

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ  
ELEKTRONIKY**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Studie proveditelnosti rekonstrukce místní rozvodné sítě  
pro zásobování úpravny vody**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin RENNER**  
Osobní číslo: **E13B0057K**  
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Studie proveditelnosti rekonstrukce místní rozvodné sítě pro  
zásobování úpravny vody**  
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište a vyhodnoťte stávající stav části distribuční soustavy.
2. Navrhněte rekonstrukci rozvoden ve stávajícím rozsahu.
3. Navrhněte úpravu rozvoden s cílem snížit jejich vlastní spotřebu.
4. Vypracujte základní ekonomickou rozvahu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:


1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.
2. Přednášky či skripta z doporučených předmětů.
3. Elektronické informační zdroje, katalogy.
4. Normy ČSN IEC.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá studií proveditelnosti rekonstrukce místní rozvodné sítě pro zásobování úpravny vody v Mondi Štětí a.s., jejím stručným popisem a důvody rekonstrukce. Dále má tato práce za úkol posoudit možné varianty rekonstrukce včetně snížení vlastní spotřeby. Závěrečná část je zaměřena na ekonomické zhodnocení zvolených variant.

## **Klíčová slova**

rozvodna, transformátor, vlastní spotřeba, rozvaděč, zkrat, zkratový proud, zkratová impedance

## **Abstract**

This thesis presents the feasibility study of the reconstruction of the local distribution network for supplying water treatment plant at Mondi Štětí a.s., its short description and reasons for the reconstruction. Furthermore, this work has to consider the possible options for reconstruction including the reduction of the own consumption. The final section focuses on the economic evaluation of selected variants.

## **Key words**

substation, transformer, own consumption, switchboard, short-circuit, short-circuit current, short-circuit impedance

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 29.5.2016

Martin Renner

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Zbyňku Martínkovi, CSc. za profesionální rady, cenné připomínky a vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Radku Ferzikovi za cenné konzultace a poskytnutí odborných informací. Zároveň touto cestou děkuji i mé rodině a přátelům za všestrannou podporu při studiu.

# Obsah

ÚVOD .....	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	11
<b>1 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU .....</b>	<b>13</b>
1.1 ROZVODNA E109 .....	13
1.2 ROZVODNA E109A .....	16
1.3 ROZVODNA E109B .....	17
1.4 KABELY A KABELOVÉ TRASY .....	18
1.5 KABELOVÉ PROSTORY .....	19
1.6 BEZPEČNOST .....	20
1.7 PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST .....	21
1.8 PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA .....	23
1.9 KLIMATIZACE A VZDUCHOTECHNIKA ROZVODEN .....	23
1.10 STAVEBNÍ ČÁST .....	24
<b>2 REKONSTRUKCE ROZVODEN VE STÁVAJÍCÍM ROZSAHU .....</b>	<b>25</b>
2.1 VÝMĚNA TRANSFORMÁTORŮ .....	25
2.2 VÝMĚNA ROZVADĚČŮ .....	25
2.2.1 Specifikace provedení rozvaděčů RM .....	25
2.2.2 Postup výměny rozvaděčů v rozvodně E109 .....	26
2.2.3 Postup výměny rozvaděčů v rozvodnách E109A a E109B .....	28
2.3 KABELY A KABELOVÉ TRASY .....	29
2.4 PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA .....	29
2.5 KLIMATIZACE A VZDUCHOTECHNIKA ROZVODEN .....	29
2.6 STAVEBNÍ ČÁST .....	29
<b>3 REKONSTRUKCE A OPTIMALIZACE ROZVODEN .....</b>	<b>30</b>
3.1 VÝMĚNA TRANSFORMÁTORŮ .....	31
3.2 VÝMĚNA ROZVADĚČŮ .....	31
3.2.1 Specifikace provedení rozvaděčů RM1/E109 a RM2/E109B .....	31
3.2.2 Postup výměny rozvaděčů v rozvodně E109 .....	32
3.2.3 Postup výměny rozvaděčů v rozvodnách E109A a E109B .....	33
3.2.4 Kabely a kabelové trasy .....	34
3.2.5 Protipožární ochrana .....	34
3.2.6 Klimatizace a vzduchotechnika rozvoden .....	34
3.2.7 Stavební část .....	34
3.3 VÝPOČTY A DIMENZOVÁNÍ .....	34
3.3.1 Výpočtové zatížení kabelového propojení rozvoden E109 a E109B .....	34
3.3.1.1 Součinitel náročnosti .....	34
3.3.1.2 Výpočtové zatížení .....	35
3.3.1.3 Výpočtový proud .....	35
3.3.1.4 Dimenzování průřezu vodičů .....	36
3.3.2 Kontrola kabelového propojení E109 a E109B na úbytek napětí .....	36
3.3.3 Výpočet zkratových impedancí .....	37
3.3.3.1 Síťový napáječ .....	37
3.3.3.2 Kabelové vedení .....	38
3.3.3.3 Transformátor .....	39
3.3.3.4 Příspěvek asynchronních motorů .....	40
3.3.3.5 Celková zkratová impedance .....	41
3.3.4 Výpočet zkratových proudů .....	41
3.3.4.1 Počáteční rázový zkratový proud .....	41
3.3.4.2 Ekvivalentní oteplovací proud .....	42
3.3.4.3 Dimenzování průřezu vodiče z hlediska tepelných účinků .....	43



---

3.3.4.4	Nárazový zkratový proud.....	43
3.4	VÝPOČET KOMPENZAČNÍHO VÝKONU.....	43
<b>4</b>	<b>EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT .....</b>	<b>45</b>
4.1	INVESTIČNÍ NÁKLADY .....	45
4.2	PROVOZNÍ NÁKLADY .....	45
4.3	POROVNÁNÍ VARIANT.....	47
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>49</b>
<b>PŘÍLOHA A</b>	<b>VÝROBNÍ ŠTÍTKY STÁVAJÍCÍCH ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>1</b>
<b>PŘÍLOHA B</b>	<b>VÝROBNÍ ŠTÍTEK TRANSFORMÁTORU GEAFOL.....</b>	<b>1</b>
<b>PŘÍLOHA C</b>	<b>SEZNAM ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ A SPOTŘEBIČŮ.....</b>	<b>1</b>

## Úvod

Předkládaná práce je studií proveditelnosti rekonstrukce rozvodné sítě chemické úpravny vody v areálu papíren Mondi Štětí a.s. (dále Mondi Štětí).

Hlavním úkolem chemické úpravny vody (dále CHÚV) je výroba chemicky upravené vody pro účely napájení energetických kotlů (napájecí voda), chemicky upravené vody pro účel technologie závodu (čiřená filtrovaná voda) a doprava těchto vod jak do napájecích nádrží centrálního odplynu v prostoru K10 a K11, tak pro technologii výroby celulózy a papíru. Čiřená voda se vyrábí úpravou surové labské vody alkalickým čiřením v čiřících reaktorech a následnou filtrací; napájecí voda se vyrábí demineralizací čiřené filtrované vody, úpravou vratného kondenzátu a konečnou úpravou směsi demivody a upraveného kondenzátu na mixbedech [1].

Zabezpečení spolehlivosti technologie CHÚV je klíčové pro udržení provozuschopnosti výrobního závodu Mondi Štětí.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části je řešen popis stávajícího stavu rozvodu CHÚV. Druhá část je zaměřena na návrh rekonstrukce rozvodu z pohledu bezpečnosti a spolehlivosti ve stávajícím rozsahu. Třetí část je zaměřena na zefektivnění rozvodu elektrické energie a řeší možnosti snížení ztrát ve vlastní spotřebě rozvodu. Poslední část se zabývá ekonomickým porovnáním variant rekonstrukce rozvodu.

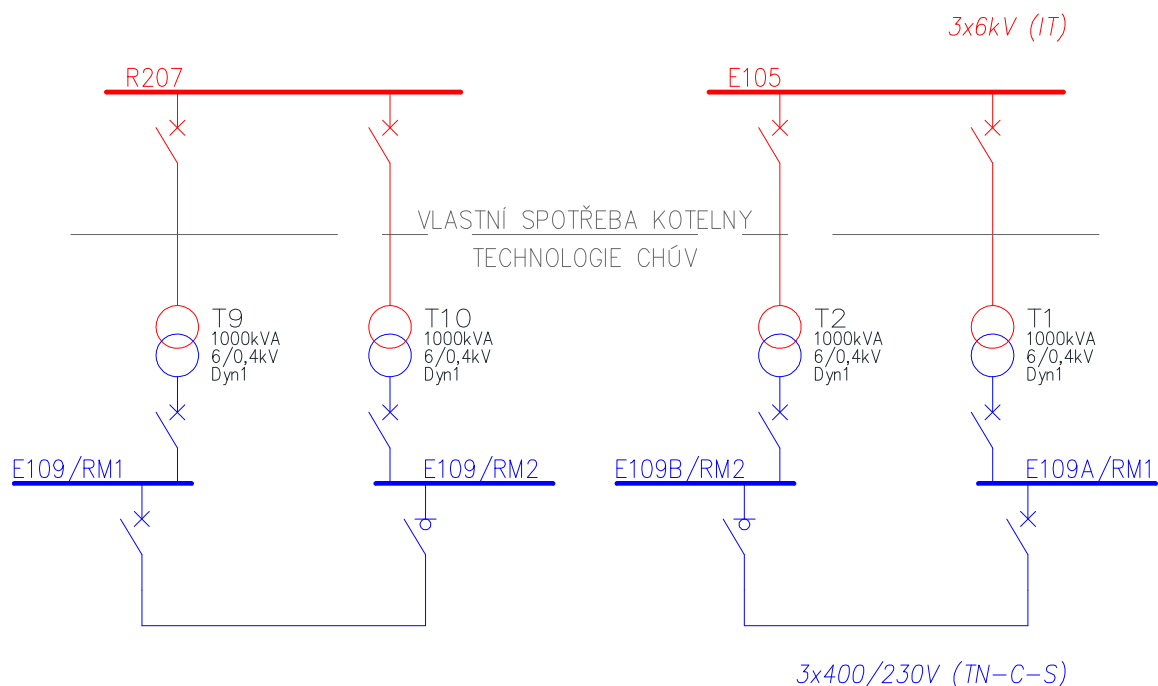
## Seznam symbolů a zkratk

$\beta$	(-)	součinitel náročnosti
$c$	(-)	napěťový součinitel
$CF$	(Kč)	peněžní tok ( <i>Cash Flow</i> )
$\cos\varphi$	(-)	účinník
ČSN		Česká státní norma
$DCF$	(Kč)	diskontovaný peněžní tok
$\eta$	(-)	účinnost
$EC$	(Kč/kWh)	cena elektrické energie ( <i>Energy Cost</i> )
$f$	(Hz)	frekvence
CHÚV		chemická úpravna vody
$I_{cm}$	(A)	jmenovitá mezní zkratová zapínací schopnost
$I_{cu}$	(A)	jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost
$I_{dov}$	(A)	dovolený proud
$I''_{kQ}$	(A)	počáteční souměrný rázový zkratový proud
$I_N$	(A)	jmenovitý proud
$i_p$	(A)	nárazový zkratový proud
$I_{rT}$	(A)	jmenovitý sekundární proud transformátoru
$I_{th}$	(A)	ekvivalentní oteplovací proud
$K$	(A·s <sup>1/2</sup> ·mm <sup>-2</sup> )	materiálová konstanta
$k_1$	(-)	přepočítávací součinitel pro okolní teplotu vzduchu
$k_2$	(-)	přepočítávací součinitel pro seskupení více kabelů
$\kappa$	(-)	součinitel pro výpočet nárazového zkratového proudu
$l$	(m)	délka
$L_K$	(H/m)	měrná indukčnost kabelu na jednotku délky
$m$	(-)	součinitel pro tepelné účinky stejnosměrné složky zkratového proudu
$n$	(-)	součinitel pro tepelné účinky střídavé složky zkratového proudu
nn		nízké napětí
$NPV$	(Kč)	čistá současná hodnota ( <i>Net Present Value</i> )
$P_i$	(W)	instalovaný výkon
$P_{krT}$	(W)	jmenovité ztráty transformátoru nakrátko
$P_M$	(W)	jmenovitý činný výkon motoru

$P_{max}$	(W)	hodinové maximum odběru elektrické energie v období celého roku
$P_p$	(W)	výpočtové zatížení
$Q$	(VAr)	jalový výkon
$r$	(%)	diskontní úroková míra
$R$	( $\Omega$ )	odpor
$R_K$	( $\Omega/m$ )	činný odpor kabelu na jednotku délky
RK		rozvaděč kompenzační
RO		rozvaděč pro napájení osvětlení
RM		rozvaděč pro napájení technologických zařízení
$S$	(VA)	jmenovitý výkon
$S$	(mm <sup>2</sup> )	průřez vodiče
$S_k''$	(VA)	rázový zkratový výkon
$S_{rM}$	(VA)	jmenovitý zdánlivý příkon motoru
$S_p$	(VA)	výpočtové zatížení
$t$	(rok)	doba životnosti
$T_k$	(s)	doba trvání zkratu
$t_r$	(-)	jmenovitý převod transformátoru
$u_k$	(%)	jmenovité napětí nakrátko
$U_n$	(V)	jmenovité napětí soustavy
$U_{rT}$	(V)	jmenovité sekundární napětí transformátoru
$U_{rM}$	(V)	jmenovité napětí motoru
$U_S$	(V)	jmenovité sdružené napětí spotřebiče
vn		vysoké napětí
$X$	( $\Omega$ )	reaktance
$Z$	( $\Omega$ )	impedance
$Z_k$	( $\Omega$ )	zkratová impedance

## 1 Popis stávajícího stavu

Distribuční soustava v areálu Mondí Štětí je tvořena rozvody na napěťové hladině 6kV (IT). Zásobování technologického celku CHÚV elektrickou energií je zabezpečeno ze tří rozvodů označených E109, E109A a E109B viz obr. 1.

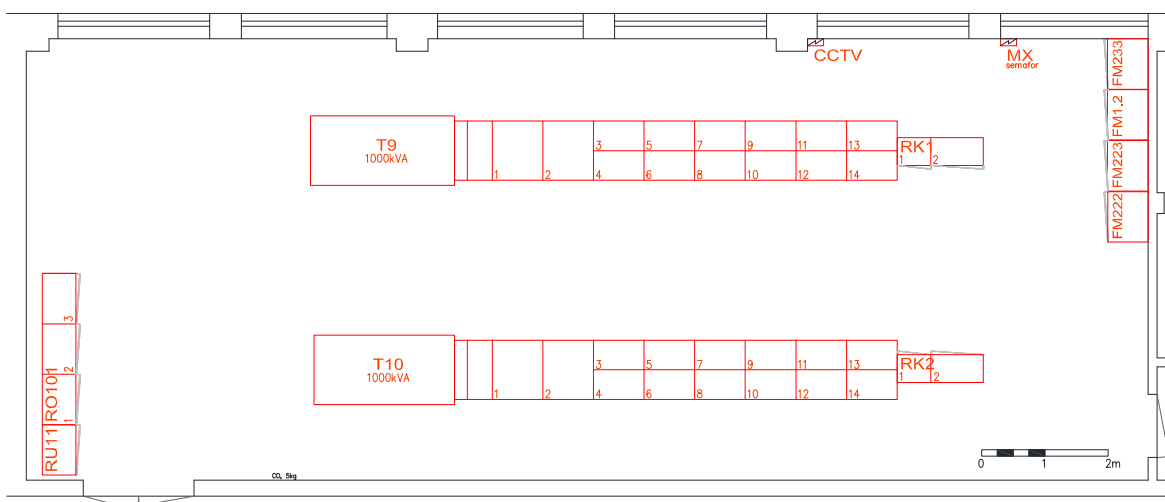


Obr. 1 Zjednodušené přehledové schéma napájení [1]

### 1.1 Rozvodna E109

V této rozvodně se nacházejí dva transformátory BEZ 6/0,4 kV označené T9 a T10, každý o jmenovitém výkonu 1 MVA (viz výrobní štítek dle přílohy A). Výkon každého z transformátorů je vyveden pomocí sběrů do rozvaděčů označených RM1 a RM2. Transformátory jsou napájeny kabely 6-AYKCY 3x240/25 z rozvodny vn R207. Rozvodna E109 prošla v roce 1993 rekonstrukcí, avšak transformátory zůstaly původní.

RM1 je skříňový oceloplechový oboustranný rozvaděč o 14 polích umístěný na ocelovém roznášecím rámu. Jmenovitý proud rozvaděče napájeného z transformátoru T9 je 1600 A (viz výrobní štítek dle přílohy A); jištění rozvaděče je umístěné v prvním poli a je provedeno jističem OEZ ARV1633J. Ve druhém poli je umístěná spojka z/do RM2, která je realizována dvěma kabely typu 1-AYKY 3x240+120 a jištění spojky je provedeno jističem OEZ ARV1633J.



Obr. 2 Orientační půdorysná dispozice rozvodny E109 [1]

RM2 je skříňový oceloplechový oboustranný rozvaděč o 14 polích umístěný na ocelovém roznášecím rámu. Jmenovitý proud rozvaděče napájeného z transformátoru T10 je 1600 A (viz výrobní štítek dle přílohy A), jištění rozvaděče je umístěné v prvním poli a je realizováno jističem OEZ ARV1633J. Ve druhém poli jsou kabely spojky z RM1/E109 napojené přímo na sběrný rozvaděč.



Obr. 3 Rozvodna E109 – pohled na rozvaděč RM2 v bloku s transformátorem T10 [1]

V přívodních polích jsou umístěny elektroměry, které slouží k místnímu odečtu a dále bilancím spotřebované elektrické energie.

Rozvodna je vybavena dvěma kompenzačními skříňovými rozvaděči RK1 a RK2, každý o výkonu 360 kVAr (viz výrobní štítek dle přílohy A). Napájení každého kompenzačního rozvaděče je realizováno třemi jednožilovými kabely typu 1-CYY 1x300

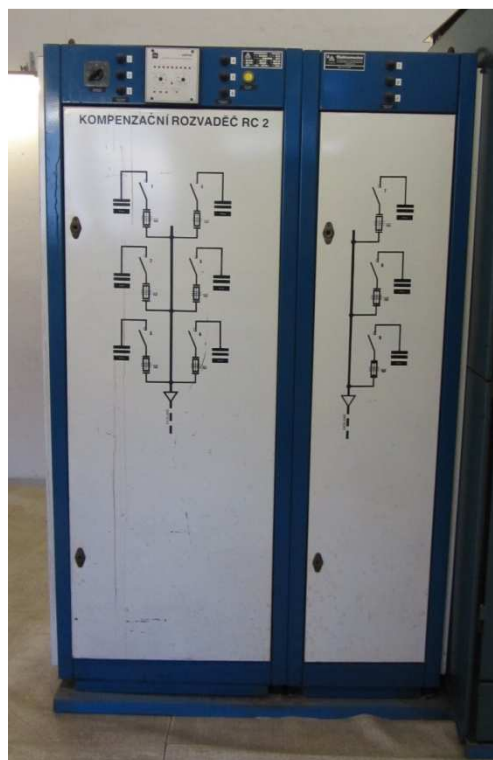
přes nožový odpojovač. Jištění kompenzačních rozvaděčů zajišťují nožové pojistky umístěné uvnitř kompenzačních rozvaděčů. V současné době jsou kompenzační rozvaděče z důvodu jejich provozní nespolehlivosti vypnuté.

V rozvodně jsou umístěné skříňové frekvenční měniče pohonů čerpadel označené RF222, RF223, RF 233 a RF1.2. Napájení frekvenčních měničů je zajištěno z rozvaděčů RM1 a RM2.

Osvětlení objektu CHÚV je realizováno z rozvaděče osvětlení RO101. Jedná se o skříňový jednostranný rozvaděč o 3 polích umístěný na ocelovém roznášecím rámu. V prvním poli jsou umístěné tři jističe pro nezávislé napájení rozvaděče. Jedná se o jističe J21U50B24 200 A, první přívod je přiveden z rozvodny R210 (umístěné mimo objekt CHÚV), druhý přívod je přiveden z rozvaděče RM1/E109 a poslední přívod je napájen kabelem z rozvaděče RM2/E109B. Všechny přívodní kabely do RO101 jsou typu 1-AYKY 3x185+95.



Obr. 4 Ilustrační fotografie  
přívodního jističe [1]



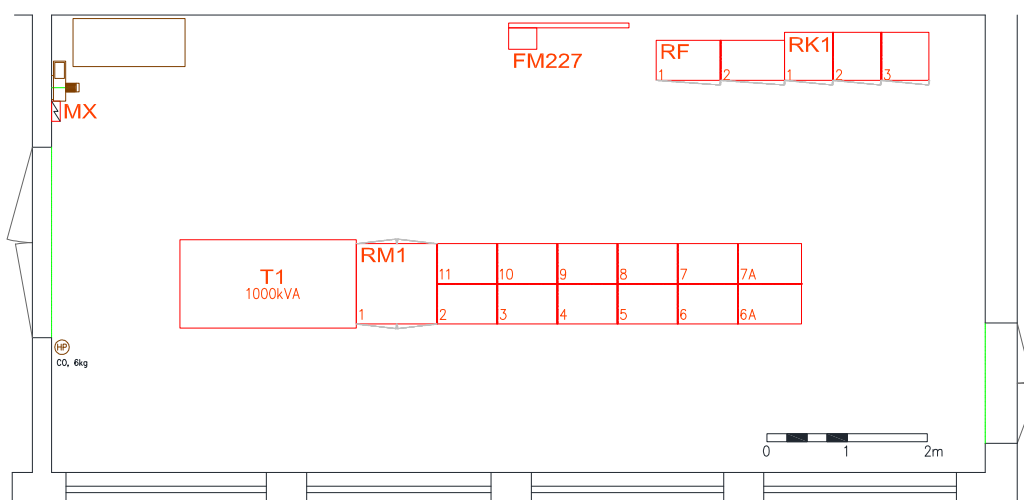
Obr. 5 Ilustrační fotografie  
kompenzačního rozvaděče RK2 [1]

Nouzové osvětlení objektu zajišťuje rozvaděč označený RU11. Jedná se o skříňový jednostranný rozvaděč o jednom poli umístěný na ocelovém roznášecím rámu. Jsou zde dva nezávislé kabelové přívody typu 1-AYKY 4x25 se stejnosměrným napětím 220 V.

Rozvodna E109 není silově propojena s rozvodnami E109A a E109B.

## 1.2 Rozvodna E109A

V této rozvodně se nachází transformátor BEZ 6/0,4 kV označený T1, o jmenovitém výkonu 1 MVA (viz výrobní štítek dle přílohy A). Výkon transformátoru je vyveden pomocí sběren do rozvaděče RM1. Transformátor je napájený kabelem 6-AYKCY 3x240/25 z rozvodny vn E105. Rozvodna E109A je v provozu od svého spuštění v roce 1972.



Obr. 6 Orientační půdorysná dispozice rozvodny E109A [1]

RM1 je skříňový oceloplechový oboustranný rozvaděč o 12 polích umístěný na vyrovnané betonové podlaze. Jmenovitý proud rozvaděče je 1600 A (viz výrobní štítek dle přílohy A); jištění rozvaděče je umístěné v prvním poli a je realizováno jističem Škoda EJF VMTN 2002-33/1500. V poli č. 2 je umístěná spojka z/do RM2/E109B, která je realizována kabelem typu 6x 1-AYKY-J 3x240+120 a nožovým odpojovačem MEZ Krompachy O203PI 2000A. Jištění spojky je provedeno v rozvaděči RM2/E109B. V době spuštění v roce 1972 se jednalo o rozvaděč o 10 polích. V roce 1977 byl rozvaděč rozšířen o jednu oboustrannou skříň a tím se celkový počet polí zvýšil na 12. Přidaná pole byla označena 6A a 7A.

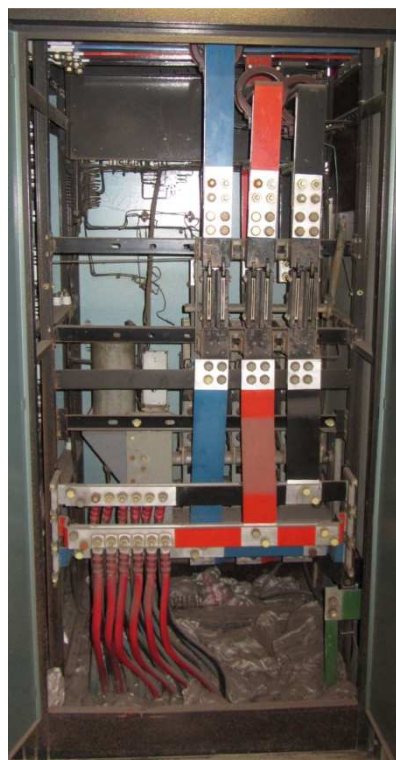
V přívodním poli je umístěn elektroměr, který slouží k místnímu odečtu a k bilancím spotřebované elektrické energie.

Rozvodna je vybavena kompenzačním skříňovým rozvaděčem RK1 o výkonu 240 kVAr (viz výrobní štítek dle přílohy A). Napájení je realizováno kabelem typu 1-AYKY-J 3x240+120 z RM1/E109A, pole č. 10. Jištění kompenzačního rozvaděče zajišťují nožové pojistky. V současné době je kompenzace z důvodu její provozní nespolehlivosti vypnuta.





Obr. 7 Ilustrační fotografie  
přívodního jističe [1]



Obr. 8 Ilustrační fotografie  
spojky sběren [1]

V rozvodně je dále umístěná skříň označená RF, která byla nainstalována v roce 1997 (viz výrobní štítek dle přílohy A). Jedná se o skříňový jednostranný rozvaděč o 2 polích umístěný na ocelovém roznášecím rámu. V této skříni je umístěný původní frekvenční měnič, který zajišťuje možnost řízeného napájení jednoho z motorů M228 nebo M229. Oba motory mohou být provozované i napřímo přes stykač s nadproudovou ochranou. Napájení skříně RF je zajištěno dvěma kabelovými přívody typu 1-AYKY 3x95+50 (první z RM1/E109A pole 6A a druhý z RM2/E109B pole 2). Vedle rozvaděče RF je instalován ocelový rám, kde je umístěn frekvenční měnič označený RF227. Frekvenční měnič byl instalován v roce 2010 a umístěn je z důvodu nedostatku prostoru mimo rozvaděč. Napájení RF227 je realizováno kabelem typu 1-AYKY 3x95+50 z RM1/E109A pole 6A.

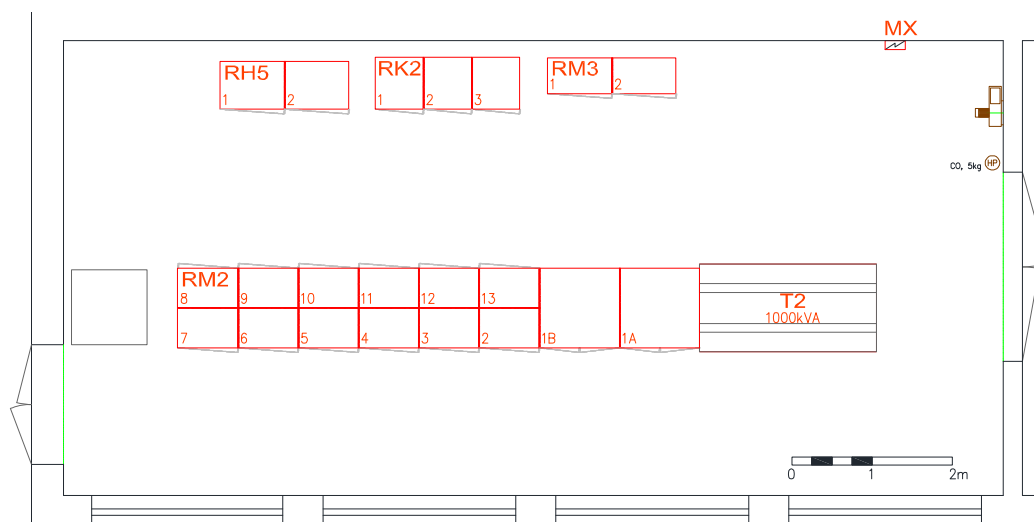
### 1.3 Rozvodna E109B

V této rozvodně se nachází transformátor BEZ 6/0,4 kV označený T2, o jmenovitém výkonu 1 MVA (viz výrobní štítek dle přílohy A). Výkon transformátoru je vyveden pomocí sběren do rozvaděče RM2. Transformátor je napájen kabelem 6-AYKCY 3x240/25 z rozvodny vn E105. Rozvodna E109B je v provozu od svého spuštění v roce 1972.

RM2 je skříňový oceloplechový oboustranný rozvaděč o 13 polích umístěný na vyrovnané betonové podlaze. Jmenovitý proud rozvaděče je 1600 A (viz výrobní štítek dle přílohy A), jištění rozvaděče je umístěné v prvním poli. V poli č. 12 je umístěna spojka z/do RM1/E109B. Jištění přívodu a spojky je realizováno jističi OEZ AR2533J. Výměna těchto jističů proběhla v roce 1983.

V přívodním poli je umístěn elektroměr, který slouží k místnímu odečtu a k bilancím spotřebované elektrické energie.

Rozvodna je vybavena kompenzačním skříňovým rozvaděčem RK2 o výkonu 240 kVAr (viz výrobní štítek dle přílohy A). Napájení je realizováno kabelem typu 1-AYKY-J 3x240+120 z RM2/E109B, pole č. 13. Jištění kompenzačního rozvaděče zajišťují nožové pojistky. V současné době je kompenzace z důvodu její provozní nespolehlivosti vypnuta.



Obr. 9 Orientační půdorysná dispozice rozvodny E109B [1]

#### 1.4 Kabely a kabelové trasy

Instalovaná kabeláž na provoze CHÚV je z větší části původní. Jedná se o celoplastové kabely s hliníkovým jádrem. Kabely jsou instalovány na původních kabelových lávkách a k jednotlivým technologickým zařízením jsou většinou protaženy v elektroinstalačních ocelových trubkách. Některé kabelové trasy v provozní hale jsou napadené korozi.

Barevné značení vodičů původní elektrické instalace neodpovídá vzhledem k datu výstavby rozvodu a technologii CHÚV platným technickým normám ČSN 33 0165 [13]. Dveře rozvaděčů, kde jsou takovéto kabely nainstalovány, jsou opatřeny samolepicími štítky „POZOR - BAREVNÉ ZNAČENÍ VODIČŮ NEODPOVÍDÁ ČSN“.

## 1.5 Kabelové prostory

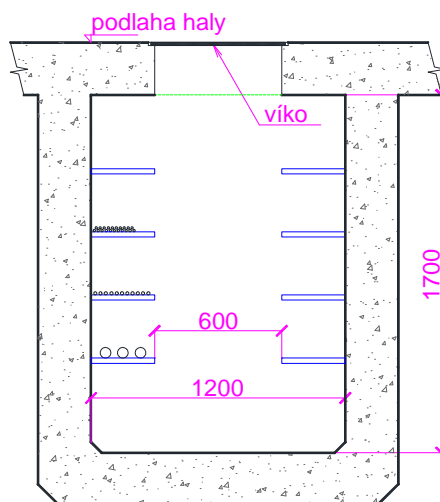
Pod rozvodnou E109 je průchozí kabelový prostor, kde jsou kabelové lávky umístěné v cca 5 metrech nad podlahou. Jedná se o technologickou šachtu, do které má přístup i osoba bez odborné způsobilosti dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. Vzhledem k výšce umístěných lávek s kabely zde existuje minimální riziko neoprávněné manipulace osobou bez elektrotechnické kvalifikace. Tím je téměř vyloučena možnost poškození kabelů a úrazu elektrickým proudem.

Kabelovým prostorem vede odvodňovací kanálek, díky kterému při haváriích dochází k zaplavení podlahy. Nosné podpěry kabelových lávek proto musely být v minulosti opraveny z důvodu koroze. Celkový stav nosných konstrukcí, výložníků i většiny kabelových lávek pod rozvodnou E109 je neuspokojivý.



*Obr. 10 Ilustrační fotografie kabelového prostoru pod rozvodnou E109 [1]*

Pod jednotlivými rozvodnami E109A a E109B se nachází průlezné kabelové prostory. Přístup do těchto prostor mají pouze osoby zajišťující elektroúdržbu tj. s elektrotechnickou kvalifikací. Rozvodny včetně kabelových prostorů tvoří samostatné požární úseky a jsou odděleny od technologie protipožární ucpávkou. Vstupy jsou zajištěny kryty zhotovené z lístkového plechu a jsou opatřeny madly. Stav většiny kabelových lávek pod rozvodnami E109A a E109B je neuspokojivý. Oba kabelové prostory jsou vybaveny provozním osvětlením a jsou přirozeně odvětrávané.



Obr. 11 Řez „páteřním“ průřezným kabelovým kanálem [1]

Kabelové rozvody v prostoru provozní haly jsou řešeny pomocí „páteřních“ průřezných kabelových kanálů a dále několika ze shora přístupných mělkých kabelových kanálů. Kryty těchto kabelových kanálů jsou zhotovené z lístkového plechu a některé opatřeny madly. Stav kabelových lávek instalovaných v těchto kanálech je z důvodu koroze neuspokojivý. Tyto kabelové kanály nejsou osvětlené.

## 1.6 Bezpečnost

Stupeň krytí všech instalovaných rozvaděčů při zavřených dveřích je minimálně IP 40, při otevřených dveřích je IP 00. Existuje reálné riziko dotyku s živou částí, není zde použita žádná ochrana kryty nebo přepážkami.

Veškeré původní silové vodiče uvnitř rozvaděčů jsou zhotovené z hliníkových holých plochých tyčí. Ovládací vodiče jsou zpravidla upevněné do svazku za elektrickými přístroji a svázané plastovým páskem. Jelikož se jedná o oboustranné rozvaděče, je znemožněn přístup na zadní stranu instalačních rámců. Jakékoli vyhledávání závad v pomocných a ovládacích obvodech je z hlediska BOZP velmi nebezpečné a takřka nemožné.

Pro jištění silových obvodů jsou v rozvaděčích nainstalovány keramické pojistkové spodky PK pro výkonové nožové pojistky velikostí NH00 až NH3. Při zajišťování či odjišťování jednotlivých vývodů v rozvaděči je zapotřebí vyjmout nožovou pojistku pomocí držáku pojistek DP tzv. „žehličkou“. Při této manipulaci existuje riziko, že obvod může být pod zátěží a elektromontér tzv. „vytáhne oblouk“. Dalším rizikem je možnost vytvoření mezifázového zkratu, který díky svým dynamickým a tepelným účinkům může způsobit velmi vážné poškození zdraví a majetku.



Obr. 12 Příklad stávající výzbroje  
pro čerpadla [1]



Obr. 13 Příklad stávající výzbroje  
pro servopohony [1]

Instalované nožové odpojovače pro spínání spojky a kompenzací nejsou nijak blokovány proti nežádoucímu zapnutí či vypnutí pod zatížením.

## 1.7 Provozní spolehlivost

Pojem provozní spolehlivost elektrického silnoproudého rozvodu a rozvodného zařízení znamená schopnost tohoto zařízení přenést a předat elektrickou energii v požadovaném množství a kvalitě na dané místo a v daném čase. Tomuto požadavku musí být přizpůsobeno i provedení elektrického silnoproudého rozvodu a přístrojového vybavení. Pro některé případy to znamená i zvláštní požadavky na provedení rozvodu, kdy je třeba zajistit dodávku energie důležitým spotřebičům i záložním nezávislým zdrojem elektrické energie [2].

Dodávka elektrické energie se rozděluje podle důležitosti do tří skupin [3]:

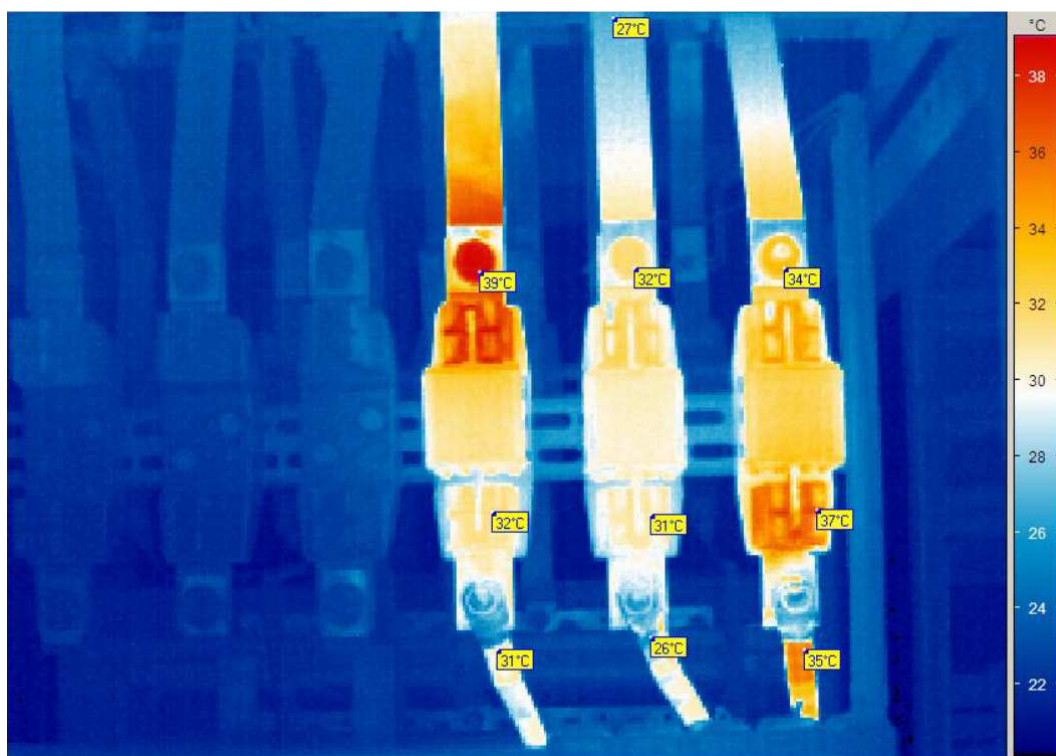
- **První stupeň.** Dodávka elektrické energie musí být zabezpečena za každých okolností, protože její přerušení může způsobit ohrožení lidských životů a velké národohospodářské ztráty. Dodávka elektrické energie musí být zajištěna ze dvou nezávislých zdrojů, z nichž každý musí mít takový výkon, aby zabezpečil dodávku elektrické energie pro všechny spotřebiče prvního

stupně důležitosti [3].

- **Druhý stupeň.** Dodávka elektrické energie má být podle možnosti zabezpečena, protože její přerušení může způsobit podstatné zmenšení nebo i zastavení výroby. Následkem přerušení však nenastane ohrožení lidských životů. Způsob napájení je dán místními poměry a provádí se zálohováním [3].
- **Třetí stupeň.** Dodávka elektrické energie nemusí být zabezpečena zvláštními, opatřeními. Napájení se provádí z jednoho zdroje bez zálohování [3].

Pro provoz CHÚV byl dle původního projektu z roku 1970, vypracovaným Elektromontážními závody Praha, stanoven druhý stupeň dodávky elektrické energie.

Vhledem k důležitosti a nenahraditelnosti provozu CHÚV při nepřetržitém celoročním provozu je nutné využít dostupné diagnostické metody pro včasné odhalení možného problému. Tyto metody jsou vizuální, akustická a termovizní diagnostika. Velkou výhodou těchto metod je, že se kontrola uskutečňuje během běžného provozu bez zásahu do zařízení. Včasné odhalená závada a následně naplánovaná oprava je žádoucí variantou, oproti následné havárii a její nákladné a časově náročné opravě. Z důvodu stárí celé elektroinstalace CHÚV probíhá její diagnostika častěji než v ostatních provozech Mondí Štětí.



Obr. 14 Ilustrační snímek z termovizní kontroly [1]

Pro rozvaděče instalované na provozu CHÚV nejsou z důvodu jejich stáří dostupné žádné originální náhradní díly. V případě havárie běžného elektrického přístroje, kterým je například stykač nebo nadproudové relé, lze reagovat poměrně rychle a naplánovat jeho výměnu za nový, běžně dostupný typ. Pokud by však došlo k havárii jističe v přívodním poli rozvaděče, může jeho výměna trvat řádově dny, z důvodu časové náročnosti úpravy přívodních sběrů.

## 1.8 Protipožární ochrana

V rozvaděčích rozvoden CHÚV jsou prostupy mezi jednotlivými poli rozvaděčů a kabelovými prostory vyplněny protipožárními těsnícími vložkami (výrobce JZD Žarožice). Tyto vložky/sáčky jsou v současné době již nevyhovující - nevhodně nainstalované a z větší části potrhány. Jednotlivé kabelové kanály nejsou mezi sebou nijak protipožárně odděleny.

V rozvodnách CHÚV nejsou nainstalována čidla elektronické protipožární signalizace.

## 1.9 Klimatizace a vzduchotechnika rozvoden

Vzhledem k dispozičnímu umístění rozvoden je okolní ovzduší prašné a chemicky agresivní. Ztrátový výkon v podobě tepelné zátěže emitovaný především transformátory a výkonovými polovodiči je odváděn pomocí nucené ventilace. Tato v prostoru rozvodny vytváří podtlak, který zapříčiňuje nasávání znečištěného vzduchu z technologické haly. Některé chemické látky při dlouhodobém působení tvoří vodivé můstky, jiné způsobují značnou korozi.

Rozvodna E109 má nainstalovány dva odtahové ventilátory a snímač teploty vzduchu místnosti s přenosem do Technologického informačního systému (TIS). Díky tomu lze sledovat teplotu rozvodny on-line pro případná opatření v letních měsících, např. instalace provizorní nucené ventilace.

Rozvodny E109A a E109B mají po jednom odtahovém ventilátoru. V těchto rozvodnách není nainstalován žádný měřič teploty vzduchu.

V době výstavby rozvoden nebylo počítáno s instalací frekvenčních měničů, u kterých ztrátové teplo tvoří 3 až 5 % nominálního výkonu [4]. V rozvodnách CHÚV může v letních měsících teplota vzduchu dosahovat hranice až 38°C; tato teplota snižuje účinnost vlastního chlazení regulovaných pohonů.

## **1.10 Stavební část**

V roce 2014 proběhla rekonstrukce zastřešení celé haly CHÚV (objekt E109 a E36–01), které je rozvodna E109 součástí.

Rozvodny E109A a E109B jsou umístěné mimo hlavní objekt v přístavku s nedostatečnou tepelnou izolací a také je zde patrný občasný průnik vody do prostoru rozvodny. V letních měsících dochází k přídatným tepelným ziskům jak stropní konstrukcí, tak i stěnou. Výplně stavebních otvorů jsou původní a nevyhovují současným požadavkům.



## 2 Rekonstrukce rozvoden ve stávajícím rozsahu

Rozvaděče v objektu CHÚV jsou technicky a morálně zastaralé, což vede k vyšší četnosti technických závad, které nepříznivě ovlivňují chod celého výrobního závodu Mondi Štětí. To je jedním z důvodů pro kompletní rekonstrukci rozvoden.

### 2.1 Výměna transformátorů

Po konzultaci s výrobcem, s ohledem na stáří stávajících transformátorů BEZ aTS792/6A, je oprava (rebase) nerentabilní. Proto uvažuji s instalací nových suchých trojfázových transformátorů s přirozeným chlazením Siemens ve vnitřním provedení typu GEAFOL 4GB6027-3HZ, 6/0,4 kV, především z důvodu unifikace náhradních dílů napříč výrobním závodem.

### 2.2 Výměna rozvaděčů

Návrh nových rozvaděčů musí respektovat tyto požadavky [2]:

- bezpečnost osob i věcí,
- provozní spolehlivost,
- přehlednost provozu,
- přizpůsobitelnost rozvodného zařízení,
- rychlé odstranění poruch,
- hospodárnost provozu,
- hospodárné využití opakovaných celků,
- hospodárnost ve spotřebě barevných kovů,
- estetické požadavky.

Výměna jednotlivých rozvaděčů musí probíhat za plného provozu technologie. To znamená, že realizační projekt musí řešit i provizorní přepojení dotčených vývodů na jiné rezervní vývody. S ohledem na zvýšené riziko úrazu při práci v blízkosti živých částí musí být před zahájením prací provedena zvláštní dodatečná opatření „Práce v blízkosti živých částí“ dle standardu provozovatele [1].

V této variantě není počítáno s optimalizací vlastní spotřeby rozvoden, tzn. transformátory, jednotlivá pole rozvaděčů RM a kompenzační rozvaděče budou vyrobené a instalované ve stávajícím rozsahu (1:1).

#### 2.2.1 Specifikace provedení rozvaděčů RM

Jedná se o nové skříňové rozvaděče sestávající z řady oboustranných

oceloplechových skříní s krytím IP40/20, které budou sestaveny k sobě a budou tak tvořit kompletní rozvaděče. Systém napájecích přípojníc je jednotný a je veden středem pod stropem rozvaděče.

Napěťová soustava:	3 PEN 400/230 V AC, 50Hz TN-C, 3 N+PE 400/230 V AC, 50Hz TN-C-S, 1 N+PE 230 V AC, 50Hz TN-C-S,
Jmenovitý proud:	1600 A,
Provedení rozvaděče:	oceloplechový, skříňový, podstavec pod rozvaděčem, 150mm, krytí IP40/20, systémů přípojníc 1x, společný pro obě řady skříní přívody/vývody spodem, barva RAL 7035, zámek skříní rozvorový, ovl. Doppelbart.

Svorkovnice budou umístěny ve spodní části montážních rámu a rozděleny s označením jednotlivých vývodů

Přístrojová náplň OEZ, Schneider Electric, Finder, Siemens dle standardu [1]

Popisy a výzbroj na dveřích

pole přívodů	měření přívodů, signalizace stavu přívodních jističů (zapnuto, vypnuto, vysunutá poloha, připraveno k zapnutí), signalizace poruchy a tlačítka pro ovládání přívodů (zapnout / vypnout),
pole vývodů	měření vývodů, signalizace stavu jističů a tlačítka pro vypnutí vývodů seznam vývodů v tabulce na vnější straně dveří.

Jističe přívodů a vývodů pro podružné rozvaděče budou ve výsuvném provedení.

Všechny vnitřní spoje budou opatřeny cílovým značením dle standardu [1].

### 2.2.2 Postup výměny rozvaděčů v rozvodně E109

- Přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109 do RM1/E109, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Vypnutí a zajištění transformátoru T10 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM2/E109, jejich řádné označení a stažení

do kabelového prostoru.

- Demontáž rozvaděče RM2/E109.
- Demontáž kompenzačního rozvaděče RK2.
- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Instalace nového transformátoru T10.
- Stavba nového rozvaděče RM2/E109.
- Propojení T10 a RM2/E109.
- Instalace nového kompenzačního rozvaděče RK2.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM2/E109.
- Provedení měření a zhotovení dílčí zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče do zkušebního provozu.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109 do RM2/E109.
- Přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109 do RM2/E109, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Zhotovení dílčí výchozí revize na přepojené vývody.
- Vypnutí a zajištění transformátoru T9 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM1/E109, jejich řádné označení a stažení do kabelového prostoru.
- Demontáž rozvaděče RM1/E109.
- Demontáž kompenzačního rozvaděče RK1.
- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Instalace nového transformátoru T9.
- Stavba nového rozvaděče RM1/E109.
- Propojení T9 a RM1/E109.
- Instalace nového kompenzačního rozvaděče RK1.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM1/E109.
- Provedení měření a zhotovení zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče do zkušebního provozu.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109 do RM1/E109.
- Instalace protipožárního systému měkkou protipožární ucpávkou.
- Zhotovení výchozí revize na nově instalovaná zařízení a přepojené vývody.

### 2.2.3 Postup výměny rozvaděčů v rozvodnách E109A a E109B

- Přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109A do RM2/E109B, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Vypnutí a zajištění transformátoru T1 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM1/E109A, jejich řádné označení a stažení do kabelového prostoru.
- Demontáž rozvaděče RM1/E109A..
- Demontáž kompenzačního rozvaděče RK1.
- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Instalace nového transformátoru T1.
- Stavba nového rozvaděče RM1/E109A.
- Instalace nového kompenzačního rozvaděče RK1.
- Propojení T1 a RM1/E109A.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM1/E109A.
- Provedení měření a zhotovení dílčí zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče do zkušebního provozu.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109B do RM1/E109A.
- Přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109B do RM1/E109A, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Zhotovení dílčí výchozí revize na přepojené vývody.
- Vypnutí a zajištění transformátoru T2 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM2/E109B, jejich řádné označení a stažení do kabelového prostoru.
- Demontáž rozvaděče RM2/E109B.
- Demontáž kompenzačního rozvaděče RK2.
- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Instalace nového transformátoru T2.
- Stavba nového rozvaděče RM2/E109B.
- Instalace nového kompenzačního rozvaděče RK2.
- Propojení T2 a RM2/E109B.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM2/E109B.

- Provedení měření a zhotovení zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče do zkušebního provozu.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109A do RM2/E109B.
- Instalace protipožárního systému měkkou protipožární ucpávkou.
- Zhotovení výchozí revize na nově instalovaná zařízení a přepojené vývody.

### **2.3 Kabely a kabelové trasy**

Nevyhovující kabeláž bude nahrazena kabely typu CYKY, ostatní kabeláž bude dle potřeby připojena, popř. naspojována. Poškozené kabelové trasy budou nahrazeny žárově zinkovanými kabelovými rošty. Zkorodované ocelové trubky budou vyměněny za nerezové.

### **2.4 Protipožární ochrana**

V nově instalovaných rozvaděčích budou prostupy mezi jednotlivými poli rozvaděčů a kabelovými prostory vyplněny měkkou protipožární ucpávkou s požární odolností dle standardu provozovatele [1].

### **2.5 Klimatizace a vzduchotechnika rozvoden**

Pro udržení optimální teploty v prostoru rozvodny je nutné instalovat nové vzduchotechnické jednotky s uhlíkovou filtrací. Tím bude zajištěno dostatečné chlazení pro výkonové prvky (např. frekvenční měniče).

### **2.6 Stavební část**

V rekonstruovaných rozvodnách proběhne kompletní obnova povrchů stěn, stropů, podlah a výměna výplní stavebních otvorů pro dosažení vyšší požární odolnosti.

### 3 Rekonstrukce a optimalizace rozvoden

Výkony jednotlivých zařízení a spotřebičů jsem získal ze soupisu vývodů a z konzultací s technologem provozu CHÚV a energetikem závodu. Data vývodů jsou uvedena v seznamu rozvodných zařízení a spotřebičů (viz příloha C).

Zdrojem pro bilanci dlouhodobého stavu zatížení jednotlivých transformátorů jsou interní materiály firmy Mondi Štětí.

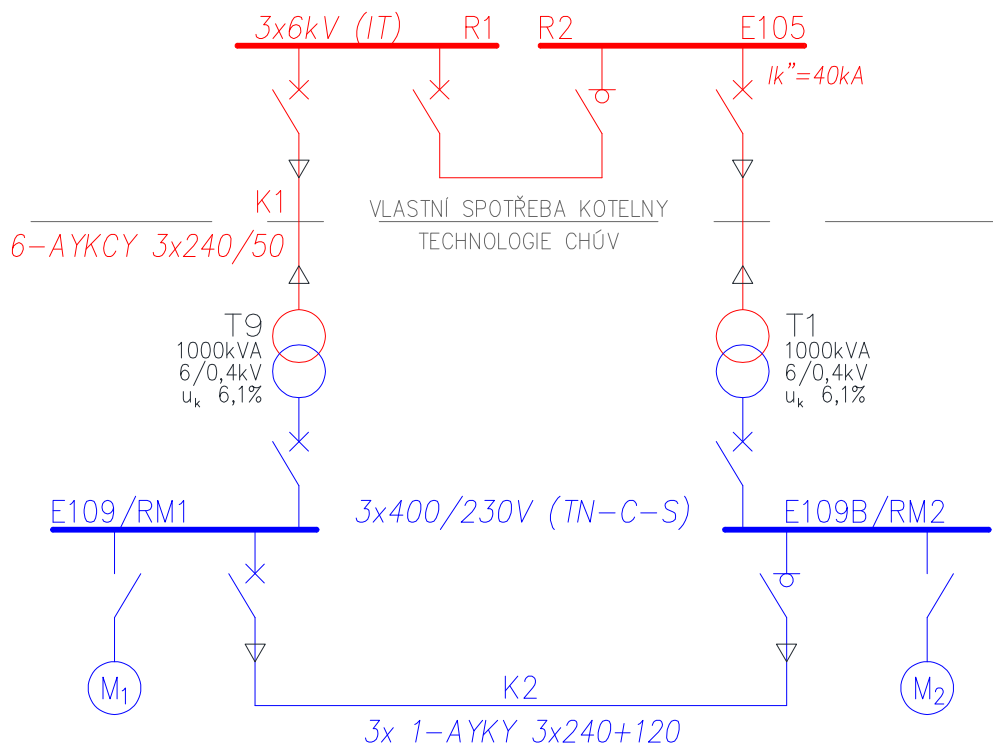
Pro snížení vlastní spotřeby provozu CHÚV uvažuji redukci počtu transformátorů zejména z důvodu jejich nedostatečného zatížení. V minulosti došlo v provozu k optimalizaci výroby, kdy se veškerá nepotřebná technologie demontovala. Díky této optimalizaci došlo zároveň k výraznému snížení spotřeby elektrické energie. Z tohoto důvodu uvažuji zároveň s redukcí počtu rozvaděčů a optimalizaci distribuce elektrické energie.

Tab. 1 Bilance zatížení transformátorů [1]

transformátor	T1	T2	T9	T10
jmenovitý výkon (kVA)	1000	1000	1000	1000
připojeno k rozvaděči	RM1/E109A	RM2/E109B	RM1/E109	RM2/ E109
instalovaný výkon (kW)	800	1000	1200	1250
odebíraný proud (A)	245,2	200,8	378,0	212,2
zatížení transformátoru (%)	17,0	13,9	26,2	14,7
účinnost (-)	0,783	0,762	0,905	0,830

Z důvodu optimalizace, která uvažuje se zpětnou instalací pouze dvou kusů transformátorů namísto původních čtyř, bude nutné zhotovit záložní propojení rozvoden E109 a E109B pro zabezpečení dodávky elektrické energie v případě poruchy jednoho z transformátorů po dobu jeho opravy. To znamená instalovat novou kabelovou lávku v provedení FeZn, na kterou budou položeny tři paralelní kabely typu 1-AYKY 3x240+120.

Pro standardní provoz jsou uvažovány oba nově instalované transformátory, kdy propojení rozvoden bude za normálních provozních podmínek vypnuté. Provozním předpisem bude ošetřeno, aby nedošlo k dlouhodobému provozu obou transformátorů za současně sepnutého propojení rozvoden.



Obr. 15 Zjednodušené přehledové schéma napájení, po optimalizaci

### 3.1 Výměna transformátorů

Po konzultaci s výrobcem, s ohledem na stáří stávajících transformátorů BEZ aTS792/6A, je oprava (repase) nerentabilní. Proto uvažuji s instalací nových suchých trojfázových transformátorů s přirozeným chlazením Siemens ve vnitřním provedení typu GEAFOL 4GB6027-3HZ, 6/0,4 kV, především z důvodu unifikace náhradních dílů napříč výrobním závodem Mondi Štětí.

### 3.2 Výměna rozvaděčů

Výměna jednotlivých rozvaděčů musí probíhat za plného provozu technologie. To znamená, že realizační projekt musí řešit i provizorní přepojení dotčených vývodů na jiné rezervní vývody. S ohledem na zvýšené riziko úrazu při práci v blízkosti živých částí musí být před zahájením práce provedena zvláštní dodatečná opatření „Práce v blízkosti živých částí“ dle standardu provozovatele [1].

#### 3.2.1 Specifikace provedení rozvaděčů RM1/E109 a RM2/E109B

Jedná se o nové skříňové rozvaděče sestávající z řady oboustranných oceloplechových skříní s krytím IP40/20, které budou sestaveny k sobě a budou tak tvořit kompletní rozvaděče.

Napěťová soustava:	3 PEN 400/230 V AC, 50Hz TN-C, 3 N+PE 400/230 V AC, 50Hz TN-C-S, 1 N+PE 230 V AC, 50Hz TN-C-S,
Jmenovitý proud:	1600 A,
Provedení rozvaděče:	oceloplechový, skříňový,
počet polí	16,
podstavec	pod rozvaděčem, 150mm,
krytí	IP40/20,
systémů přípojníc	1x, společný pro obě řady skříní
přívody/vývody	spodem,
barva	RAL 7035,
zámek skříní	rozvorový, ovl. Doppelbart.

Svorkovnice budou umístěny ve spodní části montážních rámu a rozděleny s označením jednotlivých vývodů

Přístrojová náplň OEZ, Schneider Electric, Finder, Siemens dle standardu [1]

Popisy a výzbroj na dveřích

pole přívodů	měření přívodů, signalizace stavu přívodních jističů (zapnuto, vypnuto, vysunutá poloha, připraveno k zapnutí), signalizace poruchy a tlačítka pro ovládání přívodů (zapnout / vypnout),
pole vývodů	měření vývodů, signalizace stavu jističů a tlačítka pro vypnutí vývodů seznam vývodů v tabulce na vnější straně dveří.

Jističe přívodů, a vývodů pro podružné rozvaděče budou ve výsuvném provedení.

Všechny vnitřní spoje budou opatřeny cílovým značením dle standardu [1].

### 3.2.2 Postup výměny rozvaděčů v rozvodně E109

- Přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109 do RM2/E109, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Vypnutí a zajištění transformátoru T9 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM1/E109, jejich řádné označení a stažení do kabelového prostoru.
- Demontáž rozvaděče RM1/E109 a kompenzace RK1.



- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Stavba nového rozvaděče RM1/E109.
- Instalace nového transformátoru T9.
- Instalace nového vn vývodu E105 pro T9, přetažení a naspojkování stávajícího vývodu z R207.
- Propojení T9 a RM1/E109.
- Instalace kompenzace RK1/E109.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM1/E109.
- Provedení měření a zhotovení dílčí zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče do zkušebního provozu.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109 do RM1/E109.
- Zhotovení dílčí výchozí revize na přepojené vývody.
- Instalace protipožárního systému měkkou protipožární ucpávkou.
- Vypnutí a zajištění transformátoru T10 a jeho demontáž.
- Demontáž rozvaděče RM2/E109 a kompenzace RK2.

### 3.2.3 Postup výměny rozvaděčů v rozvodnách E109A a E109B

- Přepojení klíčových spotřebičů z RM2/E109B do RM1/E109A, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Vypnutí a zajištění transformátoru T2 a jeho demontáž.
- Odpojení zbývajících kabelů z rozvaděče RM2/E109B, jejich řádné označení a stažení do kabelového prostoru.
- Demontáž rozvaděče RM2/E109B a kompenzace RK2/E109B.
- Kontrola a případná úprava ocelového rámu rozvaděče.
- Instalace nového transformátoru T1 na pozici původního T2.
- Stavba nového rozvaděče RM2/E109B.
- Propojení T1 a RM2/E109B.
- Instalace kompenzace RK2/E109B.
- Provedení měření a zhotovení dílčí zprávy o výchozí revizi.
- Uvedení rozvaděče RM2/E109B do zkušebního provozu.
- Připojení kabeláže méně důležitých spotřebičů na vývody rozvaděče RM2/E109B.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109A do RM2/E109B.

- Přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109A do RM2/E109B, pro přepojení vývodů bude nutné naspojovat stávající kabely teplem smrštitelnými kabelovými spojkami (viz seznam rozvodných zařízení a spotřebičů dle přílohy C).
- Zhotovení dílčí výchozí revize na přepojené vývody.
- Vypnutí a zajištění původního transformátoru T1 (E109A) a jeho demontáž.
- Zpětné přepojení klíčových spotřebičů z RM1/E109A do RM2/E109B.
- Instalace protipožárního systému měkkou protipožární ucpávkou.
- Zhotovení výchozí revize na nově instalovaná zařízení a přepojené vývody.
- Demontáž rozvaděče RM1/E109A a kompenzace RK1/E109A.

### 3.2.4 Kabely a kabelové trasy

Nevyhovující kabeláž bude nahrazena kabely typu CYKY, ostatní kabeláž bude dle potřeby připojena, popř. naspojována. Poškozené kabelové trasy budou nahrazeny žárově zinkovanými kabelovými rošty. Zkorodované ocelové trubky budou vyměněny za nerezové.

### 3.2.5 Protipožární ochrana

V nově instalovaných rozvaděčích budou prostupy mezi jednotlivými poli rozvaděčů a kabelovými prostory vyplněny měkkou protipožární ucpávkou s požární odolností dle standardu provozovatele [1].

### 3.2.6 Klimatizace a vzduchotechnika rozvoden

Pro udržení optimální teploty v prostoru rozvodny je nutné instalovat nové vzduchotechnické jednotky s uhlíkovou filtrací. Tím bude zajištěno dostatečné chlazení pro výkonové prvky (např. frekvenční měniče).

### 3.2.7 Stavební část

V rekonstruovaných rozvodnách proběhne kompletní obnova povrchů stěn, stropů a podlah, výměna výplní stavebních otvorů pro dosažení vyšší požární odolnosti.

## 3.3 Výpočty a dimenzování

### 3.3.1 Výpočtové zatížení kabelového propojení rozvoden E109 a E109B

Stanovení zatížení jednotlivých nainstalovaných transformátorů lze provést pomocí výpočtového zatížení a z něho určený výpočtový proud [3].

#### 3.3.1.1 Součinitel náročnosti

Součinitel náročnosti  $\beta$  je definován vztahem:

$$\beta = \frac{P_{max}}{\sum P_i} \leq 1 \quad (-) \quad (1)$$

- $P_i$  instalovaný výkon jednotlivých spotřebičů objektu (W)  
 $P_{max}$  hodinové maximum odběru elektrické energie v období celého roku (W)

### 3.3.1.2 Výpočtové zatížení

Tohoto výpočtového zatížení se užije pro dimenzování napájecího zdroje, přívodu, rozvodny, počtu a velikosti napájecích transformátorů, případně rozvaděčů a jejich napájecích vedení. Je dán výrazem:

$$P_p = \beta \cdot \sum P_i \quad (W) \quad (2)$$

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi_{stř}} = \frac{\beta \cdot \sum P_i}{\cos\varphi_{stř}} \quad (VA) \quad (3)$$

- $P_p$  výpočtové zatížení (W)  
 $S_p$  výpočtové zatížení (VA)  
 $P_i$  instalovaný výkon (W)  
 $\cos\varphi$  účinník (-)  
 $\beta$  součinitel náročnosti (-)

Výše uvedené vztahy (1), (2), (3) neuvažují, protože jsem hodnoty nutné pro další výpočty obdržel od energetika závodu, viz tab. 2.

Tab. 2 Bilance zatížení transformátorů, po optimalizaci [1]

transformátor	T1	T2	T9	T10
jmenovitý výkon (kVA)	1000	<b>zrušeno</b>	1000	<b>zrušeno</b>
připojeno k rozvaděči	RM2/E109B	-	RM1/E109	-
instalovaný výkon (kW)	1800	-	2400	-
výpočtový výkon $P_p$ (kW)	239	-	359	-
účinník, bez kompenzace (-)	0,77	-	0,88	-

### 3.3.1.3 Výpočtový proud

Stanoví se z výpočtového zatížení  $P_p$ . Pro trojfázový spotřebič je:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos\varphi} \quad (A) \quad (4)$$

- $\cos\varphi$  účinník v okamžiku maxima odběru (-)  
 $U_s$  jmenovité sdružené napětí spotřebiče (V)

Po dosazení do rovnice

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos\varphi} = \frac{359}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,88} = 588,8 \text{ A}$$

Z uvedených hodnot v tab. 2 je patrné, že je možné uvažovat se zrušením dvou pozic transformátorů. Nově uvažovaný stav po rekonstrukci je patrný z obr. 15, kde je nezbytné pro nutnou zálohu napájení jednotlivých rozveden nainstalovat kabelový propoj mezi rozvodnami E109 a E109B.

### 3.3.1.4 Dimenzování průřezu vodičů

Dovolené proudové zatížení respektující způsob uložení vodiče a okolní teplotu  $I_{dov}$  [9]:

$$I_{dov} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_N \quad (\text{A}) \quad (5)$$

$k_1$	přepočítávací součinitel pro okolní teplotu vzduchu	(-)
$k_2$	přepočítávací součinitel pro seskupení více kabelů	(-)
$I_N$	jmenovitý proud pro daný typ a průřez vodiče a základní způsob uložení	(A)

Podle vztahů (4) a (5) uvažují dovolený proud roven maximálním proudovému zatížení, potom platí [7]:

$$I_N = \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2} \quad (\text{A}) \quad (6)$$

$$I_N = \frac{588,8}{1 \cdot 0,8} = 736,0 \text{ A}$$

Dle provozní zvyklosti jsem zvolil kabel 1-AYKY 3x240+120, jehož proudová zatížitelnost pro základní uložení a normativní podmínky (tzn. jeden kabel na vzduchu) je 330 A [17]. Z toho vyplývá, že pro uvažované zatížení bude nutné instalovat tři paralelní kabely.

$$I_{dov} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_N = 1 \cdot 0,8 \cdot (3 \cdot 330) = 792 \text{ A}$$

$$I_N \leq I_{dov}$$

### 3.3.2 Kontrola kabelového propojení E109 a E109B na úbytek napětí

Dle ČSN 34 1610 [14] je maximální přípustná hodnota úbytku napětí  $\Delta U_{max}$  5%.

Vlastnosti vedení (kabelů) určují reaktance  $X_K$  a činný odpor  $R_K$ .

$$X_K = l\omega L = l \cdot 2\pi \cdot f \cdot L_K \quad (\Omega) \quad (7)$$

$l$	celková délka vedení	(km)
$L_K$	měrná indukčnost kabelu	(mH/km)

Hodnoty dané výrobcem pro kabel K2 typu 1-AYKY 3x240+120 [17]:

– činný odpor kabelu  $R_{K(km)}$ .....0,125  $\Omega$ /km

– indukčnost kabelu  $L_K$ .....0,220 mH/km

Parametry vedení při uvažované celkové délce 110 m:

$$X'_{K2} = l\omega L_K = l \cdot 2\pi f \cdot L_K = 0,11 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0,22 \cdot 10^{-3} = 7,603 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R'_{K2} = R_{K(km)} \cdot l = 0,125 \cdot 0,11 = 1,375 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Pro tři paralelní kabely platí:

$$X_{K2} = \frac{X'_{K2}}{3} = 2,534 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{K2} = \frac{R'_{K2}}{3} = 4,583 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Na základě parametrů vedení a proudové zátěže je úbytek dán:

$$\Delta U_f = R \cdot I_p \cdot \cos\varphi + X \cdot I_p \cdot \sin\varphi \quad (\text{V}) \quad (8)$$

$$\Delta U_{f(\%)} = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta U_f}{U_S} \cdot 100 \quad (\%) \quad (9)$$

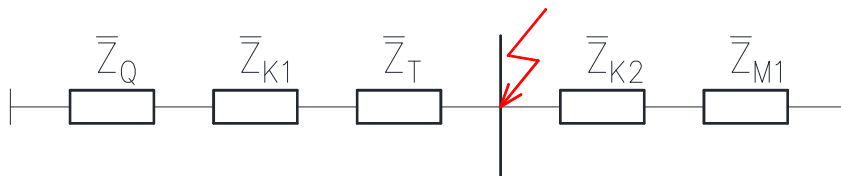
$$\Delta U_f = 4,583 \cdot 10^{-3} \cdot 588,8 \cdot 0,88 + 2,534 \cdot 10^{-3} \cdot 588,8 \cdot 0,475 = 3,08 \text{ V}$$

$$\Delta U_{f(\%)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3,08}{400} \cdot 100 = 1,34 \%$$

### 3.3.3 Výpočet zkratových impedancí

Pro výpočet zkratových poměrů jsem použil metodu ekvivalentního napěťového zdroje popsané v ČSN EN 60909-0 [15], kdy jsou všechny prvky v obvodu, dle náhradního schématu (viz obr. 16), nahrazeny jejich vnitřními impedancemi. Jedná se o:

- síťový napáječ,
- kabelové vedení,
- transformátor,
- a příspěvek asynchronních motorů.



Obr. 16 Náhradní schéma soustavy

#### 3.3.3.1 Síťový napáječ

Ekvivalentní impedance je dána vztahem (10), kterou dále musí být přepočítána na napěťovou hladinu v místě zkratu.

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \quad (\Omega) \quad (10)$$

$$Z_{Q(0,4kV)} = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} \quad (\Omega)$$

$c$	napětový součinitel	(-)
$U_{nQ}$	jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe Q	(V)
$I''_{kQ}$	počáteční souměrný rázový zkratový proud	(A)
$t_r$	jmenovitý převod transformátoru	(V)

$$Z_{Q(0,4kV)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 40 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 4,234 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Podle ČSN EN 60909-0 [15] je možné určení složek impedance  $\bar{Z}_Q$  tzn. reaktance a rezistance sítě dosazením do vztahů:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q \quad (\Omega) \quad (11)$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q \quad (\Omega) \quad (12)$$

Reaktance sítě:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,995 \cdot 4,234 \cdot 10^{-4} = 4,213 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Rezistance sítě:

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,1 \cdot 4,234 \cdot 10^{-4} = 4,213 \cdot 10^{-5} \Omega$$

Komplexní impedance sítě přepočtená na napět'ovou hladinu 0,4 kV je potom:

$$\bar{Z}_Q = R_Q + jX_Q = (4,213 \cdot 10^{-5} + j 4,213 \cdot 10^{-4}) \Omega$$

### 3.3.3.2 Kabelové vedení

Hodnoty dané výrobcem pro kabel K1 typu 6-AYKCY 3x240/50 [18]:

- činný odpor kabelu  $R_{K(km)}$ .....0,125  $\Omega$ /km
- indukčnost kabelu  $L_K$ .....0,280 mH/km

Parametry vedení při uvažované celkové délce 200 m:

$$X_{K1} = l\omega L_K = l \cdot 2\pi f \cdot L_K = 0,2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 1,759 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$R_{K1} = R_{K(km)} \cdot l = 0,125 \cdot 0,2 = 0,025 \Omega$$

Parametry vedení K1 přepočtené na napět'ovou hladinu 0,4 kV jsou potom:

$$X_{K1(0,4kV)} = X_{K1} \cdot \frac{1}{t_r^2} = 1,759 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 7,82 \cdot 10^{-5} \Omega$$

$$R_{K1(0,4kV)} = R_{K1} \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,025 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 1,11 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Komplexní impedance kabelu K1 přepočtená na napět'ovou hladinu 0,4 kV je potom:

$$\bar{Z}_{K1} = (1,11 \cdot 10^{-4} + j 7,82 \cdot 10^{-5}) \Omega$$

Komplexní impedance kabelového vedení K2 typu 1-AYKY 3x240+120 dle vypočítaných hodnot pro ověření úbytku napětí je potom:

$$\bar{Z}_{K2} = (4,583 \cdot 10^{-3} + j 2,534 \cdot 10^{-3}) \Omega$$

### 3.3.3.3 Transformátor

Impedance transformátoru:

$$Z_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (\Omega) \quad (13)$$

$$\bar{Z}_T = R_T + jX_T \quad (\Omega) \quad (14)$$

$u_k$	jmenovité napětí nakrátko	(%)
$U_{rT}$	jmenovité sekundární napětí transformátoru	(V)
$S_{rT}$	jmenovitý výkon	(VA)

kde rezistence transformátoru:

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2} \quad (\Omega) \quad (15)$$

$P_{krT}$	jmenovité ztráty nakrátko	(W)
$I_{rT}$	jmenovitý sekundární proud transformátoru	(A)

a reaktance transformátoru:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (\Omega) \quad (16)$$

Hodnoty dané výrobcem pro transformátor T (T1, T9) typu GEAFOL (viz příloha B):

- jmenovitý výkon  $S_{rT}$ .....1000 kVA
- jmenovité napětí nakrátko  $u_k$ .....6,1 %
- jmenovité ztráty nakrátko  $P_{krT}$ .....9,5 kW
- jmenovitý proud  $I_{rT}$ .....1443 A

$$Z_T = \frac{6,1}{100} \cdot \frac{400^2}{10^6} = 9,76 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_T = \frac{9,5 \cdot 10^3}{3 \cdot 1443^2} = 1,521 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_T = \sqrt{9,76 \cdot 10^{-3}^2 - 1,521 \cdot 10^{-3}^2} = 9,64 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$\bar{Z}_T = (1,521 \cdot 10^{-3} + j 9,64 \cdot 10^{-3}) \Omega$$

Pro daný typ transformátoru bez přepínače odboček korekční součinitel  $K_T$  zanedbávám.

### 3.3.3.4 Příspěvek asynchronních motorů

Motory připojené do jednoho uzlu sítě, nahrazují impedancí v podobě ekvivalentního motoru, kterým nahrazují i veškeré ostatní spotřeby, které jsou připojeny k síti transformátorem 6,0/0,4 kV. Jedná se o smíšené spotřeby jalového i činného příkonu.

Impedance je dána vztahem:

$$Z_M = \frac{1}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} \quad (\Omega) \quad (17)$$

$U_{rM}$  jmenovité napětí motoru (V)

$\frac{I_{LR}}{I_{rM}}$  poměr záběrného proudu ke jmenovitému proudu motoru (A)

$S_{rM}$  jmenovitý zdánlivý příkon motoru (VA)

$$S_{rM} = \frac{\sum P_M}{\eta \cdot \cos\varphi} \quad (\Omega) \quad (18)$$

$\sum P_M$  součet jmenovitých činných výkonů uvažovaných motorů (W)

Vliv kompenzace jalového výkonu neuvažují. Hodnoty dané provozovatelem pro nově navržené rozvaděče RM1, RM2 jsou shrnuty v tabulce:

Tab. 3 Výpočtové výkony uvažovaných nn motorů [1]

Transformátor	T1	T9
připojeno k rozvaděči	RM2/E109B	RM1/E109
výpočtový zdánlivý výkon $S_{rM}$ (kVA)	248	326
poměr záběrného proudu ke jmenovitému proudu motoru	5	

Ekvivalentní motor M1

$$Z_{M1} = \frac{1}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} = \frac{1}{5} \cdot \frac{400^2}{326 \cdot 10^3} = 9,82 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Pro skupiny motorů nn platí dle ČSN [15]:

$$X_M = 0,922 \cdot Z_M \quad \frac{R_M}{X_M} = 0,42$$

$$X_{M1} = 0,922 \cdot Z_{M1} = 0,922 \cdot 9,82 \cdot 10^{-2} = 9,05 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$R_{M1} = 0,42 \cdot X_{M1} = 0,42 \cdot 9,05 \cdot 10^{-2} = 3,801 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\bar{Z}_{M1} = R_{M1} + jX_{M1} = (3,801 \cdot 10^{-2} + j9,05 \cdot 10^{-2}) \Omega$$



### 3.3.3.5 Celková zkratová impedance

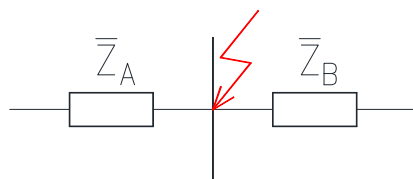
Zjednodušením náhradního schématu (viz obr. 17) vypočítám celkovou zkratovou impedanci  $\bar{Z}_k$ , která je paralelní kombinací  $\bar{Z}_A \parallel \bar{Z}_B$ .

$$\bar{Z}_k = \left( \frac{1}{\bar{Z}_A} + \frac{1}{\bar{Z}_B} \right)^{-1} \quad (\Omega) \quad (19)$$

Kde  $\bar{Z}_A$  je sériová kombinace impedancí napáječe, vedení K1 a transformátoru.

$$\bar{Z}_A = \bar{Z}_Q + \bar{Z}_{K1} + \bar{Z}_T = (R_Q + R_{K1} + R_T) + j(X_Q + X_{K1} + X_T) \quad (\Omega) \quad (20)$$

A impedance  $\bar{Z}_B$  je rovna impedanci motorů  $\bar{Z}_{M1}$ .



Obr. 17 Zjednodušené náhradní schéma soustavy

Výpočet celkové impedance  $\bar{Z}_k$  je tedy

$$\bar{Z}_A = (1,674 \cdot 10^{-3} + j1,014 \cdot 10^{-2}) \Omega, \quad \bar{Z}_B = (3,801 \cdot 10^{-2} + j9,05 \cdot 10^{-2}) \Omega$$

$$\bar{Z}_k = \left( \frac{1}{\bar{Z}_A} + \frac{1}{\bar{Z}_B} \right)^{-1} = (1,721 \cdot 10^{-3} + j9,165 \cdot 10^{-3}) = 9,325 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j79,4^\circ} \Omega$$

### 3.3.4 Výpočet zkratových proudů

Pro ověření navrženého průřezu vodiče a ostatních prvků soustavy, které musí odolat účinkům zkratového proudu, dále vypočítám:

- počáteční rázový zkratový proud  $I_k''$ ,
- ekvivalentní oteplovací proud  $I_{th}$ ,
- průřez vodiče z hlediska tepelných účinků,
- nárazový zkratový proud  $i_p$ .

#### 3.3.4.1 Počáteční rázový zkratový proud

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (A) \quad (21)$$

$$I_k'' \leq I_{cu} [11]$$

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k'' \quad (\text{VA}) \quad (22)$$

$c$	napěťový součinitel	(-)
$Z_k$	zkratová impedance	( $\Omega$ )
$U_n$	napětí v místě zkratu	(V)
$I_{cu}$	jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost jističe	(A)
$S_k''$	rázový zkratový výkon	(VA)

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 9,325 \cdot 10^{-3}} = 27,242 \text{ kA}$$

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k'' = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 27242 = 18,87 \text{ MVA}$$

Na základě výpočtu a požadavku provozovatele, jsem dimenzoval přívodní jističe za transformátorem na jmenovitou mezní zkratovou vypínací schopnost  $I_{cu}$  66 kA [19].

### 3.3.4.2 Ekvivalentní oteplovací proud

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n} \quad (\text{A}) \quad (23)$$

$m$	součinitel pro tepelné účinky pro stejnosměrné složky zkratového proudu	(-)
$n$	součinitel pro tepelné účinky pro střídavé složky zkratového proudu	(-)

uvažují  $n = 1$ , dle ČSN 60 909-0 [15]

$$m = \frac{1}{2fT_k \ln(\kappa - 1)} [e^{4fT_k \ln(\kappa - 1)} - 1] \quad (-) \quad (24)$$

$$\kappa = 1,02 + 0,98e^{-3R/X} \quad (-) \quad (25)$$

$T_k$	doba trvání zkratu	(s)
$f$	frekvence sítě	(Hz)
$\kappa$	součinitel pro výpočet nárazového zkratového proudu	(-)
$R$	činná složka zkratového proudu	( $\Omega$ )
$X$	jalová složka zkratového proudu	( $\Omega$ )

$$\kappa = 1,02 + 0,98e^{-3(1,721 \cdot 10^{-3} / 9,165 \cdot 10^{-3})} \doteq 1,578$$

Na základě zvoleného jisticího prvku uvažují dobu trvání zkratu 1s.

$$m = \frac{1}{2 \cdot 50 \cdot 1 \cdot \ln(1,578 - 1)} [e^{4 \cdot 50 \cdot 1 \cdot \ln(1,578 - 1)} - 1] \doteq 0,018$$

$$I_{th} = 27242 \sqrt{0,018 + 1} = 27489 \text{ A}$$

### 3.3.4.3 Dimenzování průřezu vodiče z hlediska tepelných účinků

$$S_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{T_k}}{K} \leq S \quad (\text{mm}^2) \quad (26)$$

$K$  materiálová konstanta [6]

$(\text{A} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{mm}^{-2})$

$S$  průřez zvoleného vodiče

$(\text{mm}^2)$

$$S_{min} = \frac{27489 \cdot \sqrt{1}}{73} = 376,56 \text{ mm}^2$$

### 3.3.4.4 Nárazový zkratový proud

Je rozhodujícím kritériem při kontrole dynamického namáhání zařízení sítě.

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} I_k'' \quad (\text{A}) \quad (27)$$

$$i_p \leq I_{cm} \quad [11]$$

$I_{cm}$  jmenovitá zkratová zapínací schopnost jističe

(A)

$$i_p = 1,578 \cdot \sqrt{2} \cdot 27242 = 60788 \text{ A}$$

Na základě výpočtu jsem ověřil navržené přívodní jističe za transformátorem na jmenovitou zkratovou zapínací schopnost  $I_{cm}$  145 kA [19].

## 3.4 Výpočet kompenzačního výkonu

Pro kompenzaci jalového výkonu uvažuji s instalací dvou kusů kompenzačních rozvaděčů. Jejich výkon stanovím výpočtem [8].

Při známém činném výkonu kompenzovaného zařízení, jeho účinníku  $\cos\varphi$  a požadovaném účinníku, mohu spočítat potřebný jalový výkon  $Q_c$  jako rozdíl indukčních výkonů před kompenzací  $Q$  a po instalaci kompenzace  $Q_k$  dle vztahu:

$$Q_c = Q - Q_k = P_p (tg\varphi - tg\varphi_k) \quad (\text{VAr}) \quad (28)$$

$Q_c$  výkon kompenzace

(VAr)

$P_p$  výpočtový výkon rozvaděče

(W)

Kompenzační výkon počítám dle vztahu (28), kde uvažuji požadovaný účinník  $\cos\varphi_k = 0,98$  a dle požadavku energetika závodu navyšuji kompenzační výkon o 30%.

Výpočet jalového výkonu pro RM1:

$$Q_{c(RM1)} = 1,3 \cdot 239 \cdot (0,829 - 0,203) = 194,36 \text{ kVAr}$$

Výpočet jalového výkonu pro RM2:

$$Q_{C(RM2)} = 1,3 \cdot 359 \cdot (0,540 - 0,203) = 157,13 \text{ kVAr}$$

Na základě vypočítaných jalových výkonů uvažuji s instalací chráněných kompenzačních rozvaděčů firmy Emcos F-KOM typ EF-198/18 pro rozvaděč RM1 a typ EF-176/16 pro rozvaděč RM2.

## 4 Ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant

Cílem této kapitoly je vyhodnocení obou uvažovaných variant rekonstrukce rozvoden s ohledem na investiční a provozní náklady.

### 4.1 Investiční náklady

První varianta rekonstrukce uvažuje s obnovou rozvoden v původním stavu, bez jakékoli optimalizace. Jedná se zejména o:

- Náhradu čtyř kusů transformátorů T1, T2, T9 a T10 (1000 kVA).
- Náhradu čtyř kusů rozvaděčů RM1/E109A, RM2/E109B, RM1/E109 a RM2/E109.
- Náhradu čtyř kusů kompenzačních rozvaděčů se stejným kompenzačním výkonem jako původní (viz příloha A).
- Opravu poškozených kabelových tras.
- Spojkování, popř. výměna kabeláže.
- Stavební úpravy.
- Instalace VZT jednotek do rozvoden E109, E109A a E109B.

Druhá varianta rekonstrukce uvažuje s obnovou rozvoden s ohledem na optimalizaci vlastní spotřeby. Jedná se zejména o:

- Náhradu dvou kusů transformátorů T1 a T9.
- Náhradu dvou kusů rozvaděčů RM1/E109 a RM2/E109B.
- Náhradu dvou kusů kompenzačních rozvaděčů s výkony 176 kVAr a 198 kVAr.
- Instalace kabelového propojení RM1/E109 a RM2/E109B.
- Opravu poškozených kabelových tras.
- Spojkování, popř. výměna kabeláže.
- Stavební úpravy.
- Instalace VZT jednotek do rozvoden E109 a E109B.

### 4.2 Provozní náklady

Pro vyhodnocení provozních nákladů v časovém horizontu deseti let jsou zahrnuté zejména:

- Náklady na provoz zařízení
  - ztráty transformátorů a provoz kompenzací při kompenzaci na  $\cos \varphi_k = 0,98$ ,
  - náklady na provoz vzduchotechniky a klimatizačních jednotek.

- Náklady na preventivní údržbu
  - zákonné revize elektrických zařízení,
  - termovizní kontroly rozvoden,
  - periodický servis transformátorů a rozvaděčů (vyčištění, kontrola spojů,...),
  - kontroly a výměny filtrů VZT jednotek.

Tab. 4 Porovnání investičních nákladů rekonstrukce rozvoden dle variant [1]

	Varianta 1) původní stav (Kč)	Varianta 2) optimalizace (Kč)
výměna transformátorů	1.964.000	982.000
výměna rozvaděčů	7.643.000	5.950.000
výměna kompenzačních rozvaděčů	720.000	360.000
výměna kabelových tras	1.500.000	1.330.000
spojkování, výměna kabelů	264.000	301.000
protipožární ucpávky	240.000	120.000
stavební práce	995.000	670.000
VZT vč. Klimatizace	920.000	615.000
Demontáže	450.000	450.000
ostatní (projekt, revize, ...)	1.030.000	835.000
kabelové propojení rozvoden	-	273.000
<b>cena celkem</b>	<b>15.726.000</b>	<b>11.886.000</b>

Tab. 5 Porovnání ročních provozních nákladů [1]

	Varianta 1) původní stav (Kč)	Varianta 2) optimalizace (Kč)
transformátor T1	42.856	56.905
transformátor T2	40.879	-
transformátor T9	51.126	71.494
transformátor T10	41.348	-
VZT jednotka E109	41.000	41.000
VZT jednotka E109A	27.400	-
VZT jednotka E109B	27.400	27.400
termovizní kontrola rozvoden	4.500	4.500
periodická revize (1x za 3 roky) *)	27.000	21.000
<b>Roční provozní náklady</b>	<b>285.509</b>	<b>208.299</b>

\*) v celkové sumě je cena revize zahrnuta jako poměrná hodnota tzn. 1/3 uvedených nákladů

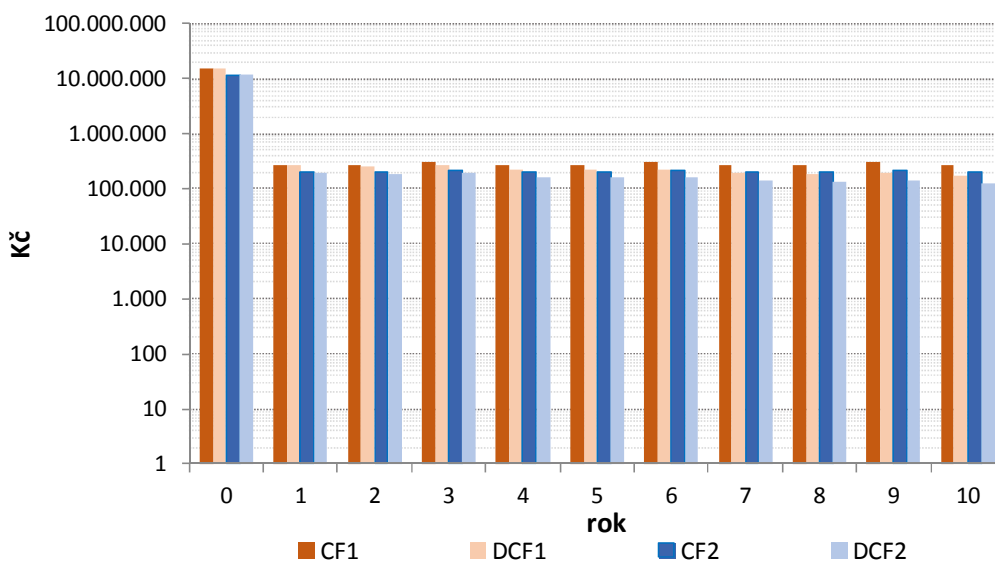
### 4.3 Porovnání variant

Pro porovnání výše popsaných variant jsem použil sledování finančních toků CF (*Cash Flow*). Vycházím z předpokladu, že investice proběhne v „nultém“ roce doby života a provozní náklady vznikají až v následujících letech. Pro jednoduchost neuvažuji nárůst cen energií a uvažuji pevnou diskontní úrokovou míru 5 %. Jako ekonomický ukazatel jsem použil čistou současnou hodnotu NPV (*Net Present Value*) [10].

$$NPV = \sum_0^t DCF_t \quad (\text{Kč}) \quad (29)$$

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (\text{Kč}) \quad (30)$$

- $DCF_t$  diskontovaný peněžní tok v daném roce  $t$  (Kč)  
 $CF_t$  generovaný peněžní tok v daném roce  $t$  (Kč)  
 $r$  diskontní úroková míra (%)  
 $t$  doba životnosti (sledovaná doba) (rok)



Obr. 18 Příklady hotovostních toků pro sledované období (10 let)

Tab. 6 Porovnání celkových nákladů [1]

	Varianta 1) původní stav (Kč)	Varianta 2) optimalizace (Kč)
Investiční náklady	15.726.000	11.886.000
Provozní náklady (roční)	285.509	208.299
Čistá současná hodnota (10 let)	17.922.005	13.487.725
Porovnání nákladů (NPV)	<b>100,0 %</b>	<b>75,26 %</b>

## 5 Závěr

Z popisu současného stavu rozvoden chemické úpravny vody v Mondi Štětí, s přihlédnutím k působení vnějších a provozních vlivů, vyplývá, že pro jejich další provozuschopnost je nutná celková rekonstrukce.

První varianta uvažující náhradu rozvoden v plném rozsahu, je z hlediska investičních a následně i provozních nákladů méně výhodná.

V druhé variantě optimalizují počet redundantních zdrojů, což vede ke snížení vlastní spotřeby o cca 24 %. Proto počítám s náhradou pouze dvou transformátorů a instalací dvou kusů rozvaděčů. Instalovaný výkon navrhovaných transformátorů zabezpečuje dostatečnou rezervu pro případné navýšení příkonu některých spotřebičů. Z důvodu zachování funkčnosti obou rozvoden při výpadku jednoho z transformátorů, je nutná instalace nového kabelového propojení rozvoden. Tato varianta je z hlediska investičních a provozních nákladů v časovém horizontu deseti let výhodnější téměř o 25 %.

Obě zmiňované varianty rekonstrukce rozvoden splňují požadavky energetika závodu na druhý stupeň důležitosti dodávky elektrické energie.

Věřím, že závěry z této bakalářské práce budou dále využity jako jeden z podkladů pro zpracování zadávací dokumentace pro výběr dodavatele, která se bude muset detailněji zabývat i stavební částí včetně TZB.



## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Interní zdroje MONDI Štětí, a.s.
- [2] FENCL, František. *Rozvodná zařízení*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 1998, 156 s. ISBN 80-01-01798-2.
- [3] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, 2008, 156 s. Dostupné z: <[http://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/ueen/Rozvodna\\_zarizeni\\_S.pdf](http://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/ueen/Rozvodna_zarizeni_S.pdf)>.
- [4] GLASNÁK, Jan. *Požadavky pro návrh chlazení elektrických rozváděčů*. Rittal 2014. Dostupné z: <<http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/34.php>>
- [5] TESAŘOVÁ, Miloslava. *Výpočtová zatížení*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016, 9 s. Dostupné z: <[http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/Vypoctove\\_zatizeni.pdf](http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/Vypoctove_zatizeni.pdf)>
- [6] TESAŘOVÁ, Miloslava. *Tabulky pro dimenzování vodičů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 11 s. Dostupné z: <[home.zcu.cz/~tesarova/PE/Soubory/Dimenzovani-zkraceno.pdf](http://home.zcu.cz/~tesarova/PE/Soubory/Dimenzovani-zkraceno.pdf)>
- [7] TESAŘOVÁ, Miloslava. *Dimenzování průřezu vodičů – příklady*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 11 s. Dostupné z: <[http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/Priklady\\_dimenzovani\\_vodicu\\_dalk\\_ari.doc](http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/Priklady_dimenzovani_vodicu_dalk_ari.doc)>
- [8] TESAŘOVÁ, Miloslava. *Návrh skupinové kompenzace*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016, 6s. Dostupné z: <<http://home.zcu.cz/~tesarova/PE/Soubory/Priklady%20navrhu%20kompenzace%20uciniku.zip>>
- [9] VRÁNA, Václav a KOLÁŘ, Václav. *Dimenzování a jištění elektrických vedení*. Ostrava: Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB – TU Ostrava, 2004, 8 s. Dostupné z: <[http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/dimenz\\_bc.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/dimenz_bc.pdf)>
- [10] ZIKMUND, Martin. *Hodnocení investic: Čistá současná hodnota (NPV) stručně a jasně*, BusinessVize, 2010. Dostupné z: <<http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne>>
- [11] Kolektiv autorů OEZ, *Příručka elektrikáře*. Letohrad: OEZ s.r.o., 2012, 66 s.
- [12] ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení*. Praha, ÚNMZ, 2012, 120 s
- [13] ČSN 33 0165 ed. 2. *Značení vodičů barvami nebo číslicemi – Prováděcí ustanovení*. Praha, ÚNMZ, 2014, 20 s
- [14] ČSN 34 1610. *Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách*. Praha, Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1963, 76 s

- [15] ČSN EN 60909-0. *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů*. Praha, ÚNMZ, 2002, 62 s
- [16] ČSN EN 60865-1. *Zkratové proudy - Výpočet účinků - Část 1: Definice a výpočetní metody*. Praha, ČNI, 1997, 51 s
- [17] *Katalog kabelů 1-AYKY*, PRAKAB Pražská kabelovna s.r.o., 2016. Dostupné z: <[http://www.prakab.cz/upload/bilder/Produkte/images-pdfs-EN/energy-cables-kV/1AYKY\\_CZ.pdf](http://www.prakab.cz/upload/bilder/Produkte/images-pdfs-EN/energy-cables-kV/1AYKY_CZ.pdf)>
- [18] *Katalog kabelů 6-AYKCY*, NKT Cables s.r.o., 2016. Dostupné z: <[http://81.0.246.66/nkt\\_pk/datasheets\\_pdf/6-AYKCY\\_3zil.pdf](http://81.0.246.66/nkt_pk/datasheets_pdf/6-AYKCY_3zil.pdf)>
- [19] *Katalog vzduchových jističů Arion*, OEZ s.r.o., 2012, 96 s. Dostupné z: <[http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/2196-z01-12\\_cz\\_sk.pdf](http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/2196-z01-12_cz_sk.pdf)>
- [20] *Katalog kompenzačních rozvaděčů F-KOM*, EMCOS s.r.o., 2016. Dostupné z: <[http://www.emcos.cz/pdf/F-KOM\\_katalog%202016.pdf](http://www.emcos.cz/pdf/F-KOM_katalog%202016.pdf)>

## Příloha A Výrobní štítky stávajících zařízení

### ROZVODNA E109 (OBJ. E36-01)

#### Transformátory T9 a T10

Výrobce	BEZ Bratislava
Typové označení	aTS792/6A
Výkon	1 MVA
Jmenovité napětí $U_n$	6/0.4 kV
Jmenovitý proud $I_n$	96.3/1444 A
Výkon	1000 kVA
Zapojení	Dyn1
Rok výroby	1969

#### Rozvaděč RM1/E109

*Oboustranný rozvaděč o 14 polích v bloku s transformátorem T9 typu aTS792/6A*

Výrobce	K&R KREL Hlavnice
Typové označení	P
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	1600 A
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1993
Hmotnost	2500 kg

#### Rozvaděč RM2/E109

*Oboustranný rozvaděč o 14 polích v bloku s transformátorem T10 typu aTS792/6A*

Výrobce	K&R KREL Hlavnice
Typové označení	P
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	1600 A
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1993
Hmotnost	1950 kg

#### Kompenzační rozvaděče RK1 a RK2

*Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce	ELMONT Bydgoszcz, Polsko
Typové označení	BK-88, typ 360/40
Jmenovité napětí $U_n$	500 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	540 A
Výkon	360 kVAr
Krytí	IP 40
Rok výroby	1989
Hmotnost	270 kg

### Rozvaděč osvětlení RO101

#### *Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce	Elektrozávod Opava
Typové označení	RO101
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	200 A
Krytí	IP 40
Rok výroby	1993

### Rozvaděč nouzového osvětlení RU11

#### *Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce	Elektrozávod Opava
Typové označení	RU11
Jmenovité napětí $U_n$	220 Vss
Jmenovitý proud $I_n$	63 A
Krytí	IP 40
Rok výroby	1993

## **ROZVODNA E109A (OBJ. E109)**

### Transformátor T1

Výrobce	BEZ Bratislava
Typové označení	aTS792/6A
Výkon	1 MVA
Jmenovité napětí $U_n$	6/0.4 kV
Jmenovitý proud $I_n$	96.3/1444 A
Výkon	1000 kVA
Zapojení	Dyn1
Rok výroby	1971

### Rozvaděč RM1/E109A

#### *Oboustranný rozvaděč o 12 polích v bloku s transformátorem T1 typu aTS792/6A*

Výrobce:	ETZ
Typové označení	JRPDV4
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50Hz
Jmenovitý proud $I_n$	1600 A
Max zkratový proud $I_p$	60 kA
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1972
Hmotnost	2500 kg

### Kompenzační rozvaděč RK1/E109A

#### *Jednostranný rozvaděč o 3 polích*

Výrobce:	ETZ
Typové označení	JRK P3 B1
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	980 A
Max zkratový proud $I_p$	70 kA
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1971

### Rozvaděč regulovaných pohonů RF

#### *Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce:	TVD (SIPOR)
Typové označení	STA
Jmenovité napětí $U_n$	400 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	315 A
Krytí	IP 40
Rok výroby	1997

## **ROZVODNA E109B (OBJ. E109)**

### Transformátor T2

Výrobce:	BEZ Bratislava
Typové označení	aTS792/6A
Výkon	1 MVA
Jmenovité napětí $U_n$	6/0.4 kV
Jmenovitý proud $I_n$	96.3/1444 A
Výkon	1000 kVA
Zapojení	Dyn1
Rok výroby	1971

### Rozvaděč RM2/E109A

#### *Oboustranný rozvaděč o 13 polích v bloku s transformátorem T2 typu aTS792/6A*

Výrobce	ETZ
Typové označení	JRPDV4
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	1600 A
Max zkratový proud $I_p$	60 kA
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1972
Hmotnost	2500 kg

### Kompenzační rozvaděč RK2/E109A

#### *Jednostranný rozvaděč o 3 polích*

Výrobce	ETZ
Typové označení	JRK P3 B1
Jmenovité napětí $U_n$	380 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	980 A
Max zkratový proud $I_p$	70 kA
Krytí	IP 40/00
Rok výroby	1971

### Rozvaděč pomocných obvodů RH5/E109B

#### *Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce	ETEZET spol. s r.o. Budyně nad Ohří
Typové označení	RM-5
Jmenovité napětí $U_n$	400 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	125 A
Krytí	IP 40
Rok výroby	1996

### Rozvaděč RM3/E109B

#### *Jednostranný rozvaděč o 2 polích*

Výrobce	ELEKTRO Jindřich Čech
Typové označení	RM315
Jmenovité napětí $U_n$	400 V, 50 Hz
Jmenovitý proud $I_n$	63 A
Krytí	IP 55/00
Rok výroby	2007

## **Příloha B Výrobní štítek transformátoru GEAFOL**

*Trojfázový transformátor ve vnitřním provedení*

Výrobce:	Siemens
Typové označení	4GB6027-3HZ
Výkon	1000 kVA
Jmenovité napětí $U_n$	6/0.4 kV
Jmenovitý proud $I_n$	91.6/1443 A
Frekvence	50 Hz
Zapojení	Dyn1
Chlazení	AN
Druh krytí	IP23
Napětí nakrátko	6,1 %
Ztráty naprázdno $P_0$	1,5 kW
Ztráty nakrátko $P_k$	9,5 kW

## **Příloha C      Seznam rozvodných zařízení a spotřebičů**



označení	popis	rozvaděč	pole	typ	Pn (kW)	Jištění		
						Ir (A)	pův. zapojeno	
GS1100	Přívod z T9, 1000kVA	E109/RM1		1	přívod	-	1450	E109A/RM1/1
GS1210	Předřazené jištění	E109/RM1		2	-	-	160	
GS1220	Předřazené jištění	E109/RM1		2	-	-	160	
GS1230	Pomocné jističe	E109/RM1		2	vývod	-	63	
GK001	Zásuvková skříň - ZS01	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK002	Zásuvková skříň - ZS02	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK003	Zásuvková skříň - ZS03	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK004	Zásuvková skříň - ZS04	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK005	Zásuvková skříň - ZS05	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK006	Zásuvková skříň - ZS06	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK007	Zásuvková skříň - ZS07	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM1/11
GK008	Zásuvková skříň - ZS08	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK009	Zásuvková skříň - ZS09	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK010	Zásuvková skříň - ZS10	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK011	Zásuvková skříň - ZS11	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK012	Zásuvková skříň - ZS12	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK013	Zásuvková skříň - ZS13	E109/RM1		2	vývod	-	40	E109/RM2/10
GK014_R	Zásuvková skříň - ZS14 (REZ.)	E109/RM1		2	vývod	-	40	
GS002	Přívod z E109B/RM2	E109/RM1		3	vývod	-	1450	E109B/RM2/1
GS003	Vývod pro kompenzaci	E109/RM1		3	vývod	-	630	E109A/RM1/1
M1.2	Čerpadlo DEMI na kotelnu	E109/RM1		4	motor_FM	100	250	E109/RM1/7
GS150_R	REZERVA 250A/3f (630)	E109/RM1		5	vývod	-	630	
GS151_R	REZERVA 250A/3f (630)	E109/RM1		5	vývod	-	630	
GE1501	Vývod pro RF222	E109/RM1		5	vývod	132	315	
M223	Čerpadlo čiřené vody do technologie	E109/RM1		6	motor_FM	110	250	E109/RM1/3
GE1701	Vývod pro RH5	E109/RM1		7	vývod	-	160	E109/RM2/3
GE1702_R	REZERVA 160A/3f	E109/RM1		7	vývod	-	160	-
GE1703	Vývod pro RO101	E109/RM1		7	vývod	-	160	E109/RM1/4
GE1704_R	REZERVA 160A/3f	E109/RM1		7	vývod	-	160	
GE1705	Vývod čerpací stanice (Shell)	E109/RM1		7	vývod	-	160	E109/RM2/3
M233	Čerpadlo DEMI na mixbed	E109/RM1		8	motor_FM	100	250	E109/RM1/3
M2.2	Čerpadlo DEMI na kotelnu	E109/RM1		9	motor1	55	160	E109/RM2/5
M234	Čerpadlo DEMI na mixbed	E109/RM1		9	motor1	55	160	E109/RM2/5
M235	Čerpadlo DEMI na mixbed	E109/RM1		9	motor1	55	160	E109/RM2/6
M3.2	Čerpadlo DEMI na kotelnu	E109/RM1		9	motor1	55	160	E109/RM2/6
M054	Čerpadlo demí	E109/RM1		10	motor1	37	100	E109/RM2/7
M_REZ	REZERVA M 30kW	E109/RM1		10	motor1	30	80	
M055	Čerpadlo praní DEMI (A, B, C)	E109/RM1		10	motor1	30	80	
M3	Čerpadlo praní PF	E109/RM1		10	motor1	30	80	E109/RM1/7
M32	Čerpadlo praní filtru	E109/RM1		10	motor1	30	80	E109/RM2/7
M41	Čerpadlo praní mixbedů	E109/RM1		10	motor1	30	80	E109/RM2/7
GE2111	Vývod pro panel (velín)	E109/RM1		11	vývod	-	100	E109/RM1/11
GE2112	Vývod pro RM26 (reaktor D)	E109/RM1		11	vývod	-	63	-
GE2113	Zálohované napájení	E109/RM1		11	vývod	-	63	
GE2114	Zámečnická dílna	E109/RM1		11	vývod	-	50	
GE2115	Jeřáb hala	E109/RM1		11	vývod	-	32	E109/RM1/11
GT2116	Klimatizace velín	E109/RM1		11	vývod	-	32	E109/RM2/12
GT001	Otop haly -sahara GT01	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT002	Otop haly -sahara GT02	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT003	Otop haly -sahara GT03	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT004	Otop haly -sahara GT04	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT005	Otop haly -sahara GT05	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT006	Otop haly -sahara GT06	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT007	Otop haly -sahara GT07	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT008	Otop haly -sahara GT08	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT009	Otop haly -sahara GT09	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT010	Otop haly -sahara GT10	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT011	Otop haly -sahara GT11	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT012	Otop haly -sahara GT12	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT013	Otop haly -sahara GT13	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM2/12
GT014	Venilace rozvodny GT14	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM1/13
GT015	Venilace rozvodny GT15	E109/RM1		11	vývod	-	10	E109/RM1/13
M38	Čerpadlo ČV - do linky DEMI A,B	E109/RM1		12	motor1	22	63	E109/RM2/8
M39	Čerpadlo ČV - do linky DEMI A,B	E109/RM1		12	motor1	22	63	E109/RM2/8
M16	Čerpadlo stáčení NaOH	E109/RM1		12	motor1	15	40	E109/RM1/12
M33	Čerpadlo stáčení FeCl3	E109/RM1		12	motor1	15	40	E109/RM2/9
M4	Čerpadlo stáčení FeCl3	E109/RM1		12	motor1	15	40	E109/RM1/12
M47	Čerpadlo stáčení HCl	E109/RM1		12	motor1	15	40	E109/RM2/9
M48	Čerpadlo stáčení NaOH	E109/RM1		12	motor1	15	40	E109/RM2/9
M29	Čerpadlo odpadních chemikálií	E109/RM1		13	motor1	7,5	20	E109/RM1/12
M59	Čerpadlo odpadních chemi	E109/RM1		13	motor1	7,5	20	E109/RM2/9
M151	Čerpadlo HCl, praní mixbedů	E109/RM1		13	motor1	5,5	16	E109/RM1/12

označení	popis	rozvaděč	pole	typ	Pn (kW)	Jištění	
						Ir (A)	pův. zapojeno
M26	Čerpadlo cirkulace vápna	E109/RM1	13	motor1	5,5	16	E109/RM1/12
M27	Čerpadlo regenerace katexu	E109/RM1	13	motor1	4	16	E109/RM1/12
M73	Čerpadlo reg.demi A,B	E109/RM1	13	motor1	5,5	16	E109/RM2/9
M42	Čerpadlo cirkulace regenerace Mixbedů	E109/RM1	13	motor1	3	10	E109/RM1/10
M50	Čerpadlo regenerace katexu, Mixbedů	E109/RM1	13	motor1	2,2	6	E109/RM1/10
M51	Vstupní ventil kondenzátu z PVS závod	E109/RM1	14	servo	2,2	6	E109/RM1/9
M52	Vstupní ventil kondenzátu z NZ	E109/RM1	14	servo	2,2	6	E109/RM1/9
M53	Vstupní ventil kondenzátu z ROTO	E109/RM1	14	servo	2,2	6	E109/RM1/9
M76	Čerpadlo chemikálií	E109/RM1	14	motor1	2,2	6	E109/RM2/9
M270	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M233	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM1/9
M271	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M234	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM2/11
M272	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M235	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM2/11
M322	Blokovací ventil čerpadla M223	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM1/9
M4.2	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M1.2	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM1/9
M5.2	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M2.2	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM2/11
M6.2	Blokovací ventil na výtlačku čerp. M3.2	E109/RM1	14	servo	0,75	4	E109/RM2/11
	Prostorová rezerva	E109/RM1	15	-	-	-	-
	Prostorová rezerva	E109/RM1	16	-	-	-	-

označení	popis	rozvaděč	pole	typ	Pn (kW)	Jištění		
						Ir (A)	pův. zapojeno	
GS001	Přívod z T1, 1000kVA	E109B/RM2		1	přívod	-	1450	E109A/RM1/1
GS1201	Předřazené jištění	E109B/RM2		2	-	-	160	
GT020	Otop haly -sahary W1-W5	E109B/RM2		2	vývod	-	50	E109B/RM2/13
GT021	Otop haly -sahary W6-W11	E109B/RM2		2	vývod	-	50	E109B/RM2/13
GT022	Otop haly -sahary W12-W17	E109B/RM2		2	vývod	-	50	E109B/RM2/13
GK015	Zásuvková skříň - Z134	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK016	Zásuvková skříň - Z136 (vápno)	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK017	Zásuvková skříň - Z137	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK018	Zásuvková skříň - Z138	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK019	Zásuvková skříň - Z139	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK020	Zásuvková skříň - Z140	E109B/RM2		2	vývod	-	40	E109B/RM2/13
GK021_R	REZERVA - Zásuvková skříň	E109B/RM2		2	vývod	-	40	-
GE028	Rozvaděč DCS (E109B)	E109B/RM2		2	vývod	-	25	-
GE211_R	REZERVA 25A/3f	E109B/RM2		2	vývod	-	25	-
GE212_R	REZERVA 25A/3f	E109B/RM2		2	vývod	-	25	-
GE213_R	REZERVA 25A/3f	E109B/RM2		2	vývod	-	25	-
GS1301	Přívod z E109/RM1 (odpínač)	E109B/RM2		3	vývod	-	1450	E109B/RM2/1
GS1302	Vývod pro kompenzaci	E109B/RM2		3	vývod	-	630	E109A/RM1/1
M227	Čerpadlo čířené vody na DEMI	E109B/RM2		4	motor_FM	55	160	E109A/RM1/4
M225	Čerpadlo čířené vody do techn.	E109B/RM2		5	motor1(L)	130	315	E109A/RM1/3
M226	Čerpadlo čířené vody do techn.	E109B/RM2		5	motor1(L)	130	315	E109A/RM1/3
M224	Čerpadlo čířené vody do techn.	E109B/RM2		5	motor1(L)	110	250	E109B/RM2/4
M228	Čerpadlo čířené vody na DEMI	E109B/RM2		6	motor_FM	75	200	E109A/RM1/5
GE1701	Vývod pro RH5	E109B/RM2		7	vývod	-	160	E109B/RM2/8
GE1702	Vývod pro RO101	E109B/RM2		7	vývod	-	160	E109B/RM2/13
GE1703_R	REZERVA 160A/3f	E109B/RM2		7	vývod	-	160	-
GE1704	Vývod pro RM3 (vápenné mléko)	E109B/RM2		7	vývod	-	125	E109B/RH5
GE1705_R	Vývod pro panel (velín)	E109B/RM2		7	vývod	-	125	E109B/RM2/13
M229	Čerpadlo čířené vody na DEMI	E109B/RM2		8	motor_FM	75	200	E109B/RM2/5
M238	Čerpadlo vratného kondenzátu	E109B/RM2		9	motor1	37	100	E109A/RM1/6
M239	Čerpadlo vratného kondenzátu	E109B/RM2		9	motor1	37	100	E109A/RM1/7
M240	Čerpadlo vratného kondenzátu	E109B/RM2		9	motor1	37	100	E109B/RM2/6
M421	Čerpadlo prací vody na DDF	E109B/RM2		9	motor1	30	80	E109B/RM2/3
M422	Čerpadlo prací vody na DDF	E109B/RM2		9	motor1	30	80	E109A/RM1/11
M260	Čerpadlo chem. kanalizace (E111)	E109B/RM2		10	motor1(L)	18,5	50	E109B/RM2/7
M261	Čerpadlo chem. kanalizace (E111)	E109B/RM2		10	motor1(L)	18,5	50	E109A/RM1/8
M262	Čerpadlo chem. kanalizace (E111)	E109B/RM2		10	motor1(L)	18,5	50	E109B/RM2/7
M230	Čerpadlo praní DEMI	E109B/RM2		10	motor1(L)	7,5	20	E109A/RM1/4
M231	Čerpadlo číř. vody na injektor HCl	E109B/RM2		10	motor1(L)	7,5	20	E109A/RM1/4
M232	Čerpadlo směš. demí na praní katexu	E109B/RM2		10	motor1(L)	7,5	20	E109A/RM1/4
M_REZ	REZERVA M 5,5kW	E109B/RM2		10	motor1	5,5	16	-
M_REZ	REZERVA M 5,5kW	E109B/RM2		10	motor1	5,5	16	-
M241	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		10	motor1	5,5	16	E109B/RM2/6
M242	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		10	motor1	5,5	16	E109A/RM1/7
GE023	Vývod pro RM23 (reaktor A)	E109B/RM2		11	vývod	-	63	E109B/RH5
GE021	Vývod pro RM21 (dávkování chem.)	E109B/RM2		11	vývod	-	50	E109A/RM1/5
GE022	Vývod pro RM22 (dávkování chem.)	E109B/RM2		11	vývod	-	50	E109B/RM2/7
M249	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		12	motor1	5,5	16	E109B/RM2/6
M250	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		12	motor1	5,5	16	E109B/RM2/6
M251	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		12	motor1	5,5	16	E109A/RM1/8
M252	Čerpadlo vápenného mléka	E109B/RM2		12	motor1	5,5	16	E109A/RM1/8
M253	Čerpadlo HCl	E109B/RM2		12	motor1(L)	5,5	16	E109B/RM2/7
M255	Čerpadlo NaOH	E109B/RM2		12	motor1(L)	5,5	16	E109B/RM2/7
M263	Kalové čerpadlo chem. kanalizace	E109B/RM2		12	motor1	5,5	16	E109A/RM1/8
M201	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M202	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M203	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M204	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M205	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M206	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M207	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M208	Míchadlo odměrky	E109B/RM2		12	motor1	1,5	6	E109A/RM1/2
M285	Servopohon armatury	E109B/RM2		13	servo	5,5	16	E109B/RM2/9
M_REZ	REZERVA - Servo 3kW	E109B/RM2		13	servo	3	10	-
M_REZ	REZERVA - Servo 3kW	E109B/RM2		13	servo	3	10	-
M277	Servo na výtlačku čerpadla M227	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109A/RM1/8
M278	Servo na výtlačku čerpadla M228	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109A/RM1/8
M279	Servo na výtlačku čerpadla M229	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109B/RM2/9
M281	Servo klapka kondenzát na kanál	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109B/RM2/8
M323	Servo na výtlačku čerpadla M226	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109A/RM1/10
M324	Servo na výtlačku čerpadla M225	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109A/RM1/10
M325	Servo na výtlačku čerpadla M224	E109B/RM2		13	servo	3	10	E109B/RM2/11
M_REZ	REZERVA - Servo 1,1kW	E109B/RM2		13	servo	1,1	4	-

označení	popis	rozvaděč	pole	typ	Pn (kW)	Jištění	
						Ir (A)	pův. zapojeno
M_REZ	REZERVA - Servo 1,1kW	E109B/RM2	13	servo	1,1	4	-
M214	Míchadlo odměrky	E109B/RM2	14	motor1	1,5	6	E109B/RM2/3
M215	Míchadlo odměrky	E109B/RM2	14	motor1	1,5	6	E109B/RM2/3
M216	Míchadlo odměrky	E109B/RM2	14	motor1	1,5	6	E109B/RM2/3
M217	Míchadlo odměrky	E109B/RM2	14	motor1	1,5	6	E109B/RM2/3
M_REZ	REZERVA - Servo 0,75kW	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109B/RM2/12
M_REZ	REZERVA - Servo 0,75kW	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109B/RM2/12
M265	Servo na výtlačku čerpadla M230	E109B/RM2	15	servo	0,55	4	E109A/RM1/8
M273	Servo na výtlačku čerpadla M260	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109B/RM2/8
M274	Servo na výtlačku čerpadla M261	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109A/RM1/8
M275	Servo na výtlačku čerpadla M262	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109B/RM2/8
M276	Servo na výtlačku čerpadla M263	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109A/RM1/8
M313	Servo prací vody na DDF	E109B/RM2	15	servo	0,75	4	E109B/RM2/12
M350	Servo obtok reaktorů (surová voda)	E109B/RM2	15	servo	1,1	4	E109B/RM2/5
M355	Servopohon armatury	E109B/RM2	15	servo	1,1	4	E109A/RM1/5
M282	Servo klapka kondenzátu (Štětí II)	E109B/RM2	15	servo	0,25	2	E109A/RM1/11
M308	Servopohon armatury	E109B/RM2	15	servo	0,25	2	E109B/RM2/11
M309	Servopohon armatury	E109B/RM2	15	servo	0,25	2	E109B/RM2/11
M310	Servopohon armatury	E109B/RM2	15	servo	0,25	2	E109B/RM2/11
	Prostorová rezerva	E109B/RM2	16	-	-	-	-