

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh nové distribuční transformovny 110/22kV

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2017/2018

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

Jméno a příjmení: **Jan MUSIL**
Osobní číslo: **E14B0025K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh nové distribuční transformovny 110/22 kV**
Zadávací 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 :

Bakalářská práce "Návrh nové distribuční transformovny 110/22 kV" bude zaměřena na tyto body:

1. Uveďte základní informace a zdůvodnění nutnosti výstavby nové distribuční transformovny.
2. Navrhněte parametry transformovny včetně 1-pólového schéma zapojení.
3. Vyhodnoťte parametry distribuční sítě vn a navrhněte optimální zapojení transformovny.
4. Proveďte technicko-ekonomické zdůvodnění přínosu zprovoznění nové distribuční transformovny.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Lucie Noháčová, Ph.D.**


Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2018**


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




Prof. Ing. Václav Kós, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2017

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na umístění nové transformovny TR 110/22kV. Zapojení do systému distribuční soustavy (DS) VVN a VN. Zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie a zajištění nových požadavků v rámci koncepce DS. Provádí technicko-ekonomické zhodnocení v návaznosti na dlouhodobý trend narůstajících požadavků o připojení v řešené oblasti.

Klíčová slova

Distribuční soustava, transformovna VVN/VN, rozvodna VVN, rozvodna VN, technické řešení, technicko-ekonomická bilance.

Abstract

The thesis is focused on the location of the new TR 110/22kV transformer. It also introduces the connection to the distribution system (DS) VVN and VN, the increase of reliability of power supply and the apprehension of new requirements within the DS concept. Finally, the thesis performs technical and economic evaluation in connection with the long-term trend of increasing connection requirements.

Key words

Distribution system, VVN/VN transformer, VVN switchgear, VN switchgear, technical solution, technical and economic balance.

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 22.5.2018

Jan Musil

Poděkování

Rád bych zde poděkoval Ing. Jaroslavu Krafkovi, za pomoc, vstřícnost a čas, který mi věnoval v rámci konzultací při tvorbě této bakalářské práce.

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA	12
1.1 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA (DS)	12
1.2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA VVN.....	12
1.3 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA VN	12
1.4 ELEKTRICKÉ STANICE	13
2 ZÁKLADNÍ INFORMACE K ŘEŠENÉMU ÚZEMÍ	14
2.1 ZÁSODOVÁNÍ OBLASTI Z NAPĚŤOVÉ HLADINY VN.....	14
2.2 SPECIFIKACE ODBĚRATELŮ, VÝKONOVÁ BILANCE	14
2.3 ZATÍŽENÍ NAPÁJECÍCH VEDENÍ VN A NAPÁJECÍCH TRANSFORMÁTORŮ VVN/VN	15
3 TRANSFORMOVNA 110/22KV TECHNICKÉ PARAMETRY	17
3.1 TECHNICKÝ POPIS, ZÁKLADNÍ DEFINICE.....	17
3.2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY R110kV.....	17
3.3 ROZVODNA VVN 110kV.....	18
3.4 TRANSFORMACE VVN/VN.....	19
3.5 ROZVODNA R22kV	19
3.5.1 <i>Parametrizace jednotlivých spínacích modulů R22kV</i>	20
3.6 TLUMIVKY VN	22
3.7 TRANSFORMÁTORY S VYŠŠÍM NAPĚTÍM 22kV, VLASTNÍ SPOTŘEBA (TVS).....	22
3.8 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY R22kV	23
3.9 OCHRANY A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM	24
3.9.1 <i>Řídicí systém</i>	24
3.9.2 <i>Ochrany VVN</i>	24
3.9.3 <i>Ochrany VN</i>	25
3.9.4 <i>Napájení a kabelové soubory ŘS</i>	26
3.9.5 <i>Ovládání a signalizace</i>	26
3.10 UZEMNĚNÍ TR 110/22kV, STANOVENÍ PODMÍNEK.....	26
4 PARAMETRY DS VN, KONCEPCE ZAPOJENÍ TR 110/22KV	28
4.1 PARAMETRY DS VN 22kV	28
4.1.1 <i>Kapacitní proudy</i>	28
4.1.2 <i>Zkratové poměry oblasti</i>	31
4.1.3 <i>Kapacitní možnosti DS z pohledu přenosu el. energie</i>	35
4.2 ZAPOJENÍ TR 110/22kV	36
4.2.1 <i>Zapojení TR 110/22kV do VVN</i>	36
4.2.2 <i>Zapojení TR 110/22kV do VN</i>	37
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PŘÍNOSU TR 110/22KV	39
5.1 OBECNÉ EKONOMICKÉ PARAMETRY.....	39
5.2 PLÁNOVÁNÍ NÁKLADŮ	41
5.3 PLÁNOVÁNÍ PŘEDPOKLÁDANÝCH VÝNOSŮ	41
5.4 VÝPOČET EKONOMICKÝCH PARAMETRŮ	42
5.4.1 <i>Čistá současná hodnota (NPV)</i>	42
5.4.2 <i>Cash flow (CF)</i>	42
5.4.3 <i>Diskontovaný cash flow (DCF)</i>	43
5.4.4 <i>Vnitřní výnosové procento (IRR)</i>	43
5.4.5 <i>Doba návratnosti</i>	43
5.4.6 <i>Rentabilita vloženého kapitálu (REN) (index ziskovosti)</i>	44
5.5 HODNOCENÍ PROJEKTU	44

ZÁVĚR.....	47
SEZNAM TABULEK	48
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	49
SEZNAM PŘÍLOH	50
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	51

Seznam symbolů a zkratek

DS	distribuční soustava	
TR 110/22kV	transformovna 110/22kV	
DS VVN	distribuční soustava velmi vysokého napětí	
DS VN	distribuční soustava vysokého napětí	
W11, W12	přípojnicový systém rozvodny VVN, VN	
T101, T102.....	transformátor VVN/VN	
TR	transformátor VN/NN	
R22kV	rozvodna VN	
R110kV	rozvodna VVN	
ES.....	elektrická stanice	
Sk	zkratový výkon.....	(MVA)
Ic	kapacitní proud.....	(A)
Un	jmenovité napětí.....	(V)
NPV	čistá současná hodnota investice.....	(Kč)
IRR	výnosové procento	(%)
CF	Cash flow (CF – „tok hotovostí“)	(Kč)
I _k “	rázový proud	(kA)
c	napěťový součinitel.....	(-)
S _N	jmenovitý výkon transformátoru.....	(MVA)
X _T	impedance transformátoru.....	(Ω)
X	reaktance vedení.....	(Ω)

Úvod

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na umístění nové transformovny VVN/VN 110/22kV. Zapojení do systému distribuční soustavy (DS) VVN a VN. Zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie a zajištění nových požadavků v rámci koncepce DS. Provádí technicko-ekonomické zhodnocení v návaznosti na dlouhodobý trend narůstajících požadavků o připojení v řešené oblasti.

V úvodu jsem provedl seznámení s jednotlivými základními prvky distribuční soustavy a jejím členěním. Dále pokračuji popisem energetické situace zájmové oblasti z pohledu požadavků na zajištění připojení nových odběrných míst z napěťové hladiny VN 22kV a navýšení spotřeby na napěťové hladině NN v důsledku využití nových technologií tj. elektromobilita, tepelná čerpadla atd. Dalším aspektem je optimalizace zapojení do stávající distribuční soustavy VN s ohledem na nutnost dodržení standardu N-1 v případě provozování distribuční soustavy v náhradním provozním stavu (poruchovém stavu dílčí části soustavy VN). Dále je popsán návrh provedení jednotlivých částí transformovny vč. specifikace dílčích elektrizačních prvků [1] [7] [8] [9], zpracování schématického členění rozvodny VVN [příloha A] a rozvodny VN [příloha B] se zákresem zapojení jednotlivých vývodových vedení VN do stávající distribuční soustavy VN [Obrázek 14] a [Obrázek 15]. Z pohledu ekonomie celého záměru výstavby TR VVN/VN jsem zpracoval technicko-ekonomické hodnocení přínosu realizace nové transformovny v návaznosti na porovnání vynaložených nákladů TR oproti nákladům vyvolaných investic technicky a majetkoprávně náročných staveb nových venkovních a kabelových vedení VN. Prioritu realizace energetického zařízení transformovny podmiňuji povinností připojení nových požadavků s odkazem na energetický zákon 458/2000 Sb. v územně vyčleněných lokalitách tj. průmyslové zóny, bytové lokality adt. zpracovaných do územních plánů jednotlivých územních celků.

1 Distribuční soustava

1.1 Distribuční soustava (DS)

Distribuční soustava je soustava energetických zařízení pro rozvod elektrické energie pocházející z přenosové soustavy nebo ze zdrojů/výroben zapojených do DS. Součástí distribuční soustavy je její řízení s ohledem na jednotlivé stavy v reálném čase. Jedná se o provozní stavy resp. stavy při poruše dílčího segmentu DS, popřípadě regulace U/Q. V podmínkách elektrizační soustavy v ČR se jedná o vzájemně propojený soubor vedení a zařízení VVN 110kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení VVN 110kV, která jsou součástí přenosové soustavy (PS). Napěťové hladiny DS provozované na území České republiky sloužící k zajištění distribuce na vymezeném území jsou 6kV, 10kV, 22kV a 35kV. Provozovatelem distribuční soustavy mohou být subjekty s platnou licencí energetického regulačního úřadu v ČR to jsou ČEZ Distribuce, a.s., E.ON Česká Republika, PRE Pražská energetika a další subjekty v rámci lokálních distribučních sítí v rámci výrobních areálů.

1.2 Distribuční soustava VVN

Distribuční soustava VVN 110kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Zajišťuje tranzit elektřiny z uzlových transformoven (TR) ZVN/VVN a VVN/VVN do transformoven 110/22kV. Do této energetické sítě je vyveden výkon řady zdrojů/výroben o výkonech v desítkách MW. DS VVN 110kV je provozována okružním systémem s uzemněným středem v místě transformace tj. síť TT (r) s distančními ochranami. Kruhové zapojení a správné působení ochranných systémů zajišťuje požadovanou spolehlivost při vzniku poruchové události.

1.3 Distribuční soustava VN

Distribuční soustava VN je z pravidla tvořena venkovním vedením a kabelovým vedením v převážné míře s provozovaným unifikovaným napětím (U_n) 22kV a 35kV. Jedná se o tranzitní vedení mezi jednotlivými TR VVN/VN s odbočkami k jednotlivým distribučním trafostanicím (DTS) VN/NN. Tranzitní a hlavní venkovní vedení VN jsou zapojena do okružního systému a provozována paprskovým systémem. Kabelové soubory se umísťují v zastavěných aglomeracích a provozují se v systému rozpojené sítě vyjma přírodních vedení

pro samostatné DTS. Distribuční soustava VN je provozována s izolovaným středem v místě transformace VVN/VN tj. síť IT (jedná se o neúčinně uzemněnou síť přes velkou impedanci). Lze tedy provozovat při jednoduché poruše zemního spojení.

1.4 Elektrické stanice

Elektrizační soustava je složena z výroben, přenosového vedení, distribučního vedení a odběrných míst. Základním spojovacím prvkem mezi výrobnami a rozvodnou sítí VVN a VN jsou elektrické stanice (ES). Hlavním úkolem ES je transformovat napětí a přenášet el. energii o různých napěťových hladinách. ES tvoří nedílnou součást elektrizační soustavy a musí být provozovány v souladu s požadavky chodu elektrizační soustavy.

Podle účelu se dělí elektrické stanice:

- Transformovny, které zajišťují rozdělování elektrické energie i transformaci na konkrétní napěťovou hladinu.
- Spínací stanice, které zajišťují pouze rozdělování elektrické energie o stejné napěťové hladině.
- Měnírny, které zajišťují přeměnu střídavého napětí na stejnosměrné nebo naopak stejnosměrného na střídavé.

2 Základní informace k řešenému území

2.1 Zásobování oblasti z napěťové hladiny VN

V návaznosti na stanovení cílů jsem provedl vyhodnocení parametrů distribuční soustavy (DS) VN v dotčeném územním celku části Praha Východ – Klecany v souvislosti s narůstajícími požadavky o připojení z napěťové hladiny VN 22kV v řádu [MW]. Dále jsem hodnotil schopnost provozování DS při náhradním provozním zapojení v důsledku poruchy nebo plánované odstávky dílčího segmentu distribuční soustavy s ohledem na kapacitní možnosti stávajících tranzitních vedení VN. Vymezená oblast je při základním provozním stavu (DS) napájena ze dvou samostatných transformoven TR VVN/VN tj. TR Třeboradice a TR Kralupy.

Napájecí transformovna TR Kralupy disponuje třemi transformátory o výkonu 40MVA s vyvedením do jednotlivých přípojnicových systémů R22kV s označením W11, W12, W21. Do řešeného územního celku je situováno dvojité venkovní vedení VN 2x AlFe110/22 (ŘEŽ – VĚTRUŠICE) vývody z přípojnice W21 R22kV (transformátor 110/22kV T101).

Napájecí transformovna TR Třeboradice disponuje jedním transformátorem o výkonu 40MVA s vyvedením do přípojnicového systému R22kV s označením W12. Do řešeného územního celku je situováno dvojité venkovní vedení VN 2x AlFe110/22 (ZDIBY – BOŘANOVICE) vývody z přípojnice W12 R22kV (transformátor 110/22kV T104). Schéma zapojení stávající distribuční sítě VN 22kV viz [Obrázek 12].

2.2 Specifikace odběratelů, výkonová bilance

Odběratele el. energie jsem selektoval do jednotlivých kategorií, „stávající – nový“, dle připojení k napěťové hladině „VVN – VN – NN“, dle požadavku na spolehlivost dodávky el. energie, z hlediska charakteru „odběratel – výrobce“, z pohledu zpětných vlivů na DS atd. Dlouhodobý trend soudobého příkonu stávajících odběratelů je reálná hodnota z průběhového měření zatížení DS VN v místě jednotlivých vývodů R22kV předmětných transformoven. Nové požadavky o připojení převážně z DS VN je nutno vždy posuzovat na základě výpočtu v modelové studii se zapracováním vstupních hodnot zajištěných z měření DS a požadovaných hodnot jednotlivých žadatelů. Při výpočtu je nutno vyhodnocovat varianty

chodu sítě, zkratové poměry, ztráty v síti atd. V případě nevyhovujících hodnot stávajících distribučních prvků je vždy proveden koncepční návrh úprav DS pro zajištění stáv. požadavků a výhledových požadavků územních rezerv regionu (výstavba nového zařízení, změna dimenze, doplnění odpínacího prvku, výměna DTR). Spolehlivost dodávky el. energie je nedílným činitelem při vyhodnocení výpočtu, návrh DS je konfigurován tak, aby v případě jednoduchého poruchového stavu byl dodržen parametr N-1. Výkonovou bilanci dané oblasti jsem vyhodnotil na základě dodaných výsledků měření viz. [Tabulka 1] [Tabulka 2], dále vyhodnocením kategorizace odběratelů z pohledu stupně rizikovitosti při omezení dodávky el. energie a součtu instal. výkonů odběratelů z napěťové hladiny VN ($\Sigma_{\text{instal.}} = 26\text{MW}$). [13]

2.3 Zatížení napájecích vedení VN a napájecích transformátorů VVN/VN

Zatížení jednotlivých kmenových vedení a napájecích transformátorů VVN/VN, čerpáno z dodaných materiálů provozovatele DS (zimní měření 2018) s provedeným výtahem maximálních proudových a výkonových hodnot (I_{max} a P_{max}). [14]

Tabulka 2.1 Zatížení TR 110/22kV Kralupy [14]

R Kralupy		22kV	17.1.2018		
T101/I		ME_KRL_:AVA:08:I	"A"	[A]	411,6A
T101/P		ME_KRL_:AVA:08:P		[MW]	16,0MW
VN3551	VĚTRUŠICE	ME_KRL_:AVA:22:I	"A"	[A]	69,4A
VN3552	ŘEŽ	ME_KRL_:AVA:24:I	"A"	[A]	39,7A

Tabulka 2.2 Zatížení TR 110/22kV Třeboradice [14]

R Třeboradice		22kV	17.1.2018		
T104/I (T105 přepoj.)		AB_TRE_:AVA:01:I	"A"	[A]	737,1A
T104/P (T105 přepoj.)		AB_TRE_:AVA:01:P		[MW]	29,2MW
VN3300	ZDIBY	AB_TRE_:AVA:02:I	"A"	[A]	137,4A
VN3301	BOŘANOVICE	AB_TRE_:AVA:03:I	"A"	[A]	209,5A

Z vyhodnocení měření zatížení nadzemních vedení VN 22kV (ZDIBY – BOŘANOVICE) TR Třeboradice mohu konstatovat, že tato vedení jsou provozována při hraničních hodnotách s odvoláním na metodický pokyn provozovatele DS [5], kdy maximální zatížení jednotlivých prvků DS dle provozního zapojení je stanoveno následovně.

Základní provozní stav:

- Nadzemní vedení VN do 70% I/I_{jm} . resp. I_{max} . nadproudové ochrany.
- Transformátor VVN/VN do 50%.

S odkazem na zjištěné nastavení nadproudových ochran v TR Třeboradice na hodnotu 300A je z pohledu prováděcího dokumentu provozovatele DS vedení BOŘANOVICE kapacitně vyčerpáno. Identické zhodnocení mohu uvést k transformátoru VVN/VN (T104) kdy současné zatížení odpovídá procentuálnímu stavu 73%. Při uvedeném zatížení stroje T104 je problematické zajištění napájecí oblasti v případě poruchového stavu předmětného stroje T104 (popřípadě plánované odstávky) z jiných napájecích TR 110/22kV. Doplnění druhého transformačního stroje do TR Třeboradice je vzhledem k prostorovému obsazení stávajícího areálu transformovny a majetkoprávním poměrům nerealizovatelné. V souladu s výše uvedenou problematikou navrhuji koncepční řešení umístění nové TR 110/22kV do územního rozhraní mezi příkonově nejvytíženější oblasti (Řež – Zdiby) tedy do lokality katastrálního území Klecany. V předmětném území je evidována koncentrace nových požadavků o připojení a navýšení příkonů stávajících odběrných míst. Součástí umístění nové TR 110/22kV je návrh efektivního vyvedení výkonu do stávajících venkovních vedení VN 22kV. Předpokládané zatížení budoucí TR 110/22kV mohu s ohledem na rozsah budoucího napájecího územního celku a uvažované soudobosti mezi odběrateli [5] odhadem stanovit na hodnotu 20MW. Zatížení 20MW odpovídá při instalaci transformátoru 40MVA procentuálnímu stavu 50%. S odkazem na dodržení parametru N-1 a kapacitní rezervu z pohledu dlouhodobého výhledu nárůstu zatížení DS navrhuji novou TR 110/22kV vybavit 2x strojem 40MVA. Rozsah napájecí oblasti viz [obrázek 12].

3 Transformovna 110/22kV technické parametry

3.1 Technický popis, základní definice

Nová transformovna 110/22kV je soubor jednotlivých samostatných technologických a stavebních prvků, které tvoří kompaktní funkční celek. Uvedený mnou provedený návrh se nezabývá podrobným popisem stavebních úprav a specifikuje pouze základní energetické technologické jednotky. V souhrnu mohou rozdělit na část VVN tedy všechny prvky o napěťové hladině 110kV vč. transformačního stroje VVN/VN, část VN tedy všechny prvky o napěťové hladině 22kV, dále na ovládací a signalizační prvky, prvky řídicí a vlastní spotřebu.

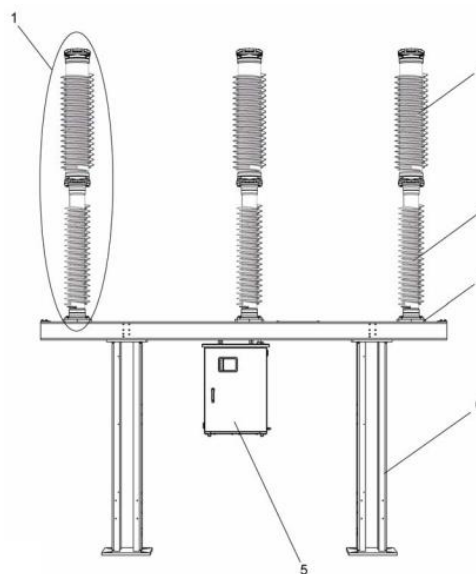
3.2 Základní technické parametry R110kV

Tabulka 3.1 Základní technické parametry R110kV [1]

Rozvodná síť	TT (r)
Jmenovité napětí sítě	110kV
Počet fází	3
Nejvyšší provozní napětí	123kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu 1,2/50	550kV
Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při jmenovitém kmitočtu	230kV
Jmenovitý kmitočet	50Hz
Zkratová odolnost - tepelná (I _{th}) - 1 sec	31,5kA
Zkratová odolnost - dynamická (I _{dyn})	80kA
Min. jmenovitý proud přípojnic	2000A
Min. jmenovitý proud silového propojení odbočky	1200A
Jmenovité napájecí napětí pohonů přístrojů	230/400V AC
Jmenovité ovládací napětí přístrojů	220V DC
Min. vzdušné vzdálenosti fáze-fáze, fáze-zem, mezi systémy přípojnic a dopravované části od živé části	Dle ČSN 33 3201, ČSN EN 5052 2 ČSN EN 61936-1
Ochrana živých částí vvn	polohou, min. výška živé části nad terénem dle ČSN 33 3201, ČSN EN 50522, ČSN EN 61936-1
Ochrana neživých částí vvn	zemněním v síti TT (r) s rychlým vypnutím
Oblast znečištění	II.
Námrazová oblast	střední

3.3 Rozvodna VVN 110kV

Rozvodnu VVN jsem navrhl ve venkovním provedení při zapojení typu „H“ s jedním systémem hlavních přípojnic podélně děleným dvěma odpojovači. Linie zapojení hlavní přípojnice ve směru od ukotvení nadzemního vedení VVN na příhradovém portálu. Prvním nevýkonovým prvkem je odpojovač s uzemňovacím systémem (QE6), dále navazuje pole měření proudových a napěťových veličin (TW), výkonový vypínač (QM) a nevýkonový odpojovač (Q1). Hlavní přípojnice vedení VVN č.V117 a č.V117A jsou propojeny podélným dělením se dvěma odpojovači (Q11) a (Q12) přes přípojnice (W11) a (W12). Z uzlového bodu jednotlivých přípojnic (W11) a (W12) pokračuje propojení přes odpojovač (Q2), výkonový vypínač (QM) a pole měření proudových veličin (TA) na svorníky transformátoru T101. Identické propojení je provedeno z přípojnice (W12) s ukončením na T102. Hlavní přípojnicový systém mezi uvedenými spínacími a měřicími prvky bude proveden pomocí trubek o průměru 100/5 mm. Provedení jednotlivých spínacích prvků je navrženo dle standardu provozovatele DS, jedná se o trojpólový odpojovač 123 kV venkovního provedení s elektromotorovým pohonem pro montáž na stoličku. Třípólový SF6 vypínač 123 kV ve venkovním provedení s pružinovým elektromotorickým střadačovým pohonem společným pro všechny 3 póly, zařízením proti nežádoucímu opětovnému spínání (tzv. pumpování), blokadou proti zapnutí při nenataženém střadači s náplní SF6 a nosnou konstrukcí (stoličkou). Konstrukce pod jednotlivými přístroji VVN jsem specifikoval tak, aby splňovaly požadavky na ochranu živých částí VVN polohou. Schéma VVN části viz [příloha A].



Obrázek 3.1 Vypínač VVN SF6

3.4 Transformace VVN/VN

Transformace 110/22kV bude v transformovně zajištěna dvěma transformátory o výkonu 40MVA. Pro oba transformátory bude vybudováno zastřešené ekologické stanoviště. Technické parametry transformačního stroje.

- jmenovitý výkon: 40/40/12,5..... (MVA)
- jmenovité napětí:..... 110 + 8x2% /23/(6,3)..... (kV)
- jmenovitá frekvence..... 50 (Hz)
- jmenovitý převod: 110/23 (kV)
- spojení..... YNyn0/(d)
- chlazení ONAN/ONAF

3.5 Rozvodna R22kV

Technologii R22kV navrhuji umístit do samostatného stavebního objektu rozvodny 22kV prostorově řešeného na volném prostranství v areálu budoucí transformovny. Dle standardu provozovatele DS je navržena modulární sestava skříňového provedení s izolačním plynem SF6. Zapojení dvousystémové s podélným dělením do dvou sekcí, spínačem přípojnic a s jednostranným propojením sekčních přípojnic. Rozvodna je tvořena 18 vyzbrojenými poli a 4 poli prostorové rezervy. Osazení polí:

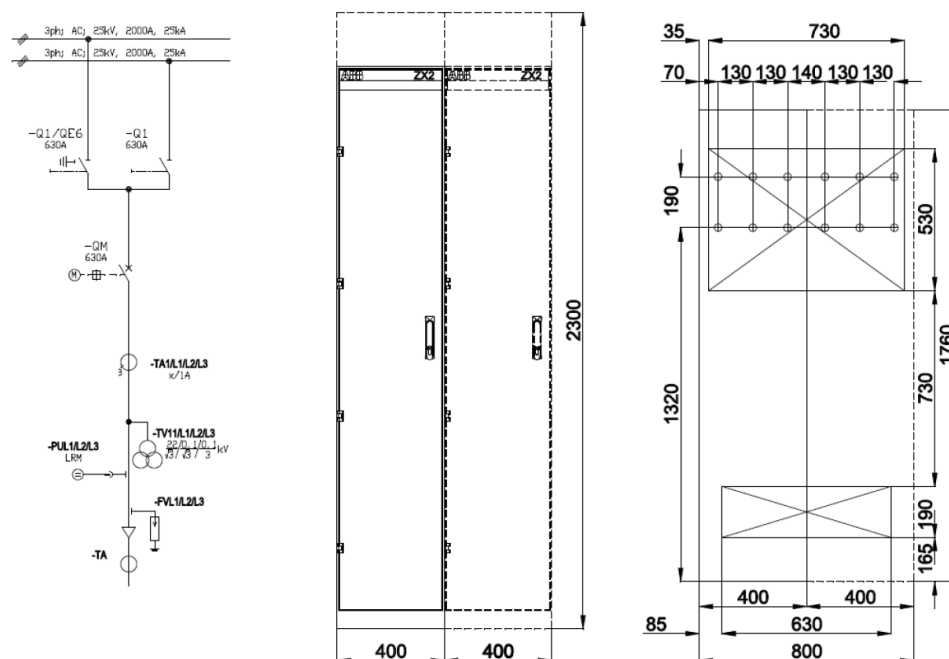
- pole vývodu..... 8 ks
- pole transformátorů (T101, T102) 2 ks
- pole transformátor vlastní spotřeby 1 ks
- pole příčné spojky 2 ks
- pole podélného dělení 1 ks
- pole vyzbrojené rezervy 4 ks
- pole nevyzbrojené rezervy 4 ks

R22kV začíná (ve směru toku energie) kabelovým připojením na sběrnice VN v místě stání T101, T102 a končí na vývodových svornících modulárního rozváděče VN (pole – skříň). Napětí nn potřebné pro napájení technologie R22kV bude zajištěno z rozvaděčů vlastní spotřeby (TVS).

Připojení vývodových polí do stávající venkovní sítě VN 22KV jsem z pohledu provedení navrhl kab. vedením 3x1x240AXEKVCER do místa prvního spojení kabelového vedení mimo TR, dále bude pokračovat kabelovým vedením v provedení 3x1x240AXEKVCE. Propojovací kabelové vedení VN mezi transformátory VVN/VN a R22kV navrhuji v typovém provedení 3x1x240 CXEKVCER.

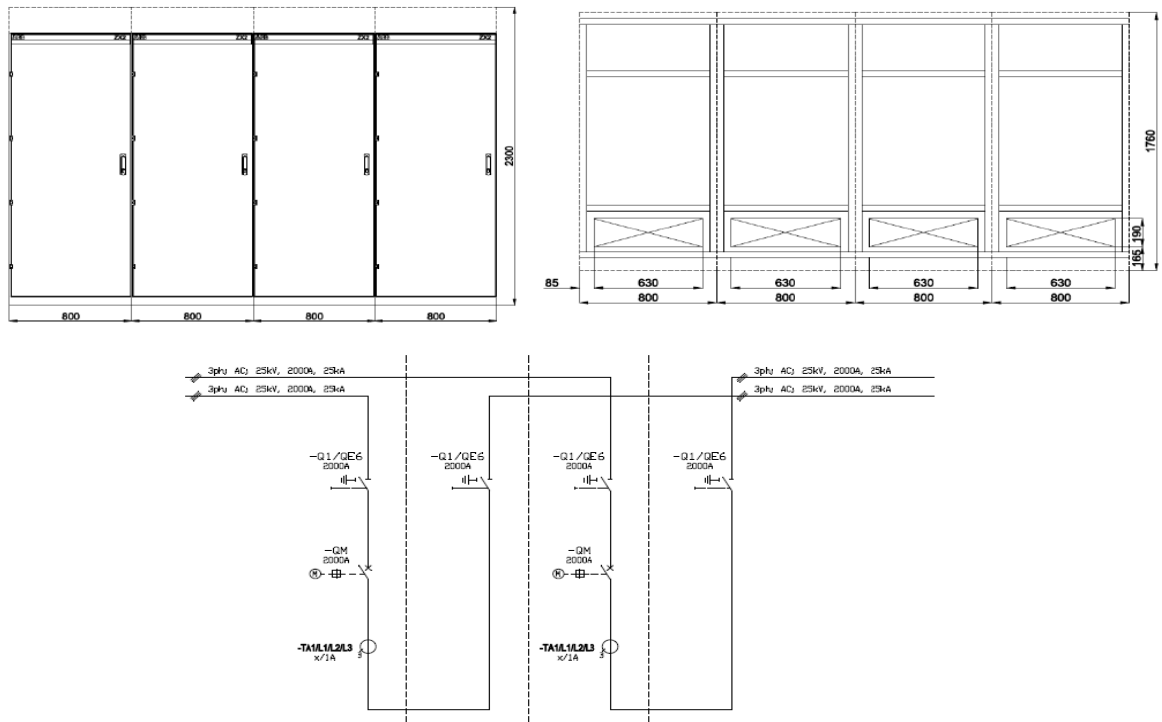
3.5.1 Parametrizace jednotlivých spínacích modulů R22kV

Modul vývodového pole je tvořen dvěma odpínači (Q1) samostatně zapojenými do systému přípojníc s uzlovým spojením a zapojením na výkonový vypínač (QM). Dále přes přístrojový transformátor proudu (PTP) na vývodový svorník pro připojení kabelového vedení VN. K hlavní proudové cestě je připojen přístrojový transformátor napětí (PTN) a svodič přepětí VN (FVL). [7]



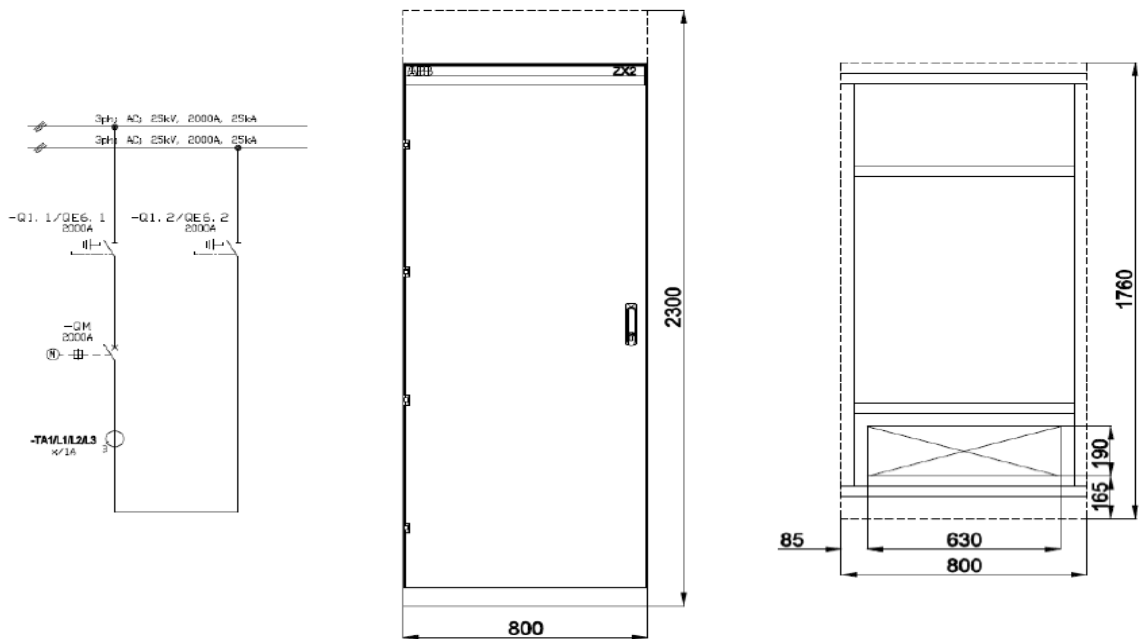
Obrázek 3.2 Specifikace modulárního rozvaděče VN, vývodové pole

Modul pole podélné spojky je tvořen vždy pro každou přípojnicí dvěma odpínači (QE6) s možností propojení proti zemi v místě odpínacích prvků (QE6). Dále je umístěn v prostoru mezi odpínači (QE6) výkonový vypínač (QM). Všechny výše uvedené spínací prvky jsou zapojeny v sérii. [7]



Obrázek 3.3 Specifikace modulárního rozvaděče VN, podélná spojka

Modul spojky sběren je tvořen vždy tak, aby zajistil proudové propojení mezi jednotlivými sběrnami. Umístění prvků je řešeno dvěma odpínači (QE6) se zapojením do jednotlivých přípojníc s možností propojení proti zemi v místě odpínacích prvků (QE6). Dále je umístěn v prostoru mezi odpínači (QE6) výkonový vypínač (QM). Všechny výše uvedené spínací prvky jsou zapojeny v sérii. [7]



Obrázek 3.4 Specifikace modulárního rozvaděče VN, spojka přípojníc

3.6 Tlumivky VN

Do nové TR jsem navrhl zhášecí tlumivku s náplní izolační kapaliny (transformátorový olej) při venkovním provedení, která je určena pro zapojení mezi nulový bod systému a zem ke kompenzaci kapacitního zemního proudu při jednofázovém zemním spojení elektrické sítě s neúčinně uzemněným středem sítě. Regulace proudu (impedance) bude provedena plynulou regulací, s možností místního i dálkového ovládání, vč. automatického ladění. Místní ovládání bude zajištěno elektrickým tlačítkem na ovládací skříně pohonu. Zhášecí tlumivka musí být vybavena měřícím a pomocným vinutím.

Při specifikaci budoucího kompenzačního zařízení jsem vycházel z uvedených požadavků tj., že jmenovitý výkon zhášecí tlumivky připojené k uzlu napájecího transformátoru, jehož alespoň jedno vinutí je zapojeno do trojúhelníka, má být do 30% jmenovitého výkonu transformátoru. Jmenovitý výkon zhášecí tlumivky připojené k uzlu napájecího transformátoru, který nemá žádné vinutí zapojené do trojúhelníka, má být do 10% jmenovitého výkonu transformátoru. Mezní hodnoty kapacitních proudů s ohledem na konstrukční soustavu distribuční sítě VN vycházející z ČSN 33 3070, venkovní vedení do 100A, kabelové vedení do 450A, smíšené provedení do 300A [10].

Předmětnou TR 110/22kV navrhuji vybavit 2x kompenzační tlumivkou o výkonu 2500kVAr s plynulým regulačním rozsahem 19-188 (A). Tlumivky budou umístěné do vlastního ekologického stání s připojením k jednotlivým transformátorům T101 a T102 přes klíčovací odpojovače s možností libovolného přepínání k jednotlivým transformátorům VVN/VN.

3.7 Transformátory s vyšším napětím 22kV, vlastní spotřeba (TVS)

Jedná se o provozní soubor, který řeší napájení vlastní spotřeby tj. technologických prvků předmětné TR. V transformovně navrhuji osadit dva transformátory 22/0,4kV každý o výkonu 250kVA. Transformátor TVS 1 bude umístěn v objektu R22kV s připojením ze samostatného vývodového pole R22kV. Transformátor TVS2 bude součástí kompaktní trafostanice umístěné v areálu TR s napojením do vývodu A HOLD. TVS 1 je hlavním napájecím zdrojem pro napěťovou hladinu NN. Vlastní spotřeba TR 110/22kV je rozdělena na dvě části a to část napájenou stejnosměrným napětím a část napájenou střídavým napětím. Střídavá část je zajištěna z RNN TVS a napájí obvody usměrňovače, pohony spínacích prvků

v R22kV, vnitřní instalaci TR 110/22kV, ovládání pracoviště řídicího systému. Stejnoseměrná část SS, napětí přivedeno z usměrňovače RNN TVS a napájí obvody pomocné signalizace a ovládací obvody silových prvků, napájení ŘS a ochran.

Pro zajištění funkčnosti a přenosu dat důležitých systémů v případě ztráty napětí na TVS1 a TVS2 budou instalovány akumulátorové baterie

3.8 Základní technické parametry R22kV

Tabulka 3.2 Základní technické parametry R22kV [1]

Rozvodna vn	
Jmenovité napětí sítě	22kV
Počet fází	3
Nejvyšší provozní napětí	25kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu 1,2/50	125kV
Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při jmenovitém kmitočtu	50kV
Jmenovitý kmitočet	50Hz
Zkratová odolnost - tepelná I _{th} - 1 sec	25kA
Zkratová odolnost - dynamická I _{dyn}	63kA
Jmenovitý proud přípojnic	2000A
Jmenovitý proud vývodové odbočky	1250A
Jmenovitý proud odbočky přívodu od transformátoru vvn/vn	1250A
Jmenovité napájecí napětí pohonů přístrojů	230V AC
Jmenovité ovládací napětí	220V DC
Min. vzdušné vzdálenosti fáze-fáze, fáze-zem, mezi systémy přípojnic a dopravované části od živé části	Dle ČSN 33 3201, ČSN EN 50522, ČSN EN 61936-1
Ochrana živých částí vn	Dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2, ČSN EN 33 2000-5-51 ed.3, PNE 33 0000-1
Ochrana neživých částí vn	zemněním v síti IT a IT (r) s rychlým vypnutím

3.9 Ochrany a řídicí systém

Architektura řídicího systému bude decentralizovaná. Ve stávající budově navrhuji umístit centrální jednotku SICAM AK 1703 ACP a HMI Andritz Hydro CW. Lokální komunikace v ŘS bude provedena dle normy IEC 61850. Dálkový dohled a parametrizace ŘS bude po vyhrazené komunikační cestě ze vzdáleného pracoviště provozovatele DS. [12]

3.9.1 Řídicí systém

Řídicí systém navrhuji z těchto komponent. SICAM AK 1703 ACP s napájecím zdrojem ve skříní AXE01, centrálním procesorem CP -2014 a komunikačními kartami CP-2017.

Hlavní komunikační cesta bude přes službu ethernet L2 VPN – vícebodové přes zařízení typu SDH. Z koncentrátoru SICAM AK 1703 ACP v TR bude přes router Cisco 1921-SEC/K9 nové (s ethernetovým rozhraním) opticky připojen na zařízení ICT.

Ukončení bude v zařízení ČEZ ICT v dispečerském centru. Požadovaná přenosová rychlost je 256kbps. VLAN – 2x, ukončení na obou rozhraních. Hlavní komunikační cesta bude sloužit i pro dálkový dohled a parametrizaci ochran.

Záložní komunikační cesta bude z koncentrátoru SICAM AK 1703 ACP v TR přes GPRS/EDGE router do dispečerského centra. [12]

Přes redundantně zapojené switche Ruggedcom RSG 2100 bude připojen ControlWeb Andritz Hydro CW, NTP server LANTIME M100/GPS, CISCO 1921, ringy ochran R 110kV, R 22kV, ROP, regulátory traf REG-D a tlumivek REG-DP.

3.9.2 Ochrany VVN

Technologický systém ochran VVN 110kV navrhuji umístit do nových skříní ochran v objektu TR 110/22kV. Specifikace a popis ochran pro venkovní vedení VVN: nadproudová směrová ochrana časově nezávislá schopná rozlišit směr toku zkratového proudu. Distanční ochrana vyhodnocuje impedanci chráněného zařízení na základě snímání proudu a napětí. Při zkratové poruše dochází ke změně velikosti a fázového natočení U a I (U klesá, I roste). Pomocí zjištěné hodnoty impedance lze lokalizovat vzdálenost poruchy od PTP a PTN. Srovnávací ochrana porovnává fázi vstupního a výstupního proudu chráněného objektu. Při normálním provozu nebo vnějším zkratu je fázový úhel proudu i_a a i_b shodný, dojde-li ke zkratu, obrátí se směr proudu a potom platí:

- $\arg i_a = \arg i_b + 180^\circ$

(3.1)

Specifikace ochran pro TR 110/22kV: rozdílová ochrana vyhodnocuje pouze vnitřní zkraty (například transformátoru umístěného uvnitř chráněného úseku mezi PTP), na ostatní poruchy nereaguje. Nadproudová ochrana reaguje proti přetížení transformátoru.

Tabulka 3.3 Nastavení ochran T101, T102 [15]

T101, T102 40MVA	MTP[A]	I>		t>	I>>		t>>
		I/In	[A]	[s]	I/In	[A]	[s]
110 kV	200	1,2	240	1,7	2,85	570	0,8s
22kV	1000	1,2	1200	1,5	3	3000	0,6s

3.9.3 Ochrany VN

Technologický systém a popis ochran VN: napěťová ochrana vyhodnocuje napěťovou změnu. Nadproudová ochrana – zkratová zpravidla nastavujeme podle parametrizace navazujícího vývodového distribučního vedení VN. Zkratová ochrana působí při průchodu poruchového děje (zkratu) a má za úkol ochránit vedení VN od negativních účinků zkratového děje bez změny funkčnosti a celistvosti dotčeného energetického zařízení. Zemní směrová ochrana pro indikaci zemního spojení na vývodech v neuzemněných kompenzovaných sítí. V případě detekce poruchového děje je aktivován systém automatického opětovného zapnutí (OZ) provádí třípólový cyklus VYP-ZAP v případě trvání poruchy provádí vypnutí poruchového zařízení. Frekvenční ochrana vyhodnocuje parametr při poruše nebo přetížení kdy dochází k poklesu nebo růstu frekvence.

Tabulka 3.4 Nastavení nadproudových – zkratových ochran v R22kV TRVVN/VN [16]

kobka	název	MTP	směrová				nesměrová				OZ pauza	typ
			nadproudá		zkratová		nadproudá		zkratová			
			Is>	ts>	Is>>	ts>>	I>	t>	I>>	t>>		
AVB05	ŘEŽ 1	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB06	ŘEŽ 2	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB07	KLÍČANY	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB08	P.BŘEŽANY	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB12	T101	1000 A	1200	19notrip			1200	0,19	3000	0,6	vypnut	přívod trafo
AVB11	SPOJKA	1000 A					1200	1,3	3000	0,4	vypnut	podélný spínač
AVB12	SPOJKA											
AVB07	KLECANY 1	400 A	240	1,1	900	0,2	240	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB07	AHOLD	400 A	240	1,1	900	0,2	240	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB07	ZDIBY	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení
AVB07	KLECANY 2	400 A	320	1,1	900	0,2	320	0,19	900	oo	1s	vedení

3.9.4 Napájení a kabelové soubory ŘS

Celý distribuovaný ŘS (centrála ŘS, napájení řídicích jednotek pole, ochran, pomocné napětí pro signalizaci, napětí pro ovládání) navrhuji elektricky zajistit z rozvaděče stanice (TVS1) 22/04kV usměrněným napětím 220V DC a rozdělit v hlavním rozvaděči vlastní spotřeby jištěním na jednotlivé okruhy.

Kabeláž v obvodech signalizace a ovládání 220V DC a obvodech PTP a PTN bude provedena stíněnými kabely. Stínění bude uzemněno jen na jedné straně, a to na straně bližší ke komponentům řídicího systému.

3.9.5 Ovládání a signalizace

Ovládání rozvodny bude z ŘS ve třech hlavních úrovních: dálkově z ED, z místního ovládacího pracoviště a místně z terminálu příslušného pole.

3.10 Uzemnění TR 110/22kV, stanovení podmínek

V elektrických stanicích musí veškerá ochranná a pracovní uzemnění a uzemnění hromosvodů tvořit vždy společnou uzemňovací soustavu.

Trvalé napětí uzemňovací soustavy není omezeno. Uzemňovací soustava však musí být řešena tak, aby v prostoru společné uzemňovací soustavy a ani v místech, kam by se potenciál společné uzemňovací soustavy mohl zavléci, nedošlo k ohrožení dotykovým napětím. Nejvýše přípustné hodnoty těchto napětí stanoví PNE 33 0000-1 v platném znění.

Omezení zavlčených napětí se provádí pospojováním všech vodivých neživých částí ve stanicích na společnou uzemňovací síť.

Na zemnicí mřížovou síť se připojí neživé části zařízení vyjmenované v ČSN EN 50522 v platném znění. Dále pak zejména:

Neživé části rozvodného zařízení se navzájem vodivě spojují a uzemňují tak, aby byla zajištěna ochrana před nebezpečným dotykem, ochrana před rušením radiového příjmu, předepsané oddělení obvodů a správná funkce ochran, řídicího systému a pomocných zařízení.

Spojení odnímatelných krytů a dveří, na nichž nejsou připevněny hlavní obvody a samostatných skříní s řídicími a pomocnými obvody s uzemněním nebo s uzemněnými částmi nemusí být dimenzováno na průchod zkratového proudu hlavních obvodů.

Distribuce elektrické energie z transformátorů určených pro napájení vlastní spotřeby elektrické stanice je zakázána.

Pokud je TVS umístěn vně BSP, musí být uvnitř vnějšího oplocení elektrické stanice.

Na uzemňovací soustavu bude připojeno provozní a venkovní oplocení stanice. V případě poplastovaného provařovaného provedení oplocení bude oplocení a jeho sloupky mezi sebou propojeny slaněným vodičem min. CYA 16mm² (propichovací svorky na pletivu, šroubový spoj na sloupku) a sloupky či oplocení budou po 50m připojeny páskem FeZn na hlavní uzemňovací soustavu (oplocení musí být vybaveno uzemňovacími body).

Provede se ekvipotenciální práh vně vnějšího oplocení stanice. V případě nevyhovujících hodnot po změření dotkových a krokových napětí se provedou další příslušná specifikovaná opatření M uvedená v příloze E normy ČSN 50522 v platném znění. [3]

4 Parametry DS VN, koncepce zapojení TR

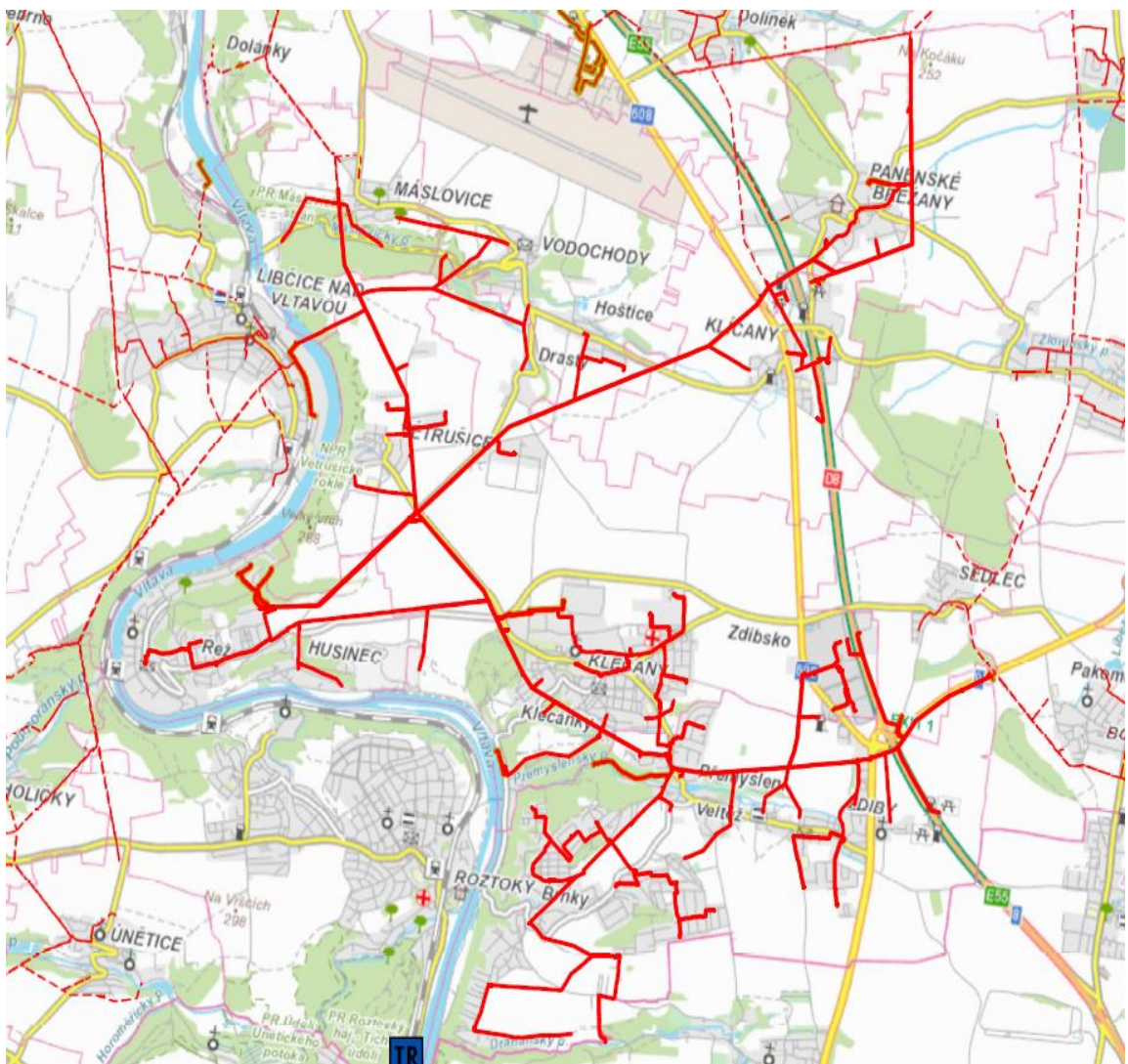
4.1 Parametry DS VN 22kV

V současnosti je předmětné území napájeno venkovním vedením 2x AlFe 110/22 ŘEŽ – VĚTRUŠICE vyvedeného z TR Kralupy, vedením 2x AlFe 110/22 ZDIBY – BOŘANOVICE vyvedeného z TR Třeboradice a vedením 2x AlFe 110/22 VODOCHODY 1 – VODOCHODY 2 vyvedeného z TR Neratovice. Výše uvedená venkovní vedení VN jsou zapojena do okružního systému a pomocí úsekových odpínačů (výkonových Fla, přenosových Flb) lze dle potřeb provozovatele DS variabilně měnit rozsah napájecí oblasti jednotlivých napájecích vedení z důvodu vymezení úseků pro plánované práce na el. zařízení popřípadě opravy dílčích prvků v rámci poruchy. Pro zajištění optimalizace obnovy dodávky el. energie v případě poruchy v co nejkratším čase jsou do vybraných míst instalovány dálkově ovládané spínací prvky (DOÚO, popř. RECLOSERY) umožňující okamžitou změnu provozního stavu DS z místa dispečerského řízení. Výhodou nasazení těchto prvků vyjma výše uvedeného manipulačního využití je přenos okamžitých hodnot snímaných veličin proudu a napětí, lze tedy lépe mapovat výkonové zatížení jednotlivých částí DS a následně vyhodnocovat optimální stav zapojení.

4.1.1 Kapacitní proudy

Na základě mapování oblasti jsem provedl vyhodnocení velikosti toku předpokládaného kapacitního proudu s ohledem na rozsah distribučního energetického zařízení přepojené oblasti v souvislosti s dimenzí tlumivek instalovaných do nové TR. Celkový předpokládaný kapacitních proud (I_c) v rámci navrženého přepojení distribučního vedení do nové TR VVN/VN jsem stanovil vymezením budoucího rozsahu přepojené oblasti [obrázek 7] a [obrázek 12]. Z mapových podkladů provozovatele DS jsem vyhotovil export jednotlivých segmentů distribučního vedení VN pro možnost výpočtu dílčích kapacitních proudů tj (typ, průřez, délka). Ze získané parametrizace vedení VN jsem ve výpočetním programu excel provedl selekci na jednotlivá vedení dle dimenze a druhu provedení s přiřazením měrných hodnot A/km viz [Tabulka 5] (prováděcí dokument ČEZ Distribuce [5]). Celkový kapacitní proud jsem vypočetl součtem kapacitních proudů jednotlivých vedení VN vypočtených v [Tabulce 6] a [Tabulce 7]. Celková hodnota kapacitního proudu I_c pro nový napájecí uzel TR VVN/VN vypočtena 157A. Předpokládané zatížení jedné tlumivky (2500kVAr)

v souvislosti s rovnoměrným zapojením jednotlivých vývodů do přípojnicových systémů navrhovaných transformačních strojů VVN/VN T101 a T102 odhadují cca 79A. Dimenzi tlumivek proto navrhuji tak, aby kapacitně vyhovovaly budoucím rozvojovým záměrům distribuční soustavy VN z pohledu předpokládaného rozšiřování kabelových sítí VN 22KV v městských aglomeracích a v místech vyvolané změny provedení distribučního vedení z venkovního do kabelového tj. přeložky. Dále mohu potvrdit častější využití kabelového vedení VN oproti venkovnímu vedení VN s ohledem na problematiku obtížnosti umístění nových venkovních vedení VN v souvislosti s majetkoprávním projednáním (velikost ochranného pásma, omezení vlastníka nemovitosti atd.)



Obrázek 4.1 Vymezení rozsahu přepojeného vedení VN pro výpočet kapacitního proudu

Tabulka 4.1 Přirazení měrných hodnot I_c (A/km) [5]

Druh	Typ	I_c [A/km]
Vodiče	AlFe, bez rozlišení průřezu	0,063 - 0,1
Kabely	10-ANKOPV - 3 x 120	2,53
	10-AXEKVCE - 3x1x120 (Δ)	1,89
	22-ANKTOPV - 3 x 120	3,7
	22-ANKTOPV - 3 x 240	4,7
	22-AXEKVCE - 3x1x120 (Δ)	3,75
	22-AXEKVCE - 3x1x240 (Δ)	3,75
	35-ANKTOPV - 3 x 120	4,6
	35-ANKTOPV - 3 x 240	5,9
	35-AXEKVCE - 3x1x120 (Δ)	2,91
	35-AXEKVCE - 3x1x240 (Δ)	3,72

Výpočet kapacitního proudu I_c kabelového souboru

$$\bullet \quad I_{c_{kab.dimenze}} = 1 \times I_{c_k} \dots\dots\dots (A)$$

(4.1)

Výpočet kapacitního proudu I_c nadzemního vedení

$$\bullet \quad I_{c_{venk.dimenze}} = 1 \times I_{c_v} \dots (A) \dots\dots \text{pozn. ve všech případech použita hodnota } I_{c_v} \\ 0,063A$$

(4.2)

Výpočet celkového kapacitního proudu I_c

$$\bullet \quad I_{c_{celk.}} = \sum I_{c_{kab.dimenze}} + \sum I_{c_{venk.dimenze}} \dots (A)$$

(4.3)

Tabulka 4.2 Výpočet I_c , podzemní vedení [11]

typ	průřez [mm ²]	délka [km]	I_{c_k} [A/km]	I_c [A]
podzemní vedení	3x1x240AXEKVCE	5,216	3,75	19,56
podzemní vedení	3x1x120AXEKVCE	26,054	3,75	97,7025
podzemní vedení	3x1x70AXEKVCE	1,332	3,75	4,995
podzemní vedení	3x240ANK	1,304	4,7	6,1288
podzemní vedení	3x120ANK	6,7	3,7	24,79
Ic kab.				153,1763

Tabulka 4.3 Výpočet I_c nadzemní vedení [11]

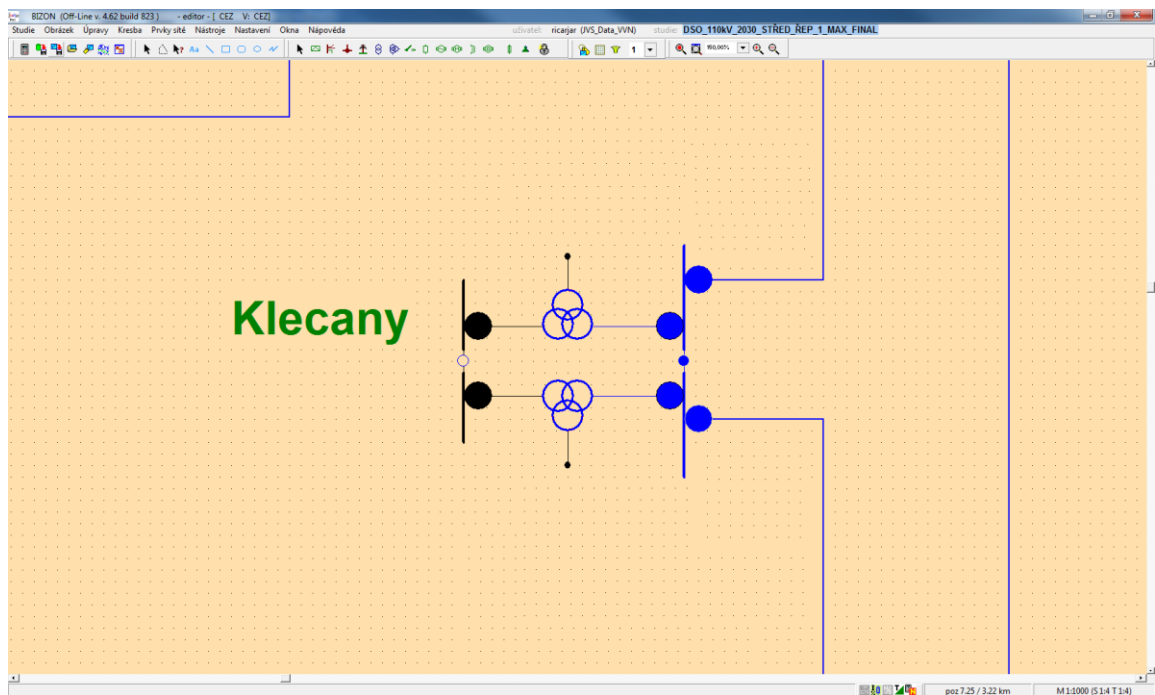
typ	průřez [mm ²]	délka [km]	I_{c_v} [A/km]	I_c [A]
nadzemní vedení	3x120 AlFe	0,502	0,063	0,031626
nadzemní vedení	3x110/22 AlFe	41,42	0,063	2,60946
nadzemní vedení	3x95AlFe	0,201	0,063	0,012663
nadzemní vedení	3x70AlFe	4,521	0,063	0,284823
nadzemní vedení	3x50AlFe	2,354	0,063	0,148302
nadzemní vedení	42/7AlFe	13,979	0,063	0,880677
Ic venk.				3,967551

4.1.2 Zkratové poměry oblasti

Nezbytným parametrem pro specifikaci provedení transformovny tj. dimenzování přenosových a spínacích prvků RVVN a RVN je mapování zkratových poměrů v místě budoucí transformovny. Zkratové poměry jsem vypočetl z modelové studie VVN zpracované ve výpočetním programu BIZON [Obrázek 13] a [Obrázek 9]. Do předmětného výpočetního programu jsem aplikoval zkratové poměry získané od provozovatele přenosové soustavy (PS) tj. napáječe pro danou uzlovou oblast (TR EME 1 a TR PRAHA SEVER) z napěťové hladiny ZVN do napěťové hladiny VVN. Dále jsem definoval parametry venkovního vedení VVN od uzlových zdrojů do místa budoucí transformovny Klecany vč. parametrizace transformačního stroje VVN/VN pro možnost stanovení zkratových poměrů na straně VN 22kV. Provedeným výpočtem byly zjištěny zkratové výkony (S_k) a zkratový rázový proud (I_k'') v místě budoucí TR 110/22kV pro napěťovou hladinu VVN vypočtená hodnota S_k 3134MVA (I_k'' 3_f 16,45kA) a pro napěťovou hladinu VN vypočtená hodnota S_k 355MVA (I_k'' 3_f 9,32kA) [Obrázek 10].

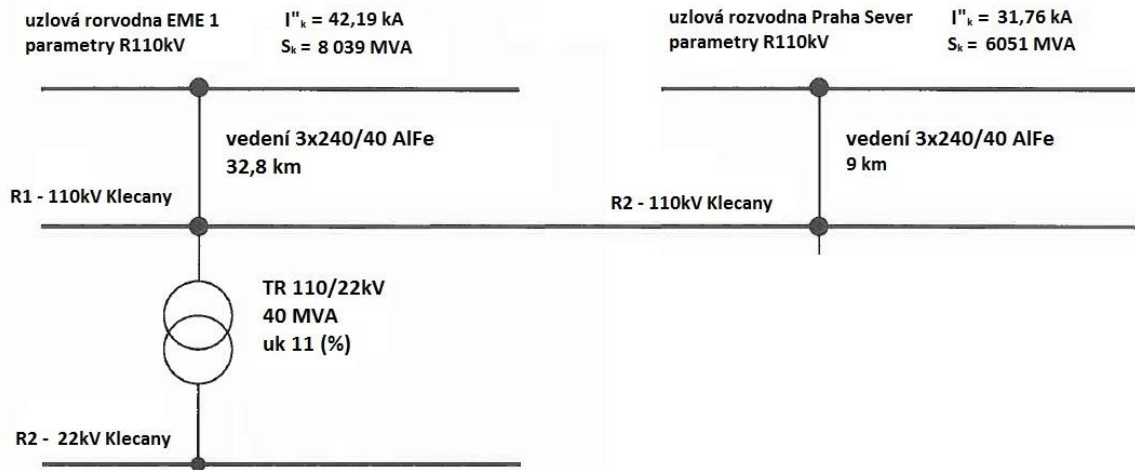
TRANSFORMOVNA		Rozvodna 110kV				
Název	Uzlová oblast	Vypočtená maxima				Zkr. odolnost
		I_{k-3f}^- [kA]	S_{k-3f}^- [MVA]	I_{k-1f}^- [kA]	S_{k-1f}^- [MVA]	I_{th}/I_{km} [kA]
Klecany (výhledová nová)	Řeporyje	16,45	3134	15,42	2937	31,5/80-plán
Rozvodna VN						
Un [kV]	Provoz traf	Výkon traf	Vypočtená maxima		Zkr. odolnost	
			I_{k-3}^- [kA]	S_{k-3}^- [MVA]	I_{th}/I_{km} [kA]	
22	T101+T102	2x40 MVA	9,32	355	25/63	

Obrázek 4.2 Hodnoty vypočítaných zkratových poměrů

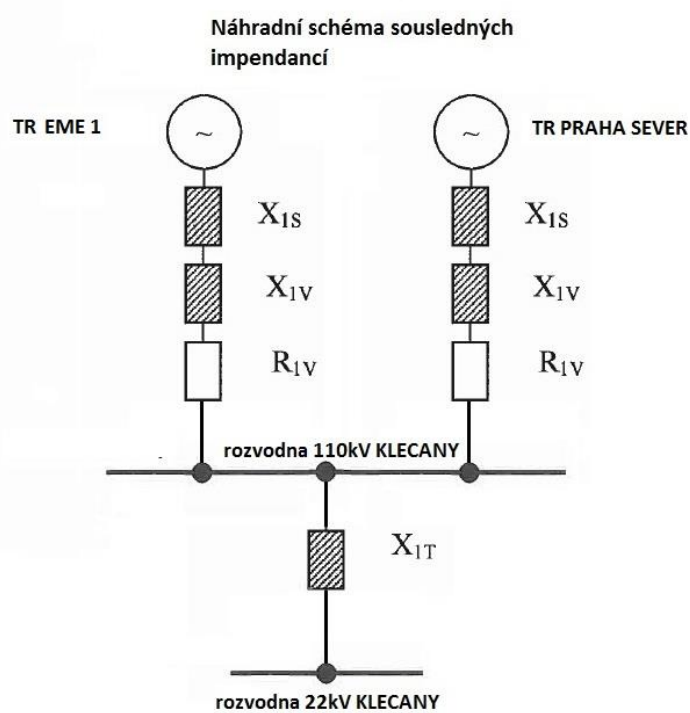


Obrázek 4.3 Modelová studie výpočet Sk (BIZON)

Získané hodnoty zkratových poměrů z modelové studie jsem ověřil níže uvedeným doplňujícím výpočtem. Pro zpracování ověřovacího výpočtu zkratových poměrů v místě R110kV a R22kV jsem ze získaných dat od provozovatele distribuční soustavy stanovil náhradní impedanční schéma vč. doplnění zkratových příspěvků uzlových transformoven [Obrázek 10], [Obrázek 11]. Do výpočtu jsem nevažoval s příspěvkem točivé složky uzlové oblasti (obnovitelné zdroje, asynchronní motory atd.) tato data nebyla pro výpočet poskytnuta.



Obrázek 4.4 Schéma zapojení nové TR 110/22kV do VVN



Obrázek 4.5 Náhradní impedanční schéma

Výpočet zkratových poměrů do místa rozvodny 110kV navrhované TR Klecany [4]

příspěvek transformovny EME 1

$$X_{S110} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times I_k''} = \frac{1,1 \times 110}{\sqrt{3} \times 42,19} = \frac{121}{73,075} = 1,655 \, \Omega$$

$$X_{v110} = X_v \times l = 0,4 \times 32,8 = 13,12 \, \Omega$$

$$\sum_{X_{110}} = 1,655 + 13,12 = 14,775 \Omega$$

$$Ik_1'' = \frac{c \times Un}{\sqrt{3} \times \sum_{X_{110}}} = \frac{121}{25,59} = 4,728 \text{ kA}$$

$$Sk_1 = \sqrt{3} \times Un \times Ik'' = 900,80 \text{ MVA}$$

(4.4)

příspěvek transformovny PRAHA SEVER

$$X_{S_{110}} = \frac{c \times Un}{\sqrt{3} \times Ik''} = \frac{1,1 \times 110}{\sqrt{3} \times 31,76} = \frac{121}{53,27} = 2,271 \Omega$$

$$X_{V_{110}} = X_V \times l = 0,4 \times 9 = 3,6 \Omega$$

$$Ik_2'' = \frac{c \times Un}{\sqrt{3} \times \sum_{X_{110}}} = \frac{121}{10,16} = 11,909 \text{ kA}$$

$$Sk_2 = \sqrt{3} \times Un \times Ik'' = 2\,268,96 \text{ MVA}$$

(4.5)

Celkový rázový zkratový proud Ik'' resp. zkratový výkon S_k

$$Ik''_{celk} = Ik_1'' + Ik_2'' = 16,637 \text{ kA}$$

$$Sk_{celk} = Sk_1 + Sk_2 = 3169,76 \text{ kA}$$

(4.6)

- Sk třířázový zkratový výkon v síti(MVA)
- Ik'' třířázový rázový proud(kA)
- X_s reaktance sítě(Ω)
- X_v reaktance vedení VVN [14].....(Ω)
- R_v činná složka vedení do výpočtu neuvažována
- c napěťový součinitel pro výpočet zkratových proudů [6]

Výpočet zkratových poměrů pro část 22kV TR Klecany

$$X_T = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$R = \Delta Pk \times \left(\frac{Un}{Sn}\right)^2 = 0,238 \times \left(\frac{22}{40000}\right)^2 = 0,071 \times 10^{-6} \Omega$$

$$Z = \frac{Uk}{100} \times \frac{Un^2}{Sn} = \frac{11}{100} \times \frac{22^2}{40000} = 0,11 \times 0,0121 = 0,001331 \Omega$$

$$X_T = \sqrt{0,00131^2 - (0,071 \times 10^{-6})^2} = \sqrt{0,01745 \times 10^{-4}} = 0,001320 \Omega$$

$$Ik_{22}'' = \frac{c \times Un}{\sqrt{3} \times X_T} = \frac{24,2}{0,00228} = 10,5 \text{ kA}$$

$$Sk_{22} = \sqrt{3} \times Un \times Ik_{22}'' = 400,10 \text{ MVA}$$

(4.7)

- X_T impedance transformátoru(Ω)
- ΔPk ztráty transformátoru nakrátko(W)
- Uk napětí transformátoru nakrátko(%)
- Sn jmenovitý výkon transformátoru(MVA)

Tabulka 4.4 Reaktance venkovních vedení [17]

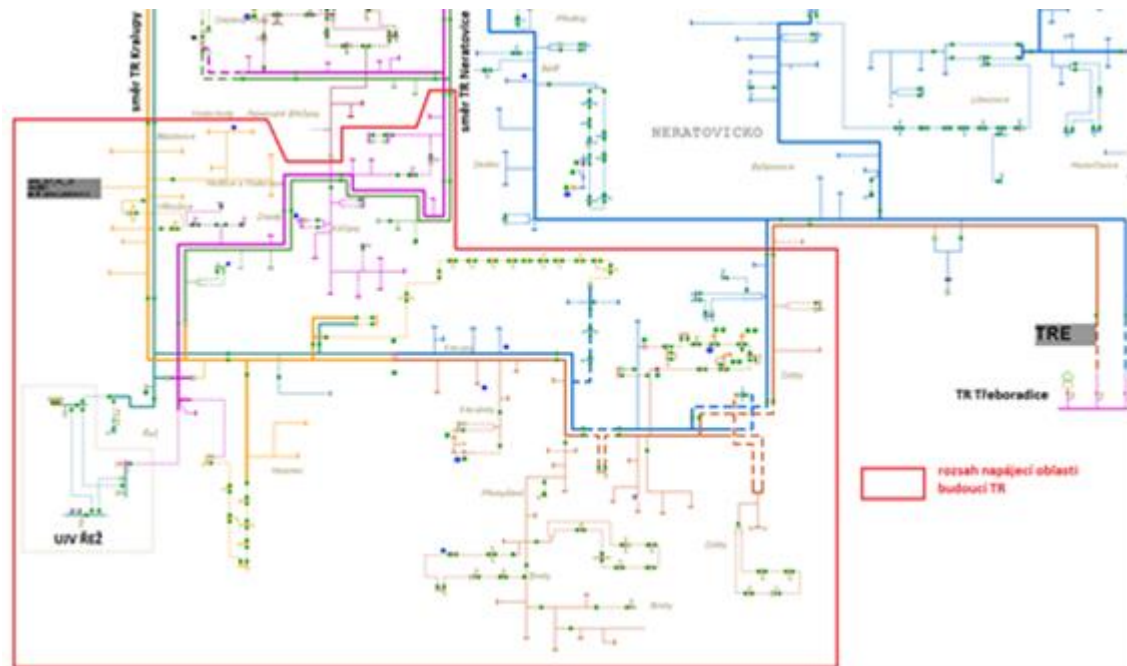
Informativní hodnoty reaktancí venkovních vedení						
jmenovité napětí	400 V	6 kV	22kV	110kV	220kV	400kV
reaktance na km délky (Ω/km)	0,3	0,33	0,35	0,4	0,43	0,29

Na základě vypočtených zkratových poměrů v místě budoucí TR mohu konstatovat, že navržené komponenty v R110kV se jmenovitým krátkodobým proudem (1s) 40kA odpovídají požadavkům s ohledem na vypočtený I_k 16,45kA. Pro část R22kV lze říci, že navržené komponenty se jmenovitým výdržným proudem 25kA odpovídají požadavkům s ohledem na vypočtený I_k 9,32kA. [4]

4.1.3 Kapacitní možnosti DS z pohledu přenosu el. energie

Návrh nové koncepce DS VN jsem zpracoval v souladu s požadovaným rozsahem přepojení DS VN v rámci kapacitního uvolnění stávajících transformoven Třeboradice

a Kralupy vč. výkonové rezervy pro budoucí rozvojové aktivity předmětné oblasti napájené z nového transformačního uzlu VVN/VN Klecany. Pro definování toku výkonů v řešené oblasti pro napěťovou hladinu VN jsem vypracoval výpočetní studii k simulaci jednotlivých stavů DS VN s obsáhnutím stávajícího zatížení a výhledového zatížení v rámci předpokládaných nových odběrů při podmínce dodržení parametru N-1 v provozované oblasti TR Neratovice, TR Kralupy a TR Třeboradice.



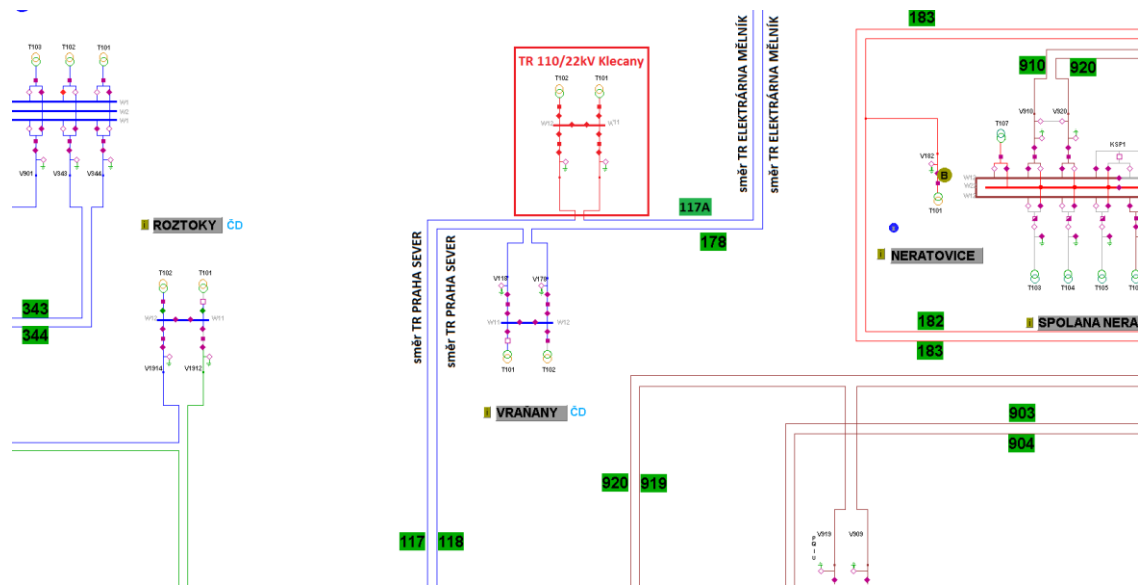
Obrázek 4.6 Rozsah nové napájecí oblasti transformovny Klecany

4.2 Zapojení TR 110/22kV

Zapojení transformovny do stávajícího systému distribučních sítí mohou rozdělit na zapojení do napěťové hladiny VVN a zapojení do napěťové hladiny VN.

4.2.1 Zapojení TR 110/22kV do VVN

Zapojení nové transformovny do stávajícího distribučního systému VVN venkovního dvojitého vedení 3x240/40ALFe je navrženo vřazením nové dvojitě odbočky v provedení 3x434-AL1/56-ST1A v délce cca 500m k budoucí TR 110/22kV Klecany. Jedná se o provozní celek venkovního vedení č.V117 (3x240 ALFe) úsek mezi TR EME 1 a TR PRAHA SEVER. Provedením uvedené úpravy venkovního vedení vzniknou dva nové dílčí úseky č.V117 PRAHA SEVER – KLECANY a č. V117A KLECANY – EME 1.



Obrázek 4.7 Zapojení nové TR 110/22kV do napěťové hladiny VVN

4.2.2 Zapojení TR 110/22kV do VN

Koncepci vyvedení nových napájecích vedení VN 22kV do stávajících distribučních vedení VN jsem zpracoval s ohledem na optimalizaci zapojení mezi navazujícími transformovny VVN/VN. Dále z pohledu maximalizace zajištění příkonů stávajícím odběratelům s kapacitní rezervou pro očekávané rozvojové aktivity územního celku. Součástí návrhu zapojení je variabilita možnosti změn provozních stavů při dodržení parametru N-1 s ohledem na požadavky vybraných odběratelů s nadstandardními provozními nároky tj. automatický záskok z náhradního vedení v případě výpadku základního stavu.

Provedením vyhodnocení výše popsaných nároků jsem navrhl zapojení nové TR 110/22kV Klecany do stávajícího systému DS VN v tomto uspořádání R22kV: pole č.AVB-05 ŘEŽ 1, pole č.AVB-06 ŘEŽ 2, 2x kab. vedení AXEKVCE-R do místa vyvedení tj. podpěrný bod č.62 (stávajícího dvojitého venkovního vedení), pole č.AVB-07 KLÍČANY, pole č.AVB-08 P. BŘEŽANY, 2x kab. vedení AXEKVCE-R do místa vyvedení podpěrný bod č.76 (stávajícího dvojitého venkovního vedení), pole č.AVB-15 KLECANY 2, pole č.AVB-14 ZDIBY, 2x kab. vedení AXEKVCE-R do místa vyvedení podpěrný bod č.84 (stávajícího dvojitého venkovního vedení), pole č.AVB-13 AHOLD, pole č.AVB-12 KLECANY 2, 2x kab. vedení AXEKVCER do místa vyvedení podpěrný bod č.69 (stávajícího dvojitého venkovního vedení). Kabelové vedení VN 22kV musí být v prostorách objektu transformovny vč. areálu uložena v typizovaném provedení 3x1xAXEKVCER. Navazující úseky směrem k vývodovým spínacím prvkům nepodléhají parametrizaci kabelového vedení v transformovně a budou realizována v typizovaném provedení

5 Technicko-ekonomické hodnocení přínosu TR

Pro provedení technicko-ekonomického hodnocení uvádím nyní základní pojmy a rozšiřující informace, které mi pomohou osvětlit tento teoretický bod zadání BP.

5.1 Obecné ekonomické parametry

Jedná se o vnější parametry určované jednak současnou ekonomickou situací a dále parametry vycházejícími z finančních výsledků provozovatele DS.

Inflace – promítá se do více položek ekonomického hodnocení. Slouží pro přepočet budoucí hodnoty jednotlivých prvků vstupujících do ekonomického hodnocení na cenu v roce realizace daného projektu.

Daň z příjmu – je určující pro očištění tržeb o daň z příjmů právnických osob.

Regulatorní výnosy z aktiv – hodnota výnosnosti aktiv použitá regulátorem pro rok, kdy je propočet realizován, k výpočtu ziskové složky v rámci povolených výnosů distributora. Hodnota parametru je aktualizována každoročně po vydání cenového rozhodnutí ERU s platností od 1.ledna pro běžný rok. Ve výpočtu bude tento parametr konstantní po celou dobu očekávané životnosti, pro kterou je efektivita ověřována.

Maximální životnost zařízení – jde o násobek technické životnosti. Koeficient určuje maximální životnost zařízení, tedy období od uvedení do provozu do maximální fyzické životnosti, kdy se předpokládá úplné technické dožití prvku. V období mezi technickou a maximální životností vzrůstá poruchovost zařízení (pravděpodobnost poruch a jejich počet) a náklady na provoz.

Doba posuzování – doba, ve které dochází k posuzování projektu. Konkrétně od roku uvedení do provozu.

Koeficient znovuporizovací hodnoty – slouží ke zjednodušení při modelování rekonstrukce stávajícího zařízení. Konkrétní zjednodušení spočívá v tom, že koeficient parametricky zahrnuje drobné položky, které technik nemusí či nemůže jednotlivě zadávat. Jde například o geodetické zaměření, vytýčení, věcná břemena apod.

Korekce stáří zařízení – tento parametr umožňuje upřednostnit starší zařízení před mladším. Koriguje náklady při překročení maximální životnosti zařízení. Vstupuje v případě modelování zachování stávajícího zařízení při výpočtu ekonomického hodnocení při rekonstrukci.

Diskontní sazba – v ekonomickém hodnocení projektů vstupuje do přepočítávání veškerých budoucích finančních toků na současnou hodnotu. Je to parametr demonstrující požadovanou míru ziskovosti vložených prostředků. Diskontní sazba představuje zároveň výnosovou míru, kterou nabízejí z hlediska rizika srovnatelné investiční alternativy.

Poměr zatížení sítě k instalovanému výkonu – předpokládané využití zatížení vzhledem k instalovanému výkonu dle napěťových hladin.

Průměrné přerušení – jde o průměrnou předpokládanou dobu trvání poruchy v minutách na zvolené napěťové hladině. Vstupuje do ocenění nákladů na nedodanou energii.

Marže z distribuce – průměrná měrná hodnota výnosu z distribuce energie očištěná dle napěťových hladin a stanovená pro hladiny VVN, VN a NN. Transformaci VVN/VN je příslušná marže VN; transformaci VN/NN je příslušná marže NN. Hodnota parametru je aktualizována každoročně po vydání cenového rozhodnutí ERU s platností od 1.ledna pro běžný rok. Ve výpočtu uvažují tento parametr konstantní po celou dobu očekávané životnosti, pro kterou je efektivita ověřována.

Ocenění ztrát – parametrické ocenění ztracené energie vztažené k jednotlivé napěťové hladině.

Nedodávka – parametrická cena nedodané energie vztažená k napěťové hladině. Vstupuje při zadávání nákladů na nedodanou energii.

Doba využití maxima – roční hodnota práce přepočtená na maximální hodnotu zatížení. Používá se při výpočtu výnosů z nových odběrů.

Doba plných ztrát – odvíjí od doby využití maxima a používá se při výpočtu ocenění ztrát [2]

5.2 Plánování nákladů

Náklady na výstavbu a demontáž jsou zadávány pomocí kalkulací na každý prvek zvlášť dle struktury příslušného projektu. Rozdělení nákladů na náklady vyvolané pouze zákazníkem a náklady vlastní (rozvoj, posílení).

Ostatní provozní náklady jsou náklady mimo specifický rozsah nákladů na výstavbu a demontáž.

Mohu říci, že náklady na technické ztráty slouží k výpočtu změny (zvýšení nebo snížení) nákladů na technické ztráty, která vznikne realizací navrženého technického řešení a případným připojením nových odběrů, nebo k výpočtu nárůstu nákladů na technické ztráty, ke kterému dojde vlivem provozování sítě v náhradním napájecím stavu v průběhu realizace projektu. Ztráty jsou rozděleny na stálé (u transformátorů ztráty naprázdno) a proměnné (vedení, ztráty nakrátko u transformátorů).

Náklady na nedodanou energii slouží pro výpočet nákladů na poruchy a nedodanou energii a zvýšených nákladů demontovaných prvků (záložka je použitelná pouze u rekonstrukcí). Ty se uplatňují v období mezi technickou a maximální životností zařízení.

Ostatní náklady slouží pro vkládání nákladů, které se přímo netýkají prvku zařízení (např. jednorázové náhrady...).

5.3 Plánování předpokládaných výnosů

Výnosy z nových – odběrů jsou rozpadlé do dvou složek. Nejdříve jsem zkoumal odhadovaný trend a také výhledovou spotřebu. Základním parametrem je napěťová hladina, dále se zadává stávající zatížení sítě a zbývající kapacita, která je limitována celkovou kapacitou sítě. V případě, že předpokládám výhledový (plánovaná výstavba na základě územních plánů a jině) skokový odběr, je nutno s tímto parametrem uvažovat.

Podíl zákazníka – je stanoven prováděcí vyhláškou energetického zákona.

Ostatní výnosy – slouží pro vkládání výnosů, které se přímo netýkají prvku zařízení (např. platba za záložní napájení, platba za reklamu, za nájem, atd.).

Výnosy z regulované báze aktiv – je počítáno automaticky v rámci výpočetního systému.

Daň z příjmů – základem výpočtu daně z příjmu je stanovení odpisů. Odpisová doba je načítána podle vybrané položky z číselníku. [2]

5.4 Výpočet ekonomických parametrů

5.4.1 Čistá současná hodnota (NPV)

Čistá současná hodnota projectu NPV (net present value) je součet čistých diskontovaných cash flow za hodnocené období.

$$NVP = \sum_{t=1}^{T_p} CF_t \times (1 + d)^{-t} \dots\dots\dots [\text{Kč}]$$

(5.1) [2]

kde: CF_t cash flow (tok hotovostí) v roce t (Kč)

d nominální diskontní sazba (%)

t počet let mezi daným rokem a počátkem hodnoceného období

T_p doba porovnání

5.4.2 Cash flow (CF)

Cash flow (CF – „tok hotovostí“) počítaný jako rozdíl mezi příjmy a výdaji v daném roce hodnocení projectu lze popsat vztahem:

$$CF_t = V_t - N_{pt} - N_{it} - D_t + P_t \dots\dots\dots [\text{Kč}]$$

(5.2) [2]

kde: V_t příjmy v roce t (Kč)

N_{pt} provozní výdaje v roce t (Kč)

N_{it} investiční výdaje v roce t (Kč)

D_t daň z příjmu v roce t (%)

P_t podíl zákazníka v roce t (Kč)

5.4.3 Diskontovaný cash flow (DCF)

Diskontovaný cash flow (DCF) představuje současnou hodnotu ročních hodnot CF. Diskontovaný CF lze určit podle vztahu:

$$DCF_t = CF_t \times (1 + d)^{-t} \dots\dots\dots [\text{Kč}]$$

(5.3) [2]

kde: CF_t cash flow (tok hotovostí) v roce t(Kč)
 dnominální diskontní sazba(%)
 tpočet let mezi daným rokem a počátkem hodnoceného období

5.4.4 Vnitřní výnosové procento (IRR)

Číselně je vnitřní výnosové procento IRR (internal rate of return) rovno takové diskontní sazbě, při které je NPV rovno nule. Toto kritérium udává měrnou výnosnost projectu při respektování časové hodnoty peněz a umožňuje porovnání s mírou zhodnocení jiných investičních možností.

$$NVP = \sum_{t=1}^{T_p} CF_t \times (1 + IRR)^{-t} = 0 \dots\dots\dots [\text{Kč}]$$

(5.4) [2]

kde: CF_t cash flow (tok hotovostí) v roce t(Kč)
 IRR vnitřní výnosové procento (vnitřní úroková míra).....(%)
 T_p doba porovnání

5.4.5 Doba návratnosti

Doba návratnosti T_s (playback period) vyjadřuje dobu potřebnou pro úhradu vloženého kapitálu do projectu jeho čistými výnosy. Udává tedy rok, kdy převáží tvorba finančních zdrojů nad jejich čerpáním. Jedná se pouze o doplňující (pomocný) ukazatel ekonomické efektivnosti.

$$NVP = \sum_{t=1}^{T_s} CF_t \times (1 + d)^{-t} = 0 \dots\dots\dots [\text{Kč}]$$

(5.5) [2]

kde: CF_t cash flow (tok hotovostí) v roce t(Kč)
 T_sdoba návratnosti(r)
 dnominální diskontní sazba(%)

5.4.6 Rentabilita vloženého kapitálu (REN) (index ziskovosti)

Tento ukazatel je modifikací klasické účetní rentability vlastního kapitálu do diskontované formy, respektující dobu hodnocení projektu a časovou hodnotu peněz. Využití tohoto ukazatele je vhodné při omezených finančních prostředcích pro investování.

Rentabilita vyjadřuje v procentech míru zhodnocení vloženého kapitálu. Rentabilitu lze vyjádřit vztahem:

$$REN = \frac{NPV}{N_d} \times 100 \dots\dots\dots [\%]$$

(5.6) [2]

kde: NPVčistá současná hodnota projektu(Kč)
 N_ddiskontovaný vložený kapitál(Kč)

5.5 Hodnocení projektu

Projekt jsem hodnotil modelem pracujícím na bázi výpočtu čisté současné hodnoty projektu (NPV) a vnitřního výnosového procenta (IRR). Model respektuje výstupy z oblasti výnosů a nákladů a základním výsledkem posouzení je hodnota (NPV) vypočítaná pro dvě diskontní sazby. Další parametry jako je IRR, doba návratnosti slouží z hlediska plnění pro rozhodnutí o realizaci pouze jako orientační informace.

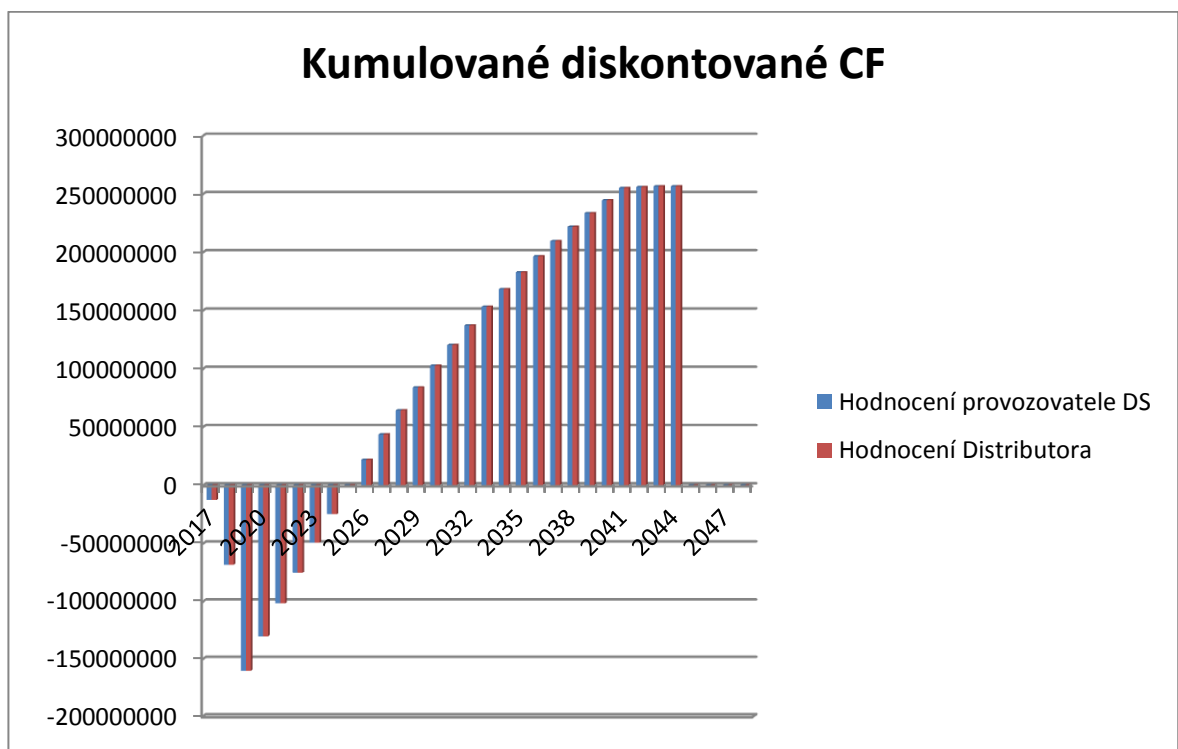
Položka provozovatel DS – diskontní sazba je nastavena dle požadavků provozovatele DS, tak aby projekty byly zhodnoceny z hlediska plnění náročných cílů [2].

Technicko-ekonomické hodnocení jsem provedl ve výpočetním systému SAP v transakci EKONOMIE. Vstupním parametrem je orientační kalkulace měrných nákladů předmětného souboru el. zařízení TR VVN/VN vč. stavebních částí. Jednotlivé rozpočtové položky jsem čerpal z dodaných již v minulosti realizovaných technicky identických technologických celků [příloha E]. Dalšími hodnotícími parametry pro výpočet návratnosti investice jsou výnosy z nových odběrů (podíl z připojení nových OM), trend navyšování stávajících rezervovaných

příkonů v místě stávajících odběrných míst a zajištění kapacitní rezervace s ohledem na budoucí rozvojové záměry v rámci územních celků předmětné oblasti.

Cena stavby v ek.hodnocení			174.713.317,12	Kč
Hodnocení skupiny				
NPV1	96.982.886,45			Kč
REN1	59,15			‰
IRR1	16,13			‰
Doba návratnosti	12			v letech
Hodnocení Distributora				
NPV2	96.982.886,45			Kč
REN2	59,15			‰
IRR2	16,13			‰
Doba návratnosti	12			v letech

Obrázek 5.1 Výsledky ekonomického hodnocení [18]



Obrázek 5.2 Graf návratnosti investice [18]

Dle uvedených výsledků je vypočtena doba návratnosti investice 10let. V případě výstavby TR 110/22kV je tento ukazatel příznivý s ohledem na životnost zařízení a kapacitní zajištění předmětného území vč. zvýšení spolehlivosti dodávek el. energie pro danou oblast.

Závěr

V této bakalářské práci jsem provedl zhodnocení nutnosti výstavby nového transformačního zdroje VVN/VN s vyvedením do napěťové hladiny VN 22kV v místě územního celku Klecany. Zhodnocení bylo provedeno ve vztahu k dodaným provozním poměrům a provozování předmětné oblasti při dodržení základních cílů tj. převedení příkonu ze stávajících kapacitně vytižených transformoven do budoucího transformačního uzlu Klecany. Zajištění narůstajících požadavků o nové připojení popř. zvýšení rezervovaného příkonu v řádu (MW) prioritně z napěťové hladiny VN 22kV v místě nově vznikajících průmyslových zón vč. zajištění trendu navyšování odběrů na napěťové hladině NN s ohledem na rozvíjející se nové technologie (tepelná čerpadla, elektromobilita atd.). Provedeným posouzením toků příkonů v dané oblasti s odkazem na požadavky o nové připojení popřípadě navyšování stávajících rezervovaných příkonů při dodržení standardu náhradního napájení tj. parametr N-1 jsem navrhl novou transformovnu VVN/VN vč. technologické parametrizace dílčích elektrizačních prvků pro jednotlivé napěťové hladiny VVN a VN. Dále jsem zpracoval podrobný popis zapojení do napěťové hladiny VVN vč. návrhu vyvedení nových kabelových vedení z rozvodny R22kV do stávajících venkovních vedení VN s vypracování pravoúhlého grafického zapojení VN a situačního znázornění zapojení jednotlivých venkovních a podzemních vedení VN do stávajících distribučních vedení. Pro navržení parametrizace elektrických technologických celků transformovny jsem zpracoval výpočet zkratových poměrů v místě budoucího transformačního zdroje ve vztahu k napěťovým hladinám VVN a VN vč. provedení výpočtu velikosti předpokládaného kapacitního proudu směřovaného do transformovny. Vypočtenou hodnotu celkového kapacitního proudu jsem aplikoval při parametrizaci tlumivek v souladu s požadovanou kapacitní rezervou pro budoucí trend navyšování kapacitních proudů způsobený rozvojem kabelových sítí VN převážně v městských aglomeracích. V návaznosti na nutnost umístění nové transformovny jsem zpracoval technicko-ekonomické hodnocení. Při porovnání základních aspektů tj. pořizovací cena, budoucí výnosy z dodávek el. energie a připojení nových odběrných míst vč. navyšování rezervovaných příkonů s odkazem na zvýšení spolehlivosti distribuční soustavy mohu konstatovat, že v dlouhodobém výhledu je předmětná výstavba nové TR správným ekonomickým a rozvojovým rozhodnutím kladně přispívajícím k regionálnímu rozvoji.

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Zatížení TR 110/22kV Kralupy [14]	15
Tabulka 2.2 Zatížení TR 110/22kV Třeboradice [14]	15
Tabulka 3.1 Základní technické parametry R110kV [1]	17
Tabulka 3.2 Základní technické parametry R22kV [1]	23
Tabulka 3.3 Nastavení ochran T101, T102 [15]	25
Tabulka 3.4 Nastavení nadproudových – zkratových ochran v R22kV TRVVN/VN [16]	25
Tabulka 4.1 Přiřazení měrných hodnot I_c (A/km) [5]	30
Tabulka 4.2 Výpočet I_c , podzemní vedení [11]	31
Tabulka 4.3 Výpočet I_c nadzemní vedení [11]	31
Tabulka 4.4 Reaktance venkovních vedení [17]	35

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Vypínač VVN SF6	18
Obrázek 3.2 Specifikace modulárního rozvaděče VN, vývodové pole	20
Obrázek 3.3 Specifikace modulárního rozvaděče VN, podélná spojka.....	21
Obrázek 3.4 Specifikace modulárního rozvaděče VN, spojka přípojnic	21
Obrázek 4.1 Vymezení rozsahu přepojeného vedení VN pro výpočet kapacitního proudu.....	29
Obrázek 4.2 Hodnoty vypočítaných zkratových poměrů	32
Obrázek 4.3 Modelová studie výpočet Sk (BIZON)	32
Obrázek 4.4 Schéma zapojení nové TR 110/22kV 110/22kV do VVN	33
Obrázek 4.5 Náhradní impedanční schéma	33
Obrázek 4.6 Rozsah nové napájecí oblasti transformovny Klecany	36
Obrázek 4.7 Zapojení nové TR 110/22kV do napěťové hladiny VVN	37
Obrázek 4.8 Zapojení DS VN, polohopis	38
Obrázek 4.9 Zapojení DS VN, schéma nové	38
Obrázek 5.1 Výsledky ekonomického hodnocení [18].....	45
Obrázek 5.2 Graf návratnosti investice [18].....	45

Seznam příloh

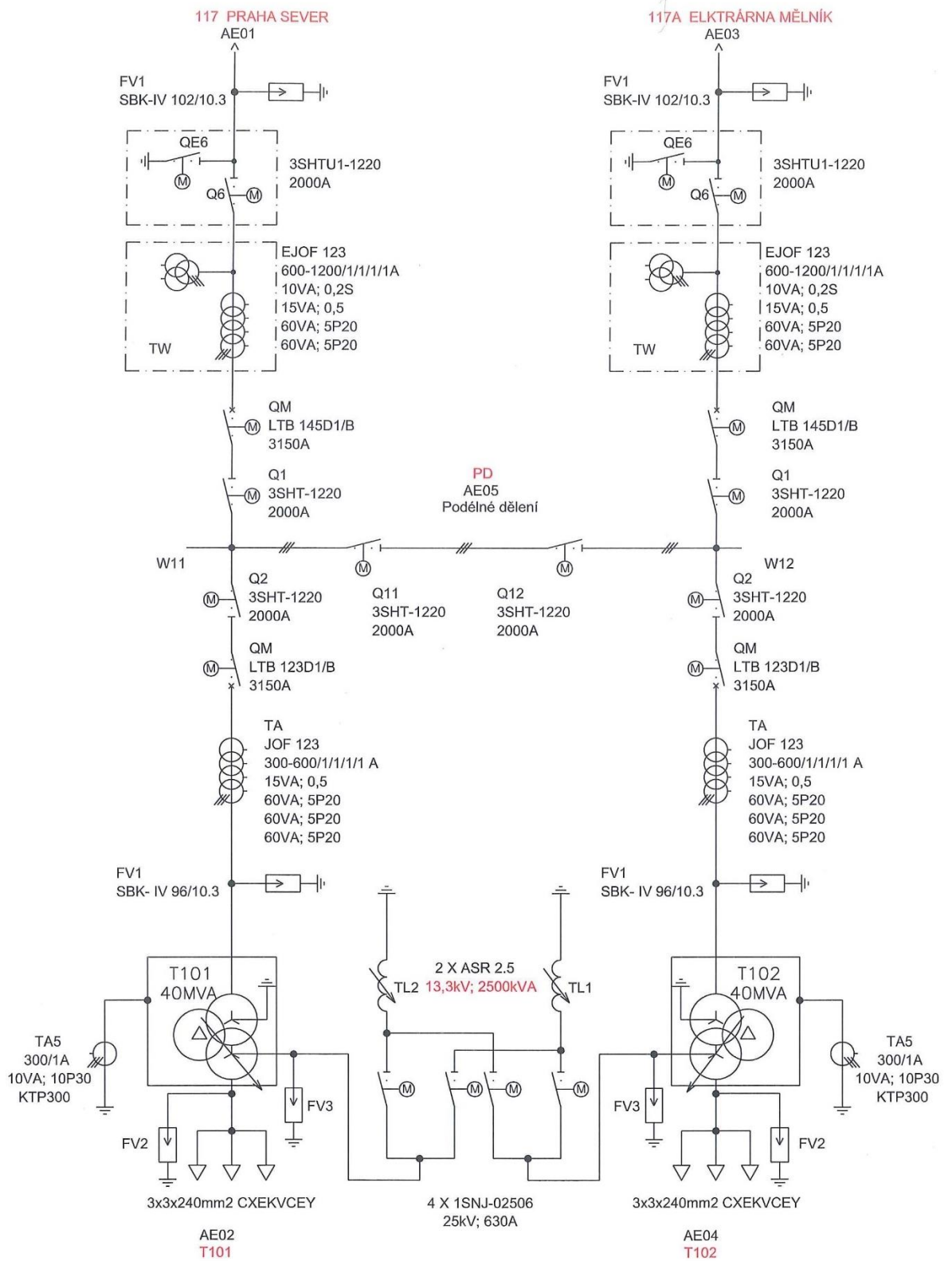
Příloha A – R110kV pravoúhlé schéma	1
Příloha B – R22kV pravoúhlé schéma.....	2
Příloha C – R22kV pravoúhlé schéma detail A	3
Příloha D – R22kV pravoúhlé schéma detail B	4
Příloha E – kalkulace nákladů	5

Seznam literatury a informačních zdrojů

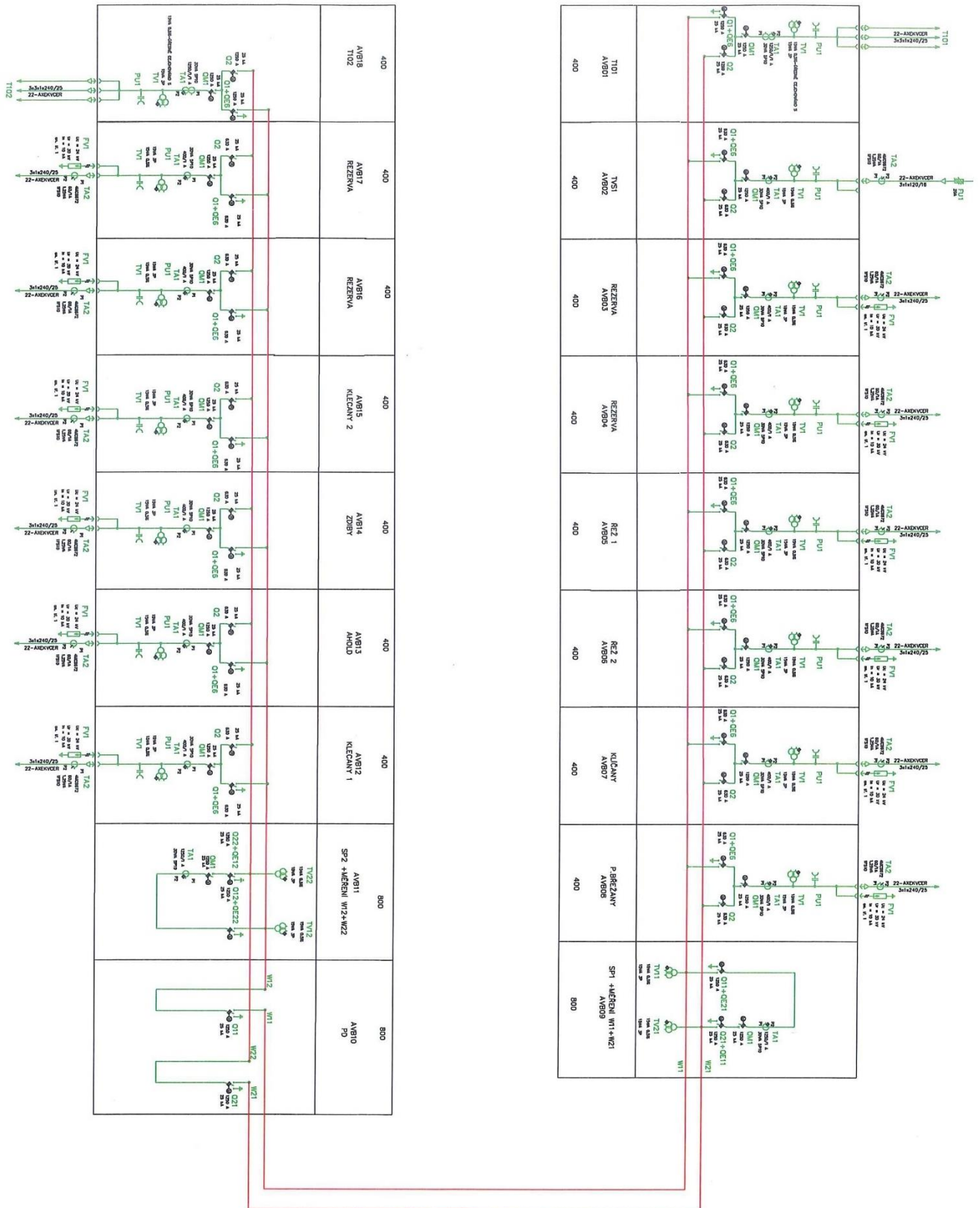
- [1] KOSNAR, Kamil. *Prováděcí dokument ČEZ Distribuce, a.s., č.ME_0093r00*
Koncepce elektrických stanic VVN/VN, VN/VN, a VN. Platnost od 13.11.2017.
- [2] KVASNIČKA, David. *Prováděcí dokument ČEZ Distribuce, a.s., č.ME_0186r00*
Ekonomické hodnocení investic. Platnost od 01.01.2011.
- [3] RAJSKÝ, František. *Prováděcí dokument ČEZ Distribuce, a.s., č.ME_0219r00*
Koncepce uzemňování. Platnost od 01.01.2014.
- [4] TESAŘOVÁ, ŠROUBOVÁ: *Průmyslová elektroenergetika, ZČU, 2000*
- [5] VANĚK, Zdeněk. *Prováděcí dokument ČEZ Distribuce, a.s., č.ME_0083r06z2*
Všeobecné zásady pro technické návrhy sítí VN a NN. Platnost od 17.10.2016.
- [6] ČSN EN 60909-0: Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0:
Výpočet proudů.
- [7] Katalogový list ČEZ Distribuce, a.s. Rozváděč ABB, skříňový SF6. Poslední změna
01.03.2010. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/pubutf/ds4/cs/prododavatele/standarty/standarty-atalog.html?PARENTID_IN_FK=4561
- [8] Katalogový list ČEZ Distribuce, a.s. Vypínače VVN. Poslední změna 05.01.2017.
Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/pubutf/ds4/cs/prododavatele/standarty/standarty-atalog.html?PARENTID_IN_FK=4561.
- [9] Katalogový list ČEZ Distribuce, a.s. Odpojovače VVN. Poslední změna 24.04.2018.
Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/pubutf/ds4/cs/prododavatele/standarty/standarty-atalog.html?PARENTID_IN_FK=4561.
- [10] Katalogový list ČEZ Distribuce, a.s. Tlumivky a odporníky. Poslední změna
24.04.2018. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/pubutf/ds4/cs/prododavatele/standarty/standarty-atalog.html?PARENTID_IN_FK=4561.
- [11] Parametry distribučních vedení vymezené oblasti čerpané z grafického systému
provozovatele distribuční soustavy.
- [12] Provedení ŘS a ochran, standardní modulace pro transformovny, zdroj provozovatel
distribuční soustavy.
- [13] Sumarizace instalovaných výkonů přepojené oblasti, data převzata od provozovatele
distribuční soustavy.
- [14] Tabulka naměřených hodnot zimního měření r.2018, zdroj provozovatel distribuční
soustavy.

- [15] Tabulka nastavení nadproudové a zkratové ochrany transformačního stroje VVN/VN, zdroj provozovatel distribuční soustavy.
- [16] Tabulka nastavení nadproudových a zkratových ochran vedení VN, zdroj provozovatel distribuční soustavy.
- [17] Tabulka reaktancí venkovních vedení dle provozované napěťové hladiny. Dostupné z: https://www.powerwiki.cz/attach/PEL/2-PEL_PSaDS-2015.pdf
- [18] Výsledky ekonomického hodnocení, export z výpočetního systému SAP

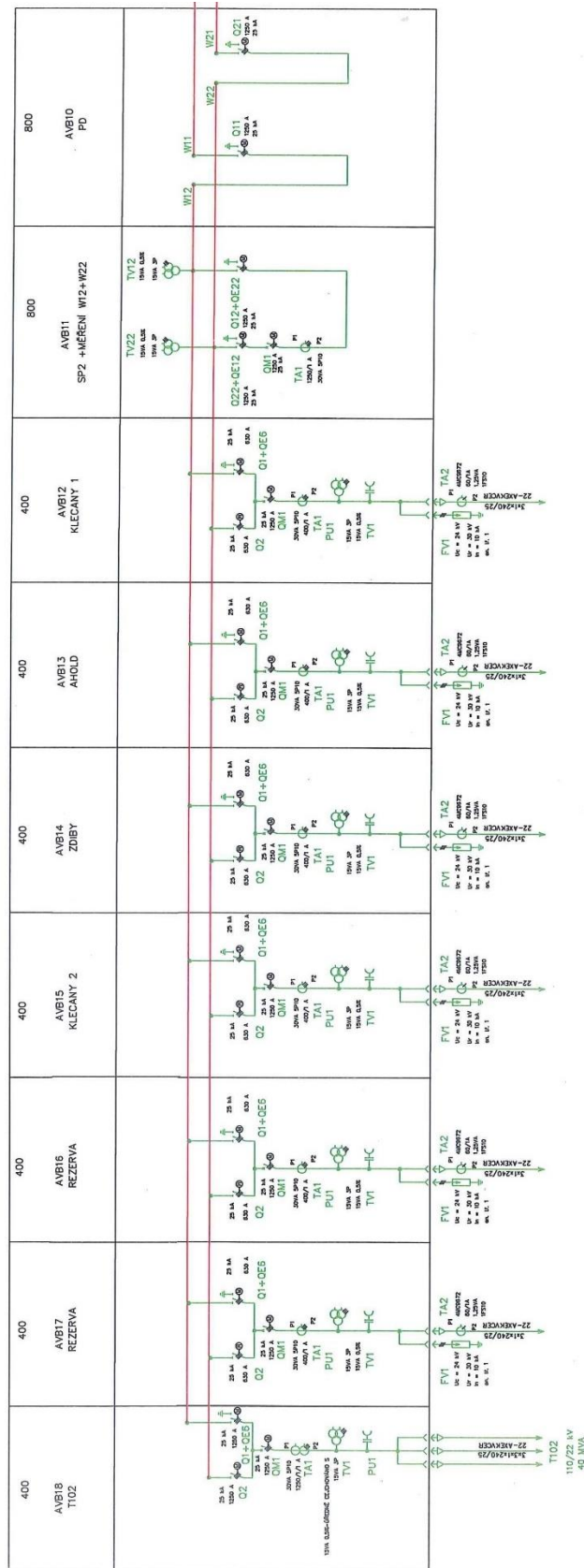
Příloha A – R110kV pravoúhlé schéma



Příloha B – R22kV pravouhlé schéma



Příloha D – R22kV pravouhlé schéma detail B



Příloha E – kalkulace nákladů

kalkulace	Popis	Množství	poče	cena	měn
110.302.	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE - NÁKLADY	1	KS	154	CZK
110.310.	VĚCNÁ BŘEMENA (OCHR.PÁSMO) - 10%	1	KS	150	CZK
110.306.	GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ PO DOKONČENÍ	0,200	KM	9 571,6	CZK
110.305.	GEODETICKÉ VYTYČENÍ PŘED ZAHÁJENÍM	0,200	KM	9 571,6	CZK
110.003.	2X110 KV ALFE 680 NA PS	0,200	KM	2 392	CZK
160.300.	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE - VVN ČÁST	1	KS	2 435	CZK
160.003.	POLE VÝVODOVÉ ODBOČKY TR3	2	KS	9 763	CZK
160.012.	POLE VÝVODU NA SILOVÝ TRANSFORMÁTOR	2	KS	8 277	CZK
160.052.	PODÉLNÉ DĚLENÍ PŘÍPOJNIC TR3	1	KS	1 273	CZK
160.080.	ROZVODNA 110 KV	1	KS	2 628	CZK
160.322.	OSTATNÍ NÁKLADY	1,000	JV	3 343	CZK
270.300.	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE - SPOLEČNÁ	1	KS	4 000	CZK
270.055.	VENKOVNÍ ROZVODNA 110 KV	1,000	JV	5 000	CZK
270.060.	SKLAD POŽÁRNÍ TECHNIKY	1,000	JV	300	CZK
270.070.	POŽÁRNÍ NÁDRŽ	1,000	JV	500	CZK
270.101.	STÁNÍ TRAFU - STAVEBNÍ ČÁST STANIC VVN/V	2	KS	9 000	CZK
270.110.	STÁNÍ TLUMIVEK - STAVEBNÍ ČÁST STANIC VV	2	KS	2 600	CZK
270.120.	ZEMNÍ PRÁCE PRO KABELY VN	1	M	150	CZK
270.121.	KABELOVODY A KABELOVÉ ŠACHTY	1	M	2 000	CZK
270.125.	ZEMNÍ PRÁCE PRO UZEMNĚNÍ	1,000	M2	400	CZK
270.210.	FOM (FYZICKÁ OCHRANA MAJETKU)	1,000	JV	1 200	CZK
270.322.	PITNÁ VODA	1,000	JV	3 204	CZK
270.322.	PITNÁ VODA	1,000	JV	500	CZK
270.002.	SEJMUTÍ ORNICE	3 000,00	M2	1 716	CZK
270.003.	HRUBÉ TERÉNNÍ ÚPRAVY	600,000	M3	1 248	CZK
270.004.	KONEČNÁ ÚPRAVA TERÉNU	650,000	M3	1 453	CZK
270.005.	PŘÍJEZDOVÁ KOMUNIKACE	1 500,00	M2	5 462	CZK
270.010.	KANALIZACE DEŠŤOVÁ	1	M	1 300	CZK
270.011.	KANALIZACE SPLAŠKOVÁ	1	M	500	CZK
270.020.	VNITŘNÍ KOMUNIKACE	850,000	M2	3 095	CZK
270.030.	OPLOCENÍ VENKOVNÍ	1	M	1 900	CZK
270.031.	OPLOCENÍ PROVOZNÍ	1	M	350	CZK
270.033.	VNĚJŠÍ OSVĚTLENÍ	1	M	550	CZK
270.050.	BUDOVA SPOLEČNÝCH PROVOZŮ	1,000	JV	7 282	CZK
272.300.	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE - SPOLEČNÁ	1	KS	1 100	CZK
272.001.	ŘS STANICE VVN/VN	1	KS	15 620	CZK
260.300.	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE VN - STANIC	1	KS	850	CZK
260.080.	STRÍDAČE	1	KS	300	CZK
260.075.	USMĚRNOVAČE	1	KS	300	CZK
260.070.	AKUMULÁTOROVÁ BATERIE	1	KS	600	CZK
260.050.	VLASTNÍ SPOTŘEBA - STANIC VVN/VN	1	KS	400	CZK
260.060.	TLUMIVKA, ODPORNIK - STANIC VVN/VN	2	KS	3 395	CZK
260.027.	SKŘÍN MĚŘENÍ-NADSTAVBA	2	KS	1 100	CZK
260.026.	SKŘÍN VÝVODU NA TRANSFORMÁTOR VLASTNÍ	1	KS	920	CZK
260.023.	SKŘÍN PODÉLNÉHO DĚLENÍ PŘÍPOJNIC	1	KS	1 200	CZK
260.021.	SKŘÍN PŘÍVODU Z TRANSFORMÁTORU VVN/VN	2	KS	2 800	CZK
260.020.	SKŘÍN VÝVODOVÉ ODBOČKY	10	KS	8 800	CZK
261.002.	TRANSFORMÁTOR VVN/VN 40 MVA	2	KS	48 000	CZK
600.001.	POZEMKY	1	KS	3 500	CZK
330.030.	KOMPAKTNÍ ROZVÁDEČ VN 3 POLE (22 KV)	1	KS	245	CZK
330.010.	KOMPAKTNÍ BETONOVÁ 22 KV / DO 1X 630 KVA	1	KS	213	CZK
331.004.	TRAFU 250 KVA 22(10)/0,4 KV, CENA VČ.DOP	2	KS	520	CZK
335.010.	KOMPAKTNÍ BETONOVÁ 22 KV / DO 1X 630 KVA	1	KS	447	CZK
320.036.	2X AYKY DO 120 MM2 BEZ ODBOČEK,	0,200	KM	245	CZK
celkem				174 713	