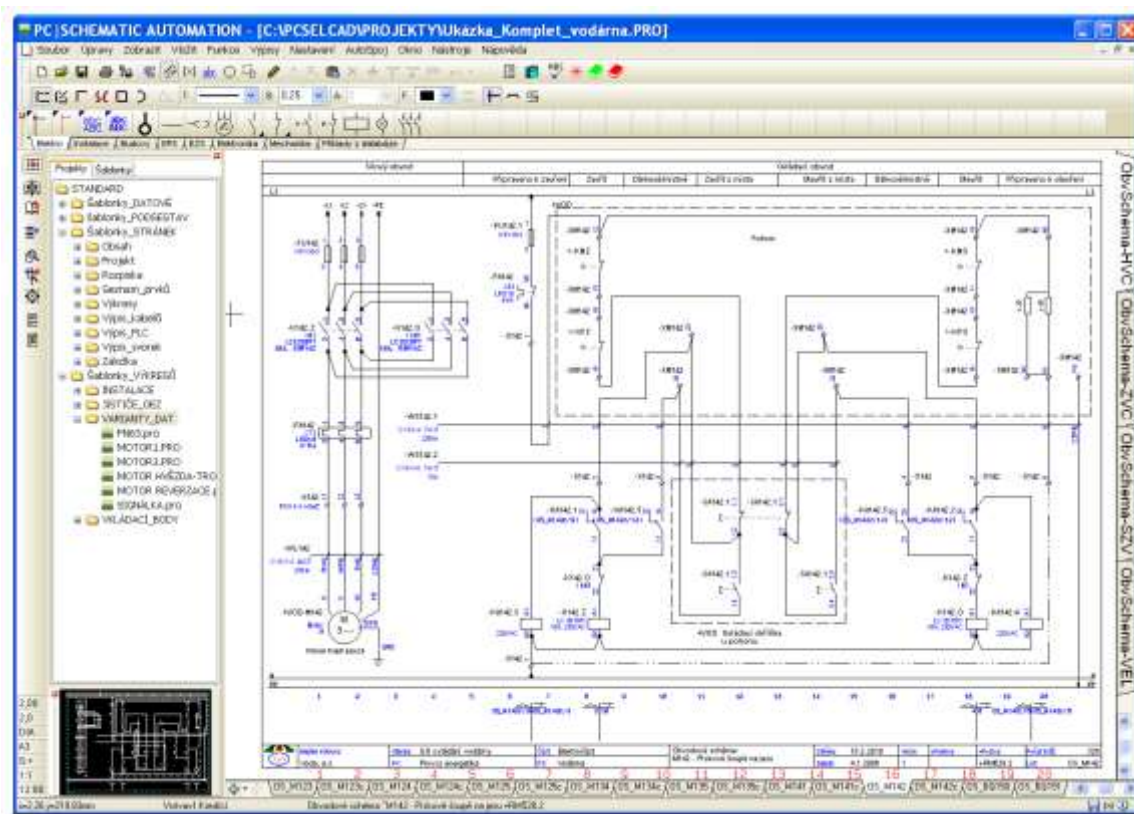
8.2.1 PC Schematic

PC Schematic je program pro zpracování elektro dokumentace různého druhu od je produkt Dánské firmy PC Schematic. Jedná se o zcela samostatný program, který nevyžaduje pro svou práci žádný jiný podpůrný software, ale dokáže spolupracovat s jinými programy, jako například AutoCAD, Microsoft Word, Exel a mnoho dalších. [25]

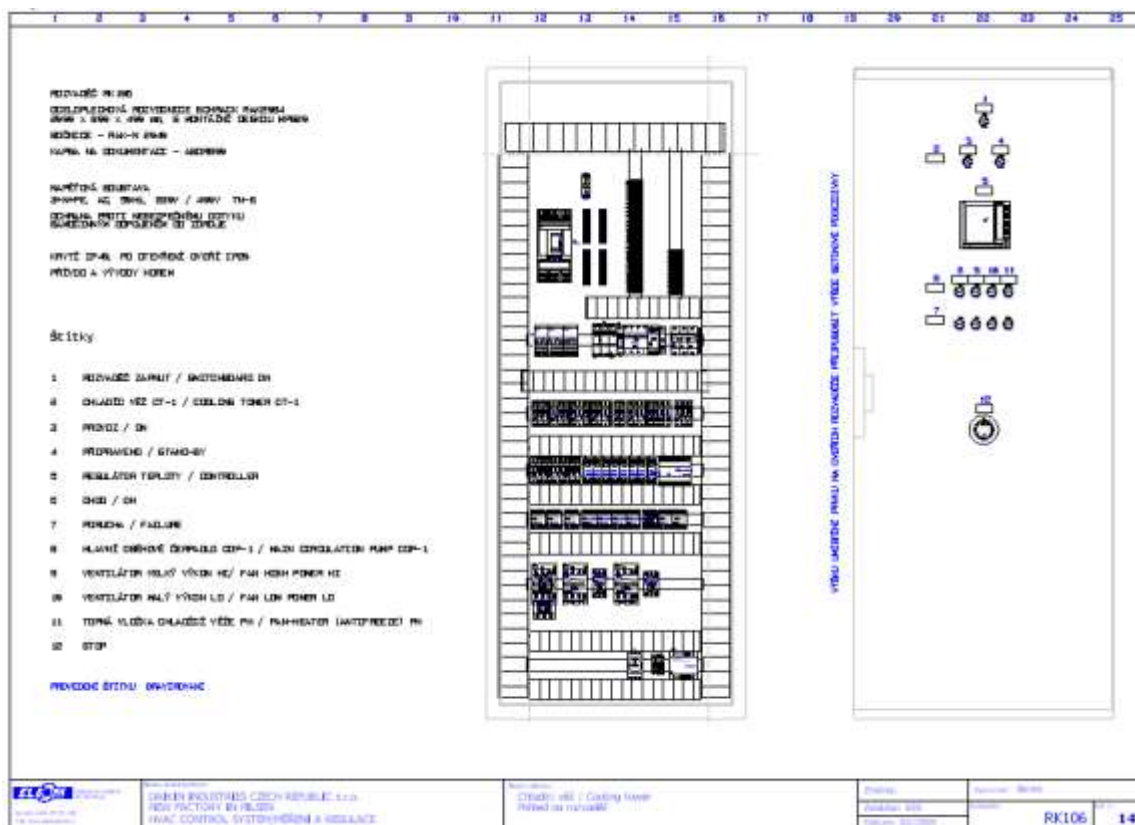
Program využívá pro svoji práci databázi s konkrétními daty jednotlivých přístrojů. Díky této databázi je možné okamžitě zjistit při využívání programu, které přístroje jsou již zcela využity a díky propojení jednotlivých částí dokumentace, jako je například elektrické schéma zapojení, mechanické schéma a podobně, zjistit velikost zařízení a možnost ho okamžitě umístit do potřebné části bez jakéhokoli hledání informací o daném přístroji. Díky využití databáze dokáže program generovat [25]:

- Výpis přístrojů využitých v projektu
- Seznam spojů projektu
- Výpis seznamu stránek projektu (obsah)
- Výpis svorek v projektu
- Výpis kabelů použitých v projektu
- Výpis PLC použitých v projektu

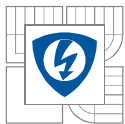
Program plně respektuje požadavky Evropských norem (EN) a automaticky nabízí odpovídající řešení. Díky této kontrole je možné se koncentrovat na samotnou práci jednotlivých projektů. Samozřejmostí také je export jednotlivých projektů do formátů podporovaných CAD systémy jako například DWG a DXF ale také exportu do uzavřené formy dokumentace v podobě formátu PDF.[25]



Obrázek 37 Ukázka elektrického schématu programu PC Schematic převzato z [25]



Obrázek 38 Ukázka mechanického výkresu programu PC Schematic převzato z [25]



9 NÁVRH ELEKTRO INSTALACE U NOVĚ BUDOVANÉ TECHNOLOGIE

9.1 Elektroinstalace

Elektroinstalace je soustava zařízení k ovládání a vedení elektrických signálů nebo elektrického proudu v místě jejich užívání, přeměny, úpravy a výroby. Pro elektroinstalaci v budovách se využívají názvy:[26]

- Rozvodná síť - pro silové rozvody
- Datová síť - pro datové rozvody
- Slaboproudé rozvody - pro sdělovací vedení

9.1.1 Rozvodná síť

Rozvodná síť je tvořena soustavou kabelů, vodičů a drátů, které vedou elektřinu pod zemí, ve vzduchu i pod vodou. Dělí se na přenosovou soustavu a distribuční síť. Přenosovou soustavu lze nazvat jako hlavní páteřní rozvody elektrické energie přes celé území České Republiky respektive přes celý evropský kontinent. [27]

Tato diplomová práce se pro potřeby řešeného projektu zabývá ovšem pouze částí distribuční sítě, respektive její podčástí elektrická instalace budov. [27]

9.1.1.1 Elektrická instalace budov

Elektrická instalace budov je široký pojem, za kterým se skrývá velká škála jednotlivých instalovaných zařízení, tak i jednotlivých prostor, kde je elektroinstalace zřizovaná. Mnoho kombinací těchto dvou částí se řídí svou vlastní normou pro návrh, instalaci a užívání těchto zařízení ve vyhrazených prostorech. Tato diplomová práce se zabývá návrhem části osvětlení v pracovních prostorech. [28]

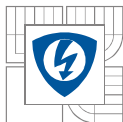
9.2 Návrh elektroinstalace

Pro napájení elektroinstalace bude u hlavního rozvaděče RTG instalován nový rozvaděč RO18. 1. Tento rozvaděč slouží pro napájení osvětlení a pro pohon dveří kabiny vytloukacího roštu, který je nutno napojit na napájecí napětí 230V AC.

Napájení rozvaděče elektroinstalace označeného RO 18.1 je již řešeno v kapitole 6.2.

9.2.1 Návrh Osvětlení

V této diplomové práci je pro návrh osvětlení přihlíženo k české státní normě ČSN EN 12464 – 1 Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Tato ČSN určuje v tabulce 5. 13 *Průmyslové a řemeslné činnosti – Slévárny a výroba odlitku* pro jednotlivé části těchto prostor průměrnou osvětlenost prostoru. Nová část suterénu byla definována jako prostory 5. 13. 1 průchozí podzemní tunely, sklepy atd., ve kterých je požadována $\bar{E}_m$ 50 lx. Prostory nové vytloukací kabiny byly definovány jako prostory 5. 13. 7 místa vyklepání odlitků z forem, kde je požadováno $\bar{E}_m$ 200 lx.

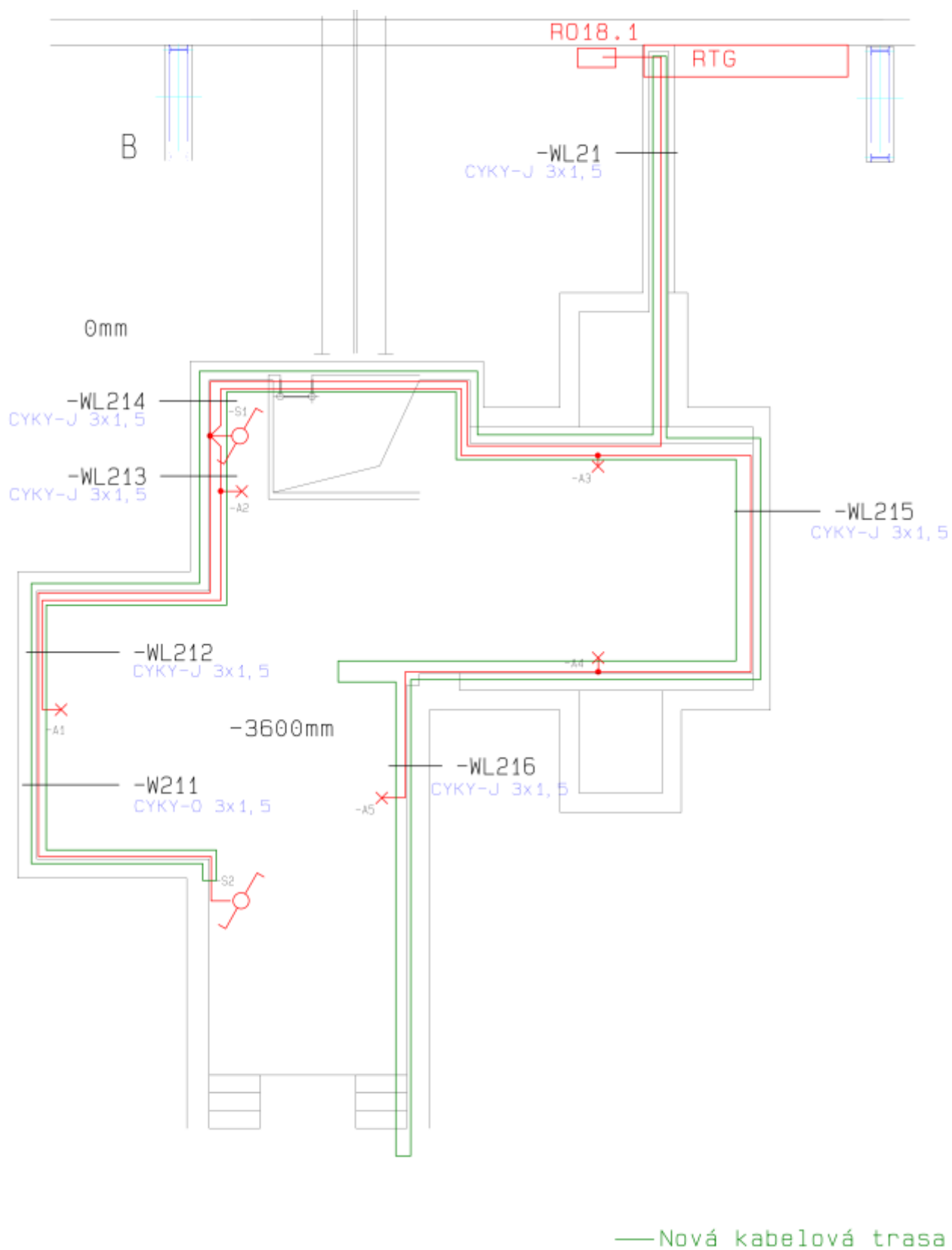
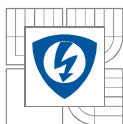


Pro osvětlení nového suterénu a prostoru filtru je navrženo svítidlo AQUA – II – 254 – EP, a to po konzultaci se zákaznickou linkou výrobce vzhledem k vysoké prašnosti v prostorech osazení tohoto svítidla. Svítidlo se vyznačuje krytím IP68. Tyto svítidla jsou ovládaná ze dvou stran střídavým přepínačem řady 6.

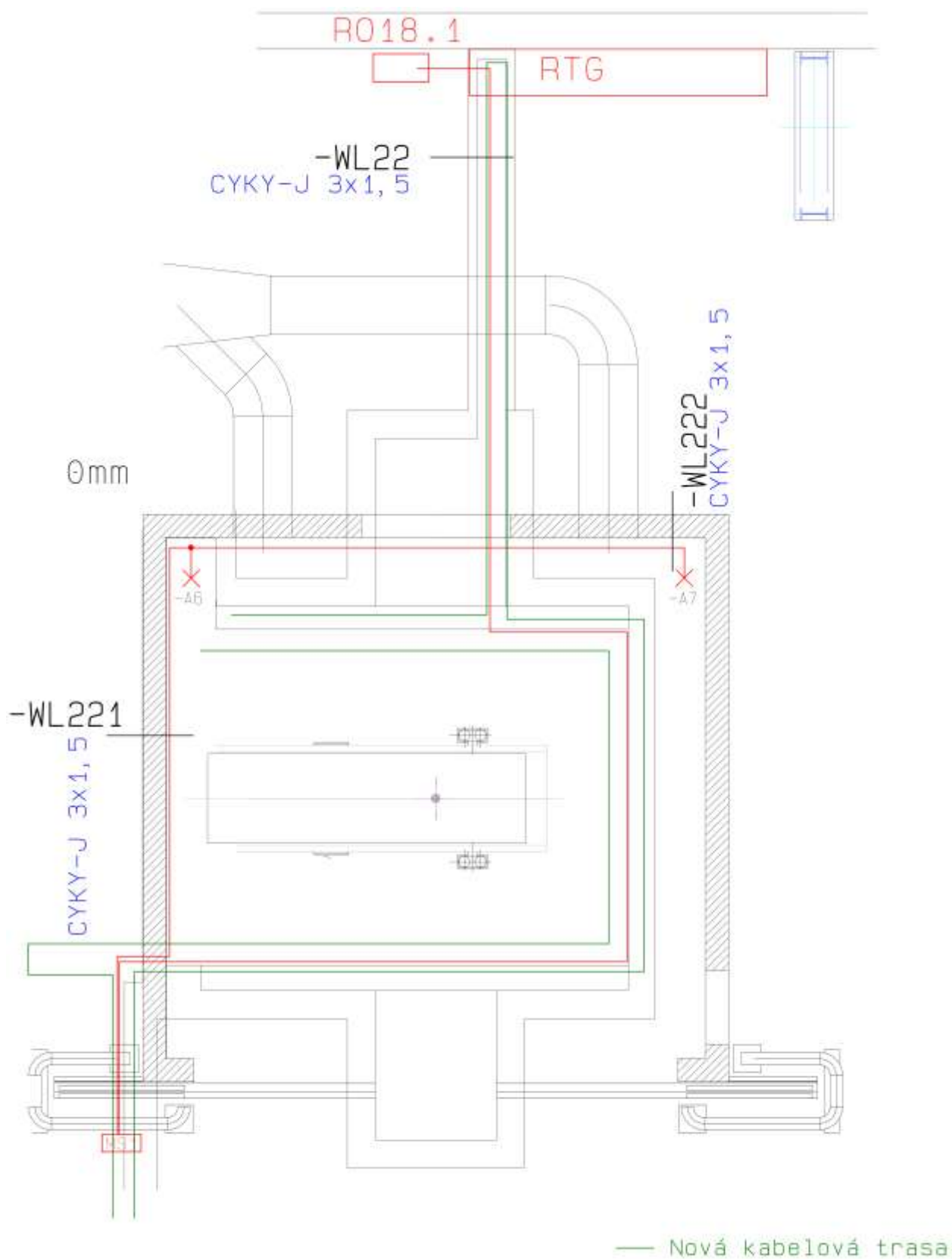
Pro prostor vytloukácké kabiny je navrženo svítidlo TIGER F3036427 s ovládáním z ovládací skříňky MS1 váčkovým vypínačem Scheider – electric K2A001ACH.

Označení	Typ	Druh zařízení	Umístění
-A1	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor nového suterénu
-A2	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor nového suterénu
-A3	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor nového suterénu
-A4	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor nového suterénu
-A5	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor nového suterénu
-S1	EFAPEL 48071 CCZ	Střídavý přepínač řady 6	Prostor nového suterénu
-S2	EFAPEL 48071 CCZ	Střídavý přepínač řady 6	Prostor nového suterénu
-A6	TIGER F3036427	Svítidlo	Vytloukácká kabina
-A7	TIGER F3036427	Svítidlo	Vytloukácká kabina
-S11	K2A001ACH	Váčkový vypínač	-MS1
-A8	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor filtru
-A8	AQUA – II – 254 – EP	Svítidlo	Prostor filtru
-S1	EFAPEL 48071 CCZ	Střídavý přepínač řady 6	Prostor filtru
-S2	EFAPEL 48071 CCZ	Střídavý přepínač řady 6	Prostor filtru

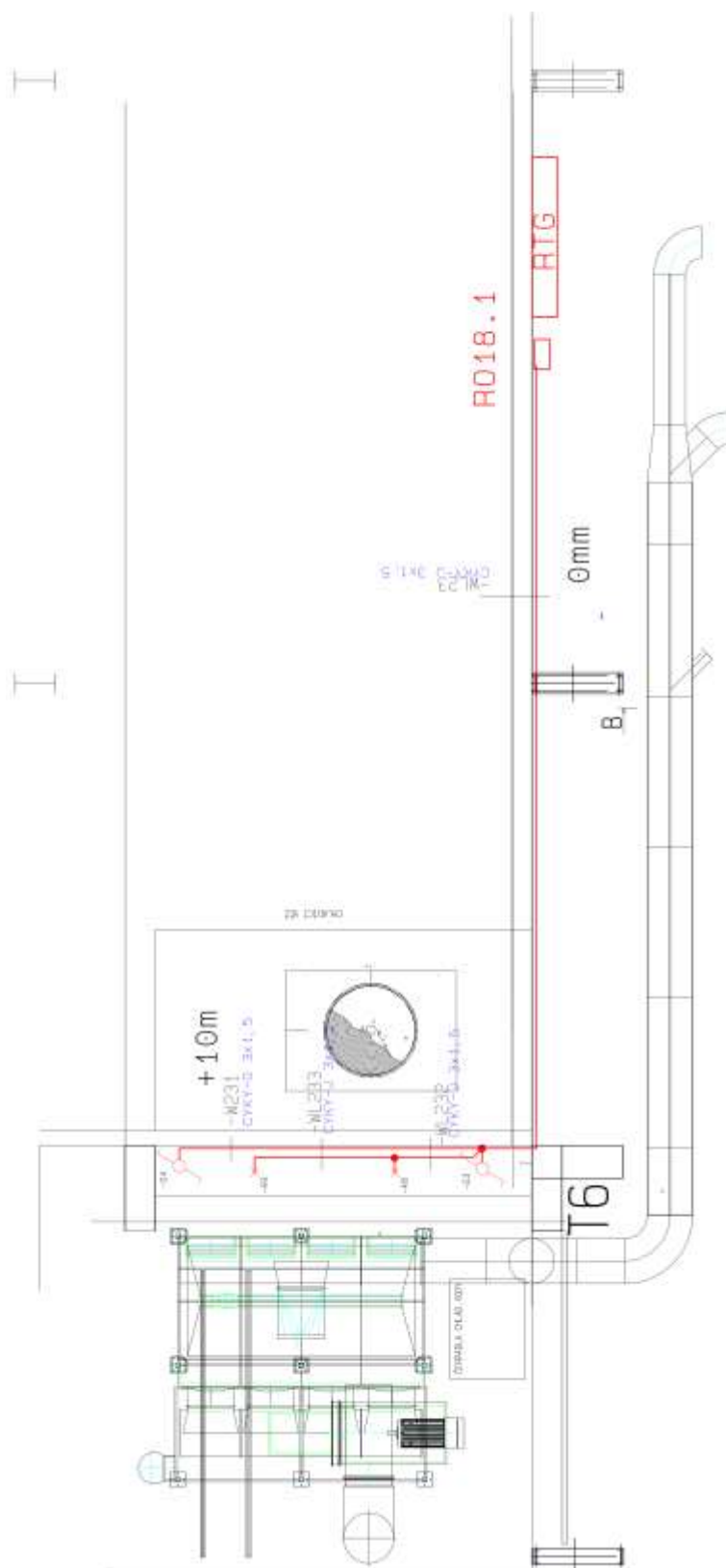
Tabulka 13 Zařízení pro stavební elektroinstalaci



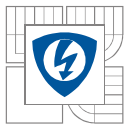
Obrázek 39 Elektroinstalace v prostoru nového suterénu



Obrázek 40 Elektroinstalace v prostoru vytloukáč kabiny



Obrázek 41 Elektroinstalace v prostoru filtru



10 ANALÝZA ZHOTOVENÉHO ZAŘÍZENÍ VČETNĚ DOKUMENTACE SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ

Na konci realizace projektu je zapotřebí provést analýzu zhotoveného zařízení. V průběhu realizace byly objeveny určité nedostatky, které bylo třeba vyřešit. Jednalo se o tyto nedostatky:

- Automatický start filtračního zařízení. Tento problém byl vyřešen tak, že na stávající signalizační kabel bylo doplněno ovládání filtračního zařízení. Toto ovládání bylo následně připojeno na rezervní výstup programovatelného automatu PLC, který je aktivován vždy se spuštěním zařízení vytloukacího roštu.
- Jako druhý problém bylo potřeba vyřešit skutečnost, že některá zařízení byly řešeny jako jednofázová s napájecím napětím 230V. Jednalo se o zařízení pro otápění trubek chladicí věže, absorpční sušič tlaku vzduchu a pohon vrat filtrační kabiny. Zde nastal problém při zapojení v hlavním rozvaděči RTG, ve kterém je napájecí hladina mezi fázemi 500V a tudíž mezi fází a zemí 290V. Výše jmenované zařízení bylo nutné zapojit z rozvaděče elektroinstalace RO 18.1, ve kterém jsou doplněny nové jističové vývody
- Další problém nastal, když realizační firma z neznámých důvodů nerealizovala ovládání osvětlení vytloukací kabiny podle projektu, nýbrž tak, že do ovládací skříňky MS1 bylo dodáno ovládací tlačítko, jež spínalo cívku stykače, který následně sepnul osvětlení vytloukací kabiny
- Posledním nedostatkem, který bylo nutné vyřešit, bylo značení jednotlivých zařízení a prvků, jež byly řešeny jako subdodávky. Jednalo se o zařízení chladničky písku a zařízení filtrační jednotky

Všechny tyto nedostatky byly vyřešeny a zaznamenány. Následně byla vytvořena dokumentace skutečného provedení, která odpovídá skutečnému stavu zařízení. Jediným nedostatkem této dokumentace je změna výrobce a typů jednotlivých součástí dodavatelskou firmou oproti projektové dokumentaci. I přes vyžádání nového soupisu materiálu skutečně použitého při realizaci nebyl tento dodavatelskou firmou dodán. Dokumentace skutečného provedení se na tento soupis odkazuje, jelikož měl být předán dodavatelskou firmou při předání zařízení společně se všemi ostatními doklady ke stavbě.

10.1 Dokončené zařízení Vytloukacího roštu

10.1.1 Vytloukací kabina

Vytloukací kabina tvoří první část zařízení, do které se vloží prázdná forma, v níž dochází k vytlučení zbytkového rozžhaveného písku.



Obrázek 42 Vytloukací kabina

10.1.2 Vibrační dopravníky a magnetický separátor

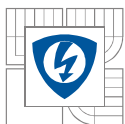
Horký písek z vytloukacího roštu propadne na další část zařízení, a to je magnetický separátor. Zde se oddělí zbytky odlitku na permanentním magnetu od písku, který následně pokračuje na vibrační dopravník. Hroudy písku jsou na vibračním dopravníku se přemístěny na další část vibrační dopravy a sypký písek je dále směřován do fluidní chladničky. Po zchlazení je sypký písek opět spojen ve vibrační trubce s již oddělenými pískovými hroudami a pokračuje k dalšímu zpracování.



Obrázek 43 Magnetický separátor a vibrační dopravníky

10.1.3 Fluidní chladnička

Zhruba v polovině vibrační dopravy se nachází fluidní chladnička. Zde dochází ke zchlazení žhavého písku. Do fluidní chladničky je sypký písek sypán vrchem pomocí korečkového elevátoru a následně propadává do spodní části, kde je vrácen na vibrační dopravníky.



Obrázek 44 Fluidní chladnička

10.1.4 Filtrační jednotka

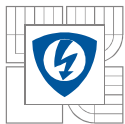
Celý proces probíhající v daném zařízení má velice prašný charakter. Z tohoto důvodu zde musí být umístěna filtrační jednotka s rozvody vzduchotechniky po celém zařízení pro odsávání nadbytečného prachu. Toto filtrační zařízení funguje autonomně a spíná se vždy se zapnutím zařízení vytlukačím roštu



Obrázek 45 Filtrační jednotka



Obrázek 46 Ukázka rozvodu vzduchotechniky filtrační jednotky



11 ZÁVĚR

Tato diplomová práce řeší vytvoření části projektové dokumentace pro realizaci elektrické části nového vytloukacího roštu a navazuje na část, která byla řešena v rámci semestrálního projektu 2. V rámci semestrálního projektu bylo nejprve provedeno seznámení okolními podmínkami ve slévárenské hale, ve které je nové zařízení realizováno, a se zadávacími podmínkami.

Následně bylo navrženo doplnění rozvodny v části 500V AC IT o nový pojistkový spodek SPF3, pojistkové vložky PNA3gG 500A a odpínač Modeion BH630, včetně návrhu přívodního kabelu a kabelové trasy tohoto kabelu. Jako napájecí kabely jsou navrženy 3 kabely 1 – AYKY 4x 240mm.

Pro doplnění rozvodny v části 400V AC TN – C byl navržen nový pojistkový vývod o jistič LPN – 25B – 3. Jako nový napájecí kabel byl navržen kabel CYKY – J 4x 6mm.

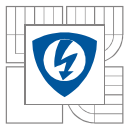
V dalším a zároveň posledním kroku semestrálního projektu byly navrženy silové vývody včetně napájecích kabelů a kabelových tras. Každý silový vývod byl osazen o pojistkový odpínač s pojistkovou vložkou pro zmenšení rázového zkratového proudu. Silové vývody u vybraných zařízení byly dále osazený motorovým spouštěčem a stykačem k možnosti jejich ovládání. Dále byly navrženy napájecí kabely včetně nových kabelových tras. Nové kabely byly navrženy typu CYKY.

Na semestrální projekt navazovala tato diplomová práce, ve které byla v první části navržena řídicí část zařízení včetně ovládacích a signalizačních kabelů. Pro řízení byl vybrán PLC automat od firmy Siemens zařazením do produktové řady Simatic S7-1200. K řídicímu systému byly následně vybrány rozšiřující moduly a ovládací panel taktéž od firmy Siemens. Následně byla vytvořena výrobní dokumentace zařízení rozvaděče RTG.

V druhé části diplomové práce byla navržena stavební elektroinstalace u nově budované technologie. V rámci tohoto návrhu bylo řešeno osvětlení nově budovaných pracovních prostorů a ovládání tohoto osvětlení. Pro stavební elektroinstalaci byl navržen nový rozvaděč s označením RO18.1, ze kterého je elektroinstalace napájena. Pro osvětlení byla navržena odolná světla AQUA – II – 254 – EP s krytím IP67, respektive světla TIGER F3036427.

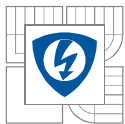
V poslední části této diplomové práce a celého projektu byla řešena koordinace při výstavbě daného zařízení. V průběhu výstavby bylo zapotřebí vyřešit několik drobných nedostatků v navržené projektové dokumentaci, respektive nových požadavků případně nových skutečností, se kterými se v navržené dokumentaci neuvažovalo. Všechny tyto nedostatky byly v průběhu realizace vyřešeny a zařízení bylo úspěšně odzkoušeno a zprovozněno. Následně byla vypracována dokumentace skutečného provedení zařízení, která odpovídá aktuálnímu stavu zařízení. Tato dokumentace je přílohou této diplomové práce.

Celý projekt byl úspěšně realizován. Všechna navržená řešení jsou v souladu s požadavky investora a zároveň správce zařízení a odpovídají všem legislativním požadavkům a požadavkům vyplývajících z platných českých státních norem. Při návrhu byl brán také zřetel na ekonomickou náročnost jednotlivých navržených řešení a celkovou ekonomickou optimalizaci celého projektu.

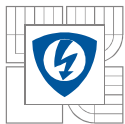


LITERATURA

- [1]. Elektrické sítě z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem: Sítě TN. Eluc.kr-olomoucky.cz [online]. [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/391>
- [2]. Elektrické sítě z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem: Sítě IT. Eluc.kr-olomoucky.cz [online]. [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/391>
- [3]. Měření hodinového úhlu transformátorů [online]. VUT Brno, : 5 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: http://www.ueen.feec.vutbr.cz/cz/images/stories/images_laboratory/Trafa/Navody/01_Mereni_hodinoveho_uhlu_transformatoru.pdf
- [4]. Trojfázový transformátor. Slideplayer.cz [online]. 2015 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2681332/#>
- [5]. Elektrické stroje - transformátory. Slideplayer.cz [online]. 2012 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1887158/>
- [6]. Transformátor. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2015-11-27 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A1tor>
- [7]. DVOŘÁČEK, Karel. Vnější vlivy, jejich určování a protokol o určení vnějších vlivů (1. část). ELEKTRO. Praha, 2011, **2011**(04/2011): 62-63.
- [8]. DVOŘÁČEK, Karel. Vnější vlivy a vzory listů protokolu o jejich určení. Www.profielektrika.cz [online]. 2011 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/vnejsi-vlivy-a-vzory-listu-protokolu-o-jejich-urceni>
- [9]. Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2015-12-26 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ochrana_p%C5%99ed_%C3%BArazem_elektrick%C3%BDm_proudem
- [10]. VALENTA, Jiří. Diagnostika a jištění elektrických zařízení [online]. VUT Brno, 2015 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: https://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/190414/mod_resource/content/2/LDJZ%20p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky.pdf
- [11]. MLČÁK, Tomáš a Václav VRÁNA. DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH VEDENÍ [online]. Katedra elektrotechniky Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB - TU Ostrava, 2008, : 6 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FMMI/Prednasky/15_dimenz_sylab_bc.pdf
- [12]. OEZ LETOHRAD. Sichr: Manuál výpočtového programu [PDF]. Letohrad, 2015, 106 s. [cit. 2016-01-02].
- [13]. ČSN EN 61439 – 1 ED. 2. Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecné požadavky. csnonline.unmz.cz, 2012
- [14]. ČSN EN 61439-2 ED. 2. Rozváděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozváděče. csnonline.unmz.cz, 2012.
- [15]. ČSN EN 61439-3. Rozváděče nízkého napětí - Část 3: Rozvodnice určené k provozování laiky (DBO). csnonline.unmz.cz, 2012.



- [16]. ČSN EN 60204-1 ED. 2. *Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky*. csnonline.unmz.cz, 2007.
- [17]. ČSN 33 2000-4-41 ED. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. csnonline.unmz.cz, 2007.
- [18]. ČSN 33 2000-4-473. *Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům*. csnonline.unmz.cz, 1994.
- [19]. ČSN 33 2000-5-52 ED. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení*. csnonline.unmz.cz, 2012.
- [20]. ČSN 33 2000-5-54 ED. 3. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče*. csnonline.unmz.cz, 2012.
- [21]. MĚRKA, Ivan. *Oteplovací charakteristiky silových vodičů*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.
- [22]. BEZZUBOV, Denis. *Aplikace PLC Simatic 1200 pro řízení technologického přípravku v laboratoři 109*. Praha, 2011. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Marie Martinásková, Ph.D.
- [23]. 6ES7214-1AG40-0XB0. *Siemens Industry Mall: Data sheet* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>
- [24]. *S7-1200 Programmable controller: System Manual*. 01/2015. siemens, 2015.
- [25]. *CAD SOFTWARE PRO ELEKTRO PROJEKTOVÁNÍ: PC Schematic A/S Česká verze* [online]. Liberec: CADWARE, 2014, , 28 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.cadware.cz/download/pcschematic/pcs_info.pdf
- [26]. Elektroinstalace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektroinstalace>
- [27]. Rozvodná síť. [Http://vitejtenazemi.cz/](http://vitejtenazemi.cz/) [online]. 2013 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=rozvodna_sit&site=energie
- [28]. Nová ČSN 33 2000-7-701: Elektrická instalace budov Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/4121-nova-csn-33-2000-7-701-elektricka-instalace-budov>. *TZB Info* [online]. 2007 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4121-nova-csn-33-2000-7-701-elektricka-instalace-budov>



PŘÍLOHY

Dokumentace skutečného provedení (DSP)

- 00_00 Titulní list**
- 00_01 Obsah**
- 1 Technická zpráva**
- 2 Technické specifikace**
- 3 Databáze signálů**
- 4 Soupis kabelů**
- 5 Výkresová dokumentace**
 - 5.1 Rozvaděč RTG**
 - 5.2 Rozvaděč RO18.1**
- 6 Dispoziční výkresy**
- 7 Soupis prací**