

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Nová transformovna 400 / 110 kV Rohatec

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef HLUBUČEK**
Osobní číslo: **E18N0066P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektroenergetika**
Téma práce: **Nová transformovna 400 / 110 kV Rohatec**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování

Provedte technický návrh nové rozvodny 400 / 110 kV v konkrétní lokalitě včetně legislativních a ekonomických aspektů.

1. Zpracujte rešerši požadavků kladených na elektrické stanice v přenosové soustavě, současného stavu používané technologie pro rozvodny vvn a zvn, legislativy a technických požadavků v oblasti elektrických stanic.
2. Zpracujte rešerši základních konstrukčních zásad a výpočtů potřebných pro prvotní návrh silové části transformovny zvn/vvn.
3. Provedte základní konstrukční návrh a návrh umístění nové TR 400/110 kV pro lokalitu Rohatec v několika variantách. Při návrhu zohledněte základní technické požadavky, výběr technologie, možnosti připojení do distribuční a přenosové soustavy, stav územně plánovací dokumentace popř. další přímo související legislativu.
4. U navržených řešení proveďte technicko-ekonomickou analýzu a rozbor výhod a nevýhod z pohledu umístění stavby v území.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Boehme, H: General Guidelines for AC Power Substations, CIGRE Brochure No. 161, 2000, WG 23-03
2. McDonald J: Electric Power Substations Engineering, Second Edition, CRC Press, 2007, ISBN 978-0-8493-7383-1
3. ČSN EN 61936-1 – Elektrické instalace nad AC 1 kV – Část 1: Všeobecná pravidla
4. ČSN EN 60865-1 ed.2 Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody
5. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) č. 183/2006 Sb.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **4. října 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2020**



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na návrh nové elektrické stanice 400/110 kV v konkrétní lokalitě, a to v obci Ratíškovice, která se nachází v Jihomoravském kraji. Práce je zaměřena zejména na volbu vhodného umístění elektrické stanice, které je však vymezeno daným územním plánem obce. Jsou zde vytvořeny dva návrhy umístění stanic, více variant nebylo možné z hlediska technického provedení, či potřebných ploch pro technickou infrastrukturu. Práce obsahuje řešerši požadavků, které jsou kladeny na elektrické stanice v přenosové soustavě, současného stavu používané technologie pro rozvodny vvn a zvn, potřebné legislativy pro stavbu nové elektrické stanice. Dále je vypracován prvotní návrh silové části a podle toho nastíněn základní konstrukční návrh pro dvě varianty umístění, včetně umístění do územně plánovací dokumentace a připojení na přenosovou a distribuční soustavu. V poslední části práce je nastíněná technicko-ekonomická analýza daných návrhů.

Klíčová slova

Elektrická stanice, zvn, vvn, rozvodna, transformovna, přípojnicové systémy, energetický zákon, stavební zákon, základní konstrukční návrh, územní plánování, mechanické namáhání, technicko-ekonomická analýza.

Abstract

This diploma thesis is focused on design of a new 400/110 kV power station for a specific location, in the village Ratiškovice, which is located in the South Moravian Region. This thesis deals with the choice of a suitable placement of the power station, which is, however, defined by the zoning plan of the municipality. There are two proposals for the placement of stations, more variants were not considered because of impossibility of technical design or the necessary areas for technical infrastructure. The work contains an overview of requirements that are placed on power stations in the transmission system, the current state of technology used for high voltage and ultra high voltage substations, and the necessary legislation for the construction of a new power station. Furthermore, the initial design of the power section is elaborated and the basic construction design for two variants of placement is outlined accordingly, including the connection to the transmission and distribution system. The last part of the work outlines the technical and economic analysis of the proposals.

Keywords

Power station, high voltage, ultra high voltage, substation, transformer station, busbar systems, energy law, building law, basic design, land use planning, mechanical stress, technical and economic analysis.

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 17.6.2020

Bc. Josef Hlubuček

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Karlu Noháčovi Ph.D. za metodické vedení práce a za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Špetlíkovi Ph.D., který mi poskytl profesionální rady z oblasti elektrických stanic a za celkovou pomoc při vytváření daných návrhů.

Obsah

ÚVOD	16
1 ELEKTRICKÉ STANICE.....	17
1.1 TYPY ELEKTRICKÝCH STANIC.....	17
1.2 TYPICKÉ ELEKTRICKÉ STANICE PŘENOSOVÉ SOUSTAVY A DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY.....	18
1.3 STŘÍDAVÁ ELEKTRICKÁ ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ.....	19
1.3.1 Schémata elektrických rozvodných zařízení.....	20
1.3.2 Konstrukční provedení přípojnicových systémů.....	20
1.3.3 Provedení elektrických rozvodných zařízení.....	25
1.3.4 Provedení rozvoden zvn a vvn.....	26
2 LEGISLATIVNÍ ČÁST	33
2.1 ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD (ERÚ).....	33
2.2 ENERGETICKÝ ZÁKON	34
2.2.1 Podnikání v energetických odvětvích	34
2.2.2 Licence.....	35
2.3 STAVEBNÍ ZÁKON.....	35
2.3.1 Územní plánování.....	35
2.3.2 Veřejně prospěšná stavba.....	37
2.3.3 Stavební řád.....	37
2.3.4 Oprávněný investor	37
2.3.5 Ochranná pásma	38
2.3.6 Proces povolení stavby.....	38
3 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	40
3.1 MECHANICKÉ KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	40
3.2 VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK NA NÁVRH.....	40
3.3 SPECIÁLNÍ POŽADAVKY NA NÁVRH	41
3.4 ELEKTRICKÉ POŽADAVKY	41
3.4.1 Volba izolační hladiny.....	41
3.4.2 Účinky zkratových proudů.....	42
3.5 DALŠÍ POŽADAVKY NA NÁVRH	49
4 NÁVRH ROZVODNY 400/110 KV ROHATEC	51
4.1 ÚZEMNÍ PLÁN OBCE RATÍŠKOVICE	51
4.2 TECHNICKÉ ZADÁNÍ	52
4.3 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ NÁVRH	53
4.3.1 Vstupní údaje – trubkové vodiče 120x10 mm.....	54
4.3.2 Normální zatížení.....	54
4.3.3 Mimořádné zatížení – účinky zkratových proudů.....	55
4.3.4 Ověření výpočtem – přípojnice v R420 250x8 mm.....	59
4.3.5 Ověření výpočtem – propojení v poli R420 120x8 mm.....	60
4.3.6 Ověření výpočtem – propojení v poli R123 100x10 mm.....	62
4.4 DISPOZIČNÍ PRVKY PRO NÁVRH UMÍSTĚNÍ ROZVODNY ROHATEC	63
4.5 UMÍSTĚNÍ ELEKTRICKÉ STANICE ROHATEC	69
4.5.1 Elektrické stanice vedle sebe – 1. varianta.....	69
4.5.2 Elektrické stanice za sebou – 2. varianta.....	72

4.6	VYHODNOCENÍ SOULADU Z HLEDISKA ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTACE	74
5	TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA NÁVRHU.....	77
5.1	ELEKTRICKÉ STANICE VEDLE SEBE – 1. VARIANTA	77
5.1.1	Část rozvodny 420 kV (1. varianta).....	77
5.1.2	Část rozvodny 123 kV (1. varianta).....	79
5.2	ELEKTRICKÉ STANICE ZA SEBOU – 2. VARIANTA.....	80
5.2.1	Část rozvodny 420 kV.....	80
5.2.2	Část rozvodny 123 kV (2. varianta).....	81
5.3	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	82
ZÁVĚR	84	
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	86	
PŘÍLOHY	87	

Seznam obrázků

OBR. 1 - ELEKTRICKÁ STANICE V KLETNÉ [1]	18
OBR. 2 - SCHÉMATA ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ NN.....	22
OBR. 3 - SCHÉMA SE ZJEDNODUŠENÝM ZNAČENÍM VN	22
OBR. 4 - TYP ZAPOJENÍ H.....	22
OBR. 5 - DVOJITÝ SYSTÉM PŘÍPOJNIC.....	23
OBR. 6 - TROJITÝ SYSTÉM PŘÍPOJNIC	24
OBR. 7 - SYSTÉM S POMOCNOU PŘÍPOJNICÍ	24
OBR. 8 – KLASICKÉ USPOŘÁDÁNÍ ROZVODNY 220 kV [2]	29
OBR. 9 - TANDEMOMÉ USPOŘÁDÁNÍ ROZVODNY 110 kV [2].....	30
OBR. 10 - KÝLOVÉ USPOŘÁDÁNÍ ROZVODNY 110 kV [2].....	30
OBR. 11 - DIAGONÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ PŘÍPOJNICOVÝCH ODPOJOVAČŮ ROZVODNA 400 kV [2] ..	31
OBR. 12 - DIAGONÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ PŘÍPOJNICOVÝCH ODPOJOVAČŮ ROZVODNA 220 kV [2] ..	31
OBR. 13 - H – SCHÉMA ROZVODNY 110 kV [2]	32
OBR. 14 - UZEMŇOVACÍ SÍŤ PRO DVA UZEMŇOVACÍ PŘÍVODY	46
OBR. 15 - SOUČINITEL K1s PRO VÝPOČET ÚČINNÉ VZDÁLENOSTI VODIČE [10]	48
OBR. 16 - VYMEZENÉ ÚZEMÍ PRO TECHNICKOU INFRASTRUKTURU	52
OBR. 17 - USPOŘÁDÁNÍ HLAVNÍHO VODIČE SLOŽENÉHO ZE TŘÍ DÍLČÍCH VODIČŮ [13].....	53
OBR. 18 - SPOJITÝ NOSNÍK S PROSTÝMI PODPORAMI [9].....	53
OBR. 19 - PŘÍPOJNICOVÝ SYSTÉM 420 kV	64
OBR. 20 - HLAVNÍ OCELOVÁ KONSTRUKCE [15]	64
OBR. 21 - POLE ROZVODNY ROHATEC	65
OBR. 22 – JEDNOPÓLOVÉ PŘEHLEDOVÉ SCHÉMA VÝZBROJE (VÝVODOVÉ POLE)	65
OBR. 23 - TYPICKÉ VYBAVENÍ CENTRÁLNÍHO DOMKU [4].....	66
OBR. 24 - DOMEK OCHRAN [4]	66
OBR. 25 - DOMEK OCHRAN SCHEMATICKY [4].....	66
OBR. 26 - TRANSFORMÁTOR SIEMENS 350 MVA	67
OBR. 27 - REAKTOR NA TERCÍÁRNÍ STRANĚ TRANSFORMÁTORU [16]	67
OBR. 28 - DISPOZIČNÍ SCHÉMA ROZVODNY ROHATEC ČÁST 420 kV.....	68
OBR. 29 - DISPOZIČNÍ SCHÉMA ROZVODNY ROHATEC ČÁST 123 kV.....	69
OBR. 30 – CELKOVÉ DISPOZIČNÍ SCHÉMA (1. VARIANTA)	69
OBR. 31 - DISPOZIČNÍ SCHÉMA – DETAIL (1. VARIANTA B).....	70
OBR. 32 - KABELOVÉ VEDENÍ MIMO ÚPD 110 kV	71
OBR. 33 - UMÍSTĚNÍ DO ÚPD OBCE RATÍŠKOVICE (1. VARIANTA)	71
OBR. 34 - NAPOJENÍ NA PŘENOSOVOU A DISTRIBUČNÍ SOUSTAVU (1. VARIANTA).....	72
OBR. 35 - CELKOVÉ DISPOZIČNÍ SCHÉMA (2. VARIANTA).....	73
OBR. 36 - UMÍSTĚNÍ DO ÚPD OBCE RATÍŠKOVICE (2. VARIANTA)	73
OBR. 37 - NAPOJENÍ NA PŘENOSOVOU A DISTRIBUČNÍ SOUSTAVU (2. VARIANTA).....	74
OBR. 38 - GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PÚR – ČÁST ELEKTROENERGETIKA	75
OBR. 39 - GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ PODLE ZÚR JIHMORAVSKÉHO KRAJE	76
OBR. 40 - DETAIL POLÍ V R420 kV	77
OBR. 41 - DETAIL POLÍ V R123 kV (1. VARIANTA).....	79
OBR. 42 - PROPOJENÍ MEZI R420 kV A R123 kV (2. VARIANTA)	81
OBR. 43 - DETAIL PROPOJENÍ V R123 kV (2. VARIANTA).....	81

Seznam tabulek

TABULKA 1 - NORMALIZOVANÁ ŘADA ZKRATOVÝCH ODOLNOSTÍ [4]	19
TABULKA 2 - MINIMÁLNÍ VZDUŠNÉ VZDÁLENOSTI [8].....	42
TABULKA 3 – PODPĚRNÉ IZOLÁTORY VODIČE 120X10MM	59
TABULKA 4 - ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VODIČŮ– 120X10 MM V R420 KV	59
TABULKA 5 – PODPĚRNÉ IZOLÁTORY PRO PŘÍPOJNICE 420 KV	60
TABULKA 6 - ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ – PŘÍPOJNICE 250X8 MM V R420 KV	60
TABULKA 7 – PODPĚRNÉ IZOLÁTORY VODIČE 120X8MM	61
TABULKA 8 - ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ – VODIČE 120X8 MM V R420 KV	61
TABULKA 9 - ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ – VODIČE 100X10 MM V R123 KV	62
TABULKA 10 – PODPĚRNÉ IZOLÁTORY PRO VODIČE V R123	63
TABULKA 11 – PROMĚNNÉ PRO EKONOMICKOU ANALÝZU (1. VARIANTA).....	82
TABULKA 12 - PROMĚNNÉ PRO EKONOMICKOU ANALÝZU (2. VARIANTA)	82

Seznam symbolů a zkratk

a	Osová vzdálenost mezi vodiči (m)
AC	Střídavý elektrický proud
AET	Dělicí místo ČEPS/E.ON (obsahuje odpojovač, popřípadě odpojovač a rozdílovou ochranu při použití kabelového vedení)
AlFe	Lano z několika hliníkových žil, kde nosné jádro je z pozinkované oceli
a_m	Účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči (m)
a_s	Účinná vzdálenost mezi dílčími vodiči (m)
BSP	Budova společných provozů společnosti E.ON Distribuce
c	Koeficient respektující napět'ovou hladinu
c_0	Měrná tepelná kapacita při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\text{J}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$)
CINIS	Společnost prodávající čističky odpadních vod
ČEPS	Provozovatel přenosové soustavy
ČR	Česká republika
d	Vnější průměr přípojnice (m)
DC	Stejnsměrný elektrický proud
DPS	Dokumentace provádění stavby
DSP.....	Dokumentace pro stavební povolení
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DUR	Dokumentace o umístění stavby
DZA	Dokumentace o zadání akce
E.ON	Provozovatel distribuční soustavy
EA1	Holé ploché vodiče z hliníku
EIA	Vyhodnocení vlivu na životní prostředí
ENTSO-E	Evropská síť provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Energetická soustava
F	Síla působící na vodič (N)
FeZn	Pozinkovaná ocel
F_{m2}	Vrcholová síla mezi dvěma hlavními vodiči při 2f zkratu (N)
F_{m3}	Vrcholová síla mezi hlavními vodiči při 3f zkratu (N)
$F_{r,d}$	Ekvivalentní statická síla působící na podpěry tuhých vodičů (N)
F_s	Vrcholová síla mezi souběžnými dílčími vodiči (N)

$F_{str,d}$	Síla působící na podpěry tuhých vodičů způsobené vlastní vahou (N)
f_y	Namáhání odpovídající mezi průtažnosti ($N \cdot mm^{-2}$)
FV1	Omezovač přepětí
G	Proudová hustota vodiče ($A \cdot mm^{-2}$)
GIS	Plynem izolované rozvodny
HDO	Hromadné dálkové ovládání
h_s	Výška podpěry (celková)
h_l	Výška izolátoru se svorkou
i_1, i_2	Okamžité hodnoty proudů ve vodičích (A)
I_b	Jmenovitý vypínací proud (kA)
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise, publikace mezinárodních norem
I_k''	Třífázový zkratový proud (A)
I_{k1}''	Jednofázový zkratový proud (A)
I_{k2}''	Dvoufázový zkratový proud (A)
I_p	Jmenovitý výdržný nárazový proud
i_p	Vrcholová hodnota zkratového proudu při 3f souměrném zkratu (kA)
i_{p2}	Vrcholová hodnota zkratového proudu při zkratu mezi dvěma vodiči (kA)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
I_{th}	Jmenovitý výdržný krátkodobý proud (kA)
J_m	Moment setrvačnosti plochy průřezu vodiče (m^4)
k_{12}	Koeficient pro určení a_m u vodiče s obdélníkovým průřezem
k_{Al}	Funkční parametr pro hliníkový vodič
k_{AlFe}	Funkční parametr pro lano AlFe
KSP	Kombinovaný spínač přípojníc
l	Osová vzdálenost mezi podpěrami (m)
l_s	Maximální existující osová vzdálenost mezi sousedními podpěrami (m)
$M_{,d}$	Ohybové momenty působící na nosné konstrukce ($kN \cdot m$)
m'_m	Hmotnost vodiče na jednotku délky ($kg \cdot m^{-1}$)
n	Počet dílčích vodičů
nn	Nízké napětí
OZ	Opětovné zapnutí
PD	Podélné dělení přípojníc
POZE	Podporované zdroje energie

PPC	Společnost vyrábějící izolátory na bázi keramiky
PpS	Podpůrné služby
PřS	Přenosové služby
PS	Přenosová soustava
PTN	Přístrojový transformátor napětí
PTP	Přístrojový transformátor proudu
PÚR	Politika územního rozvoje ČR
q	Součinitel tvorou vodiče
QE	Odpojovač s uzemňovacím kontaktem
R123	Rozvodna 123 kV
R420	Rozvodna 420 kV
$r_{\text{vnější}}$	Vnější průřez vodiče (m)
$r_{\text{vnitřní}}$	Vnitřní průřez vodiče (m)
S_{Al}	Průřez hliníkového vodiče (mm^2)
S_{AlFe}	Průřez lana AlFe (mm^2)
SEI	Státní energetická inspekce
SF ₆	Fluorid sírový
SK	Slovenská republika
S_{min}	Minimální průřez vodiče (mm^2)
SO ₂	Oxid siřičitý
T	Transformátor
t	Vnitřní průměr přípojnice (m)
t_k	Doba působení zkratu (s)
t_k	Doba působení zkratu (s)
TR	Transformovna
UDC	Domky ochran společnosti ČEPS, a.s.
UDS	Centrální domek společnosti ČEPS, a.s.
U_n	Jmenovité napětí (V)
ÚP	Územní plán
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
ÚPO	Územní plán obce
U_f	Jmenovité napětí (kV)
V_F, V_{7m}	Součinitelé respektující dynamické působení vodičů

vn	Vysoké napětí
vvn	Velmi vysoké napětí
V_{σ}, V_r	Součinitelé respektující dynamické působení vodičů
W1, W2	Pracovní přípojnicový systém v rozvodně
W2, W3, W5	Plochy vymezené územním plánem pro technickou infrastrukturu
W5	Pomocný přípojnicový systém v rozvodně
W_m	Průřezový modul trubkového vodiče (m^3)
$Z_k^{(0)}$	Impedance nulové složkové soustavy (Ω)
$Z_k^{(1)}$	Impedance sousledné složkové soustavy (Ω)
$Z_k^{(2)}$	Impedance zpětné složkové soustavy (Ω)
ZÚR	Zásady územního rozvoje
zvn	Zvlášť vysoké napětí
π	Ludolfovo číslo
σ_m	Celkové namáhání v ohybu působící na přípojnice ($N \cdot mm^{-2}$)
σ_m	Namáhání v ohybu způsobené silami mezi dvěma vodiči ($N \cdot mm^{-2}$)
$\sigma_{st,m,d}$	Namáhání v ohybu vodiče při statickém zatížení ($N \cdot mm^{-2}$)
$\sigma_{tot,d}$	Namáhání působící na přípojnice ($N \cdot mm^{-2}$)
g	Konvenční hodnota tíhového zrychlení ($m \cdot s^{-2}$)
α	Součinitel pro různá uspořádání podpěr
β	Součinitel závislý na typu a počtu podpěr
γ_F, γ_M	Dílčí bezpečnostní součinitelé (zatížení, vlastnosti materiálu)
μ_o	Permeabilita vakua ($H \cdot m^{-1}$)
ρ_{20}	Rezistivita vodiče při teplotě 20 °C ($\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$)
ϑ	Fiktivní teplota vodiče udávající teplotní rozdíl potřebný ke změně rezistivity o jeden stupeň Kelvinu (°C)
ϑ_1	Teplota vodiče před zkratem (°C)
ϑ_k	Maximální dovolená teplota vodiče při zkratu (°C)

Úvod

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návrh nové elektrické stanice 400/110 kV Rohatec, která je vytvořena na podnět ČEPS, a.s.

Práce je rozdělena do několika částí, kde první část popisuje problematiku popisující elektrické stanice, a to zejména jaké typy elektrických stanic se nachází v elektrizační soustavě, včetně rozdělení na části rozvodny přenosové a distribuční soustavy. Dále jsou popsána schémata elektrických rozvodných zařízení, přípojnicových systémů, technických provedení elektrických rozvodných zařízení a samotné provedení elektrických stanic zvn a vvn.

Druhá část je pojata ve smyslu legislativy, přičemž samotná stavba nové elektrické stanice se přímo dotýká dvou zákonů, a to energetického zákona, který je dán energetickým regulačním úřadem, jeho funkce je taktéž popsána v této kapitole. Jako druhý je popsán zákon stavební, který je velice rozsáhlý, a tím je zmíněna pouze potřebná část týkající se stavby nové elektrické stanice a potřebných koridorů.

Ve třetí části jsou popsány základní konstrukční zásady, které se řídí normou elektrických instalací nad 1 kV (ČSN EN 61936-1). Jsou zde souhrnně vypsány jednotlivé požadavky včetně výpočtů, které musí splnit jakákoliv instalace nad 1 kV, týkající se mechanických konstrukčních zásad pro návrh, vliv klimatických podmínek a speciální požadavky na návrh, volba izolační hladiny, elektrické konstrukční zásady a další požadavky.

Čtvrtá část je věnována samotnému návrhu nové rozvodny, kde je nastíněn územní plán obce Ratíškovice, který je nutný z důvodu potřebných ploch vymezených pro technickou infrastrukturu. Následně ověření mechanických a elektrických vlastností použitých vodičů a stanovení sil působících na ně a na podpěrné izolátory. Následuje definování jednotlivých dispozičních prvků pro části rozvodny 420 kV, tak i 123 kV, které jsou důležité z pohledu prostorové náročnosti celkového dispozičního řešení. Poté jsou vytvořeny varianty z hlediska umístění elektrických stanic R420 kV a R123 kV, které jsou následně umístěny do územního plánu Ratíškovice. Tyto varianty taktéž obsahují návrh na připojení do přenosové a distribuční soustavy a ověření shody z hlediska územně plánovací dokumentace.

V poslední části práce je vytvořena technicko-ekonomická analýza obou návrhů, přičemž nejsou stanoveny přesné částky z důvodu neveřejných údajů o cenách potřebných prací, a také z toho důvodu, že zatím není jasné, které práce budou nutné a které nikoliv.

1 Elektrické stanice

Elektrická stanice je souhrn staveb a zařízení, která se nacházejí v uzlech elektrizační soustavy. Hlavním úkolem je transformace napětí a dále rozdělení elektrické energie podle potřeby. Mezi další funkce patří přeměna střídavého napětí na stejnosměrné a naopak.

1.1 Typy elektrických stanic

Dělení elektrických stanic podle účelu:

- Transformovny – mají za úkol rozdělovat elektrickou energii, ale i transformovat na určité napětí.
- Spínací stanice – slouží pouze k rozdělování elektrické energie o stejné napětíové hladině.
- Měnírny – jsou důležité z pohledu přeměny napětí ze střídavého na stejnosměrné či naopak. Měnírny se dále dělí na další dva typy, a to na přenosové, které slouží ke spojení soustav s různou frekvencí nebo s různým způsobem regulace. Druhý typ je spotřebního charakteru, úkolem je zajištění stejnosměrného napětí pro trakci a stejnosměrné průmyslové rozvody.

Dělení podle umístění v přenosové soustavě:

- Elektrické stanice výroben – jedná se o stanice, které slouží k převedení vyrobené elektrické energie a transformace napětí na hladinu zvn z napětíové hladiny alternátorů. Směr toku elektrické energie je vždy od alternátoru do sítě, pokud se však nejedná o přečerpávací vodní elektrárny. Počet odboček je dán počtem elektrárenských bloků a počtem vývodových vedení.
- Elektrické stanice v přenosové soustavě – ty se dále dělí na další dva typy:
 - a) uzlové elektrické stanice – jedná se o spínací stanice, které tvoří společný bod mezi vedením okružní přenosové sítě a rozdělují elektrickou energii o stejném napětí
 - b) transformační stanice – zde dochází k transformaci elektrické energie na různá napětí

Tyto dva zmíněné typy jsou většinou spojené v jednu elektrickou stanici. Jedná se o stanice zvn/zvn nebo zvn/vvn. Tok elektrické energie je v tomto případě dán okamžitým rozložením výroby a spotřeby v ES, výjimkou je případné použití phase shift transformátoru.

- Elektrické stanice spotřeby – ty se dále dělí na další dva typy:
 - a) distribuční elektrické stanice – slouží k rozdělení a transformaci elektrické energie a dodávají ji spotřebním centřům na hladině vn
 - b) průmyslové elektrické stanice – mají za úkol rozdělit elektrickou energii v průmyslových podnicích přímo ke spotřebičům a také transformovat jejich napětí na hladinu nn. Jedná se o transformovny 110 kV/vn, vn/vn, vn/nn. Popřípadě může jít o spínací stanice vn (6 kV, 10 kV) nebo nn. Speciálním typem těchto stanic je stanice vlastní spotřeby elektrárny

1.2 Typické elektrické stanice přenosové soustavy a distribuční soustavy

Tato elektrická stanice slouží k předání výkonu a transformaci napětí mezi provozovatelem přenosové soustavy (ČEPS, a.s.) a distributorem (ČEZ, E – ON, PRE distribuce). Tato rozvodna má tím pádem dvě samostatné části, kde jednu z nich spravuje provozovatel přenosové soustavy a druhou distributor. Jedná se zejména o elektrické stanice 400/110 kV. Názorné dispoziční zobrazení je na Obr. 1, kde se nacházejí dva transformátory 400/110 kV. Tyto transformátory zajišťují propojení přenosové a distribuční soustavy. Případné manipulace či opravy v dané části stanice jsou prováděny vždy pracovníky, kteří jsou k tomu pověřeni, buďto provozovatelem nebo distributorem, podle příkazu B.



Obr. 1 - Elektrická stanice v Kletné [1]

V současných stanicích, které neprošly rekonstrukcí a jsou s místní obsluhou, má stanice pouze jeden centrální domek. Zde se nachází velín, který slouží k obsluze stanice. Dále je zde veškerá sekundární technika, a to včetně ochran a řídicího systému rozvodny.

V nových stanicích, které prošly rekonstrukcí a mají dálkové řízení, jsou provozované části odděleny. Z toho plyne, že každá část má centrální domek, a v polích jsou vystavěny domky ochran. Toto situační umístění domků ochran je z důvodů zvýšení přesnosti.

Tato část byla vypracována na základě literatury [1].

1.3 Střídavá elektrická rozvodná zařízení

Rozvodná zařízení slouží k rozvádění elektrické energie o stejném napětí. Nachází se zde všechny přístroje, které jsou nutné k rozvádění elektrické energie. Musí být seřazeny a zapojeny podle daného schématu.

Základní veličiny, které jsou nutné k dimenzování rozvodného zařízení jsou:

- nejvyšší provozovací napětí – musí odpovídat příslušné jmenovité hodnotě, která musí být normalizována. Podle jmenovité hodnoty napětí se odvíjí bezpečné vzdálenosti mezi živými částmi rozvodného zařízení, dále mezi živou částí a zemí
- zkratová odolnost

Tabulka 1 - Normalizovaná řada zkratových odolností [4]

Jmenovitý vypínací proud I_b (kA)	6,3	8	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Jmenovitý výdržný krátkodobý proud I_{th} (kA)	6,3	8	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Jmenovitý výdržný nárazový proud I_p (kA)	16	20	31,5	40	50	63	80	100	125	160

Základní prvky rozvodného zařízení jsou:

- přípojnice – jsou to holé, tuhé nebo lanové vodiče, jejichž profil a průřez je určen proudovým zatížením, požadavky na pevnost a zkratovými poměry
- odbočky – jde o soubor propojených přístrojů, který slouží k měření, spínání, ochraně vývodů či přívodů elektrické energie, spínání přípojnic.

Odbočka je většinou tvořena:

- a) Spínačem, který slouží k zapnutí či vypnutí odbočky, může jít o zatíženou odbočku nebo o nezatíženou.
- b) Připojnicovým odpojovačem, který slouží k viditelnému rozpojení celé odbočky od přípojnicového systému, z důvodu bezpečnosti.
- c) Vývodovým odpojovačem (plní stejnou funkci jako přípojnicový odpojovač), pouze odděluje vedení od rozvodny a je konstruován společně se zemnicími noži.

- d) Měřicím transformátorem proudu a napětí, sloužícím k měření dané veličiny, kdy transformátor napětí je zapojen paralelně a transformátor proudu je zapojen v proudové dráze.
- e) Měřicím a signalizační zařízením.
- f) Elektrickými ochranami.

1.3.1 Schémata elektrických rozvodných zařízení

Typ vhodného schématu se volí podle požadavků provozu, bezpečnosti a hospodárnosti. Doporučeno je volit co možná nejjednodušší a nejpřehlednější základní schéma. Provozní požadavky jsou určeny zapojením elektrické stanice do soustavy, což je rozložení, počet, velikost a druh stanic a také důležitost odběru.

Musí být zajištěna bezpečnost před úrazem elektrickým proudem, bezpečnost osob, také však i zařízení před účinky zkratů. Dále musí být zajištěna bezpečnost provozní, tj. vytvoření blokovacích podmínek pro odpojovače, aby nemohlo dojít omylem k zapnutí či vypnutí pod zatížením nebo při zkratu.

Z ekonomických důvodů musí být spotřeba materiálu a prostoru co nejnižší.

Při výběru schématu zapojení je však nutné brát v úvahu i další hlediska:

- zkratovou odolnost zdrojů
- výkon, počet zdrojů a jejich zkratové hodnoty
- možnost paralelní spolupráce zdrojů
- nepřetržitost dodávky elektrické energie, tím i spolehlivost
- bezpečnou a jednoduchou manipulaci
- možnost revize jednotlivých úseků za provozu
- selektivitu a druh chránění

1.3.2 Konstrukční provedení přípojnicových systémů

Uspořádání přípojníc z hlediska vzdálenosti fází, uložení vodičů, ale i průřezu je dáno provozním stavem, tím je myšleno provozní proud a napětí. U poruchového stavu se musí brát v úvahu dynamické a tepelné účinky zkratového proudu. Také vzniklá přepětí při přerušování proudu apod.

Na hladině nn a vn se používají většinou holé ploché tyče z hliníku s označením EA1, dále je možné použít i tyče jiného profilu, a to kruhového či profilu ve tvaru U apod. U zařízení na

hladině nn je možné odstupňovat průřez podle skutečného proudu, který protéká v určitých místech, v tomto případě se zmenšený průřez nejistí.

Na hladině vvn a zvn v nových venkovních rozvodnách se používají trubkové vodiče, starší rozvodny jsou vybaveny pomocí ocelohliníkových lan AlFe o průřezu větším než 350 mm², dále je možné použít svazkové vodiče s rozpěrkami. U vnitřních provedení je typické použití vodičů profilových.

Je možné použít i paralelní ploché vodiče zpevněné rozpěrkami, pokud se jedná o značné proudové zatížení.

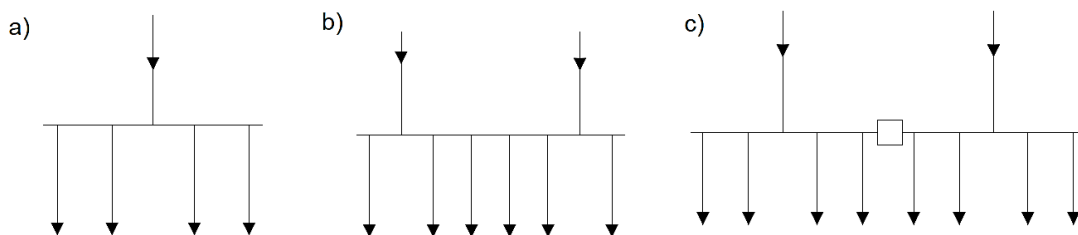
Zapojení přípojnicových systémů a jejich počet je dán provozními požadavky a stupněm důležitosti napájených spotřebičů. Důležitost dodávky elektrické energie lze rozdělit do tří skupin a podle toho určit schéma.

- I. skupina – dodávka elektrické energie musí být nepřetržitá, při přerušení může ohrozit lidské životy nebo způsobit veliké ekonomické ztráty. Je zde požadavek na napájení ze dvou nezávislých zdrojů
- II. skupina – v této skupině má být dodávka elektrické energie zabezpečena podle možnosti, při přerušení může dojít k omezení nebo zastavení výroby, ale nedojde k ohrožení lidských životů. Způsob napájení je dán místními poměry a provádí se zálohování
- III. skupina – zde nemusí být zajištěna dodávka elektrické energie, napájení je z jednoho zdroje bez zálohování

1.3.2.1 Jednoduchý systém přípojnic

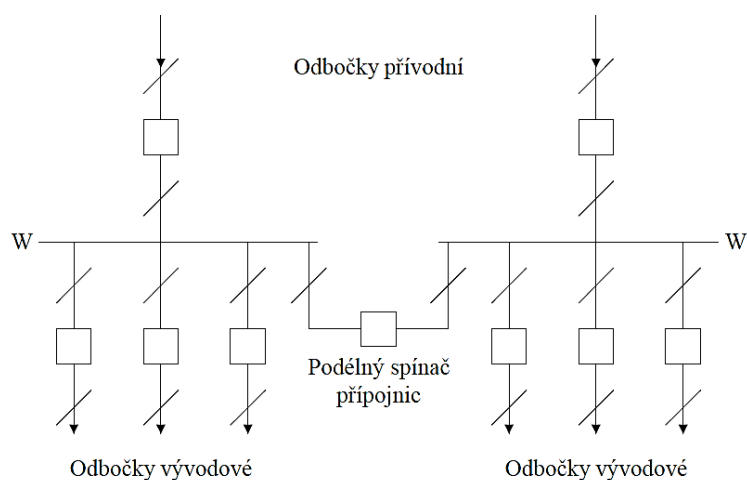
Tento systém je možné použít v případě, pokud není požadavek na nepřetržitý provoz. Pokud se provádí revize či oprava, systém přípojnic není napájen. Tento systém spadá do III. skupiny stupně důležitosti napájených spotřebičů. Pokud je požadavek na zajištění napájení, je možné zvolit systém s podélným dělením, pomocí podélného spínače.

Na Obr. 2 je schematicky znázorněno, jaké typy schémat lze použít na hladině nn. V prvním případě je napájení z jednoho zdroje. V druhém případě je přípojnice napájena ze dvou zdrojů, při poruše jednoho zdroje je napájena z druhého. Ve třetím případě c) je použit podélný spínač, tím může každý zdroj pracovat do oddělené sekce, v případě poruchy či revize je okamžitá záloha, nutné je však sepnutí vypínače.



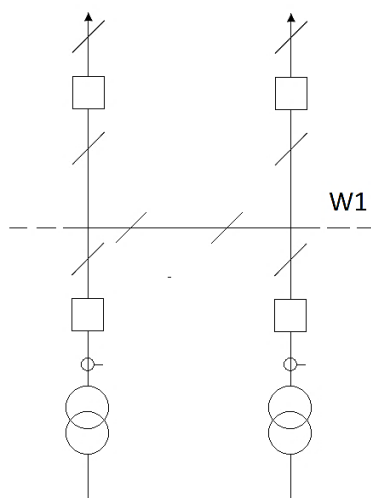
Obr. 2 - Schémata rozvodných zařízení nn

Na hladině vn je typické zapojení zobrazené na obr. 5, což odpovídá průmyslovým rozvodům nebo distribučním sítím. Je zde uvedeno schématické značení vypínačů a odpojovačů.



Obr. 3 - Schéma se zjednodušeným značením vn

Na hladině vvn se používá toto zapojení pouze ve speciálním případě, při transformaci z 110 kV/vn. Nejčastější použité schéma je typ H. To je vhodné z důvodu ušetření místa. Používá se pro připojení transformátorů a propojení vedení.



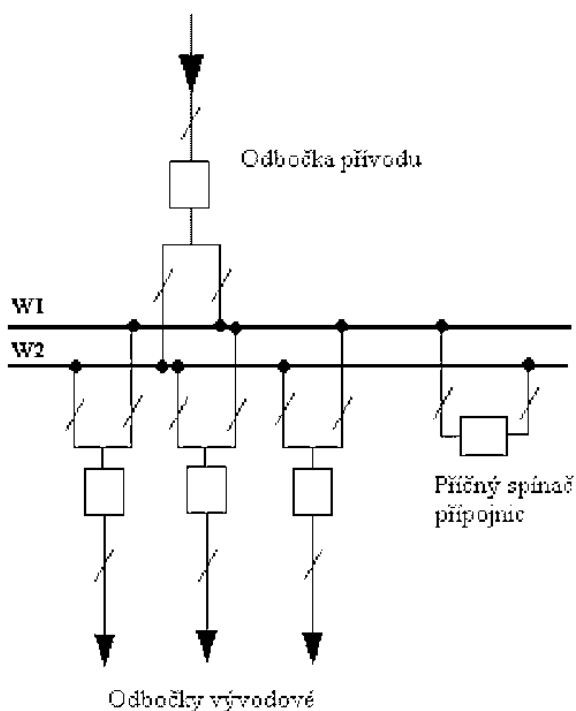
Obr. 4 - Typ zapojení H

1.3.2.2 Dvojitý systém přípojníc

Tento systém přípojníc se používá, pokud není možné přerušit dodávku elektrické energie. Nebo pokud je potřeba rozdělit provoz odboček do dvou skupin z důvodů uvedených následovně:

- rozdělení zdrojů k omezení zkratového proudu
- napájení ze dvou nespolečných zdrojů
- k oddělení spotřebičů, které potřebují stále napětí od těch, co mají kolísavý příkon,
- k oddělení kabelového a venkovního vedení
- pokud je nutné zajistit důležitý odběr i v případě, že dojde k výpadku některých napáječů

Pokud je použit tento systém, je nutné ho opatřit příčným spínačem přípojníc, aby bylo možné přejít na druhý systém přípojníc bez přerušení provozu. Manipulace s přípojnícovými odpojovací v sepnutých odbočkách je možná pouze při sepnutém spínači přípojníc.

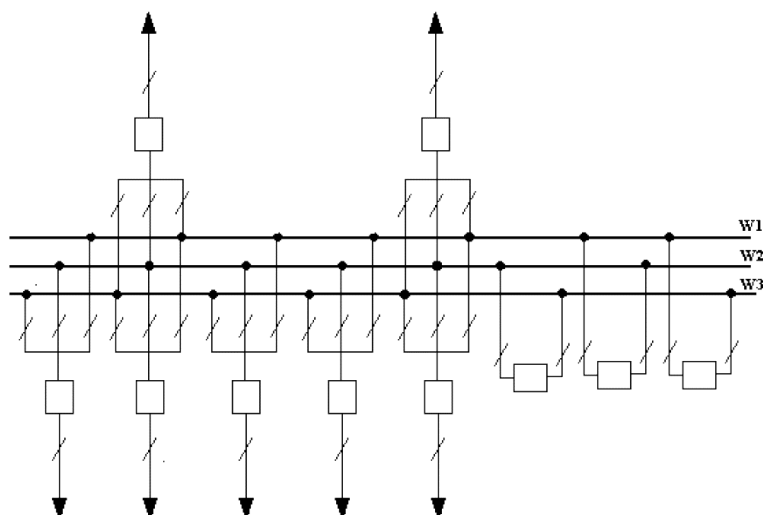


Obr. 5 - Dvojitý systém přípojníc

Tento systém lze použít jak pro jeden zdroj (Obr. 5), tak i pro dva zdroje, kde druhý zdroj je přiveden na druhou přípojnici W2, podle potřeby je tak možné rozdělit výkon na přípojnice, kde je k dispozici systém zálohování. V tomto systému je možné využít i podélný spínač přípojníc.

1.3.2.3 Trojitý systém přípojníc

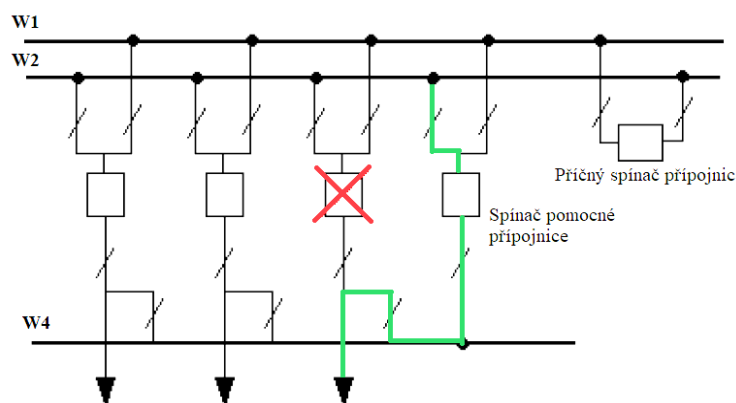
Používá se v případě, kdy dvojitý systém přípojníc musí být trvale oddělen, a při revizi přípojníc není přípustné přerušení dodávky elektrické energie. Nebo tam, kde je nutné rozdělit provoz do tří skupin kvůli omezení zkratových nebo provozních proudů. Popřípadě když je nutné provozovat odděleně sítě stejného napětí s ohledem na důležitost provozu. Znárodnění tohoto systému je na Obr. 6. Tento systém se zpravidla využívá na hladině 110 kV.



Obr. 6 - Trojitý systém přípojníc

1.3.2.4 Systém s pomocnou přípojnící

Tento systém je nejpoužívanější na hladině zvn, a to v konfiguraci s dvojitým systémem přípojníc a pomocnou přípojnící. Volí se tam, kde nelze připustit odstavení odbočky po celou dobu údržby vypínače či jiného zařízení v odbočce v beznapěťovém stavu. Proto pomocná přípojnice slouží k záložnímu převedení výkonu dané odbočky. Vždy však je možné pouze připojení jedné odbočky na pomocnou přípojnici. Dimenzuje se na stejné parametry jako nejsilnější odbočka.



Obr. 7 - Systém s pomocnou přípojnící

Na Obr. 7 je znázorněn náhradní provoz, kdy je například prováděna revize vypínače.

1.3.3 Provedení elektrických rozvodných zařízení

Používají se dva základní druhy rozvodny, a to venkovní a kryté. Oba druhy mají své pro a proti.

Venkovní rozvodny jsou vhodné z ekonomického hlediska (úspora nákladů na výstavbu budovy), také se vyznačují přehledným uspořádáním přístrojů v jednotlivých odbočkách a jsou typické lepším chlazením přístrojů. Není tam tak velké riziko zakouření rozvodny v případě požáru. Využívají se tam, kde nehrozí znečištění izolace prachem, popílkem, plyny (např. SO₂), či škodlivými parami. Také není vhodné zvolit venkovní rozvodnu v případě, že v blízkosti jsou chladicí věže nebo se jedná o území, kde je častý výskyt mlh. Avšak venkovní rozvodnu je možno vystavět pouze v jedné výškové hladině, tím zabere značný půdorysný prostor, což může být problém z pohledu vyčleněného pozemku. Rovněž izolace přístrojů musí být navržena proti atmosférickým přepětím.

Kryté rozvodny jsou celkově nákladnější, je zde menší přehlednost přístrojů a horší chlazení přístrojů než v předchozí variantě. Používají se zejména tam, kde hrozí znečištění izolace, nebo pokud se v blízkosti nachází chladicí věže či se jedná o území s častým výskytem mlh. Toto provedení nezabírá tak značný prostor jako předchozí venkovní varianta.

Při výběru daného typu rozvodny se musí rozlišit oblasti podle stupně znečištění ovzduší, a ty se dělí na čtyři kategorie.

- 1. kategorie – jsou to zemědělské oblasti, pastviny a lesy bez průmyslu, vzdálené od průmyslových center a měst
- 2. kategorie – jde o středně velká průmyslová města, okraje průmyslových částí, okolí drážních a zemědělských oblastí, ve kterých se využívají letadla ke hnojení
- 3. kategorie – patří sem velká průmyslová centra s častým výskytem průmyslové mlhy a velká města
- 4. kategorie – jedná se o bezprostřední okolí zdrojů velkého znečištění

Rozvodny 750 kV, 400 kV a 220 kV, u kterých je požadavek, aby se vystavěly jako venkovní rozvodny, musí být v oblastech znečištění 1. a 2. kategorie. Dále rozvodny 110 kV a rozvodny vn je možné vybudovat v oblastech 1. až 3. kategorie. V případě, že je nutno použít venkovní přístroje v oblasti 4, musí se volit provedení se zvětšenou povrchovou dráhou, tj. 3,5 kV/cm anebo naddimenzovat na vyšší jmenovité napětí.

U rozvoden nn a vn je většinou zvoleno vnitřní provedení, typické pro městské části, kde je požadavek na co nejmenší zastavěnou plochu. Pokud se jedná o venkovní provedení, je konstrukčně podobné jako rozvodny vvn, přípojnice jsou z tuhých profilových vodičů.

Jestliže se bude rozvodna nacházet v oblasti se znečištěným prostředím, je možné využít následující opatření, která zajistí bezporuchový provoz zařízení:

- zvýšit izolační hladinu
- čistit zařízení v beznapětovém stavu
- čistit zařízení ostřikováním vodou pod napětím
- hydrofobní nátěry (odpuzování prachu a vody)

1.3.4 Provedení rozvoden zvn a vvn

Tyto rozvodny se dělí podle toho, jaké izolační médium je použito, typické provedení je takové, kde izolační médium je vzduch při atmosférickém tlaku. Ale z důvodu požadavku na menší zastavěnou plochu a nutnost těchto rozvoden ve velkých městech jsou využívány zapouzdřené rozvodny s izolačním médiem SF₆ při zvýšeném tlaku. Tento izolační plyn má vyšší elektrickou pevnost než vzduch. Obě uvedená řešení mohou být jak ve venkovním provedení, tak i vnitřním.

1.3.4.1 Základní přístrojové vybavení

Je zde nastíněné přístrojové vybavení s typickými parametry.

Vypínač

V současné době se používají na této napěťové hladině výhradně vypínače se zhášecím médiem SF₆, v dřívějších aplikacích se používaly tlakovzdušné vypínače. Vypínače SF₆, jsou ve sloupcovém provedení se samostatným pohonem pro každý pól nebo s jedním pohonem pro všechny tři póly.

Nejdůležitější parametry (typické hodnoty), který určují typ vypínače jsou:

1. Nejvyšší napětí soustavy (kV)
2. Jmenovitý proud (buďto 3150 A nebo 4000 A)
3. Jmenovitý vypínací proud (31,5 kA, pro 400 kV 40 kA, nejčastěji 50 kA, 63 kA, 80 kA u zapouzdřených rozvoden mimo ČR)
4. Jmenovitý dynamický proud (80 kA, 100 kA, pro 400 kV 125 kA (max 160 kA), 200 kA u zapouzdřených rozvoden)
5. Vypínací doba (20-60 ms ABB)

6. Zapínací doba (40-140 ms ABB)
7. Jmenovitý tlak plynu SF₆ při 20 °C (0,35 MPa, 0,5 MPa, 0,65 MPa)
8. Druh pohonu

Odpojovač

Používají se podle účelu čtyři druhy, a to: přípojnicové, vývodové, k pomocné přípojnici či přemost'ovací (pro náhradní provoz, např. KSP).

Dále se dělí podle provedení na: odpojovač otočnými kontakty horizontálně nebo s jedním kontaktem vertikálně, který je otočný nebo pantografový.

Odpojovače jsou vybaveny zemnicími noži, které slouží k bezpečnému zajištění pracoviště při práci na zařízení. Ovládání je trojpólové – pomocí motorů.

Nejdůležitější parametry, který určují typ odpojovače jsou:

1. Nejvyšší napětí soustavy (kV)
2. Jmenovitý proud (A)
3. Jmenovitý krátkodobý proud (kA)
4. Jmenovitý dynamický proud (kA)

Přístrojové transformátory proudu

V současné době se v rozvodnách preferuje provedení s minerálním olejem. Důvodem bylo, že PTN a PTP izolované plynem SF₆ se setkávaly s úniky tohoto plynu, a proto se již od tohoto typu v rozvodnách ustupuje. Jsou konstrukčně tvořeny z magnetického obvodu se sekundárním vinutím, primárního tyčového vodiče, tlakové nádoby, izolátoru a podstavce. V provozu musí být na sekundární svorky zapojena zátěž nebo svorky musí být spojeny do krátka.

Nejdůležitější technické parametry:

1. Nejvyšší napětí soustavy (kV)
2. Jmenovitý primární proud (A)
3. Jmenovitý sekundární proud (5 A nebo 1 A)
4. Počet jader
5. Nadproudové číslo
6. Jmenovitý krátkodobý proud (kA)
7. Jmenovitý dynamický proud (kA)

Přístrojové transformátory napětí

Jsou opět izolované plynem SF₆. Konstruktivně jsou tvořeny z magnetického obvodu se sekundárním, primárním a pomocným vinutím, tlakové nádoby, izolátoru a podstavce. V provozu musí být na sekundární svorky zapojena zátěž nebo svorky musí být spojeny do krátka. Za provozu musí být svorka N (na kterou je připojen začátek primárního vinutí) vodičově spojena se svorkou, která je trvale spojena s potenciálem země. Na svorky pomocných a sekundárních vinutí musí být připojena zátěž nebo musí být v rozpojeném stavu.

Nejdůležitější technické parametry:

1. Nejvyšší napětí soustavy (kV)
2. Jmenovité primární napětí (kV)
3. Jmenovité sekundární napětí (100 V, 110 V, 120 V)
4. Tlak plynu (MPa)

1.3.4.2 Vlastní spotřeba elektrické stanice

Každá elektrická stanice potřebuje vlastní spotřebu, což je soubor zdrojů, vedení a zařízení, která slouží k bezpečnému a spolehlivému provozu. V této kategorii je velké množství zařízení, s různou funkčností, a tím mají i jinou důležitost. Mezi typická zařízení, která jsou napájena z vlastní spotřeby patří například: Ovládání a řízení rozvodných zařízení, elektrické ochrany, provozní osvětlení, větrání a klimatizace, stejnosměrné rozvody.

S ohledem na přípustnou dobu přerušeni napájení rozlišujeme různé kategorie napájecí sítě

- I. kategorie – bezvýpadková síť (AC i DC), nesmí dojít ani ke krátkodobému výpadku
- II. kategorie – zajištěná síť (AC), výpadek na dobu beznapěťové pauzy při spínání
- III. kategorie – nezajištěná síť (AC), výpadek možný minuty až hodiny

1.3.4.3 Praktické řešení elektrických stanic

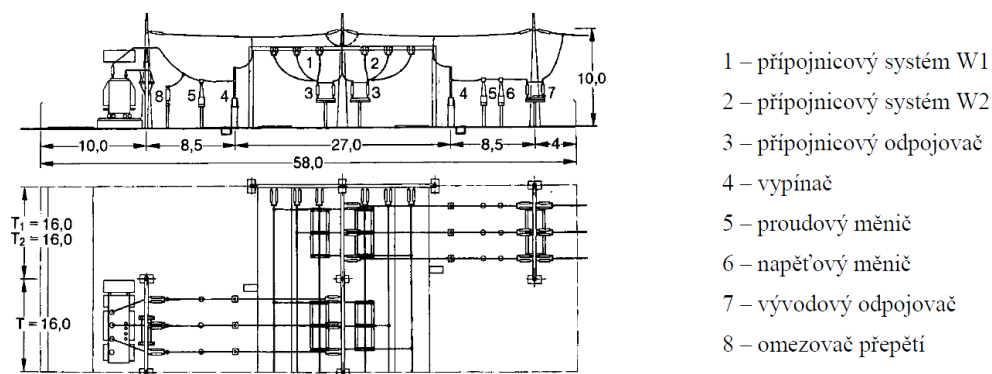
Při návrhu záleží, jakými vodiči jsou realizovány přípojnice a propojení mezi přístroji v odbočce, mohou být lanové či profilové (trubkové), popřípadě jejich kombinace (například při propojení mezi přístroji). Dále záleží na ekonomických ukazatelích, jelikož při výběru lanových vodičů je třeba počítat i s nutnou konstrukcí na zavěšení těchto vodičů, u profilových vodičů je nutné vystavět podpěrné izolátory. Nejnovější provedení přípojníc je pomocí trubkových vodičů, obdobně jako propojení v odbočce. Dvouúrovňové připojení přípojnicových odpojovačů je provedeno pomocí pantografových odpojovačů, tím se dosáhne minimalizování nosné konstrukce, kterou je nutné použít až při výstupu venkovních vedení z rozvodny.

Je možné konstrukci rozvodny zjednodušit využitím kabelů vvn, kvůli přechodu mezi odbočkou rozvodny a výstupním venkovním vedením. Díky tomuto kroku lze navrhnout jednoduché rozvodny, kde jsou odbočky řazeny v jednom směru a venkovní vedení (přicházející a odcházející) z rozvodny může směřovat podle dispoziční rezervy.

Zásadní řešení venkových rozveden s n systémy přípojnic je dáno uspořádáním přípojnicových odpojovačů. Dělíme je na rozvodny:

Klasické

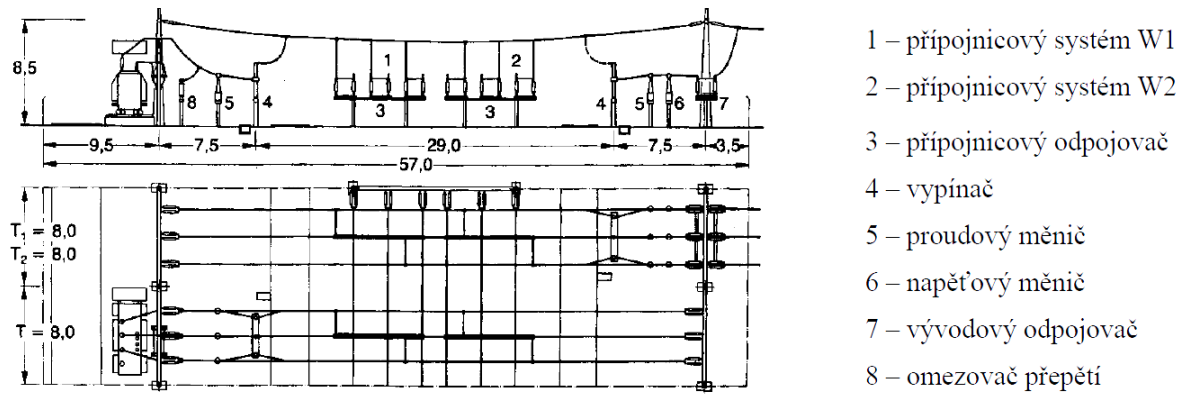
Póly přípojnicových odpojovačů jsou vůči sobě rovnoběžné a jsou kolmo na směr přípojnic. Přípojnice jsou ukotveny na přípojnicové portály. Dále jsou nezbytné protilehlé portály, které probíhají podél celé rozvodny ve směru přípojnic. Velikost těchto portálů je značná, protože probíhají nad přípojnicemi a jsou na nich ukotveny propojovací vodiče v jednotlivých odbočkách. Na Obr. 8 je znázorněna venková rozvodna v klasickém uspořádání, každá odbočka má vlastní kotevní portál. Na obrázku



Obr. 8 – Klasické uspořádání rozvodny 220 kV [2]

Tandemové

Zde jsou póly přípojnicových odpojovačů řazené za sebou v jedné linii ve směru odbočky, kolmo na směr přípojnic. Přípojnice jsou umístěny přímo na pólech odpojovačů, takže není nutné použít přípojnicové portály. Toto řešení je nižší než klasické. V tomto případě však roste délka pole.

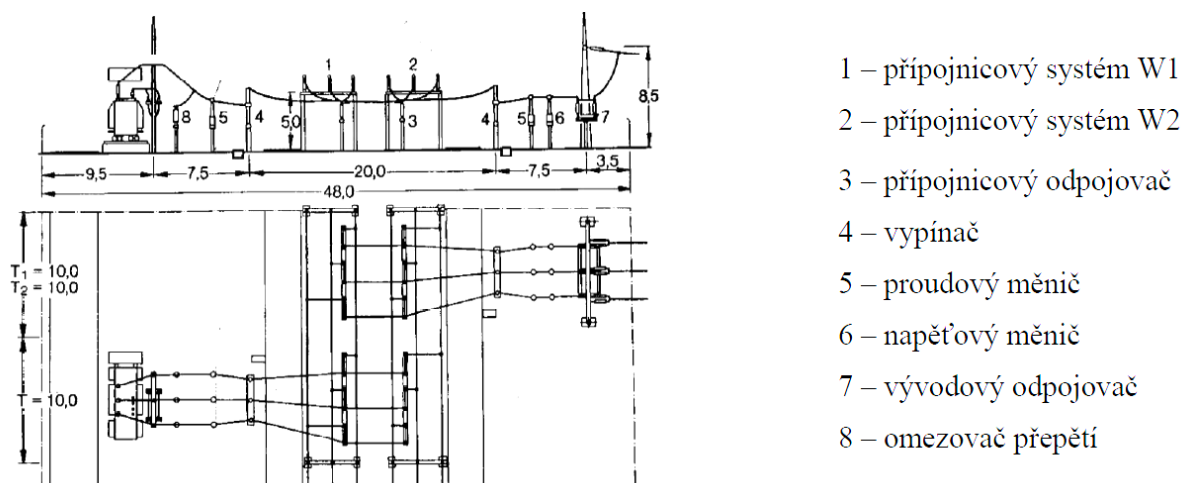


Obr. 9 - Tandemové uspořádání rozvodny 110 kV [2]

Pro srovnání s předchozím uspořádáním, kde šlo o rozvodnu 220 kV, je délka pole odbočky téměř srovnatelná s tandemovým uspořádáním, ale při napětové hladině 110 kV.

Kýlové

Póly přípojnicových odpojovačů jsou opět v jedné linii, ale tentokrát ve směru přípojníc. Při tomto uspořádání je možné jednoduše spojit tyto odpojovače s vypínači. Tímto uspořádáním se dosáhne menší délky pole, ale šířka je o něco větší.

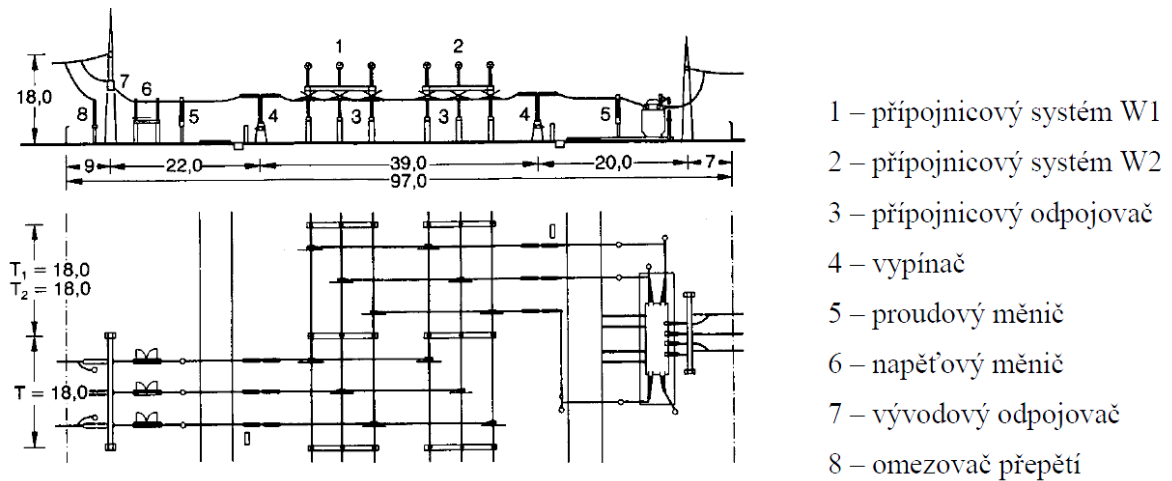


Obr. 10 - Kýlové uspořádání rozvodny 110 kV [2]

Diagonální

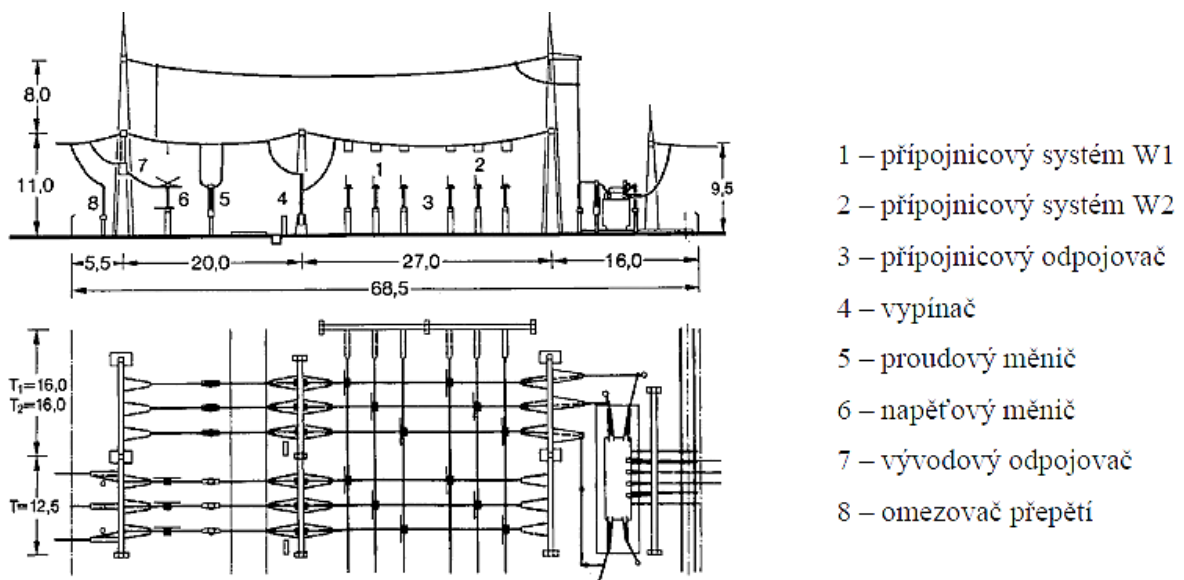
Póly přípojnicových odpojovačů jsou umístěny diagonálně v systému přípojníc. Tento typ uspořádání se používá pro rozvodny 220 kV a 400 kV, ale je možné využít dva různé druhy s jiným umístěním přípojníc.

a) Přípojnice jsou nad úrovní odboček



Obr. 11 - Diagonální uspořádání přípojnicových odpojovačů rozvodna 400 kV [2]

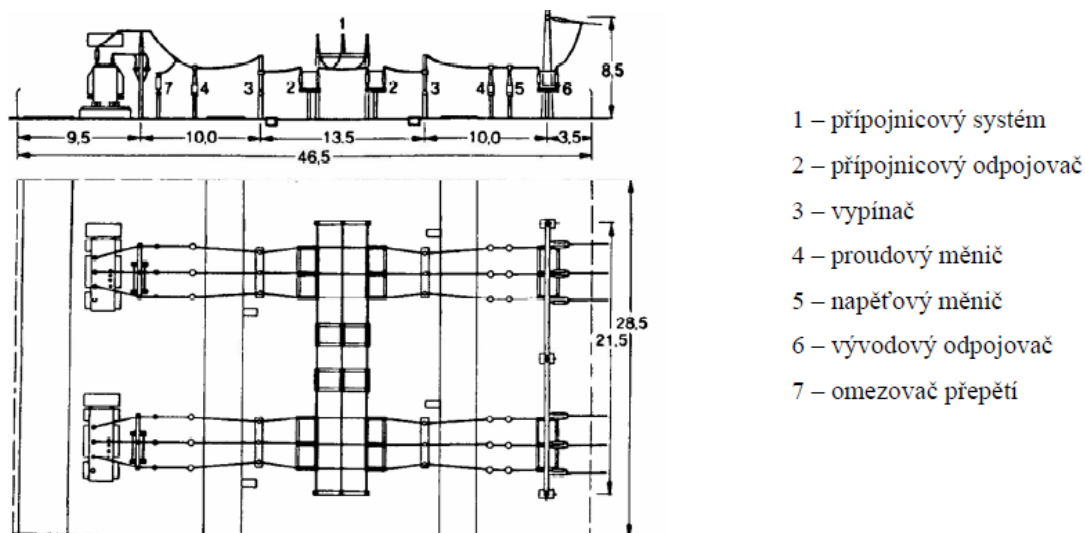
b) Přípojnice jsou pod úrovní odboček



Obr. 12 - Diagonální uspořádání přípojnicových odpojovačů rozvodna 220 kV [2]

H schéma

Toto schéma je vhodné pro jednoduché rozvodny bez přípojníc 110 kV, kde se nachází dvě přívodní linky, které napájí dva transformátory. Mezi nimi je podélně dělená přípojnice, která slouží k provozování transformátorů odděleně nebo společně, z důvodu spolehlivosti dodávky elektrické energie. Přípojnicové pole se dělí pomocí dvou odpojovačů v sérii tak, aby bylo možné provádět revizi, údržbu za provozu stanice.



Obr. 13 - H – schéma rozvodny 110 kV [2]

V případě, kdy je nedostatek místa, vzhledem k minimálním vzdušným vzdálenostím viz Tabulka 2, je nutné zvolit další typ rozvodny, a to buď rozvodnu zapouzdřenou nebo takzvanou hybridní.

Zapouzdřené rozvodny (GIS)

Tyto rozvodny jsou typické tím, že jejich veškeré části společně s přístrojovým vybavením jsou uzavřeny do samostatných, od sebe izolovaných částí s izolačním médiem SF₆. Zapouzdření se provádí pomocí ocelových nebo hliníkových slitin. Dále je možné zvolit řešení zapouzdření, to je buď: úplné jednofázové nebo se používají jednofázově zapouzdřené přístroje, ale přípojnice jsou řešeny trojfázově. Jako poslední možnost je úplné trojfázové zapouzdření. Části rozvodny jsou řešeny stavebnicově, tím je montáž poměrně rychlá a jednoduchá oproti venkovnímu provedení. Také se tyto rozvodny vyznačují vysokou provozní bezpečností, vysokou spolehlivostí, dlouhou životností. S tím souvisí nízké požadavky na údržbu. Značná je i úspora místa oproti venkovní rozvodně. Tento typ rozvodny má mnohem vyšší pořizovací náklady.

Do této kategorie spadá i takzvaný hybridní systém, který se vyznačuje také úsporou místa. Pojem hybridní znamená, že spínací přístroje (vypínače a odpojovače) a měniče jsou zapouzdřeny obdobně jako v zapouzdřené rozvodně, zbytek je stejný jako v klasickém venkovním provedení.

Tato část „Elektrické stanice“ je vypracována na základě literatury [2],[3],[4].

2 Legislativní část

2.1 Energetický regulační úřad (ERÚ)

Je to ústřední orgán státní správy, který funguje od 1. ledna 2001 podle zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích, změně některých zákonů. Podle § 2, odst. 1, bod 11. zákona č. 2/1969 Sb., je energetický regulační úřad dalším ústředním orgánem státní správy, který má vlastní státní rozpočet.

Hlavní úkoly ERÚ jsou rozděleny do čtyř skupin, a to:

- Ochrana spotřebitele – ERÚ posiluje již stávající ochranu spotřebitelů, na všech úrovních. Do preventivních opatření patří například aktivní zapojení do přípravy relevantní legislativy, ale také poskytování informace spotřebitelům, kteří by měli nové nástroje ochrany využít ve svůj prospěch. V praxi to znamená, že je kladen zvýšený důraz na mimosoudní řešení sporů nebo například zavedení automatického vyplácení náhrad v případě porušení standardů kvality dodávek a souvisejících služeb
- Spravedlivá a funkční regulace – v oblasti regulace je kladen důraz na vyváženost a požadovanou stabilitu cen pro zákazníka, regulované subjekty chce motivovat k omezení nepřiměřeného zadlužování a k optimalizaci nákladů. U nových investic, které realizují regulované subjekty, se snaží ERÚ důkladně posuzovat jejich efektivitu. Kupříkladu úřad jednoznačně preferuje efektivnější využití stávající infrastruktury než vybudování nové. Úřad chce v neposlední řadě nastavit transparentní metodiku pro cenotvorbu tepla a vytvořit strategii k využívání a rozvoji POZE. Tyto a další principy budou zakomponovány v nových zásadách regulace pro páté regulační období, které úřad právě připravuje.
- Vyvážený a stabilní energetický trh – tento cíl se zaměřuje na přiměřenost nákladů. Musí být zajištěna vysoká úroveň bezpečnosti a dané kvality dodávek energií, což je jeden ze základních předpokladů. Je zde požadavek na sledování nových trendů a následně je implementovat, ať se jedná o akumulaci, decentralizaci, či chytré sítě. Tomu je však nutné přizpůsobit nastavení celého systému včetně změny tarifní struktury v elektroenergetice. Mezi podstatné body strategie ERÚ patří i dlouhodobá udržitelnost teplárenství. V neposlední řadě sem patří i to, že národní regulátor musí hájit zájmy ČR a příznivě působit na trhu v bodech, které jsou pozitivní pro české spotřebitele, ale i pro další účastníky trhu.

- Zefektivnění chodu a zvýšení prestiže úřadu – tyto dva cíle mají za úkol se zaměřit na fungování úřadu jako takového. Zde je potřeba nastavit strategii, způsob řízení a popsat klíčové procesy. Z důvodu zvýšení hospodárnosti činnosti ERÚ je třeba efektivně koordinovat aktivitu dílčích útvarů, omezit interní administrativu a posílit komunikaci, a to včetně zpětné vazby. Součástí tohoto cíle je také dělení kompetencí mezi SEI a ERÚ v otázce kontrol.

Tato kapitola byla vypracovaná na základně literatury [5]

2.2 Energetický zákon

Tento zákon bere v potaz předpisy Evropské unie a upravuje, v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie, podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, což jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství.

V oblasti elektroenergetiky definuje distribuční soustavu, elektrickou přípojku, elektrické stanice, elektrizační soustavu, přenosovou soustavu a s tím spojené služby.

2.2.1 Podnikání v energetických odvětvích

V odvětvích se definuje předmět podnikání, což v oblasti elektroenergetiky je výroba elektřiny, její přenos a distribuce. Dále se týká i obchodu s elektřinou. Přenos elektřiny, distribuce elektřiny se uskutečňují ve veřejném zájmu, takže při provádění stavby lze podle zákona o vyvlastnění vyvlastnit právo ke stavbě, pozemek a zařízení. Ale pouze v případě, jestli jde o stavbu, které je nutná pro vyvedení výkonu a je provozována ve veřejném zájmu, nebo která je součástí přenosové či distribuční soustavy.

Podnikat v energetických odvětvích lze pouze za předpokladu, že je osobě udělena licence na základě povolení Energetického regulačního úřadu. Tato licence je vyžadována i v případě, pokud jde o výrobu elektrické energie, která bude sloužit pouze pro vlastní spotřebu zákazníka s instalovaným výkonem nad 10 kW, ale je propojena s přenosovou či distribuční soustavou. Dále také v případě, kdy výroba elektrické energie je určena pro vlastní spotřebu zákazníka, ale ve stejném odběrném místě je připojena jiná výroba elektřiny držitele licence.

Účastníci na trhu s elektřinou jsou výrobci elektřiny (§ 23), provozovatel přenosové soustavy (§ 24), provozovatelé distribučních soustav (§ 25), operátor trhu, obchodníci s elektřinou (§ 30) a zákazníci (§ 28). Jejich definice a povinnosti jsou definovány podle příslušných paragrafů.

2.2.2 Licence

Licence se uděluje nejvýše na 25 let, a to na výrobu elektrické energie. Na dobu neurčitou se uděluje na přenos a distribuci elektrické energie. A na dobu pěti let se uděluje licence na obchod s elektřinou. Pro celé území ČR jsou vydávány jako výlučné licence na přenos a distribuci elektřiny, dále na přepravu plynu a na činnost operátora trhu.

O udělení licence může požádat jak fyzická osoba, tak i právnická osoba, ale musí splnit několik daných podmínek. Dále musí doložit, že má dostatečné finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti a dále viz § 5.

V případě nedodržení stanovených podmínek (§ 5, § 7) může dojít k zamítnutí žádosti o licenci nebo v případě již vydané licence k jejímu zániku podle § 10.

2.3 Stavební zákon

Tento zákon se zabývá územním plánováním, co je jeho cílem, úkolem a vším s tím spojené. Je důležitý z pohledu schvalování staveb a jejich změn, také obsahuje povinnosti a odpovědnosti osob, které připravují a provádějí stavby.

2.3.1 Územní plánování

Cílem územního plánování je vytvářet předpoklady pro výstavbu a udržitelný rozvoj území, účelné využití a prostorové uspořádání území, příznivé životní podmínky, hospodářský rozvoj, soudržnost společenství obyvatel, snaha o dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů.

Úkolem je zjišťovat a posuzovat stav území, stanovovat koncepci rozvoje území, posuzovat změny v území, určovat urbanistické, architektonické a estetické požadavky na využívání a prostorové uspořádání území, stanovovat podmínky pro provedení změn v území, určovat nutné asanační, rekonstrukční a rekultivační zásahy do území, regulovat rozsah ploch pro využívání přírodních zdrojů.

Nástroje územního plánování jsou:

- územně plánovací podklady, což jsou územně analytické podklady a územní studie
- politika územního rozvoje, ta má za úkol určit ve stanoveném období požadavky na konkretizaci úkolů územního plánování v republikových, přeshraničních a mezinárodních souvislostech, zejména s ohledem na udržitelný rozvoj území
- územně plánovací dokumentace se dále dělí na zásady územního rozvoje, územní plán a regulační plán

- a) Zásady územního rozvoje stanovují požadavky na účelné a hospodárné uspořádání území kraje, zejména vymezují plochy nebo koridory nadmístního významu, a to pro veřejně prospěšné stavby, které musí být v souladu s politikou územního rozvoje. Návrh zásad územního rozvoje pořizuje krajský úřad.
- b) Územní plán stanovuje základní koncepci rozvoje území dané obce, jeho uspořádání a koncepci veřejné infrastruktury. Vymezuje zastavěná území, koridory a plochy pro veřejně prospěšné stavby a územní rezervy. Zpřesňuje a rozvíjí cíle a úkoly územního plánování v souladu se zásadami územního rozvoje. O pořízení územního plánu rozhoduje zastupitelstvo obce.
- c) Regulační plán v dané ploše stanovuje podrobné podmínky pro využití pozemků. Je závazný pro rozhodování v území, je možné jím nahradit územní rozhodnutí. Vydává se z podnětu anebo pokud je podaná žádost zastupitelstva kraje, zastupitelstva obce nebo na žádost fyzické či právnické osoby.
- územní rozhodnutí vydává příslušný stavební úřad na základě územního řízení nebo zjednodušeného řízení. Rozhoduje se zejména o umístění stavby nebo zařízení, změně využití území, změně vlivu užívání stavby na území, rozdělení či sjednocení pozemků a také o ochranném pásmu. Popřípadě místo územní rozhodnutí se vydá územní souhlas. Ten má za úkol nahradit územní rozhodnutí, pokud je záměr v zastavěném území nebo v zastavitelné ploše, nelze však nahradit, pokud jde vyžadováno EIA
 - územní řízení musí být v souladu s územně plánovací dokumentací, s cíli a úkoly územního plánování, s požadavky zákona na využívání území, s požadavky na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu a s požadavky zvláštních právních předpisů
 - územní opatření o stavební uzávěře a územní opatření o asanaci území, které se vydává jako opatření obecné povahy podle správního řádu, zakazuje nebo částečně omezuje v nezbytném rozsahu stavební činnost v stanoveném území. Jedná se o stavby, které by mohly ztížit či znemožnit budoucí využití území podle ÚPD
 - úprava vztahů v území týkající se předkupního práva pozemků a náhrady za změnu v území

2.3.2 Veřejně prospěšná stavba

Je to stavba pro veřejnou infrastrukturu, která je určena k rozvoji nebo ochraně území obce, kraje nebo státu, vymezená je v územně plánovací dokumentaci.

Veřejná infrastruktura jsou stavby, pozemky a zařízení, které tvoří:

- dopravní infrastruktura (pozemní komunikace, dráhy, vodní cesty, letiště)
- technická infrastruktura (vodovodní hospodářství, spalovny, trafostanice, energetické vedení, komunikační vedení apod.)
- občanské vybavení (pozemky sloužící pro vzdělávání a výchovu, sociální služby, zdravotní služby atd.)
- veřejné prostranství, zřizované nebo užívané ve veřejném zájmu

2.3.3 Stavební řád

Stavební zákon rozlišuje stavby a zařízení, která nevyžadují stavební povolení ani ohlášení. Jednoduché stavby a terénní úpravy u kterých stačí postačí pouze ohlášení.

U jednoduchých staveb, terénních úprav a udržovacích prací je postačující ohlášení. Jsou to například stavby pro bydlení a pro rodinnou rekreaci s jedním podzemním podlažím a nejvýše s dvěma nadzemními podlažními a podkrovím, haly do 1000 m² zastavěné plochy nebo stavby opěrných zdí do výšky 1 m, které hraničí s veřejně přístupnými pozemními komunikacemi či veřejným prostranstvím. Více dle § 104 stavebního zákona.

Stavby, terénní úpravy, zařízení a práce nevyžadující stavební povolení ani ohlášení, což jsou například stavby, které nejsou vedeny jako obytné prostory o jednom podlaží do 25 m² zastavěné plochy a do výšky 5 m, vedení sítí veřejného osvětlení, oplocení, reklamní a informační zařízení atd. Více dle § 103 stavebního zákona.

Stavební povolení se vyžaduje u všech staveb, kdy se nebere zřetel na jejich stavebně technické provedení, účel, či dobu trvání, pokud nestanoví tento zákon nebo právní předpis jinak. Stavební povolení vyžadují změny staveb uvedených v § 104, kde jejich provedení by mělo za následek překročení daných limitů.

2.3.4 Oprávněný investor

Jde o vlastníka, správce nebo provozovatele veřejné technické infrastruktury, který musí být informován jednotlivě o úkonech správního orgánu při projednávání návrhů zásad územního rozvoje, územního plánu nebo regulačního plánu. Musí však o tyto informace zažádat u příslušného krajského úřadu a předložit dokumentaci, že se jedná o oprávněného investora.

2.3.5 Ochranná pásma

Ochranná pásma vznikají z důvodu, aby byl zajištěn spolehlivý provoz zařízení, ochrana života, zdraví a majetek osob. Ochranné pásmo vznikne při nabytí právní moci územního rozhodnutí o umístění stavby, dále však mohou být ochranná pásma vymezena zákonem, například o ochraně přírody a krajiny apod.

Ochranná pásma se řídí energetickým zákonem. Tento zákon stanovuje požadavky v různých energetických odvětvích, což jsou elektroenergetika, plynárenství, teplárenství. V oblasti energetiky to jsou například nadzemní a podzemní vedení (20 m pro napětí 400 kV nadzemního vedení), ale i trafostanice a výroby elektrické energie či elektrické stanice (20 m).

V ochranném pásmu vedení, popřípadě výroby elektrické energie nebo elektrické stanice, je zakázáno zřizovat bez souhlasu vlastníka jakékoliv stavby, či umisťovat konstrukce a podobná zařízení. Také je zakázáno vysazovat chmelnice a porosty, které nesmí přesáhnout výšku tří metrů. Celkově je zakázáno vysazovat trvalé porosty do tohoto pásma. Provádění zemních prací bez souhlasu majitele je rovněž zakázáno.

Dále jsou zákonem vymezena ochranná pásma, například:

- č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích (§ 30–34),
- č. 266/1994 Sb., o drahách (§ 8 a § 9),
- č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči (§ 17),
- č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny,
- č. 254/2001 Sb., o vodních zdrojích,

2.3.6 Proces povolení stavby

Proces povolení stavby začíná u investora, který je povinen sdělit místo, kde bude chtít vybudovat stavbu. Dále je však nutné, aby vytyčené místo bylo v souladu s územním plánem obce. Toto území může být i zahrada v zastavitelné oblasti, ale musí se požádat u odboru životního prostředí o vyjmutí ze zemědělského půdního fondu. V případě, že vybrané místo je ve shodě s územním plánem, kontaktují se správci technické infrastruktury, aby určili, jaké energetické sítě jsou v daném místě, současně sdělí, jestli a za jakých podmínek je možné se na tyto sítě připojit. Dalším bodem je tvorba dokumentace pro územní řízení. Následně se opět osloví správci infrastruktury, podá se žádost o vyjádření k navrhovanému napojení na sítě. Teprve pak vydají stanoviska, případně podmínky připojení. Jestliže je vše v souladu, žádá se o vyjádření dotčených orgánů státní správy (stavební úřad). Dotčené orgány státní správy vydají stanoviska a případně podmínky. S dokumentací a stanovisky se podá žádost o územní

rozhodnutí, v tomto kroku probíhá územní řízení, kde na konci tohoto řízení je vydáno rozhodnutí o umístění stavby. Poté se vytvoří dokumentace pro stavební povolení, osloví se dotčené orgány státní správy a podá se žádost o stavební povolení a proběhne stavební řízení. Pokud stavební úřad rozhodne kladně ve stavebním řízení, je vydáno stavební povolení, a tím může započít stavba.

Takto vypadá proces schvalování a vydání stavebního povolení pro stavby v ČR, při schvalování elektrické stanice je postup obdobný, až na pár výjimek. Například pro zaústění linek do rozvodny není zapotřebí ohlášení ani stavební povolení. Žádost na zaústění vedení musí však projít územním řízením, výstupem je územní rozhodnutí. Je-li však délka vedení, které zaústíuje do rozvodny, delší než 15 km, může být požadováno vyhodnocení vlivů na životní prostředí.

Popis postupu výstavby nové rozvodny v bodech:

- Vypracování Územně technické studie
- Žádost o změnu územního plánu
- Vypracování dokumentace zadání akce (DZA)
- Schválení územního plánu
- Vypracování dokumentace o umístění stavby (DUR), zajištění posouzení vlivu na životní prostředí (EIA)
- Zhotovení dokumentace pro stavební povolení (DSP)
- Vypracování dokumentace pro provádění stavby (DPS)
- Výběrové řízení pro technologického a stavebního zhotovitele stavby
- Zahájení stavby
- Ukončení stavby včetně kolaudace
- Vypracování dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS)

Tato kapitola „Legislativní část“ byla zpracována na základě literatury [5], [6], [7].

3 Základní konstrukční zásady

Každá instalace a zařízení musí být schopna odolat očekávaným elektrickým, mechanickým a klimatickým vlivům, také vlivům okolního prostředí v místě instalace.

Návrh musí obsahovat účel dané instalace. Požadavky uživatele, což jsou například kvalita elektrické energie, spolehlivost, dostupnost a odolnost sítě z pohledu přechodných podmínek, jakožto rozběhy velkých motorů a podobně. Dále musí být dodržena bezpečnost obsluhy a osob v okolí. Návrh by měl také obsahovat možnost rozšíření (pokud je vyžadováno) a údržbu.

Uživatel by měl definovat priority ohledně specifických vlastností údržby, bezpečnosti, minimálního odstavení a zamezení šíření poruchy či požáru do sousedních modulů. Je nutné brát v potaz i pracovní postupy uživatele a provozní požadavky, které by mohly ovlivnit návrh a stavbu silových instalací.

3.1 Mechanické konstrukční zásady

Veškerá zařízení a nosné konstrukce i jejich základy musí odolat očekávaným mechanickým namáháním. Je nutné uvažovat zatížení normální a předpokládané. V každém z uvedených případů zatížení se musí prověřit několik kombinací, zvolí se ta, která má nejméně příznivý stav a ta je dále použita ke stanovení mechanické pevnosti stavebních konstrukcí. Pro normální zatížení se uvažují tyto druhy zatížení: zatížení vlastní vahou, zatížení tahem, montážní zatížení, zatížení námrazou a zatížení větrem. Při mimořádných zatíženích se uvažuje zejména zatížení vlastní vahou a zatížení tahem, které působí současně s největšími občasnými zatíženími: síly při spínání, zkratové síly, ztráta tahu vodiče.

3.2 Vliv klimatických podmínek na návrh

Každá instalace včetně všech zařízení a pomocného vybavení musí být navržena pro provoz do daných klimatických podmínek a podmínek prostředí. Nejdůležitější ukazatelé znečištění jsou přítomnosti kapalin, částic, prachu, korozivních elementů a nebezpečných atmosfér. Tyto ukazatelé musí být v dané lokalitě stanoveny, aby se mohlo dojít k výběru vhodného elektrického zařízení do této lokality.

V normě ČSN EN 61936-1 jsou detailně definovány normální podmínky, které se liší podle toho, zda se jedná o vnitřní či venkovní prostředí. Bere se v potaz teplota okolního vzduchu, vliv slunečního svitu, nadmořská výška, zda se jedná o znečištěné prostředí například prachem atd., průměrná relativní vlhkost, vibrace způsobené vnějším zařízením nebo otřesy země a

elektromagnetické rušení. Pro venkovní prostředí se bere dále v potaz tloušťka námrazy, rychlost větru, výskyt srážek a kondenzace.

Dále jsou zde uvedeny i speciální podmínky týkající se nadmořské výšky, znečištění prostředí, teploty, vlhkosti a vibrací.

3.3 Speciální požadavky na návrh

Pokud je biologická aktivita od ptáků či jiných malých organismů nebo mikroorganismů nebezpečná, musí se provést náležitá opatření k zamezení nebezpečí.

Také musí být splněny hygienické normy pro úroveň hluku, které jsou dány pro různá místa a různé doby během dne (jsou udávány v ISO 1996-1).

3.4 Elektrické požadavky

Jednou z prvních zásad je způsob uzemnění uzlu, které je silně ovlivněno úrovní a dobou trvání poruchy proudu. Důležité z pohledu výběru izolační hladiny jsou charakteristiky omezovačů přepětí nebo svodičů přepětí, výběru ochran, návrhu uzemňovací soustavy. Vždy jedna galvanicky spojená soustava má pouze jeden způsob uzemnění, pokud se jedná o různé galvanicky autonomní soustavy, pak mají různé způsoby uzemnění.

Uživatel musí definovat jmenovitá napětí a také nejvyšší provozní napětí soustavy. Instalace musí být provedena tak, aby odolala proudům při normálních provozních podmínkách a musí být navržena na jmenovitý kmitočet soustavy.

Návrh musí být takový, aby elektromagnetické rušení nepřekročilo danou mez, kterou stanovuje norma. Typickým zdrojem rušení je koróna. Taktéž nesmí docházet k ohrožení osob z elektrickým a magnetickým polem.

Zařízení musí být chráněno před přepětím vzniklým spínacím či atmosférickým impulzem, které převyšuje výdržné hodnoty podle normy IEC 60071-1.

V případě, že se jedná o průmyslovou instalaci, měl by se brát zřetel na harmonické proudy a napětí v instalaci, aby nedocházelo k rušení a byl zajištěn správný provoz elektrické soustavy.

3.4.1 Volba izolační hladiny

Izolační hladina se volí podle nejvyššího napětí pro instalaci a impulsního výdržného napětí. Jelikož vzduchem izolované instalace nejsou zpravidla zkoušeny impulsem, je požadována minimální vzdušná vzdálenost mezi živými částmi a zemí nebo mezi živými částmi fází, a to z důvodu, aby se předešlo přeskokům až do hladiny impulsního výdržného napětí zvoleného pro instalaci. Tabulka 2 platí pouze pro nadmořské výšky do 1000 m.

Pokud jsou dodrženy minimální vzdušné vzdálenosti v tabulce uvedené níže, není nutné provádět dielektrické zkoušky.

Tabulka 2 - Minimální vzdušné vzdálenosti [8]

Rozsah napětí	Nejvyšší napětí pro zařízení	Jmenovité krátkodobé výdržné napětí o síťovém kmitočtu	Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu ^a	Minimální vzdušné vzdálenosti fáze-zem a fáze-fáze N	
	U_m efektivní hodnota	U_d efektivní hodnota	U_p 1,2/50 μ s (vrcholová hodnota)	Vnitřní instalace	Venkovní instalace
	kV	kV	kV	mm	mm
II	123	185 ^b	450 ^b	900	
		230	550	1 100	
	245	275 ^b	650 ^b	1 300	
		325 ^b	750 ^b	1 500	
		360	850	1 700	
	395	950	1 900		
	460	1 050	2 100		

Rozsah napětí	Nejvyšší napětí pro zařízení	Jmenovitá výdržná napětí při atmosférickém impulzu ^a	Jmenovité výdržné napětí při spínacím impulzu	Minimální vzdušné vzdálenosti fáze-zem		Jmenovité výdržné napětí při spínacím impulzu	Minimální vzdušné vzdálenosti fáze-fáze mm	
	U_m (efektivní hodnota)	U_s 1,2/50 μ s (vrcholová hodnota)	U_s Fáze-zem 250/2 500 μ s (vrcholová hodnota)	Vodíř - konstrukce	Tyč-konstrukce	U_s Fáze-fáze 250/2500 μ s (vrcholová hodnota)	Vodíř - vodič paralelně	Tyč - vodič
	kV	kV	kV	N	N	kV	mm	mm
II	420	1 050/1 175	850	1 900	2 400	1 360	2 900	3 400
				2 200 ^b				
		1 175/1 300	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
		1 300/1 425	1 050	2 400 ^b	3 400	1 575	3 600	4 200

^a Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu se vztahuje na fáze-fáze a fáze-zem.
^b Jsou-li hodnoty nedostatečné k prokázání, že jsou splněna výdržná napětí fáze-fáze, jsou nutné dodatečné zkoušky na výdržné napětí fáze-fáze.

^a Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu se vztahuje na fáze-fáze a fáze-zem.
^b Minimální vzdálenost požadovaná pro horní hodnotu jmenovitého výdržného napětí při atmosférickém impulzu.

3.4.2 Účinky zkratových proudů

Každé navržené zařízení se musí zkontrolovat na nejvyšší zkratové poruchy, které mohou v rozvodně nastat. Zkratový proud vyvolá jak tepelné, tak i dynamické účinky, na které musí být dimenzovány všechny prvky v rozvodně. Dále se musí zajistit rychlé a bezpečné vypnutí tohoto zkratového proudu pomocí vypínačů, který musí být též správně navrhnout. Pro výpočet a následné dimenzování prvků je však nutné znát zkratové poměry v místě realizované rozvodny.

3.4.2.1 Výpočet zkratových proudů

Při výpočtů maximálních zkratových proudů se provádějí zjednodušení na základě normy ČSN EN 60909, a to:

- po dobu působení zkratu se nemění zapojení obvodu
- po dobu působení zkratu se nemění typ zkratu
- impedance transformátorů se počítají pro stav, kdy přepínač odboček je v nulové poloze
- rezistence oblouku se neuvažuje
- veškeré kapacity vedení, netočivé statické zátěže se zanedbávají, až na paralelní admittance v netočivé soustavě

3.4.2.2 Výpočet počátečního rázového zkratového proudu I''_k

Nejprve je nutné nahradit všechny zdroje napětí, transformátory a vedení nahradit impedancemi a následně je sečíst podle daného schématu. Tento zkratový proud se dále dělí na čtyři typy zkratu, a to na:

Třífázový zkrat

Pro tento výpočet je nutné vypočítat celkovou zkratovou impedanci dané sítě a zvolit konstantu c , která závisí na napěťové hladině, pro 400 kV se $c = 1,05$, pro hladiny nižší pak $c = 1,1$. Tento zkrat je souměrný, jelikož nastane ve všech třech fázích.

$$I''_k = \frac{c U_n}{\sqrt{3} Z_k} \quad (1)$$

Dvoufázový zkrat

Tento zkrat je nesouměrný, a proto se musí počítat s impedancí zpětné a sousledné složkové soustavy, kterou lze získat pomocí metody Fortescue. Pro většinu prvků v síti ale platí, že $Z_k^{(2)} = Z_k^{(1)}$ při vzdáleném zkratu.

$$I''_{k2} = \frac{c \cdot U_n}{Z_k^{(2)} + Z_k^{(1)}} \quad (2)$$

Dvoufázový zemní zkrat

Tento zkrat je nesouměrný. Pro většinu prvků v síti ale platí, že $Z_k^{(2)} = Z_k^{(1)}$ při vzdáleném zkratu. Nastíněný výpočet je pro zkratový proud, který prochází do země nebo zemnicími vodiči.

$$I''_{k2} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_k^{(2)} + 2 \cdot Z_k^{(0)}} \quad (3)$$

Jednofázový zkrat

Tento zkrat se opět jeví jako nesouměrný. V tomto případě se ale projeví všechny tři složky impedance.

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_k^{(1)} + Z_k^{(2)} + Z_k^{(0)}} \quad (4)$$

3.4.2.3 Výpočet tepelných a dynamických účinků zkratového proudu

Tento postup slouží k výpočtu mechanických a tepelných účinků zkratových proudů podle normy ČSN EN 60865-1, návrh slouží pouze pro AC systémy. Výpočet je nastíněn pro tuhé vodiče (přípojnice). Doba trvání zkratu závisí na návrhu ochran a měla by být v tomto smyslu uvažována. V části, kde je výpočet pro tuhé vodiče, je zaměřen pouze na namáhání způsobené zkratovými účinky, k namáhání ovšem dochází i vlastní vahou či povětrnostními podmínkami.

Pro uspořádání s ohebnými vodiči jsou v tahových silách již zahrnuty účinky vlastní váhy. Pokud se jedná o kombinaci tuhých a ohebných vodičů, platí výše uvedené úvahy.

Proudy, které procházejí ve vodičích, vytvářejí elektromagnetické síly. Jestliže tyto síly působí na souběžné vodiče, vyvolají namáhání, se kterým se musí ve stanicích počítat. Pokud se jedná o vodiče s ohyby nebo křížením, můžeme zanedbat vznikající složky elektromagnetických sil. Pokud se bude jednat o zapouzdřené systémy, může se brát v úvahu změna elektromagnetických sil mezi vodiči zapříčiněná magnetickým stíněním. Také se však musí uvažovat působící síly, které jsou mezi každým vodičem a jeho zapouzdřením a mezi zapouzdřeními.

Je-li délka souběžných vodičů výrazně delší než jejich vzájemná vzdálenost, rozloží se rovnoměrně podél vodičů. Jejich síla se dá vypočítat podle vztahu:

$$F = \frac{\mu_0 l}{2\pi a} i_1 i_2 \quad (5)$$

μ_0 permeabilita vakua

l osová vzdálenost mezi podpěrami

a osová vzdálenost mezi vodiči

i_1, i_2 okamžité hodnoty proudů ve vodičích

Pokud budou mít proudy ve dvou vodičích stejný směr, budou síly působit přitažlivě. Při působení proudů v opačném směru, síly budou odpudivé.

3.4.2.4 Kontrola na tepelné účinky

Tato kontrola se dělá z důvodu ověření, zda zvolený průřez odpovídá tepelnému namáhání. Tento výpočet je nastíněn podle normy ČSN 38 1754.

Výpočet minimálního průřezu:

$$S_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k} \quad (6)$$

Koeficient k představuje funkční parametr a jeho určení je podle vzorce, který je nastíněn pro hlinkový trubkový vodič:

$$k_{Al} = \sqrt{\frac{(\vartheta + 20) \cdot c_{0Al}}{\rho_{20Al}} \cdot \ln \left(\frac{\vartheta + \vartheta_k}{\vartheta + \vartheta_1} \right)} \quad (7)$$

ϑ = 228 °C

Fiktivní teplota vodiče

ϑ_k = 200 °C

Maximální dovolená teplota vodiče při zkratu

ϑ_1	$= 80 \text{ }^\circ\text{C}$	Teplota vodiče před zkratem (max. provozní teplota)
c_{0Al}	$= 2,417 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	Měrná tepelná kapacita při teplotě 0 °C
ρ_{20Al}	$= 0,02941 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	Rezistivita vodiče při 20 °C

Fiktivní teplota vodiče ϑ udává teplotní rozdíl potřebný ke změně rezistivity vodiče o jeden stupeň Kelvina.

Hodnoty použitých veličin udává norma a liší se podle použitého materiálu, většinou se pro přípojnice používá hliník.

Dále je nutné ověřit, jestli daný průřez vyhovuje pro zvolenou hliníkovou trubkovou přípojnicí. Musí platit následující vztah:

$$S_{Al} = \pi \cdot (r_{vnější}^2 - r_{vnitřní}^2) \quad (8)$$

$$S_{Al} > S_{min} \quad (9)$$

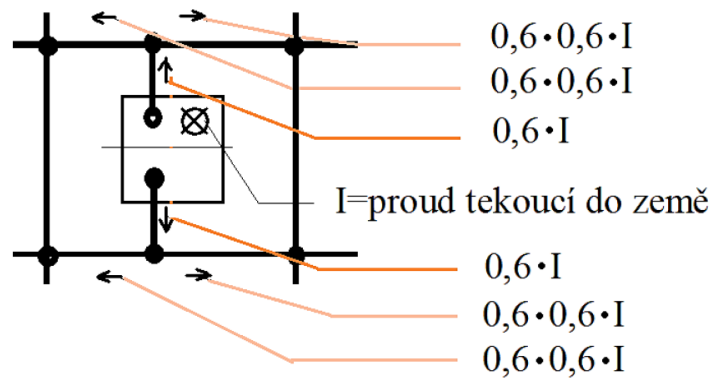
Stejný postup je třeba provést i pro lanový vodič, který slouží k propojení trubkové přípojnice a odpojovače:

$$k_{AlFe} = k_{Al} \cdot \sqrt{1 + \frac{S_{Fe} \cdot c_{0Fe}}{S_{Al} \cdot c_{0Al}}} \quad (10)$$

Nyní je možné vypočítat minimální průřez lana a poté provést znovu kontrolu, zda lano vyhovuje:

$$S_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k_{AlFe}} \quad (11)$$

Tato kontrola na minimální průřez vodiče musí být provedena rovněž pro uzemňovací soustavu v rozvodně. Vzhledem ke skutečnosti, že se rozvodnách vvn a zvn mění zkratové poměry během provozu, dimenzuje se uzemňovací soustava na jmenovitou zkratovou odolnost rozvodny. R420 je 50/125 kA a u R123 je 40/100 kA s dobou působení 0,5 s. Podle těchto parametrů se dle normy ČSN EN 50522 vybere příslušná proudová hustota, kde příloha D udává hodnoty proudové hustoty pro použitý vodič FeZn a je $G = 100 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$. Podle normy PNE 33 0000-1 se pro zařízení (kterými může při poruše procházet jednofázový zkratový proud) používá více uzemňovacích přívodů, nejméně dva. Poruchový proud se dále dělí, a to je nutné při výpočtu respektovat. V normách ČSN 332000-5-54 a PNE 33 0000-1 je popsáno, že při dělení proudu do dvou větví se předpokládá zatížení každé větve 60 % z celkového proudu.



Obr. 14 - Uzemňovací síť pro dva uzemňovací přívody

A minimální průřez vodiče je dán vzorcem (12), kde I_{th} je proud tekoucí každým uzemňovacím přívodem, popřípadě proud tekoucí větví uzemňovací sítě, G udává proudovou hustotu ta je dána použitým vodičem.

$$S_{min} = \frac{I_{th}}{G} \quad (12)$$

3.4.2.5 Výpočet dynamických účinků elektromagnetických sil

Při výpočtech jsou uvažovány účinky, které jsou bez zapůsobení systému OZ.

3.4.2.5.1 Výpočet vrcholové síly mezi hlavními vodiči při 3f zkratu

Při uspořádání vodičů ve stejné osové vzdálenosti v jedné rovině působí maximální síla při trojfázovém zkratu na střední hlavní vodič podle vztahu:

$$F_{m3} = \frac{\mu_o \sqrt{3}}{2\pi} \frac{l}{2 a_m} i_p^2 \quad (13)$$

i_p vrcholová hodnota zkratového proudu při trojfázovém souměrném zkratu, pro výpočet tohoto proudu je vhodné použít normu IEC 60909

l maximální osová vzdálenost mezi sousedními podpěrami

a_m účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči podle (16)

3.4.2.5.2 Výpočet vrcholové síly při zkratu mezi dvěma hlavními vodiči

Pro výpočet dvoufázového zkratu v trojfázové soustavě nebo při zkratu ve dvou vodičové jednofázové soustavě je maximální síla působící mezi vodiči vedoucími zkratový proud dána vztahem:

$$F_{m2} = \frac{\mu_o}{2\pi} \frac{l}{a_m} i_{p2}^2 \quad (14)$$

i_{p2} vrcholová hodnota zkratového proudu při zkratu mezi dvěma vodiči

l maximální osová vzdálenost mezi sousedními podpěrami

a_m účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči podle (16)

3.4.2.5.3 Výpočet vrcholové hodnoty síly mezi souběžnými dílčími vodiči

Maximální síla působí na vnější dílčí vodiče a mezi dvěma sousedními spojovacími díly se vypočítá:

$$F_s = \frac{\mu_o}{2\pi} \frac{l_s}{a_s} \left(\frac{i_p}{n}\right)^2 \quad (15)$$

i_p se rovná i_p pro trojfázovou soustavu nebo i_{p2} pro dvou vodičovou jednofázovou soustavu

l_s maximální existující osová vzdálenost mezi sousedními spojovacími díly

a_s účinná vzdálenost mezi dílčími vodiči

n počet dílčích vodičů

3.4.2.5.4 Účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči a mezi dílčími vodiči

Z důvodu rozdílného geometrického uspořádání a tvaru vodičů, které ovlivňují síly mezi vodiči při zkratu, je v přechozích výpočtech uvedena účinná vzdálenost a_m , což je vzdálenost mezi hlavními vodiči. Dále vzdálenost a_s , ta je mezi dílčími vodiči. Tyto vzdálenosti se určují následně. Účinná vzdálenost a_m mezi souběžnými hlavními vodiči s osovou vzdáleností a .

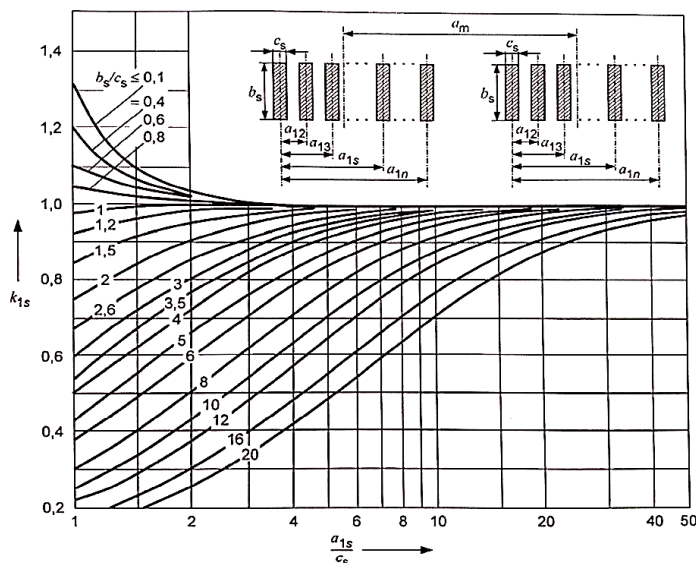
Hlavní vodiče tvořené jedním vodičem kruhového průřezu:

$$a_m = a \quad (16)$$

Hlavní vodiče tvořené jedním vodičem s obdélníkovým průřezem, hlavní vodiče složené z dílčích vodičů obdélníkového průřezu:

k_{12} určení pomocí obrázku součinitele k_{1s} , pro $a_{1s} = a$, $b_s = b_m$ a $c_s = c_m$

$$a_m = \frac{a}{k_{12}} \quad (17)$$



Obr. 15 - Součinitel k_{1s} pro výpočet účinné vzdálenosti vodiče [10]

Účinná vzdálenost a_s mezi n souběžnými dílčími vodiči hlavního vodiče:

- Dílčí vodiče kruhového průřezu

$$\frac{1}{a_s} = \frac{1}{a_{12}} + \frac{1}{a_{13}} + \frac{1}{a_{14}} + \dots + \frac{1}{a_{1s}} + \dots + \frac{1}{a_{1n}} \quad (18)$$

- Dílčí vodiče obdélníkového průřezu

Některé hodnoty pro a_s jsou uvedeny v tabulce 1 v normě ČSN EN 60865-1.

3.4.2.5.5 Výpočet namáhání tuhých vodičů

Vodiče musí být upevněny tak, aby osově síly bylo možno zanedbat. To znamená:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W_m} \quad (19)$$

V_σ, V_r součinitelé respektující dynamické působení, určí se podle tabulky 2 v normě ČSN EN 60865-1

β součinitel závislý na typu a počtu podpěr, podle tabulky 3 v ČSN EN 60865-1

W_m průřezový modul trubkového vodiče, výpočet podle (21)

Výpočet J_m, W_m , kde d je vnější průměr přípojnice a t tloušťka stěny. Pak platí:

$$J_m = \frac{\pi}{64} \cdot (d^4 - (d - 2 \cdot t)^4) \quad (20)$$

$$W_m = \frac{J_m}{d} \quad (21)$$

3.4.2.5.6 Dovolené namáhání přípojnice

Přípojnice je odolná při působení zkratových účinků, pokud platí následující podmínka:

$$\sigma_{tot,d} \leq q \cdot f_y \quad (22)$$

q součinitel tvaru vodiče

f_y namáhání odpovídající hodnotě meze pružnosti

Z normy vyplývá výpočet pro trubkový tvar přípojnice:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - 2 \frac{t}{d}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 \frac{t}{d}\right)^4} \quad (23)$$

t tloušťka stěny přípojnice

d vnější průměr přípojnice

3.4.2.5.7 Výpočet sil na podpěry přípojnic

Ekvivalentní statická síla $F_{r,d}$ se na podpěry tuhých vodičů vypočítá pomocí vztahu:

$$F_{r,d} = V_F \cdot V_{rm} \cdot \alpha \cdot F_{m3} \quad (24)$$

V_F, V_{rm} součinitelé podle tabulky 2 normy ČSN EN 60865-1

α součinitel pro různá uspořádání podle tabulky 3 normy ČSN EN 60865-1

3.5 Další požadavky na návrh

Tyto požadavky se týkají výběru zařízení, které musí být vybráno podle příslušných požadavků (norem) na bezpečnost a dále i správně instalováno. Jedním z nejdůležitějších požadavků je bezpečnost obsluhy během instalace, provozu i údržby zařízení. Také jsou zde kladeny specifické požadavky na každé použité zařízení, jako jsou spínací zařízení, kde musí být snadná a viditelná detekce při vypnutí, či zapnutí. Dále to jsou transformátory (měřící, silové), svodiče přepětí a podobně.

Následně jsou kladeny požadavky na uspořádání obvodu, kde obvod musí být pokud možno jednoduchý a přehledný, aby se spínací manipulace mohly provádět bezpečně a rychle. Také je nutné, aby ke každé instalaci byla příslušná dokumentace. Důležité jsou i dopravní cesty, jejich nosnost, výška a šířka, které musí být přiměřené pro pohyb předpokládaných přepravovaných zařízení. Jsou zde také definovány vzdálenosti živých částí od všech budov a oplocení. Všechny budovy musí vyhovovat národním stavebním a požárním předpisům.

Instalace musí být provedena tak, aby se zabránilo neúmyslnému dotyku živých částí nebo neúmyslnému proniknutí do prostoru ohrožení v blízkosti živých částí. Ochrana se provádí

buďto krytem, přepážkou, zábranou nebo polohou. Norma znovu udává, co se považuje za jednotlivé typy ochran.

Instalace má povinnost zabránit úniku izolační kapaliny a SF₆. V případě úniku je nutno zachytit kapaliny uniklé ze zařízení, aby nedošlo k poškození životního prostředí. Je dáno minimální množství kapaliny v zařízení, pro které je nutný kontejnment, a tj. pro 1000 l a více. V místnostech, kde se nacházejí rozvaděče s SF₆ a v dalších přístupových prostorách je nutno instalovat ventilaci, aby nedošlo ke shromažďování uniklého plynu. Ve venkovních prostorách nejsou nutná žádná speciální opatření.

V neposlední řadě je potřeba správně navrhnout a instalovat uzemňovací soustavu tak, že je provozována za všech podmínek a zajišťuje bezpečnost osob ve všech místech, kde se mohou nacházet. Norma uvádí také kritéria, která zajistí integritu zařízení připojovaného k uzemňovací soustavě a v její blízkosti.

Jako poslední se provádí prohlídka a zkoušení všech zařízení, aby se ověřila shoda instalace s normou ČSN EN 61936-1 a shoda zařízení s příslušnými technickými specifikacemi. Ověření může být provedeno pomocí vizuální prohlídky, funkčními zkouškami nebo měřením. Následně je instalace podrobena zkušebnímu provozu, kde se prověřuje funkční způsobilost instalace vn. Podmínky, které se musí splnit pro úspěšný výsledek zkušebního provozu, se mají definovat v poplávce.

Tato kapitola „Základní konstrukční zásady“ je vypracována na základě literatury [8], [9], [10], [11].

4 Návrh rozvodny 400/110 kV Rohatec

Tento návrh je vytvořen na základě technického zadání od firmy ČEPS, a.s. Variantní umístění nové transformovny bude zpracováno z důvodu upřesnění ploch, které jsou pro společný rozvojový záměr společností ČEPS, a.s. a E.ON Distribuce, a.s. rezervovány v územně plánovacích dokumentacích. V zásadě se bude jednat o prověření ploch rezervovaných v územním plánu obce Ratíškovice a prověření zásad územního rozvoje Jihomoravského kraje, případně jejich návrhu, nebudou-li v době zpracování studie platné.

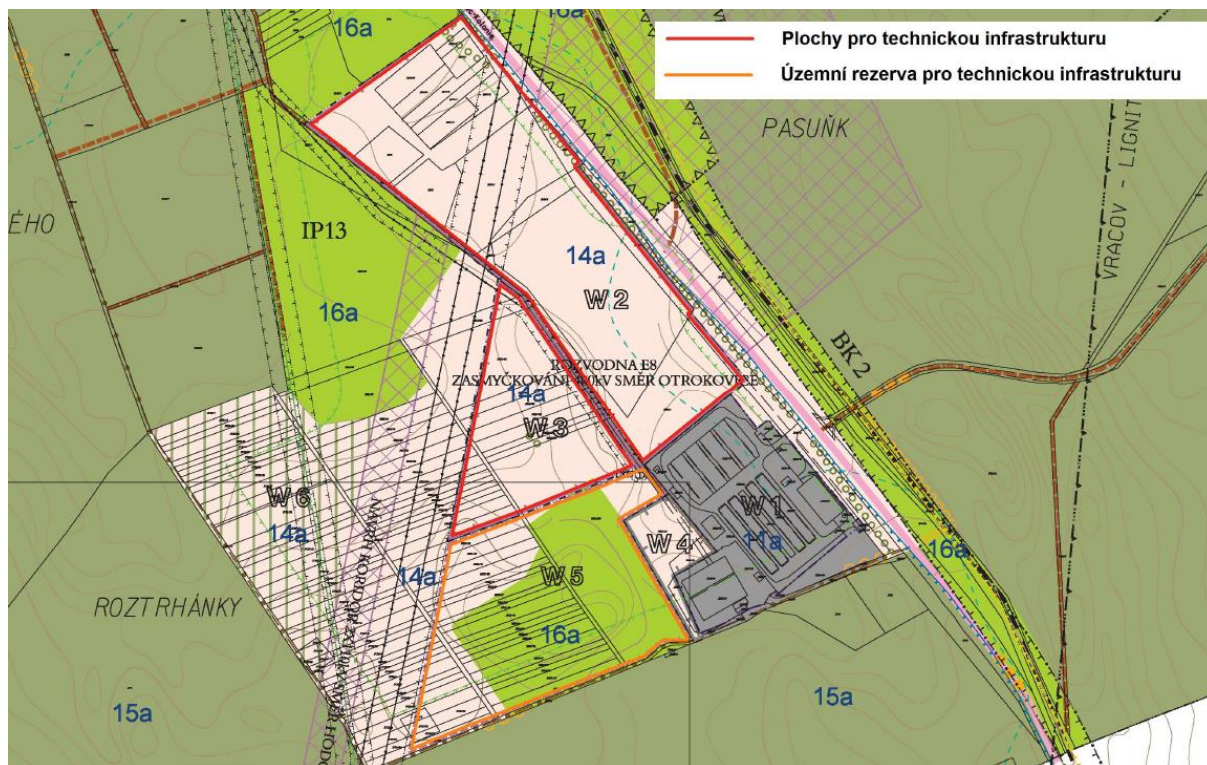
4.1 Územní plán obce Ratíškovice

Vybudování nové transformovny v této lokaci je nutné k zajištění elektrického výkonu pro oblast jihovýchod ČR a také část jižní a východní Moravy. To bude nový napájecí bod přenosové soustavy. Napojení bude provedeno ze stávající přenosové soustavy z vedení zvn 400kV Sokolnice – Křižovany a s tím bude spojena výstavba nových napájecích vedení o napětové hladině 110 kV. Přes vymezenou plochu rozvodny od severu na jih jsou vedena dvě dvojitá vedení 110 kV, která budou do nové transformovny zasmyčkována. Stávající jednoduché vedení 424 (obecně nazývané vedení 400 kV) bude realizováno jako dvojité mezi místem plánovaného zasmyčkování do transformovny Rohatec a odbočením ze stávající trasy, kde prochází katastrální území Vacenovice, které se nachází východně od Ratíškovice. Odbočení smyčky je navrhováno v lokalitě Mrkotánky, tj. severně od Ratíškovického potoka cca 200–300 m, v jeho souběhu pokračuje směrem na západ až ke stávajícímu vedení 2 x 110 kV, kde dojde k souběhu vedení a pokračuje do rozvodny. Dále bude v souběhu s navrhovanou smyčkou z 424 vybudováno nové dvojité vedení 2 x 400 kV z TR Rohatec do TR Otrokovice. Předpokládá, že bude v souběhu s vedením 424 směr Křižovany. Výstavba podle společnosti ČEPS, a.s., je plánována v časovém horizontu kolem roku 2025, zatím ale nebyla zpracována studie pro tuto rozvodnu ani pro její napojení. Tím se zabývá tato diplomová práce.

Na Obr. 16 jsou názorně vidět plochy, které jsou vymezené pro technickou infrastrukturu. Zásadní bude umístění nové transformovny jakožto veřejně prospěšné stavby, bude-li dostatečný prostor v plochách označených písmeny W2 a W3, či se bude muset využít i prostor územní rezervy W5. Popřípadě bude nutné vykoupit sousední pozemky. Ty jsou však limitovány buďto zastavěnou plochou (viz plocha W1) nebo chráněným územím, které je znázorněno světle zelenou barvou.

Tyto plochy jsou obsaženy v územním plánu obce Ratíškovice. Vznikly v součinnosti s územním rozvojem Jihomoravského kraje, na základě Politiky územního rozvoje ČR v roce

2008, jakožto celostátní nástroj územního plánování, který je zastřešen pod Ministerstvem pro místní rozvoj ČR.



Obr. 16 - Vymezené území pro technickou infrastrukturu

Tato část 4.1 byla zpracována podle [12].

4.2 Technické zadání

Návrh technologického provedení nové venkovní rozvodny 420 kV bude v trubkovém provedení se zkratovou odolností 50/125 kA a nové venkovní rozvodny 123 kV 40/100 kA. Rozvodna bude v provedení 2 plus P, bude mít dvě pracovní přípojnice W1 a W2 a k tomu jednu pomocnou přípojnice W5.

Součástí návrhu bude i napojení nové transformovny na přenosovou a distribuční soustavu při respektování stávajících vedení a rozvojových záměrů v této oblasti.

Schéma a dispozice rozvodny budou řešeny pro rozsah rozvodny, kde část rozvodny 420 kV bude tvořena pomocí 11 polí a 3 transformátorů 400/110 kV. Bude dělena následovně:

- 3 pole transformátoru 400/110 kV včetně stání a prostoru pro kompenzační tlumivky v terciáru
- 4 pole síťového vývodu
- 2 pole kombinovaného spínače přípojnic
- 2 pole prostorové rezervy

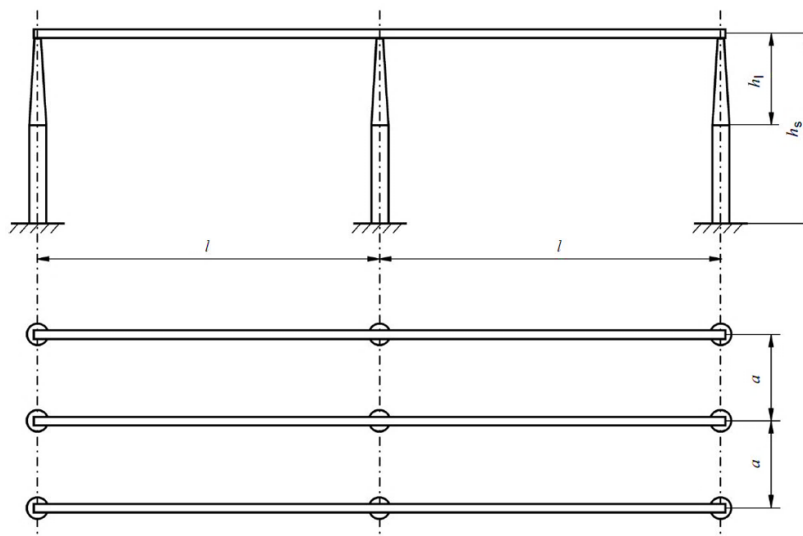
Část rozvodny 123 kV bude tvořena pomocí 18 polí a budou dělena následovně:

- 2 pole přívodů transformátorů T401 a T402
- 4 pole vývodů 110 kV
- 2 pole kombinovaného spínače přípojnic
- 1 pole podélného dělení
- 2 pole HDO
- 2 pole transformátorů 110/22 KV (T101, T102)
- 5 polí prostorové rezervy

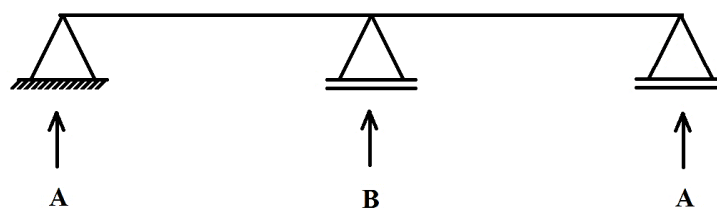
4.3 Základní konstrukční návrh

Výpočet bude proveden pro trojfázové přípojnice 420 kV s jedním trubkovým vodičem na fázi. Názorné uspořádání je na Obr. 17. Výpočet bude proveden pouze bez vlivu opětovného zapnutí (OZ), proto bude uvažována pouze jedna doba trvání zkratu.

Plochy vymezené pro technickou infrastrukturu obce Ratíškovice se řadí do 1. kategorie oblasti znečištění kategorie (viz kapitola 1.3.4.) a výškou do 1000 m. n. m., potom nejsou nutná žádná speciální opatření.



Obr. 17 - Uspořádání hlavního vodiče složeného ze tří dílčích vodičů [13]



Obr. 18 - Spojitý nosník s prostými podporami [9]

4.3.1 Vstupní údaje – trubkové vodiče 120x10 mm

Efektivní hodnota počátečního symetrického 3f zkratového proudu $I''_{k3} = 50 \text{ kA}$

Součinitel pro výpočet zkratového nárazového proudu $k = 1,77$

Kmitočet sítě $f = 50 \text{ Hz}$

Počet rozpětí 2

Osová vzdálenost mezi podpěrami $l = 11 \text{ m}$

Osová vzdálenost mezi fázovými vodiči $a = 5,5 \text{ m}$

Výška izolátoru se svorkou $h_I = 3,7 \text{ m}$

Výška podpěry (celková) $h_S = 6 \text{ m}$

Trubkové vodiče 120 mm x 10 mm, materiál EN AW-6101 B T7

- hmotnost na jednotku délky $m'_m = 9,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- vnější průměr $d = 120 \text{ mm}$
- tloušťka stěny $t = 10 \text{ mm}$
- modul pružnosti v tahu $E = 70000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$
- namáhání odpovídající mezi průtažnosti $f_y = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Konvenční hodnota tíhového zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Dílčí bezpečnostní součinitelé; například podle ČSN EN 1990 2

- normální zatížení $\gamma_F = 1,35$
 $\gamma_M = 1,1$
- mimořádné zatížení $\gamma_F = \gamma_M = 1$

POZNÁMKA Hodnoty bezpečnostních součinitelů se mohou v národních normách lišit

4.3.2 Normální zatížení

Namáhání na vodič a síly na podpěry způsobené zatížením vlastní vahou

$$F_{str,k} = m'_m \cdot l \cdot g = 9,3 \cdot 11 \cdot 9,81 = 1004 \text{ N} \quad (25)$$

$$F_{str,d} = \gamma_F \cdot F_{str,k} = 1,35 \cdot 1004 = 1355 \text{ N} \quad (26)$$

namáhání v ohybu vodiče při statickém zatížení

$$\sigma_{st,m,k} = \frac{F_{str,k} \cdot l}{8 \cdot W_m} = \frac{1004 \cdot 11}{8 \cdot 8,78 \cdot 10^{-5}} = 15,71 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (27)$$

$$\sigma_{st,m,d} = \gamma_F \cdot \sigma_{st,m,k} = 1,35 \cdot 15,71 \cdot 10^6 = 21,21 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (28)$$

příčemž

$$J_m = \frac{\pi}{64} \cdot (d^4 - (d - 2 \cdot t)^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (0,12^4 - (0,12 - 2 \cdot 0,008)^4) \quad (29)$$

$$= 5,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_m = \frac{J_m}{\frac{d}{2}} = \frac{5,27 \cdot 10^{-6}}{\frac{0,12}{2}} = 8,78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (30)$$

POZNÁMKA V případě trubkového vodiče je $J_{st,m} = J_m$ a $W_{st,m} = W_m$

Vodiče budou mít dostatečnou pevnost pokud:

$$\sigma_{st,m,d} \leq \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (31)$$

$$21,21 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq \frac{120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}}{1,1} \quad (32)$$

To splňuje nerovnici $21,21 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 109,09 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$, proto mají vodiče dostatečnou pevnost.

Síly na podpěry jsou ve směru zatížení vlastní vahou:

- Vnější podpěry (A) $\alpha_A = 0,375$ viz Obr. 18 podle normy tabulka 3

$$F_{st,r,dA} = \alpha_A \cdot F_{str,d} = 0,375 \cdot 1355 = 0,508 \text{ kN} \quad (33)$$

- Vnitřní podpěry (B) $\alpha_B = 1$ viz Obr. 18 podle normy tabulka 3

$$F_{st,r,dB} = \alpha_B \cdot F_{str,d} = 1 \cdot 1355 = 1,355 \text{ kN} \quad (34)$$

4.3.3 Mimořádné zatížení – účinky zkratových proudů

Kontrola průřezu trubkových, lanových a uzemňovacích vodičů na tepelné účinky zkratového proudu. S dobou trvání $t_k = 0,5 \text{ s}$, tím pádem $I_{th} = I_{k3}''$. Výpočet minimálního průřezu:

$$S_{minAl} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k_{Al}} = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,5}}{81,89} = 431,4 \text{ mm}^2 \quad (35)$$

Koeficient k představuje funkční parametr a jeho určení je dáno vztahem:

$$k_{Al} = \sqrt{\frac{(\vartheta + 20) \cdot c_{0Al}}{\rho_{20Al}} \cdot \ln \left(\frac{\vartheta + \vartheta_k}{\vartheta + \vartheta_1} \right)} \quad (36)$$

$$\vartheta = 228 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_k = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_1 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_{0Al} = 2,417 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\rho_{20Al} = 0,02941 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$$

pak po dosazení dle normy:

$$k_{Al} = \sqrt{\frac{(228 + 20) \cdot 2,417}{0,02941} \cdot \ln\left(\frac{228 + 200}{228 + 80}\right)} = 81,89 \quad (37)$$

následuje výpočet průřezu použitého vodiče a musí platit $S_{Al} > S_{min}$, což v tomto případě platí

$$S_{Al} = \pi \cdot (r_{vnější}^2 - r_{vnitřní}^2) = \pi \cdot (60^2 - 50^2) = 3456 \text{ mm}^2 \quad (38)$$

Stejný postup je třeba provést i pro lanový vodič (758-AL1/43-ST1A), který se používá jako přetah nad přípojnícemi a k propojení v poli KSP:

$$k_{AlFe} = k_{Al} \cdot \sqrt{1 + \frac{S_{Fe} \cdot c_{0Fe}}{S_{Al} \cdot c_{0Al}}} = 81,89 \cdot \sqrt{1 + \frac{43,1 \cdot 3,770}{758,1 \cdot 2,417}} = 85,55 \quad (39)$$

$$S_{Al} = 758,1 \text{ mm}^2$$

$$S_{Fe} = 43,1 \text{ mm}^2$$

$$c_{0Fe} = 3,770 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c_{0Al} = 2,417 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$k_{Al} = 81,89$$

$$S_{minAlFe} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k_{AlFe}} = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,5}}{85,55} = 413,27 \text{ mm}^2 \quad (40)$$

A proto použité lano 758-AL1/43-ST1A splňuje nerovnici $S_{AlFe} > S_{min}$, jelikož $801,2 \text{ mm}^2 > 413,27 \text{ mm}^2$.

Také je nutné ověřit uzemňovací soustavu v R420, kde výpočet pro dva uzemňovací přívody vypadá následovně (viz kapitola 3.4.2.4):

$$S_{minA} = \frac{I_{thA}}{G_{FeZn}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 10^3}{100} = 300 \text{ mm}^2 \quad (41)$$

Pro ověření minimální průřezu vodiče, který tvoří hlavní uzemňovací větve (uzemňovací síť) je výpočet následovně (viz kapitola 3.4.2.4):

$$S_{minB} = \frac{I_{thB}}{G_{FeZn}} = \frac{0,6 \cdot 0,6 \cdot 50 \cdot 10^3}{100} = 180 \text{ mm}^2 \quad (42)$$

V R420 jsou použity uzemňovací vodiče 2x FeZn 20x5 pro hlavní uzemňovací síť, ty odpovídají výpočtu (42) a pro uzemňovací přívody 3x FeZn 30x4 odpovídající výpočtu (47).

V R123 jsou uzemňovací přívody i hlavní uzemňovací síť tvořeny stejnými vodiči, a to 2x FeZn 30x4, aby splňovaly minimální průřez viz (43).

$$S_{minC} = \frac{I_{thC}}{G_{FeZn}} = \frac{0,6 \cdot 40 \cdot 10^3}{100} = 240 \text{ mm}^2 \quad (43)$$

Následuje výpočet maximální elektromagnetické síly na střední vodič je podle vztahu:

$$F_{m3} = \frac{\mu_o \sqrt{3}}{2\pi} \frac{l}{2} \frac{l}{a_m} i_{p3}^2 = = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \sqrt{3}}{2 \cdot \pi} \frac{11}{2 \cdot 5,5} (125 \cdot 10^3)^2 = 5,426 \text{ kN} \quad (44)$$

kde

$$i_{p3} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3}'' = 1,77 \cdot \sqrt{2} \cdot 50 \cdot 10^3 = 125 \text{ kA} \quad (45)$$

vzdálenost je $a_m = a = 5,5 \text{ m}$, tj. používaná vzdálenost v rozvodnách 400 kV, která je samozřejmě se shodou normy viz kapitola 3.4.2.5.4 „Účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči a mezi dílčími vodiči“, přičemž koeficient je $k=1,77$ podle normy ČSN EN 60909-0.

Maximální namáhání vodiče v ohybu pomocí zjednodušené metody:

$$\sigma_{m,d} = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W_m} = 1 \cdot 0,73 \cdot \frac{5,426 \cdot 10^3 \cdot 11}{8 \cdot 8,78 \cdot 10^{-5}} = 62 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (46)$$

$$V_\sigma, V_r = 1$$

podle ČSN 60865-1 Ed.2 (tabulka 2) – bez vlivu OZ

$$\beta = 0,73$$

podle ČSN 60865-1 Ed.2 (tabulka 3) – spojitý nosník, dvě rozpětí

$$W_m = 8,78 \cdot 10^{-5}$$

průřezový model trubkového vodiče

Pro trubku s kruhovým průřezem bude celkové namáhání v ohybu dáno vztahem:

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_{m,d}^2 + \sigma_{st,m,k}^2} = \sqrt{62,01^2 + 15,71^2} = 63,97 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \quad (47)$$

Vodiče se jeví odolné vůči zkratové síle, jestliže

$$\sigma_{tot,d} \leq q \cdot f_y \quad (48)$$

Výpočet q je podle vzorce (23), který závisí na tvaru vodiče:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - 2 \frac{t}{d}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 \frac{t}{d}\right)^4} = 1,7 \frac{1 - \left(1 - 2 \frac{0,01}{0,12}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 \frac{0,01}{0,12}\right)^4} = 1,38 \quad (49)$$

V tom případě platí nerovnice (48), kde f_y je 120 N, a proto jsou přípojnice odolné vůči zkratovým účinkům:

$$63,97 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 1,38 \cdot 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (50)$$

$$63,97 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 165,6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (51)$$

Následuje výpočet ekvivalentní statické síly na podpěry:

$$F_{r,d} = V_F \cdot V_{rm} \cdot \alpha \cdot F_{m3} \quad (52)$$

Podle normy ČSN EN 60865-1 Ed.2, při hodnotě f_y a podle tabulky 2

$$\frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 \cdot f_y} = \frac{63,97}{0,8 \cdot 120} = 0,66 \text{ (-)} \quad (53)$$

Pak platí, že pro třífázový zkrat je výsledná hodnota v intervalu podle normy v tabulce 2 a do rozsahu 2

$$0,37 < \frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 \cdot f_y} < 1 \quad (54)$$

A proto

$$V_F \cdot V_{rm} = \frac{0,8 \cdot f_y}{\sigma_{tot,d}} = \frac{0,8 \cdot 120}{63,97} = 1,5 \quad (55)$$

Pro vnější podpěry (A) $\alpha_A = 0,375$ viz Obr. 18 podle normy tabulka 3

$$F_{r,dA} = V_F \cdot V_{rm} \cdot \alpha_A \cdot F_{m3} = 1,5 \cdot 0,375 \cdot 5,426 = 3,052 \text{ kN} \quad (56)$$

Pro vnitřní podpěry (B) $\alpha_B = 1$ viz Obr. 18 podle normy tabulka 3

$$F_{r,dB} = V_F \cdot V_{rm} \cdot \alpha_B \cdot F_{m3} = 1,5 \cdot 1 \cdot 5,426 = 8,139 \text{ kN} \quad (57)$$

Ohybové momenty na nosné konstrukce (stoličky) jsou:

- v patě vnějšího izolátoru

$$M_{IA,d} = F_{r,dA} \cdot h_I = 3,052 \cdot 3,7 = 11,292 \text{ kNm} \quad (58)$$

- v patě vnější podpěry

$$M_{SA,d} = F_{r,dA} \cdot h_S = 3,052 \cdot 6 = 18,312 \text{ kNm} \quad (59)$$

- v patě vnitřního izolátoru

$$M_{IB,d} = F_{r,dB} \cdot h_I = 8,139 \cdot 3,7 = 30,11 \text{ kNm} \quad (60)$$

- v patě vnitřní podpěry

$$M_{SB,d} = F_{r,dB} \cdot h_S = 8,139 \cdot 6 = 48,863 \text{ kNm} \quad (61)$$

Ohybové momenty ($M_{SB,d}$, $M_{SA,d}$) jsou důležité při návrhu uložení nosných konstrukcí.

4.3.3.1 Podpěrné izolátory pro přípojnice

Při tomto návrhu jsou vybrány izolátory od výrobce PPC Insulators, který dodává tuhé izolátory na bázi keramiky.

Tabulka 3 – Podpěrné izolátory vodiče 120x10mm

Parametry		Hodnoty	Jednotky
C10-1675	Výška	3650	mm
	Maximální síla na ohyb - $F_{r,d}$	10	kN
Izolátor	Maximální namáhání v krčku podpěry	7,3	kN · m
	Maximální namáhání v patě podpěry - $M_{IA,d}, M_{IB,d}$	36,5	kN · m
	Výdržné napětí	1675/1050	kV

Tabulka 4 - Zhodnocení výsledků vodičů– 120x10 mm v R420 kV

Vodiče vydrží statické zatížení vlastní vahou	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{st,m,d}$	21,209	$N \cdot mm^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d A}$	0,508	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d B}$	1,355	kN
Vodiče jsou odolné proti zkratové síle	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{tot,d}$	63,971	$N \cdot mm^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,d A}$	3,052	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,d B}$	8,139	kN
Vodiče jsou odolné proti tepelným účinkům zkratů	ANO		
Minimální průřez vodiče	S_{min}	431,7426	mm^{-2}
Použitý průřez vodiče	S_{Al}	3455,752	mm^{-2}

4.3.4 Ověření výpočtem – přípojnice v R420 250x8 mm

4.3.4.1 Vstupní údaje – trubkové vodiče 250x8 mm

Efektivní hodnota počátečního symetrického 3f zkratového proudu $I''_{k3} = 50 \text{ kA}$

Součinitel pro výpočet zkratového nárazového proudu $k = 1,77$

Kmitočet sítě $f = 50 \text{ Hz}$

Počet rozpětí 2

Osová vzdálenost mezi podpěrami $l = 20 \text{ m}$

Osová vzdálenost mezi fázovými vodiči $a = 5,5 \text{ m}$

Výška izolátoru se svorkou $h_l = 3,7 \text{ m}$

Trubkové vodiče 250 mm x 8 mm, materiál EN AW-6101 B T7

- hmotnost na jednotku délky $m'_m = 16,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- vnější průměr $d = 250 \text{ mm}$
- tloušťka stěny $t = 8 \text{ mm}$

- modul pružnosti v tahu $E = 70000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$
- namáhání odpovídající mezi pružnosti $f_y = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Konvenční hodnota tíhového zrychlení

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Dílčí bezpečnostní součinitelé například podle ČSN EN 1990 2

- normální zatížení $\gamma_F = 1,35$
 $\gamma_M = 1,1$
- mimořádné zatížení $\gamma_F = \gamma_M = 1$

Tabulka 5 – Podpěrné izolátory pro přípojnice 420 kV

Parametry		Hodnoty	Jednotky
C20-1675	Výška	3650	mm
	Maximální síla na ohyb - $F_{r,d}$	20	kN
Izolátor	Maximální namáhání v krčku podpěry	13,4	kN · m
	Maximální namáhání v patě podpěry - $M_{IA,d}, M_{IB,d}$	67	kN · m
	Výdržné napětí	1675/1050	kV

Tabulka 6 - Zhodnocení výsledků – přípojnice 250x8 mm v R420 kV

Přípojnice vydrží statické zatížení vlastní vahou	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{st,m,d}$	30,455	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d A}$	1,629	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d B}$	4,344	kN
Přípojnice jsou odolné proti zkratové síle	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{tot,d}$	55,305	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,d A}$	6,422	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,d B}$	17,126	kN
Přípojnice jsou odolné proti tepelným účinkům zkratů	ANO		
Minimální průřez vodiče	S_{min}	431,742	mm^{-2}
Použitý průřez vodiče	S_{Al}	6082,123	mm^{-2}

4.3.5 Ověření výpočtem – propojení v poli R420 120x8 mm

4.3.5.1 Vstupní údaje – 120x8 mm

Efektivní hodnota počátečního symetrického 3f zkratového proudu $I''_{k3} = 50 \text{ kA}$

Součinitel pro výpočet zkratového nárazového proudu $k = 1,77$

Kmitočet sítě $f = 50 \text{ Hz}$

Počet rozpětí 2

Osová vzdálenost mezi podpěrami $l = 11 \text{ m}$

Osová vzdálenost mezi fázovými vodiči

$a = 5,5 \text{ m}$

Výška izolátoru se svorkou

$h_I = 3,7 \text{ m}$

Trubkové vodiče 120 mm x 8 mm, materiál EN AW-6101 B T7

- hmotnost na jednotku délky
- vnější průměr
- tloušťka stěny
- modul pružnosti v tahu
- namáhání odpovídající mezi pružnosti

$m'_m = 7,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

$d = 120 \text{ mm}$

$t = 8 \text{ mm}$

$E = 70000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

$f_y = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Konvenční hodnota tíhového zrychlení

$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Dílčí bezpečnostní součinitelé; například podle ČSN EN 1990 2

- normální zatížení
- mimořádné zatížení

$\gamma_F = 1,35$

$\gamma_M = 1,1$

$\gamma_F = \gamma_M = 1$

Tabulka 7 – Podpěrné izolátory vodiče 120x8mm

	Parametry	Hodnoty	Jednotky
C10-1675	Výška	3650	mm
	Maximální síla na ohyb - $F_{r,d}$	10	kN
Izolátor	Maximální namáhání v krčku podpěry	7,6	kN · m
	Maximální namáhání v patě podpěry - $M_{IA,d}, M_{IB,d}$	36,5	kN · m
	Výdržné napětí	1675/1050	kV

Tabulka 8 - Zhodnocení výsledků – vodiče 120x8 mm v R420 kV

Vodiče vydrží statické zatížení vlastní vahou	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{st,m,d}$	20,590	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d A}$	0,415	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,d B}$	1,107	kN
Vodiče jsou odolné proti zkratové síle	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{tot,d}$	75,229	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,dA}$	2,597	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,dB}$	6,925	kN
Vodiče jsou odolné proti tepelným účinkům zkratů	ANO		
Minimální průřez vodiče	S_{min}	431,742	mm^{-2}
Použitý průřez vodiče	S_{Al}	2814,872	mm^{-2}

4.3.6 Ověření výpočtem – propojení v poli R123 100x10 mm

4.3.6.1 Vstupní údaje – 100x10 mm

Efektivní hodnota počátečního symetrického 3f zkratového proudu $I''_{k3} = 40 \text{ kA}$

Součinitel pro výpočet zkratového nárazového proudu $k = 1,77$

Kmitočet sítě $f = 50 \text{ Hz}$

Počet rozpětí 2

Osová vzdálenost mezi podpěrami $l = 9 \text{ m}$

Osová vzdálenost mezi fázovými vodiči $a = 2 \text{ m}$

Výška izolátoru se svorkou $h_l = 1,22 \text{ m}$

Trubkové vodiče 100 mm x 10 mm, materiál EN AW-6101 B T7

- hmotnost na jednotku délky $m'_m = 7,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- vnější průměr $d = 100 \text{ mm}$
- tloušťka stěny $t = 10 \text{ mm}$
- modul pružnosti v tahu $E = 70000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$
- namáhání odpovídající mezi pružnosti $f_y = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Konvenční hodnota tíhového zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Dílčí bezpečnostní součinitelé; například podle ČSN EN 1990 2

- normální zatížení $\gamma_F = 1,35$
- mimořádné zatížení $\gamma_M = 1,1$
- $\gamma_F = \gamma_M = 1$

Tabulka 9 - Zhodnocení výsledků – vodiče 100x10 mm v R123 kV

Přípojnice vydrží statické zatížení vlastní vahou	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{st,m,d}$	17,582	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,dA}$	0,340	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet vertikální sílu	$F_{st,r,dB}$	0,906	kN
Přípojnice jsou odolné proti zkratové síle	ANO		
Celkové namáhání v ohybu vodiče	$\sigma_{tot,d}$	111,476	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Vnější podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,dA}$	2,523	kN
Vnitřní podpěry musí vydržet ekvivalentní statickou sílu	$F_{r,dB}$	6,729	kN
Přípojnice jsou odolné proti tepelným účinkům zkratů	ANO		
Minimální průřez vodiče	S_{min}	345,394	mm^{-2}
Použitý průřez vodiče	S_{Al}	2827,433	mm^{-2}

4.3.6.2 Podpěrné izolátory pro R123

Podpěrné izolátory jsem vybral opět od stejného výrobce na bázi keramiky.

Tabulka 10 – Podpěrné izolátory pro vodiče v R123

Parametry		Hodnoty	Jednotky
C10-550	Výška	1220	mm
	Maximální síla na ohyb - $F_{r,d}$	10	kN
Izolátor	Maximální namáhání v krčku podpěry	6,1	kN · m
	Maximální namáhání v patě podpěry - $M_{IA,d}, M_{IB,d}$	12,2	kN · m
	Výdržné napětí	550	kV

Tato kapitola 4.3 byla vypracována na základě literatury [8], [13], [11], [14].

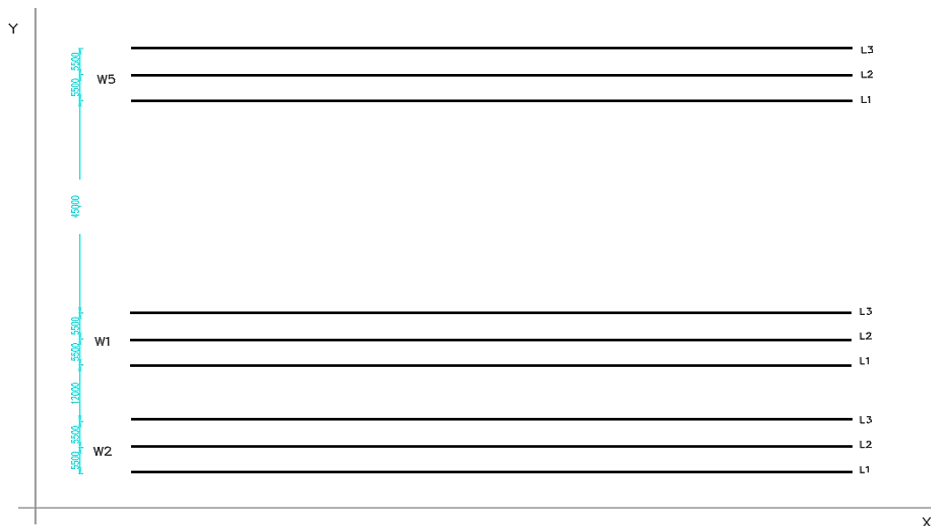
4.4 Dispoziční prvky pro návrh umístění rozvodny Rohatec

V této práci jsou použity pouze základní dispoziční prvky, které jsou nezbytně nutné pro prvotní návrh z důvodu rozměrů rozvodny a jejího umístění do příslušné územně plánovací dokumentace (obce Ratíškovice). Tím pádem není uvažováno například: Vsakovací zařízení, potřebný prostor pro osvětlení a bezpečnostní infrastrukturu, popřípadě objekt čistírny zaolejovaných vod a terénní úpravy, návrh uzemňovací soustavy, návrh bleskových jímačů a podobně. V rámci projektování celkové rozvodny je však nutné tyto prvky uvažovat a správně navrhnout.

Přípojnicový systém

Přípojnice jsou tvořeny hliníkovými trubkovými vodiči, jejich izolační vzdálenost je dodržena podle normy (viz Tabulka 2). Schématické provedení je na Obr. 19, kde je vidět dvojitý systém přípojníc s jednou pomocnou. Vzdálenost mezi sousedními fázemi je 5,5 m, dále vzdálenost mezi pomocnou přípojnící (W5) a pracovní přípojnící (W1) je 45 m a mezi pracovními přípojnícemi (W1 a W2) je vzdálenost 12 m. Celý přípojnicový systém je ve výšce 12 m. Celková prostorová náročnost v ose y je 90 m.

Přípojnice budou provedeny trubkovým vodičem AW6101B/T7 (s proudovou zatížitelností 7 780 A) o průměru 250x8 mm. Propojení mezi přístroji v polích mimo KSP bude provedeno trubkovým vodičem AW6101B/T7 120x8 mm (s proudovou zatížitelností 3 590 A). Přetah nad přípojnícemi a propojení v poli KSP budou provedeny svazkovým vodičem 3x758-AL1/43-ST1A (ocelohliníkové lano s proudovou zatížitelností 3x1265 A), přetahy k polím transformátorů tvořené lanem 2x758-AL1/43- T1AL (ocelohliníkové lano, proudová zatížitelnost 2x1265 A).



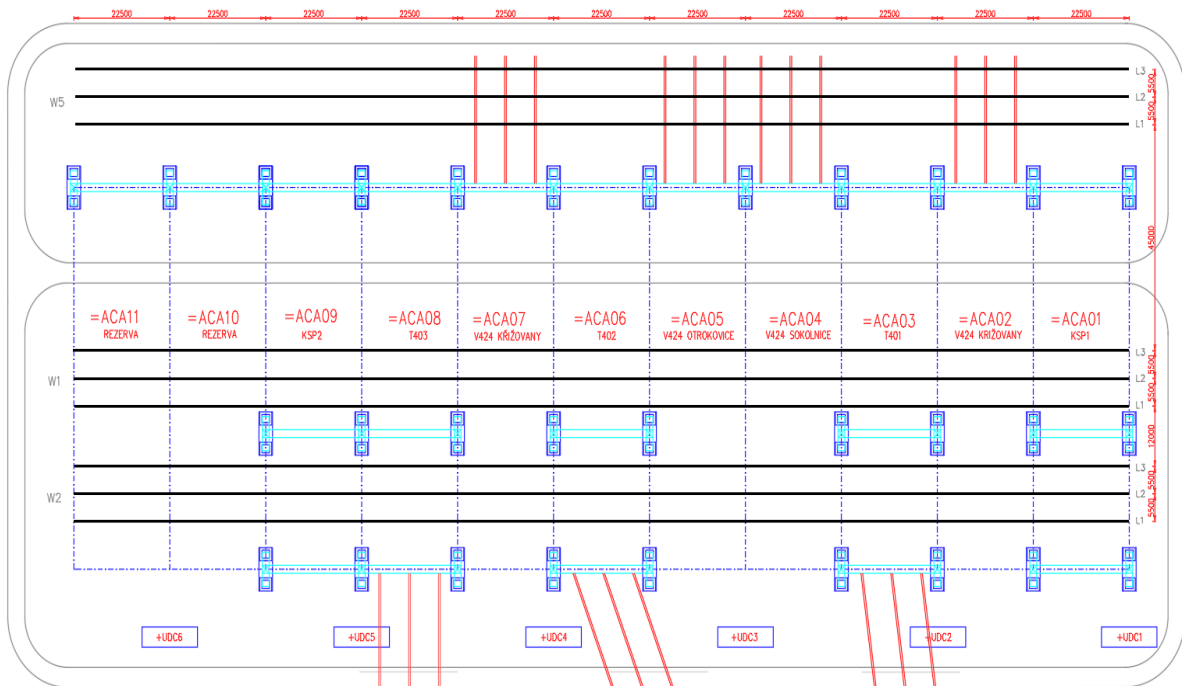
Obr. 19 - Přípojnicový systém 420 kV

Pole rozvodny

Šířka pole je 20 m. Vývodové portály a portály přetahů jsou vymezeny hlavní ocelovou konstrukcí, kde je šířka (osa X) 22,5 m. Toto pole může být buďto vývodového / přívodového charakteru nebo pole transformátorové odbočky, popřípadě pole pro kombinovaný spínač přípojnic (KSP). Při každé výstavbě či rekonstrukci se přidává takzvané pole rezervy, které bude využito v budoucnu pro rozšíření rozvodny.

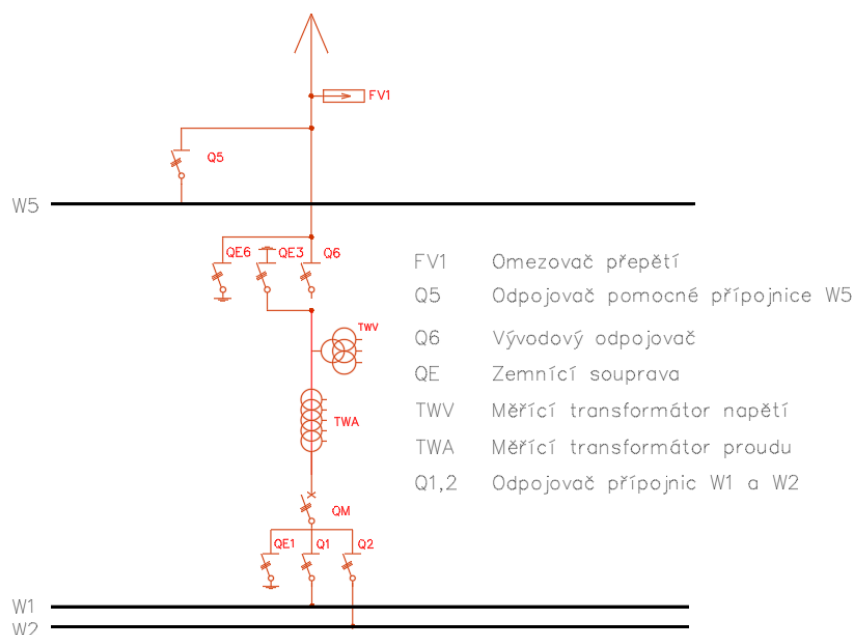


Obr. 20 - Hlavní ocelová konstrukce [15]



Obr. 21 - Pole rozvodny Rohatec

Na Obr. 22 je vidět jedнопólové schéma výzbroje vývodového pole se zkratovou odolností 50/125 kA, kde je použit omezovač přepětí (FV1) 420 kV s jmenovitým napětím (U_r) 360 kV a výbojovým proudem 20 kA. Dále odpojovače přípojnic s jmenovitým proudem 4000 A, zemnicí souprava (odpojovač s uzemňovacím kontaktem QE) taktéž 4000 A. Následující je přístrojový transformátor napětí (TWV), který má 3 vinutí o napětí $100/\sqrt{3}$ V. Přístrojový transformátor proudu se sekundárním proudem 1 A. Celkové schéma je v uvedeno příloze Příloha C.



Obr. 22 – Jedнопólové přehledové schéma výzbroje (vývodové pole)

Centrální domek (UDS)

V centrálním domku je soustředěna zejména transformace pro vlastní spotřebu 10,5/0,4 kV, diesel agregátor zajišťující bezvýpadkový stav společných ochran a měření a také řídicí systém. Technická náročnost je 30 m na 20 m.



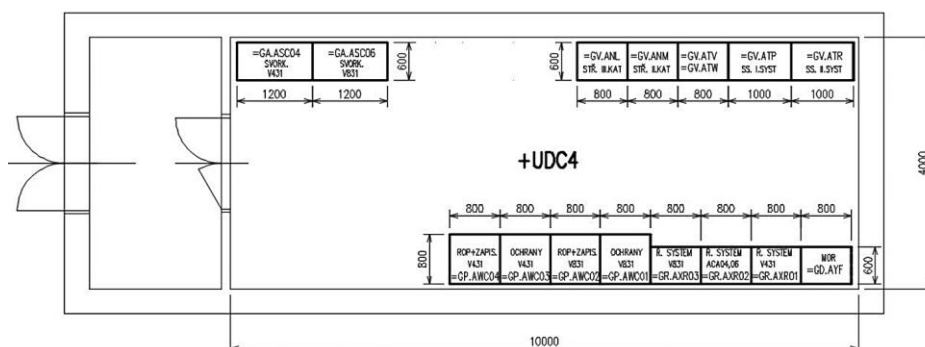
Obr. 23 - Typické vybavení centrálního domku [4]

Domky ochran (UDC)

V těchto tzv. domkách jsou umístěny ochrany společně s podstanicí řídicího systému a vlastní spotřebou nn, typické řešení je jeden domek na dvě pole rozvodny.



Obr. 24 - Domek ochran [4]



Obr. 25 - Domek ochran schematicky [4]

Transformátory a kompenzace

V této elektrické stanici budou použity tři třífázové transformátory 400/110 kV, s výkonem 350 MVA, z čehož bude jeden rezervní (T403), s rozměry 23x11 m, rovněž musí být dodržena minimální protipožární vzdálenosti samotných transformátorů nebo jejich oddělení protipožární stěnou. Pod těmito transformátory budou záchytné jímky oleje, aby nedošlo v případě havárie k znečištění životního prostředí. Transformátory budou umístěny na trafokoleji, aby byla možná snadná manipulace. Dále se zde bude nacházet stání pro reaktor, který bude tvořen jednofázovými jednotkami o výkonu 45 MVA, které budou připojeny k terciáru přes rozpojitelné připojení s prostorovou náročností 10x20 m.



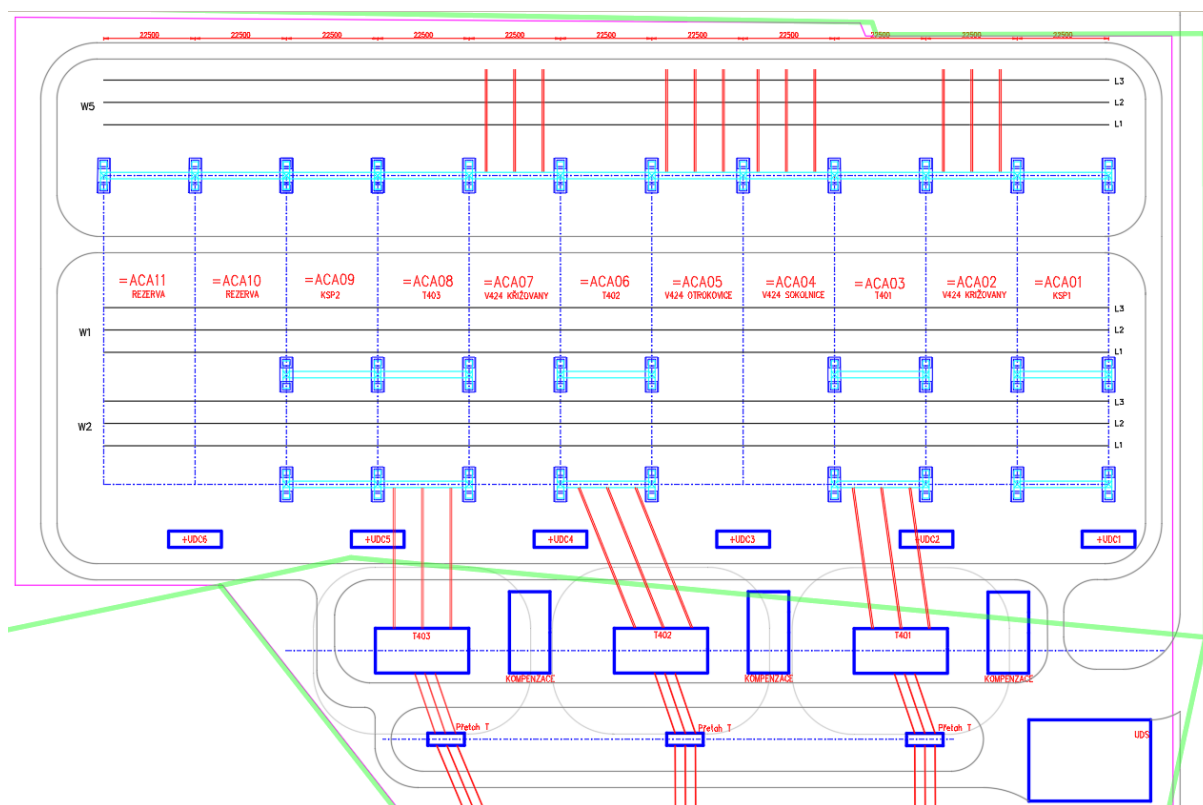
Obr. 26 - Transformátor Siemens 350 MVA



Obr. 27 - Reaktor na terciární straně transformátoru [16]

Celkové dispoziční schéma rozvodny 420 kV

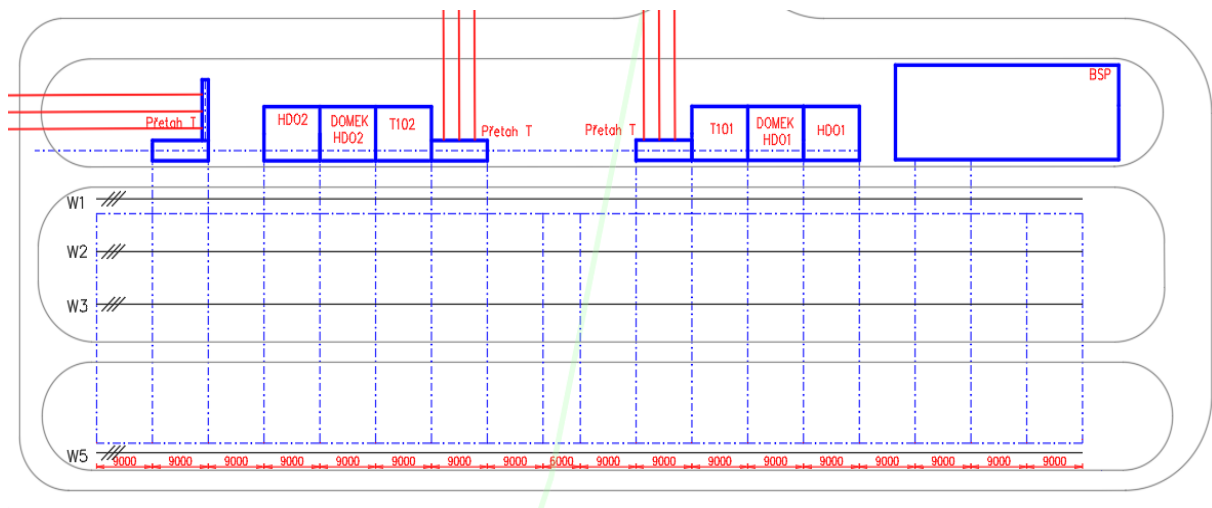
Na Obr. 28 je zobrazeno celkové dispoziční schéma (varianta 2) rozvodny Rohatec. Fialová barva značí oplocení rozvodny, zelená barva vymezuje plochu pro technickou infrastrukturu a šedou barvou jsou značeny komunikace. Tyto komunikace musí mít minimální šířku 4 m v celém areálu, dále je nutno, aby komunikace jižně od transformátorů měla minimálně 6 m (z důvodu převozu transformátorů), s tím souvisí i minimální poloměr komunikace 24 m u příjezdu do rozvodny (jihovýchod). Celková prostorová náročnost je 285x197 m.



Obr. 28 - Dispoziční schéma rozvodny Rohatec část 420 kV

Celkové dispoziční schéma rozvodny 123 kV

Na Obr. 29 je zobrazeno celkové dispoziční schéma rozvodny 123 kV, na schématu jsou zobrazeny přetahy od transformátorů T40x, dále vysílače HDO (vazební kondenzátory a kondenzátorová baterie) a domek HDO. Také je zde stání pro transformátory 110/22 kV a jako poslední budova společných provozů (BSP). V této rozvodně je minimální šířka komunikace 3 m, přičemž komunikace pro převoz transformátorů musí mít opět 6 m. Celková prostorová náročnost je 198x86 m.



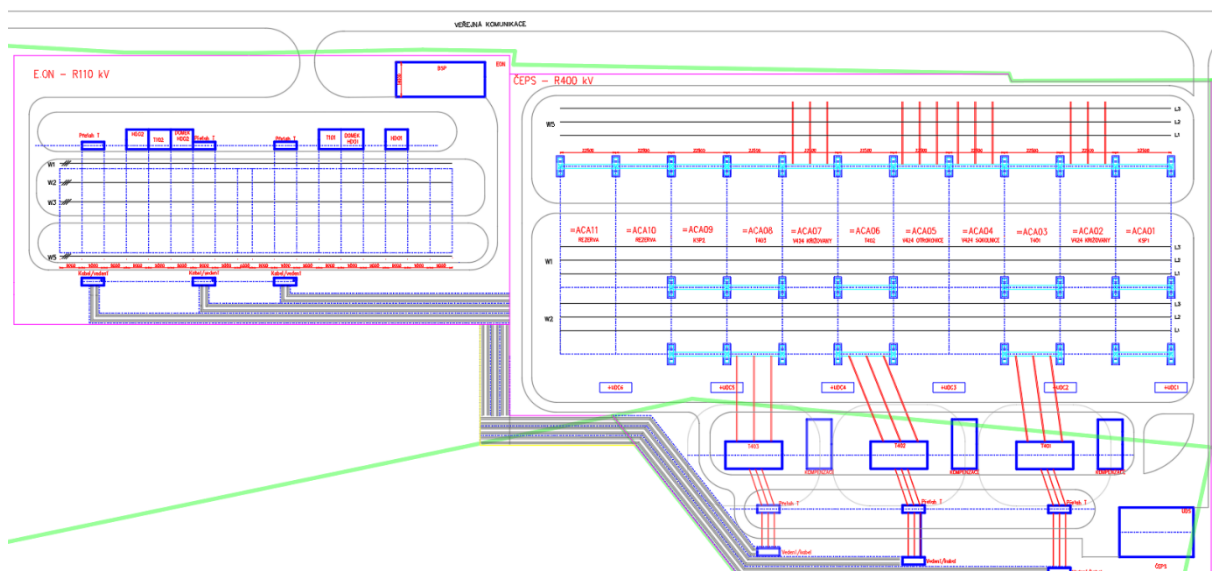
Obr. 29 - Dispoziční schéma rozvodny Rohatec část 123 kV

4.5 Umístění elektrické stanice Rohatec

V této práci jsou vypracovány dvě, respektive tři varianty venkovního provedení rozvodny. Více jich z prostorových či technických požadavků nebylo možné navrhnout. Zeleně označená oblast je plocha, která je vymezená pro technickou infrastrukturu, společně s územní rezervou.

4.5.1 Elektrické stanice vedle sebe – 1. varianta

Tato varianta je upřednostňována oprávněným investorem neboli společností ČEPS, a.s., jelikož v tomto případě je možné ideální připojení do přenosové a distribuční sítě. Další výhodou v tomto případě je, že obě rozvodny mají svojí vlastní příjezdovou cestu, což je opět žádané.

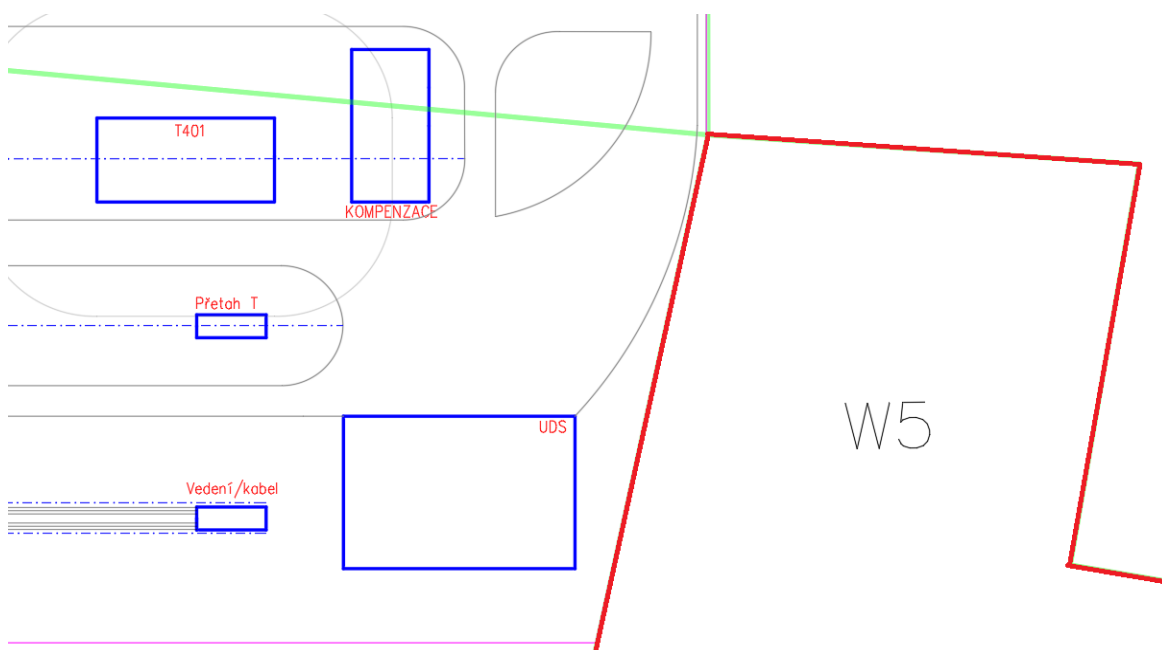


Obr. 30 – Celkové dispoziční schéma (1. varianta)

V této variantě je nutné použít na propojení rozveden 420 kV a 123 kV kabelové vedení, jelikož použít venkovní vedení není proveditelné, nesplňovalo by minimální vzdálenost živých

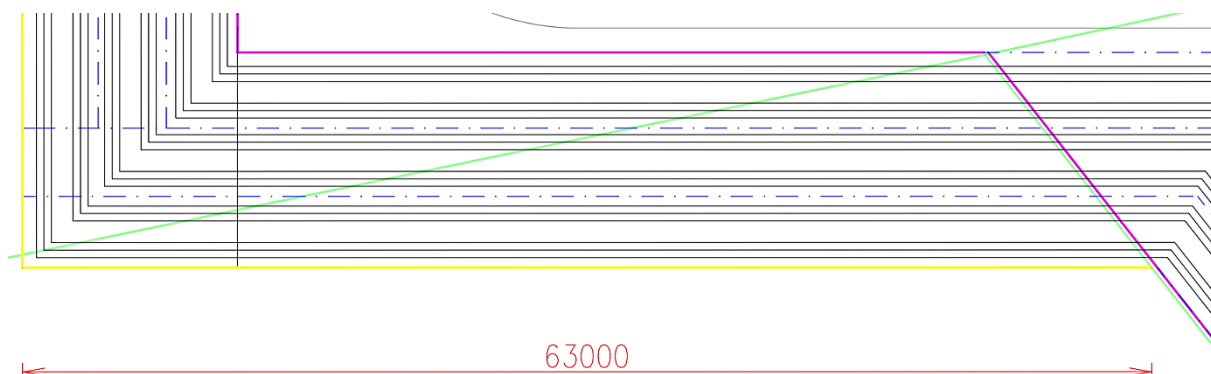
částí. Přechod vedení/kabel je provedeno v jižní části rozvodny. Při použití kabelového vedení se zvolí zdvojený kabel na jednu fázi o průřezu 1600 mm^2 , proto je nutný koridor pro kabelové vedení. Pro jedno 110kV kabelové vedení je nutný prostor 4 000 mm. Pro tři kabelová vedení je vymezený koridor 12 000 mm jižně od rozvodny 420 kV. Je totiž požadavek, aby se kabelové vedení nacházelo uvnitř oplocení rozveden.

Další možností je posunout centrální domek (UDS) na jihovýchod, čímž by se docílilo toho, že by areál elektrické stanice vůbec nezasahoval do plochy W5 (červeně vymezená oblast), což je územní rezerva. Na úkor toho provedení se však prodlouží R420 kV jižně o 14 m.



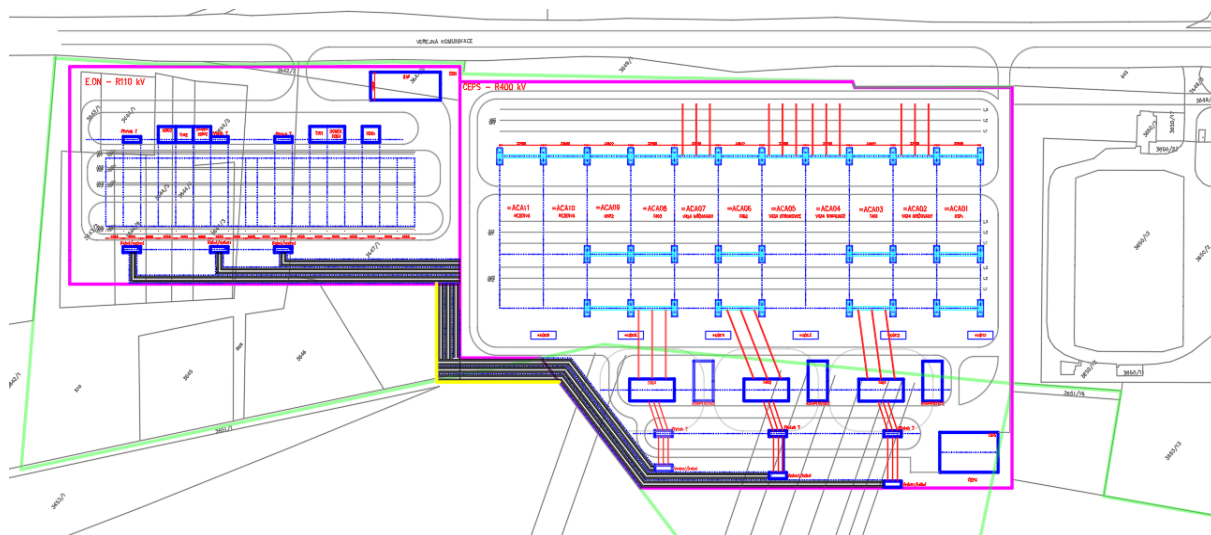
Obr. 31 - Dispoziční schéma – detail (1. varianta B)

První nevýhodou těchto řešení je již ve zmíněném kabelovém vedení to, že není technicky možné se s tímto koridorem vejít do vymezené plochy pro technickou infrastrukturu ani do ploch územních rezerv. Tato část se nachází v jihozápadní části (viz Obr. 32), kde je vidět názorné vybočení mimo plochu vymezenou pro technickou infrastrukturu (zelená barva), dále je zde vidět fialové vymezení, které značí oplocení elektrické stanice, žluté vymezení značí hranici koridoru kabelového vedení mimo plochu vymezenou ÚPD, proto bude nutné buďto vybočit kabelovým vedením mimo areály stanic (viz Obr. 32) o celkové vzdálenosti 63 m. Druhou možností je úprava příslušného územního plánu.



Obr. 32 - Kabelové vedení mimo ÚPD 110 kV

Druhou nevýhodou je cena kabelového vedení, jelikož je zhruba 10 x vyšší než cena venkovního vedení. V tomto případě může znamenat značné náklady, jelikož při změřených délkách kabelového vedení u nejkratšího propojení R420 a R123 (T401 – R10x) je délka 263 m, dále u T402 – R10x je délka 342 m a posledního záložního transformátoru T403 – R10x je délka až 431 m. Třetí nevýhodou je dlouhá vzdálenost mezi centrálním domkem (UDS) a budovou společných provozů (BSP), a tím pádem délka kabelového propojení mezi oběma budovami.



Obr. 33 - Umístění do ÚPD obce Ratíškovice (1. varianta)

4.5.1.1 Návrh připojení na přenosovou a distribuční soustavu

Návrh vychází z odůvodnění územního plánu obce Ratíškovice, kde je naplánováno připojení na přenosovou soustavu severně od ratíškovického potoka, kde bude vybudováno dvojitě 400kV vedení (červená barva). Délka tohoto dvojitě vedení bude přibližně 2 674 metrů. Způsob možného připojení na distribuční soustavu je rovněž nastíněno na Obr. 34, bude však nutné vystavět nové dvojitě vedení 110 kV a upravit stávající koridor něj o vzdálenosti přibližně 419 metrů, které bude obcházet rozvodnu R123 a následně do ní zaústí (světle modrá barva). Žlutá barva představuje vedení, které zůstává nedotčené viz Obr. 34.



Obr. 34 - Napojení na přenosovou a distribuční soustavu (1. varianta)

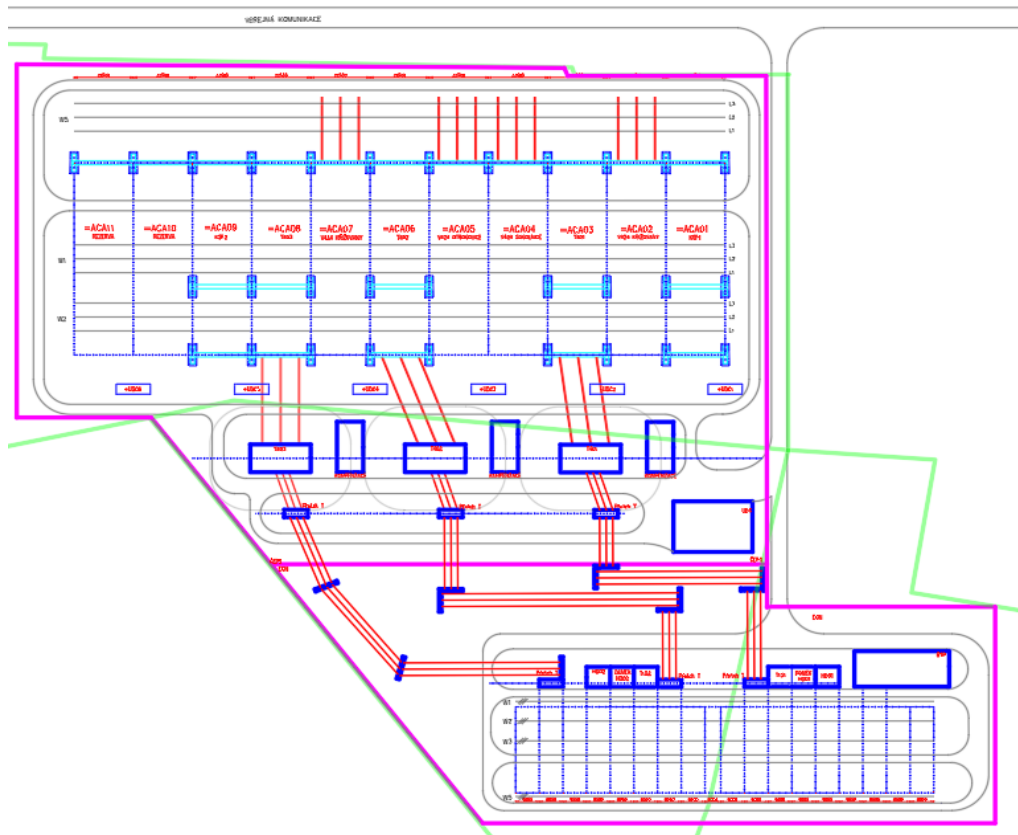
Napojení 400kV vedení je dáno územní rezervou, která je situována v souběhu se stávajícím 110kV dvojitým vedením (jedna žlutá linka = jedno dvojité vedení) až do té vzdálenosti, než dojde k odbočení východně od tohoto vedení a napojení na 400kV vedení.

4.5.2 Elektrické stanice za sebou – 2. varianta

Tato varianta je ideální z pohledu napojení R420 na R123. Jelikož jsou elektrické stanice řazené za sebou, je možné využít venkovní vedení 110 kV v rámci oplocení obou stanic. To uspoří značné náklady, které by byly vynaloženy na předchozí variantu s kabelovým vedením. Dispoziční řešení je znázorněno na Obr. 35. V této variantě je společná příjezdová komunikace do obou rozvodn, což je vidět podél východní strany R420 kV a do R123 kV vstupuje ze severní strany. Ideální by v tomto případě bylo, kdyby rozvodny byly přímo za sebou, aby se nemuselo složitě zaústřovat vedení 110 kV do R123 kV. To však není možné opět z důvodu nedostatku prostoru, a proto by se celá R123 kV musela posunout na jihovýchod.

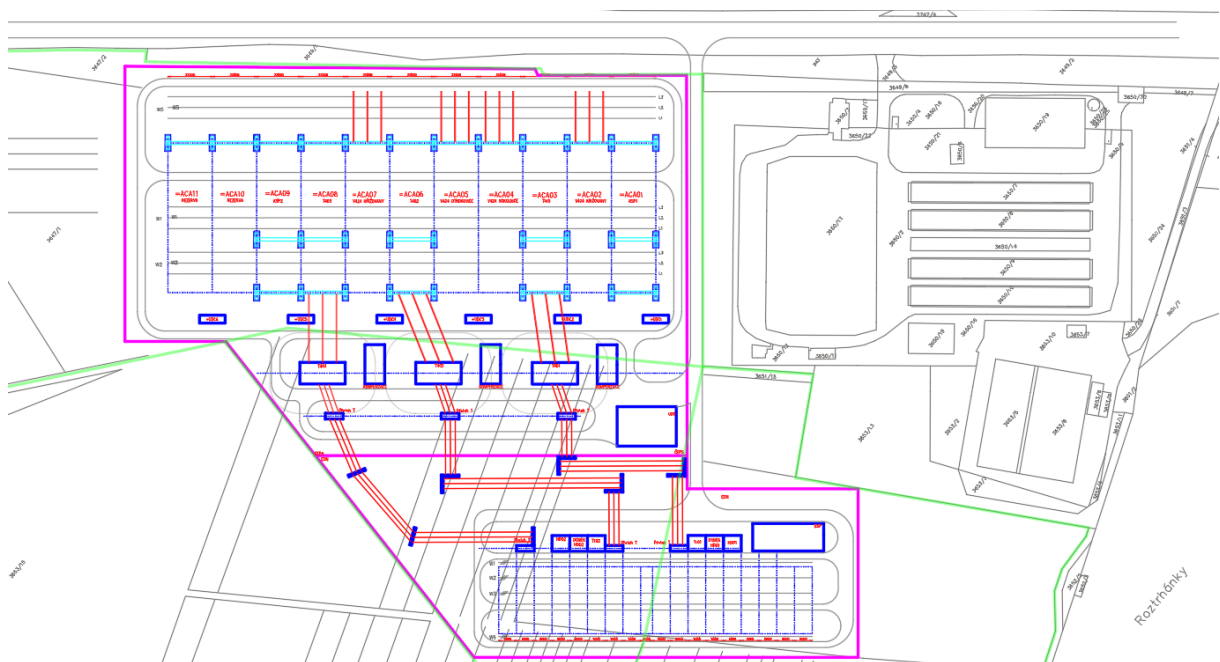
Výhoda tohoto řešení spočívá v tom, že se nemusí použít kabelové vedení a stačí zde venkovní vedení. Další výhodou je to, že areály rozvodny včetně přetahů z R420 kV do

R123 kV se vměstnají do území vymezeného pro technickou infrastrukturu. V tomto případě se zasáhne i do plochy územní rezervy, a to je nevyhnutelné.



Obr. 35 - Celkové dispoziční schéma (2. varianta)

Další výhodou tohoto návrhu je, že centrální domek (UDS) a budova společných provozů (BSP) jsou podstatně blíže než v předchozí variantě.



Obr. 36 - Umístění do ÚPD obce Ratíškovice (2. varianta)

4.5.2.1 Návrh připojení na přenosovou a distribuční soustavu

Připojení do přenosové soustavy bude obdobné jako v předchozím návrhu (červená barva), jelikož R420 kV se dispozice nezměnila, ale u R123 kV došlo ke změně. Možné připojení do distribuční soustavy je nastíněno na Obr. 37 (modrá barva), potřebná úprava koridoru nového 110 kV vedení bude o délce přibližně 194 metrů.



Obr. 37 - Napojení na přenosovou a distribuční soustavu (2. varianta)

Bude důležité respektovat životní prostředí. To znamená provést výzkum ohledně hluku způsobeného korónou na vedení, také však respektovat podmínky okolní fauny a flóry, aby vedení neprocházelo přes přírodní rezervace, kde se nachází například chráněná zvířata či rostliny.

4.6 Vyhodnocení souladu z hlediska územně plánovací dokumentace

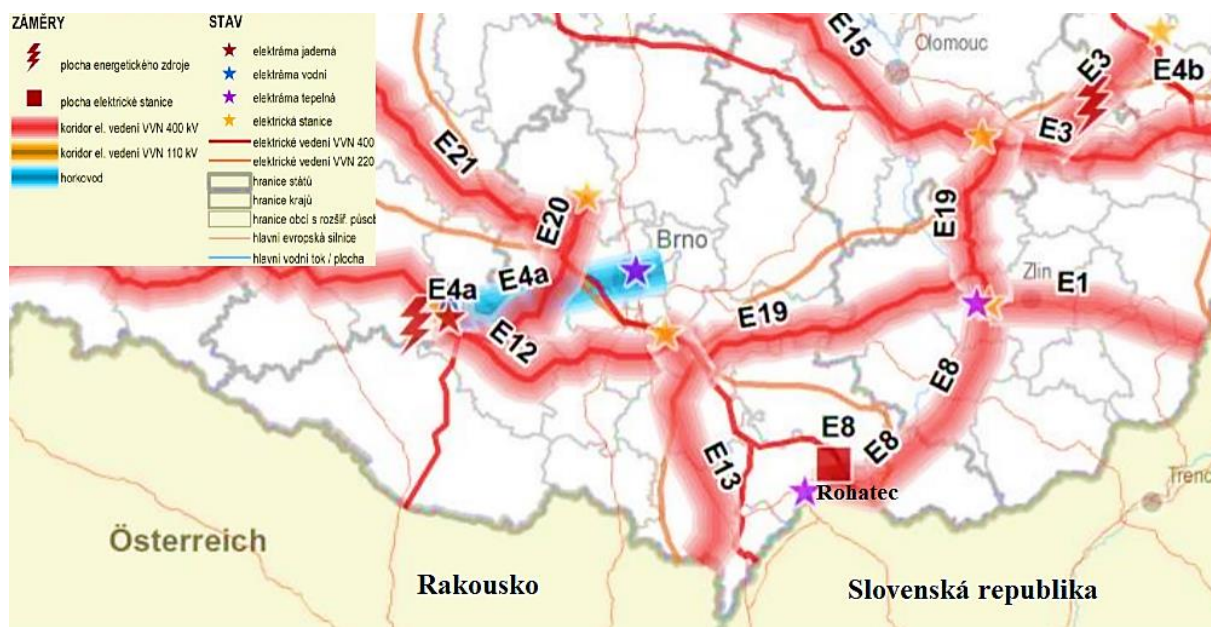
Je nutné, aby všechny návrhy byly v souladu s územně plánovanou dokumentací, a proto je potřeba ověřit, jsou-li v souladu jak s politikou územního rozvoje, tak i se zásadami územního rozvoje a územním plánem dané obce.

Politika územního rozvoje (PÚR)

V PÚR se nachází část koridory a plochy technické infrastruktury a související rozvojové záměry podle odstavce (147), bod E8, který pojednává o plochách potřebných pro novou elektrickou stanici 400/110 kV Rohatec a koridor pro její připojení a vyvedení výkonu z elektrické stanice do přenosové soustavy vedením 400 kV Otrokovice-Rohatec a zasmyčkování, které bude provedeno vedením Sokolnice-Křižovany (hranice ČR/SK) do elektrické stanice Rohatec.

Důvodem tohoto vymezení je zvýšení spolehlivosti ohledně napájení spotřební oblasti v rámci území více krajů, a také zajištění dodávky elektrické energie při nárůstu spotřeby pro oblast jižní Moravy.

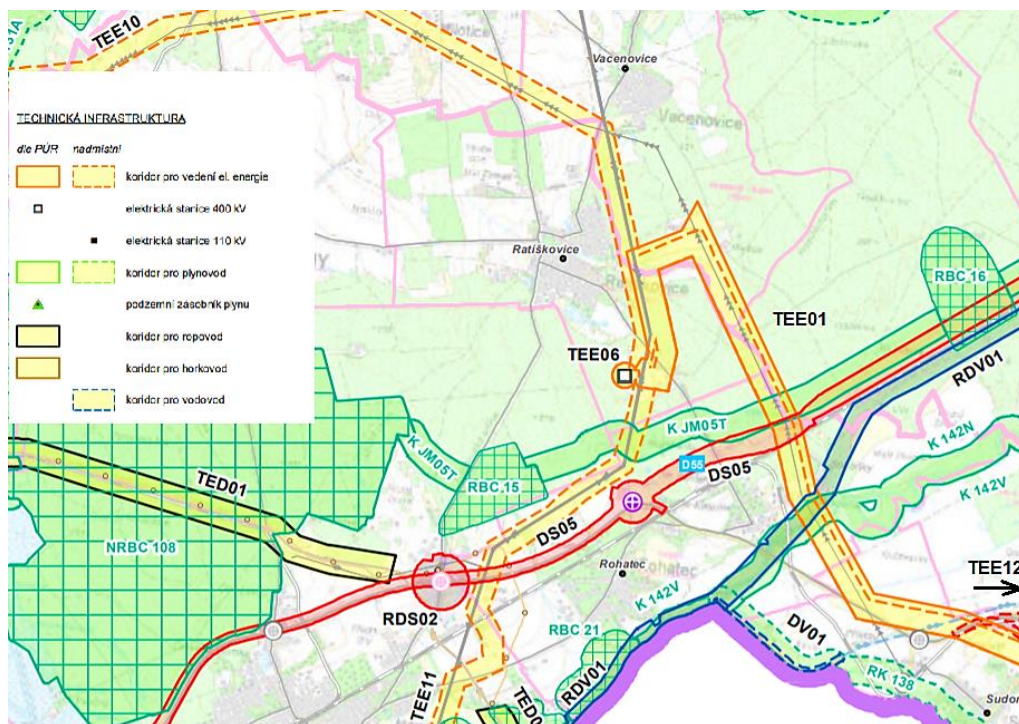
PÚR ČR v úplném znění po aktualizaci č. 1, č.2 a č.3 z roku 2019 je v souladu.



Obr. 38 - Grafické znázornění PÚR – část elektroenergetika

Zásady územního rozvoje (ZÚR)

V zásadách územního rozvoje Jihomoravského kraje se nachází bod TEE06, který obsahuje vymezení ploch pro elektrickou stanici 400/110 kV Rohatec v obci Ratíškovice, další bod je TEE01, kde se jedná o plochy vymezené pro vedení 400 kV Rohatec-Otrokovice a zasmyčkování vedení do elektrické stanice Rohatec. Dále několik tras je vymezeno pro vedení 110 kV, v bodě TEE09, TEE10, TEE11, TEE12.



Obr. 39 - Grafické zobrazení podle ZÚR Jihomoravského kraje

ZÚR Jihomoravského kraje zpřesňují plochu technické infrastruktury E8, která je určena pro novou elektrickou stanici 400/110 kV Rohatec, vymezenou v politice územního rozvoje (viz Obr. 38). Vymezená plocha TEE06 elektrické stanice Rohatec o rozloze 10 ha, je identifikována v okrese Hodonín a obci Ratíškovice.

ZÚR Jihomoravského kraje září 2016 je v souladu.

Územní plán (ÚP)

Územní plán obce Ratíškovice vymezuje plochu E8 z požadavku PÚR ČR 2008 pro novou elektrickou stanici v lokalitách W2 (převzato z ÚPO) a W3 a W5 (územní rezerva), a to včetně napojení do přenosové soustavy.

ÚP Ratíškovice v úplném znění se bude muset změnit a aktualizovat ohledně umístění nové elektrické stanice uvedené v této práci, a to z důvodu, že stanice zasáhne do plochy W5, což je územní rezerva viz 2. varianta návrhu zobrazené na Obr. 36. Dále bude nutné zvážit variantu č. 1 kvůli použitému kabelovému vedení, které vede mimo plochy pro technickou infrastrukturu, tj. popsáno v kapitole 4.5.1.

Nakonec bude nutný soulad záměru ÚPD Ratíškovice s odborem Územní problematika ČEPS.

Ověření souladu podle zdrojů [12], [17], [18].

5 Technicko-ekonomická analýza návrhu

Tato technicko-ekonomická analýza uvažuje maximální rozsah osazení rozvodny, tím jsou na mysli všechny nutné prvky, budovy a práce, které se mohou v rozvodně vyskytnout. Na začátku výstavby rozhodne investor, bude-li stavět například jen část z uvedeného níže.

Analýza neuvažuje vyčíslené náklady na jednotlivé dispoziční prvky ani na porovnávání nákladů obou návrhů. Tyto částky je možno stanovit až po provedení územní studie, která rozhodne, jaká opatření budou nutná k výstavbě nové rozvodny (například územní práce, odvodnění atd.). Pro ekonomické zhodnocení je použita Tabulka 11 a Tabulka 12. Tyto tabulky poukazují na rozdíly mezi jednotlivými návrhy.

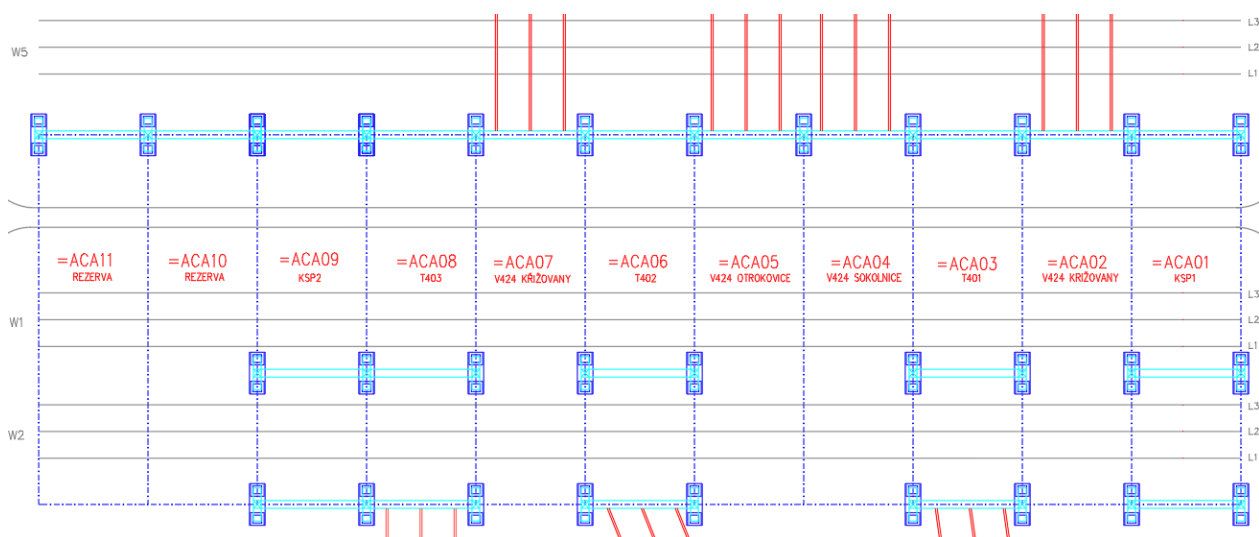
5.1 Elektrické stanice vedle sebe – 1. varianta

5.1.1 Část rozvodny 420 kV (1. varianta)

5.1.1.1 Druhy polí rozvodny

V této části bude použito 30 hlavních ocelových konstrukcí (tmavě modrá barva) a bude potřeba 17 ocelových břevien (světle modrá barva) viz Obr. 40.

- 4 pole vývodů
- 2 pole transformátorů – T401, T402
- 1 pole rezervního transformátoru T403 (pouze přípojnice bez přístrojů)
- 2 pole KSP
- 2 pole prostorová rezerva



Obr. 40 - Detail polí v R420 kV

5.1.1.2 Transformace 400/110 kV:

- 2 stanoviště s plně vybaveným transformátorem 350 MVA, včetně vedení na vlastní spotřebu + AET
- 1 stanoviště pro rezervní transformátor – T403 (pouze příprava pro nájezdový blok)
- 2 stanoviště pro kompenzační tlumivky se zapojením v terciáru transformátoru
- 1 stanoviště pro rezervní kompenzační tlumivku se zapojením v terciáru – T403 (pouze příprava pro nájezdový blok)

5.1.1.3 Centrální domek

Bude vystavěn v plné výbavě i z hlediska vlastní spotřeby.

5.1.1.4 Domky ochran

- 5 domků ochran (jeden domek chrání dvě pole rozvodny)
- 1 domek ochran pro prostorovou rezervu

5.1.1.5 Typ propojení R420 kV a R123 KV

- Kabelové propojení, zdvojený kabel na jednu fázi o průřezu 1600 mm^2
 - T401/R123 kV – 263 metrů
 - T402/R123 kV – 342 metrů
 - T403/R123 kV – 431 metrů (záložní)

5.1.1.6 Další položky v R420 kV

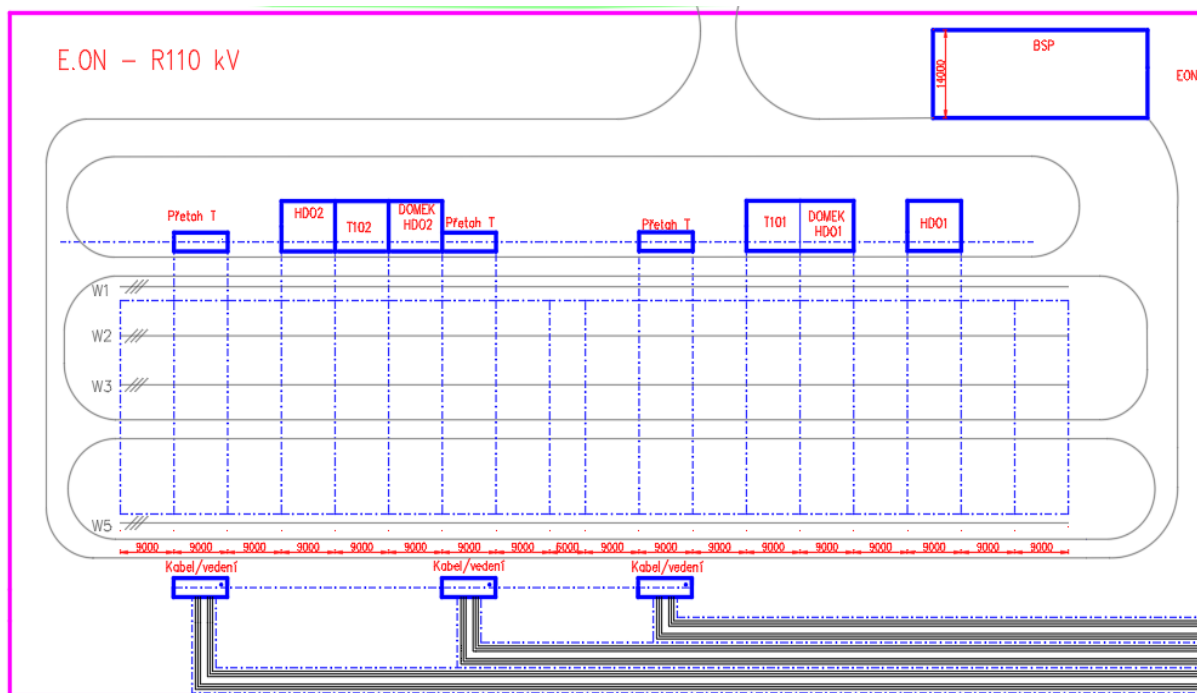
- Čistička znečištěných vod CINIS
- Sklady zkratovacích souprav, požární techniky, vybavení atd.
- Vsakovací zařízení (není jasné, zda bude potřeba, nutná studie)
- Protihluková opatření (není jasné, zda budou potřeba, nutná studie)
- Komunikace
 - Šířka 6 m (samostatná příjezdová komunikace, komunikace pro umístění transformátoru) – délka 382 metrů
 - Šířka 4 m (areálová komunikace) – délka 1 083 metrů
- Terénní úpravy, stabilizace zeminy
 - Nutné terénní úpravy v R420 kV o ploše $53\,228 \text{ m}^2$
- Průmyslová kanalizace
- Dešťová kanalizace

- Oplocení – 941 metrů, důležité nejen z hlediska samotného oplocení, ale i kvůli zabezpečení a osvětlení
- Ostatní (centrální kabelovod, kácení porostů, zabezpečení, ...)

5.1.2 Část rozvodny 123 kV (1. varianta)

5.1.2.1 Druhy polí rozvodny

- 4 pole vývodů 110 kV
- 2 pole přívodů transformátorů – T401, T402
- 2 pole KSP
- 1 pole PD
- 2 pole transformátorů 110/22 kV – T101, T102
- 5 polí prostorové rezervy (pro přívod T403, HDO3, včetně 3 polí výhledu)



Obr. 41 - Detail polí v R123 kV (1. varianta)

5.1.2.2 Transformace 110/22 kV:

- 2 stanoviště s plně vybaveným transformátorem 40 MVA, včetně vedení na vlastní spotřebu, v tomto případě jsou použity kompenzační uzlové tlumivky

5.1.2.3 Budova společných provozů (BSP)

Bude vystavěna v plné výbavě i z hlediska vlastní spotřeby.

5.1.2.4 Domky ochran

- 5 domků ochran (jeden domek chrání 3 pole rozvodny)
- 1 domek ochran pro prostorovou rezervu

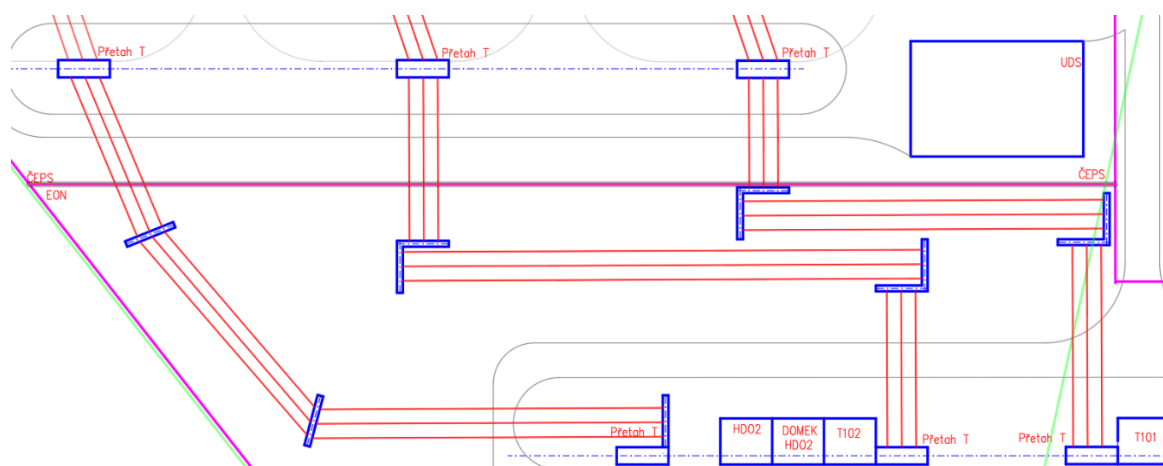
5.1.2.5 Další položky v R123 kV

- Sklady zkratovacích souprav, požární techniky, vybavení atd.
- Vsakovací zařízení (není jasné, zda bude potřeba, nutná studie)
- Protihluková opatření (není jasné, zda bude potřeba, nutná studie)
- Komunikace
 - Šířka 6 m (samostatná příjezdová komunikace, komunikace pro umístění transformátoru) – délka 212 metrů
 - Šířka 3 m (areálová komunikace) – délka 654 metrů
- Terénní úpravy, stabilizace zeminy
 - Nutné terénní úpravy v R123 kV o ploše 21 852 m² (není započítána plocha potřebná pro kabelové propojení 110 kV, tj. 1 143 m²)
- Průmyslová kanalizace
- Dešťová kanalizace
- Oplocení – 618 metrů, důležité nejen z hlediska samotného oplocení, ale i kvůli zabezpečení a osvětlení
- Ostatní (centrální kabelovod, kácení porostů, zabezpečení, ...)

5.2 Elektrické stanice za sebou – 2. varianta

5.2.1 Část rozvodny 420 kV

Tato část je srovnatelná s předchozí variantou, tj. kapitoly jsou totožné, a to: Pole rozvodny, část transformace 400/110 kV, centrální domek, domky ochran. Jiné je pouze propojení mezi R420 kV a R123 kV. V tomto případě se jedná o vzdušné provedení pomocí vodičů. Dále jsou jiné délky komunikací a také R420 a R123 kV mají společnou příjezdovou komunikaci. Jiné jsou i plochy pro terénní úpravy a nutná délka oplocení viz Tabulka 12.



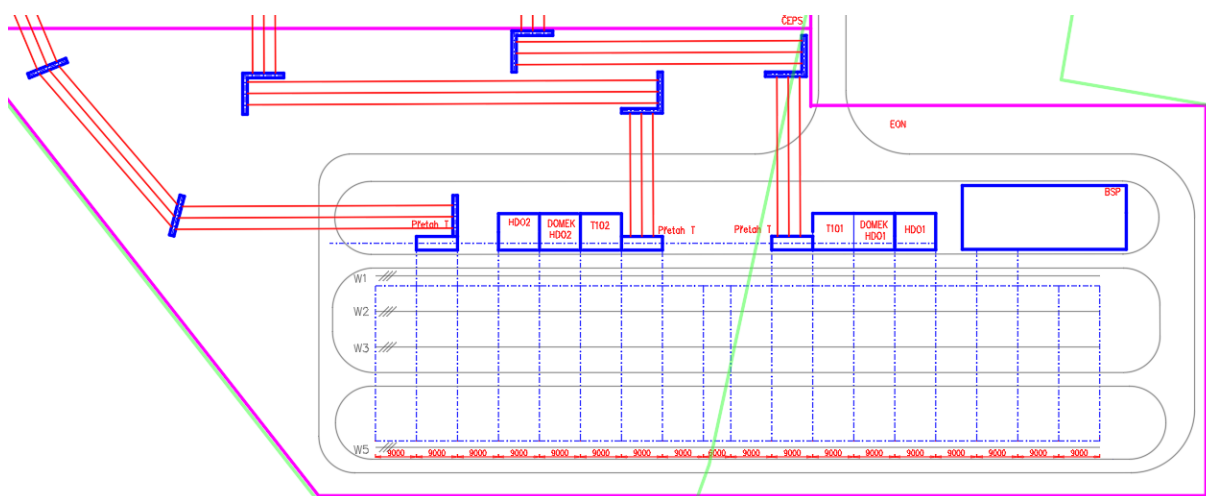
Obr. 42 - Propojení mezi R420 kV a R123 kV (2. varianta)

5.2.1.1 Typ propojení R420 kV a R123 kV

- Vzdušné propojení, zdvojený vodič na jednu fázi
 - T401/R123 kV – 100 metrů
 - T402/R123 kV – 118 metrů
 - T403/R123 kV – 99 metrů (záložní)

5.2.2 Část rozvodny 123 kV (2. varianta)

Tato část je srovnatelná s předchozí variantou, tj. kapitoly jsou totožné a to, pole rozvodny, část transformace 110/22 kV, domek společných provozů, domky ochran. Jiné je pouze propojení mezi R420 kV a R123 kV viz Obr. 42. Dále jsou jiné délky komunikací, R420 a R123 kV mají společnou příjezdovou komunikaci. Liší i plochy pro terénní úpravy a nutná délka oplocení viz Tabulka 12.



Obr. 43 - Detail propojení v R123 kV (2. varianta)

5.3 Ekonomické zhodnocení návrhů

V tomto ekonomickém zhodnocení se vychází pouze z parametrů, které jsou rozdílné u obou návrhů, uvedených jako Tabulka 11 a Tabulka 12.

Tabulka 11 – Proměnné pro ekonomickou analýzu (1. varianta)

1. varianta – Rozvodny vedle sebe			
Část R420		Část R123	
Délka areálové komunikace 6 m	362 m	Délka areálové komunikace 6 m	202 m
Příjezdová komunikace 6 m*	20 m	Příjezdová komunikace 6 m*	10 m
Délka areálové komunikace 4 m	1083 m	Délka areálové komunikace 3 m	654 m
Terénní úpravy na ploše	53 228 m ²	Terénní úpravy na ploše	21 852 m ²
Délka oplocení	941 m	Délka oplocení	618 m
Celková plocha komunikací	6 624 m ²	Celková plocha komunikací	3 234 m ²
Celkové terénní úpravy obou rozvoden		75 080 m ²	
Celková plocha komunikací obou rozvoden		9 858 m ²	
Typ propojení		Kabelové vedení (délka)	
T401 – R123 kV		263 m	
T402 – R123 kV		342 m	
T403 – R123 kV (záložní)		431 m	

* Tato délka představuje příjezdovou komunikaci od oplocení rozvodny k veřejné komunikaci

Tabulka 12 - Proměnné pro ekonomickou analýzu (2. varianta)

2. varianta – Rozvodny za sebou			
Část R420		Část R123	
Délka komunikace 6 m*	207 (+114) m	Délka komunikace 6 m*	187 (+114) m
Délka komunikace 4 m	1202 m	Délka komunikace 3 m	651 m
Terénní úpravy na ploše	51 499 m ²	Terénní úpravy na ploše	15 864 m ²
Délka oplocení	882 m	Délka oplocení	702 m
Celková plocha komunikací*	6 734 m ²	Celková plocha komunikací*	3 759 m ²
Celkové terénní úpravy obou rozvoden		67 363 m ²	
Celková plocha komunikací rozvodny		10 493 m ²	
Typ propojení		Venkovní vedení (délka)	
T401 – R123 kV		100 m	
T402 – R123 kV		118 m	
T403 – R123 kV (záložní)		99 m	

* společná příjezdová komunikace o délce 228 m, polovina je započítána v R420 a druhá v R123

Z předchozího textu plyne, že první varianta, neboli rozvodny za sebou, bude z ekonomického hlediska náročnější, jelikož v propojení obou rozvoden je použito kabelové vedení, které se jeví až 10x nákladnější než venkovní. Samotná délka kabelového propojení je navíc trojnásobná oproti druhé variantě, což bude mít opět za následek zvýšení nákladů na první variantu. Nutné je však brát v potaz i potřebnou úpravu koridoru pro vedení 110 kV, která bude

u první varianta značná. To z důvodu, že stávající vedení 110 kV by procházelo skrz rozvodnu, proto je nutné takzvaně obejít rozvodnu, a to délce přibližně 419 metrů. S tím souvisí i potřeba více stožárů pro vedení, oproti druhé variantě. Ta bude potřebovat pouze 194 metrů nového vedení, ale samotná úprava koridoru vedení nebude nutná, bude možné pouze odbočit od stávajícího vedení. Názorně na Obr. 34 a Obr. 37.

Dále nutno podotknout, že potřebné terénní úpravy, které odpovídají ploše rozvodny, jsou u první varianty až o $7\,717\text{ m}^2$ větší než u druhé varianty, přičemž musí být dodržen minimální spád terénu 1 %. Další položkou jsou areálové komunikace, které jsou však větší u druhé varianty o 635 m^2 . Celková délka oplocení je téměř stejná pro obě dvě varianty. Tato délka je důležitá nejenom z důvodu samotného oplocení, ale také z pohledu zabezpečení a osvětlení rozvodny.

Závěr

V této práci je vypracován technický návrh nové rozvodny 400/110 kV v definované oblasti, a to v obci Ratíškovice v Jihomoravském kraji. Práce obsahuje legislativní, technické a ekonomické aspekty.

Jsou zde vytvořeny dva návrhy umístěné do příslušného územního plánu obce a je navrženo připojení na přenosovou a distribuční soustavu, včetně napojení na veřejnou komunikaci. Na základě všech zjištěných skutečností bylo ověřeno, že obě varianty jsou proveditelné a konkurence schopné. Také je proveden základní konstrukční návrh, který splňuje technické požadavky a zároveň jsou ověřeny technické komponenty rozvodny jak na normální zatížení, tak i mimořádné.

První varianta, což jsou elektrické stanice vedle sebe má několik výhod, ale i nevýhod. První výhodou je že elektrická stanice využívá pouze plochy určené pro technickou infrastrukturu (až na propojení R420 a R123), nikoliv plochu územní rezervy. Obě části rozvodny (R420, R123) mají svoji příjezdovou komunikaci, avšak v této variantě je provedeno propojení částí R420 a R123 pomocí zdvojeného kabelového vedení, neboť venkovní vedení není proveditelné z prostorových důvodů. Současně je požadováno, aby kabelový koridor byl umístěn uvnitř rozvodu. Doporučeným řešením je tedy úprava územního plánu, jinak by bylo nutné vybočit kabelovým vedením mimo územní plán o vzdálenost 63 metrů. Tato úprava by byla vhodná i pro tzv. celkové „narovnání“ vymezeného prostoru pro rozvodnu, konkrétně v severní části u veřejné komunikace, aby byly dodrženy zvyklosti energetických společností (E.ON Distribuce, ČEPS, a.s.) ohledně tvaru rozvodu (oplocení, komunikace). Další nevýhodou tohoto řešení je také značná úprava koridoru pro zaústění vedení 110 kV do rozvodny, s tím souvisí nárůst ekonomický nákladů. Tato varianta je však upřednostňována investorem, tj. ČEPS, a.s.

Ve druhé variantě se jedná o elektrické stanice za sebou. V této variantě je ideální napojení R420 na R123, jelikož je možno použít venkovní vedení 110 kV. Výhodou je, že se celá rozvodna vměstná do vymezeného prostoru pro technickou infrastrukturu, ale s využitím územní rezervy a nebude nutná úprava územního plánu. Výhodné je i umístění rozvodny z pohledu budoucího rozšíření rozvodny oproti předchozí variantě. V R123 je možné rozšíření rozvodny v rámci stávajícího územního plánu, u R420 by bylo nutné tento plán upravit. Další výhodou je že centrální domek a budova společných provozů jsou k sobě podstatně blíže než v předešlé variantě. Také nebude požadována úprava koridoru pro zaústění vedení 110 kV, bude totiž stačit pouze odbočení od stávajícího vedení. Nevýhodou tohoto návrhu je příjezdová

komunikace, která je společná pro obě části rozvodny. V této variantě by také mohlo být potenciálně komplikovanější jednání s vlastníkem sousedního pozemku, který je těsné blízkosti rozvoden R420 i R123.

Poslední část je věnována technicko-ekonomické analýze návrhu. Technická analýza popisuje maximalistický rozsah pro stavbu rozvodny, přičemž před započítáním stavby se investor rozhodne, které části bude stavět, a které nikoliv. Technické vybavení je téměř totožné, až na zmiňované propojení mezi R420 a R123. Celkové plnohodnotné ekonomické porovnání obou rozvoden nelze v této chvíli provést. To bude možné až po provedení územní studie, kdy se zjistí, bude-li například potřebné odvodnění půdy a jaké zemní práce budou nutné. V této fázi lze pouze říci, že z důvodu použití kabelového vedení bude první varianta dražší oproti venkovnímu provedení, ale v druhé variantě bude potřeba o 635 m² více areálové komunikace rozvodny. Potřebné terénní úpravy budou na menší ploše rozvodny, konkrétně se zmenší o 7 717 m². Celková délka oplocení je téměř stejná pro obě varianty. Zaústění vedení 400 kV je pro obě varianty totožné, liší se však zaústění 110 kV. U první varianty je zjevně vidět náročnější a delší provedení zaústění dvojitého vedení 110 kV do rozvodny, které bude samozřejmě i nákladnější.

Po celkovém odhadnutém technicko-ekonomickém zhodnocení je možné říci z výše uvedeného, že druhá varianta se jeví ekonomicky příznivější. Z hlediska uživatelského komfortu, nutného projednání týkající se obsazení plochy územní rezervy či přehlednosti a typického umístění rozvoden je ale v tomto ohledu první varianta příznivější. Proto nelze říci najisto, která varianta je ta správná, to vše bude možné až po detailním zkoumání obou variant.

V závěru práce je provedeno vyhodnocení souladu z hlediska územně plánovací dokumentace, přičemž politika územního rozvoje ČR je v souladu. Zásady územního rozvoje JHK jsou taktéž v souladu a v poslední řadě územní plán Ratíškovice bude nutno upravit a poté aktualizovat, aby byl v souladu s odborem Územní problematiky ČEPS, a.s.

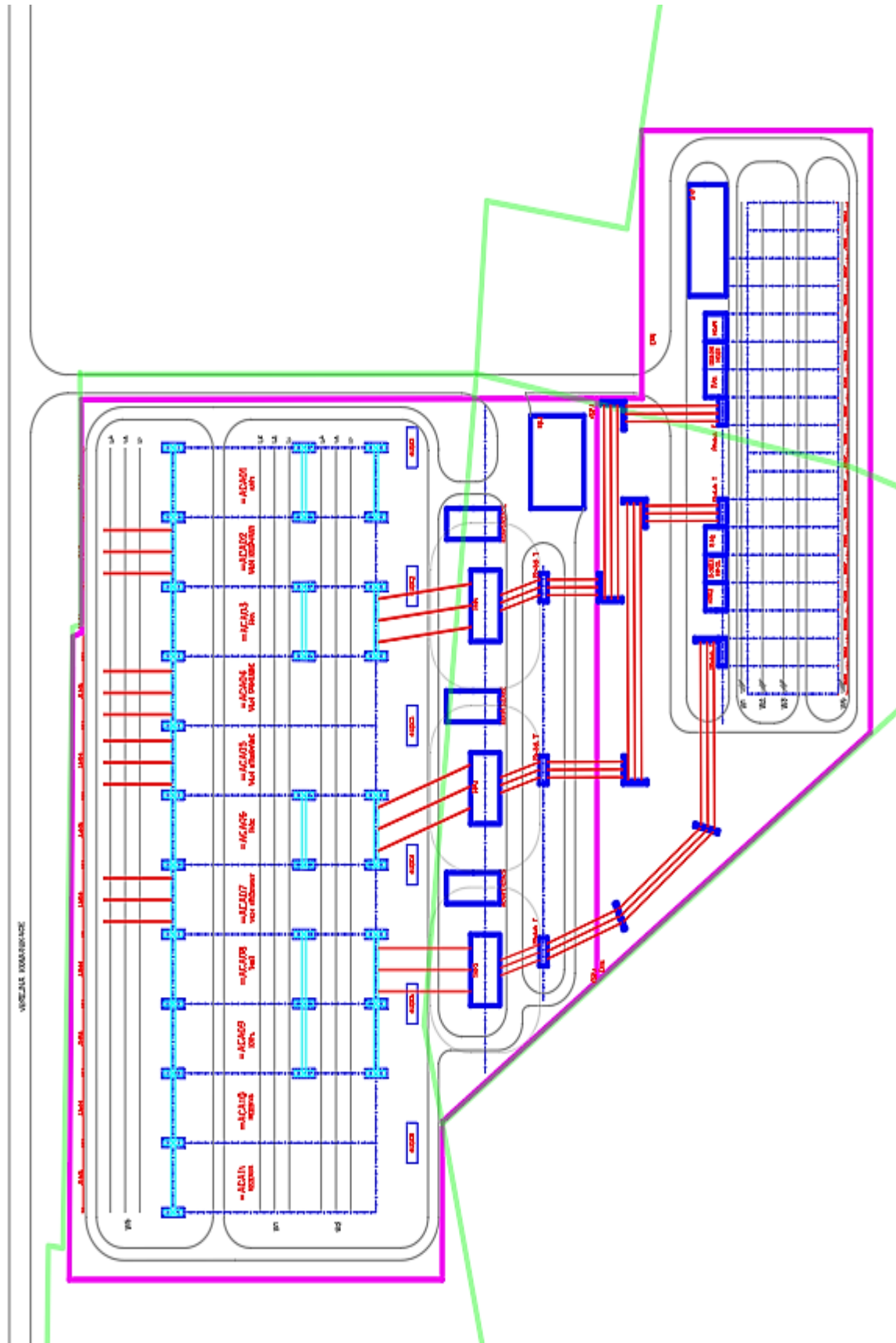
Tato práce má sloužit jako ukazatel pro investora neboli ČEPS, a.s., má nastínit, která varianta se jeví výhodnější, ať už z pohledu umístění či z pohledu technicko-ekonomického. Práce upřesňuje potřebné rozměry rozvoden a navrhuje řešení umístění pro konkrétní územní plán, a to obec Ratíškovice.

Seznam literatury a informačních zdrojů

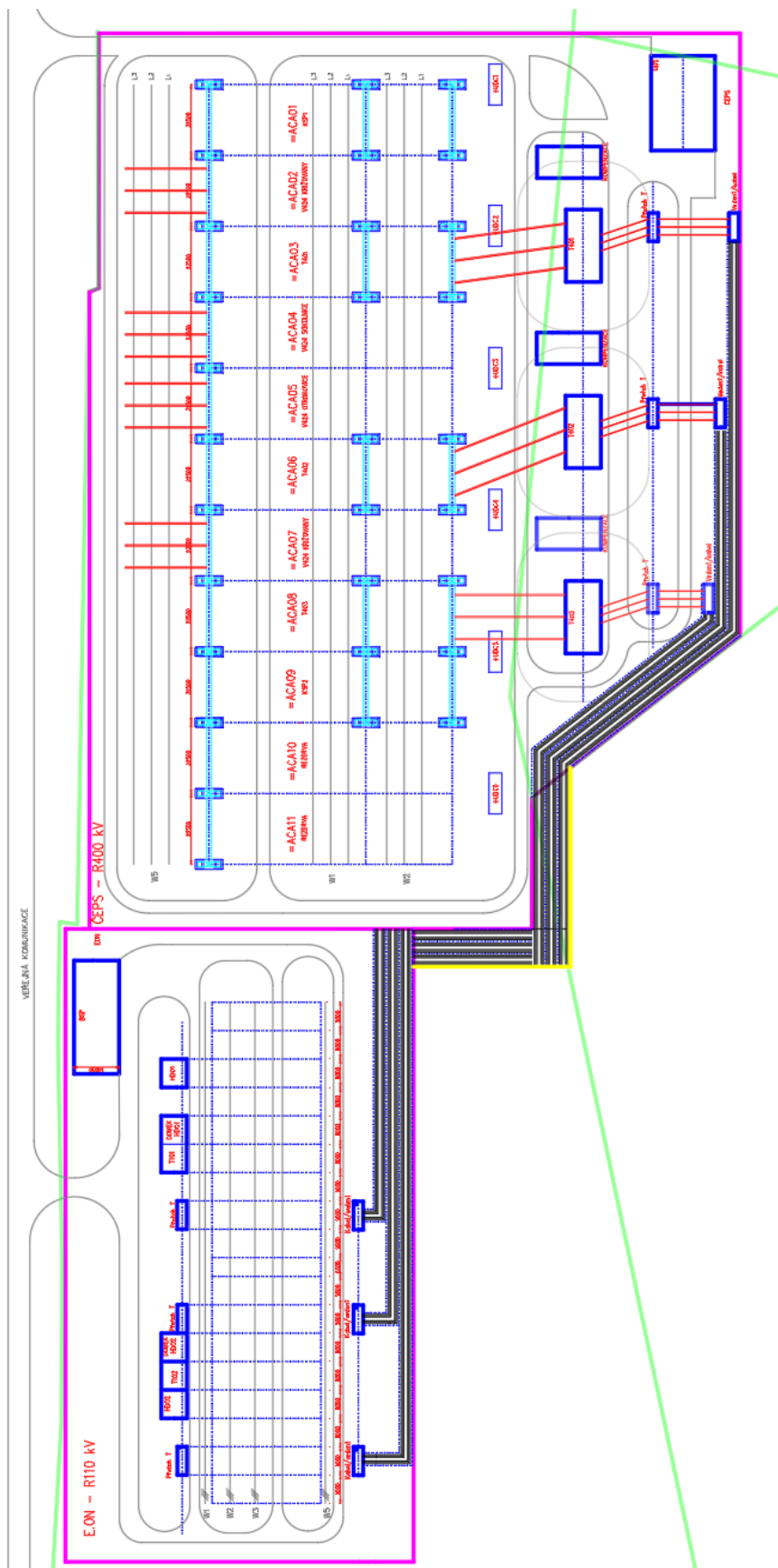
- [1] HONIŠ, René, Milan KONEČNÝ, Martin GALETKA a Ivo ULLMAN. *Partnerství v oblasti energetiky*
- [2] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení* [online]. [vid. 2019-11-26]. Dostupné z: <http://partnerství-energetiky.msek.cz/wp-content/uploads/2013/01/01-Prenosova-soustava-Ceske-republiky.pdf>
- [3] NOHÁČOVÁ, Lucie a Jiřina MERTLOVÁ. *Elektrické stanice*. B.m.: Západočeská univerzita v Plzni, 2008.
- [4] ŠPETLÍK, Jan. *Elektrické stanice ČEPS*. B.m.: ČEPS. 23. listopad 2017
- [5] *Strategie ERÚ* [online]. [vid. 2019-10-29]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/strategie-eru>
- [6] *Energetický zákon 458/2000 Sb.* [online]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/-/energeticky-zakon-ve-zneni-zakona-c-131-2015-sb-zneni-ucinne-do-31-7-2017>
- [7] *Stavební zákon 183/2006 Sb.* [online]. 1. leden 2018 [vid. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.cka.cz/cs/pro-architekty/legislativa/pravni-predpisy/hlavni-zakony/stavebni-zakon/stz-ucinny-k-1-1-2018.pdf>
- [8] *Norma ČSN EN 61936 - 1*. B.m.: unMZ
- [9] *Norma ČSN EN 60865-1 ed.2*. B.m.: unMZ. 2012
- [10] JAKUB HEREJK. *Návrh nové distribuční transformovny*. B.m., 2019. ZČU.
- [11] *PNE 33 0000 - 4 - Uzemňovací soustavy v PS a DS*
- [12] KABELÁČ, Ivo. *Odůvodnění územního plánu Ratíškovice* [online]. 27. červen 2012 [vid. 2020-03-10]. Dostupné z: https://www.ratiskovice.com/e_download.php?file=data/editor/771cs_10.pdf&original=RAT-ODU.pdf
- [13] ŠPETLÍK, Jan. *Podniková norma energetiky pro rozvod elektrické energie - PNE 33 3041 ed. 3*
- [14] G. DECLERCQ, M. EL ADNANI, J.L. LILIEN (CONVENER), W. MEYER, A.M. MIRI, K.O. PAPAILIOU, D. ROEDER, N. STEIN (SECRETARY) a D. TSANAKAS. *THE MECHANICAL EFFECTS OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN OPEN AIR SUBSTATIONS (PART II)*. B.m.: CIGRE. 1996
- [15] EGE – TRADING, S.R.O. *Přípojnice do rozveden vvn a zvn* [online]. [vid. 2020-03-15]. Dostupné z: https://www.ege.cz/storage/1_1322_Pripojnice_pro_vysokonapetove_stanice_finalA4.pdf
- [16] JOSEF ŘEHULKA. *Exkurze* [online]. 2018 [vid. 2020-04-16]. Dostupné z: <http://uzlabinskyblog.blogspot.com/2018/11/exkurze-rozvodna-400-kv-ceps-praha.html>
- [17] *Úplné znění Politiky územního rozvoje České republiky, ve znění Aktualizací č. 1, 2 a 3*. B.m.: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. 2019
- [18] *Zásady územního rozvoje Jihomoravského kraje* [online]. B.m.: Krajský úřad Jihomoravského kraje. 3. listopad 2016 [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/oupst/zur_jmk_5/TEXTOVA_CAST/NAVRH/ID.pdf#view=fit

Přílohy

Příloha A – Celkové dispoziční schéma 1. varianta



Příloha B - Celkové dispoziční schéma 2. varianta



Příloha C - Celkové schéma výzbroje R420 kV

