



Koncepce rozvoden VVN

Design of very high voltage substation

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Ing. Petr Mráz

Bc. Lukáš NĚMEC



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Němec** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **373888**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektroenergetika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Koncepce rozvoden VVN

Název diplomové práce anglicky:

Design of very high voltage substations

Pokyny pro vypracování:

Kategorizace rozvoden VVN
Hlavní technické parametry rozvoden VVN
Stupně projektové dokumentace
Struktura projektové dokumentace
Dokumentace pro provádění stavby
Výpočty, dimenzování

Seznam doporučené literatury:

- 1) Příručka silnoproudé elektrotechniky, Josef Heřman, 1984
- 2) zákon 183/2006 Sb. - Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- 3) vyhláška č. 499/2008 Sb. - Vyhláška o dokumentaci staveb
- 4) ČSN EN 61936-1 Elektrické instalace nad AC 1 kV – Část 1: Všeobecná pravidla
- 5) ČSN EN 60076-1 Výkonové transformátory - Část 1: Obecně
- 6) ČSN EN 60076-6 Výkonové transformátory - Část 6: Tlumičky

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Petr Mráz, Soma-es s.r.o.

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **04.02.2021** Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2022**

Ing. Petr Mráz
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

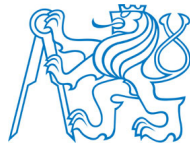
Datum převzetí zadání

Podpis studenta



Poděkování

Děkuji firmě SOMA - ES, s.r.o. za podporu po celou dobu trvání studia, při psaní diplomové práce i za odborné rady. Největší dík patří mé manželce Márii, která mi i v této složité době byla vždy oporou a i s třemi dětmi mi umožnila studium, ve kterém mě podporovala po všech stránkách a měla se mnou trpělivost. Děkuji i kolegům ze školy za výborný kolektiv. V neposlední řadě chci poděkovat i vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Mrázovi za jeho odbornou pomoc a letité zkušenosti, které jsem mohl v této práci použít.



Prohlašuji, že jsem předloženou práci „Koncepce rozvodu VVN“ vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

Bc. Lukáš NĚMEC

V Odolena Vodě dne 14. 5. 2021



Abstrakt

Tato diplomová práce řeší koncepci rozveden VVN podle využití a použité technologie. Je zde uvedeno několik variant rozdělení podle počtu přípojnic. V práci je uveden postup prací při projektování od předprojektové přípravy až po dokumentaci skutečného provádění stavby. V závěru je provedeno několik výpočtů dimenzování přístrojů a vodičů v rozvodně 110 kV a výpočet uzemnění.

Klíčová slova

Rozvodna VVN, venkovní rozvodna 110 kV, rozvodna AIS, rozvodna HIS, rozvodna GIS, uzlová rozvodna, distribuční elektrická stanice, distribuční transformovna typu H, projektová dokumentace pro provádění stavby.



Abstract

This master's thesis deals with the concept of high voltage substations according to their use and used technologies. Several substations variants according to their number of busbars are presented in the thesis. The thesis also presents the process of designing from pre-project preparation to documentation of the actual execution of the construction. Finally, several calculations of 110 kV substation equipment and wires dimensioning are performed.

Keywords

High voltage substation, outdoor 110 kV substation, AIS substation, HIS substation, GIS substation, nodal substation, distribution electrical substation, Type H distribution transformer substation, project documentation for construction.



1.	Úvod	1
2.	Kategorizace rozvoden VVN	2
2.1	<i>Rozdělení podle použitých přístrojů a umístění</i>	3
2.1.1	Klasické provedení rozvoden (AIS)	3
2.1.2	Částečně zapouzdřená rozvodna (HIS)	4
2.1.3	Plně zapouzdřené rozvodny (GIS)	4
2.2	<i>Rozdělení podle provedení zapojení</i>	5
2.2.1	Uzlová transformovna:	5
2.2.2	Distribuční elektrická stanice (transformovna):	6
2.2.3	Distribuční transformovna typu H:	7
3.	Hlavní technické parametry rozvoden VVN:	11
4.	Stupně inženýrsko-projektových činností:	13
4.1	<i>Vstupní podklady:</i>	13
4.2	<i>Projektová příprava pro územní řízení:</i>	13
4.3	<i>Projektová příprava pro stavební povolení:</i>	13
4.4	<i>Projektová příprava pro společné povolení:</i>	13
4.5	<i>Dokumentace pro provádění stavby:</i>	13
4.6	<i>Autorský dozor:</i>	14
4.7	<i>Dokumentace skutečného provedení stavby:</i>	14
4.8	<i>Dokončení stavby:</i>	14
5.	Struktura projektové dokumentace - vyhl. 499/2006 Sb. [1]	15
	<i>Příloha č. 13 k vyhlášce č. 499/2006 Sb. Rozsah a obsah projektové dokumentace pro provádění stavby:</i>	15
5.1	<i>Dokumentace obsahuje části:</i>	15
5.2	<i>A. Průvodní zpráva</i>	16
5.3	<i>B. Souhrnná technická zpráva</i>	17
5.4	<i>C. Situační výkresy</i>	19
5.5	<i>D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení</i>	20
6.	Dokumentace pro provádění stavby – stavební objekty a provozní soubory:	28
6.1	Stavební objekty:	28
6.1.1	Demolice:	28
6.1.2	Sejmutí ornice:	28
6.1.3	Hrubé terénní úpravy (HTÚ):	28
6.1.4	Odvodnění pozemku:	28
6.1.5	Oplocení:	29
6.1.6	Konečná úprava terénu:	29
6.1.7	Vnější osvětlení:	29
6.1.8	Zemní práce pro kabely	29
6.1.9	Zemní práce pro uzemnění:	30
6.1.10	Kanalizace:	30
6.1.11	Havarijní jímky:	31
6.1.12	Přívodní řád pitné vody:	31
6.1.13	BSP a rozvodna VN:	31
6.1.14	Kabelové kanály a kabelovody:	33
6.1.15	Sklad požární techniky:	33
6.1.16	Komunikace:	33
6.1.17	Montáž a demontáž nadzemního vedení VN:	33
6.1.18	Montáž a demontáž podzemního vedení VN:	34
6.1.19	Stanoviště transformátorů a tlumivek:	34
6.2	Provozní soubory:	34
6.2.1	Transformátory VVN/VN:	34
6.2.2	Tlumivky:	35
6.2.3	Sekundární odporník:	35
6.2.4	Transformátory VN/NN:	35
6.2.5	Rozvodna VVN:	35
6.2.6	Rozvodna VN:	35
6.2.7	Řídicí systém	36
6.2.8	Ochrany	36
6.2.9	Vlastní spotřeba	36
6.3	Dokumentace pro provádění stavby - vzorový příklad:	37



Členění projektové dokumentace:.....	37
7. Dimenzování přístrojů a vodičů	63
<i>Na základě zkratového výpočtu [13]:</i>	63
7.1 <i>Uspořádání s tuhými vodiči</i>	64
7.1.1 <i>Výpočet elektromagnetických sil</i>	64
7.1.2 <i>Výpočet namáhání tuhých vodičů</i>	65
7.1.3 <i>Výpočet sil na podpěry tuhých vodičů</i>	66
7.1.4 <i>Automatické opětivé zapínání</i>	66
7.1.5 <i>Výpočet se zvláštním ohledem na kmitání vodiče</i>	67
7.2 <i>Příklady výpočtů</i>	71
7.2.1 <i>Příklad č. 1</i>	71
7.2.2 <i>Příklad č. 2</i>	72
7.2.3 <i>Příklad č. 3</i>	73
8. Zemní odpor	75
8.1 <i>Měření rezistivity půdy</i>	75
8.2 <i>Vztahy pro výpočet zemního odporu jednoduchých zemniců</i>	76
8.3 <i>Příklad výpočtu zemního odporu</i>	78
9. Závěr	79
10. Seznam použité literatury.....	80
11. Seznam použitých zkratk	81
12. Seznam obrázků	82



1. Úvod

Účelem této práce je přiblížit začínajícím projektantům postup prací při zpracování projektové dokumentace, na základě které je možné dané dílo realizovat. Jde o soubor prací různých profesí, které je nutné mezi sebou správně koordinovat, aby nedošlo ke kolizi při realizaci stavby. Už při samotném návrhu je důležité zvolit správné rozmístění zařízení. Vždy jsme něčím omezeni - prostorem, požadavky investora, požadavky úřadů a dalšími faktory, které je nutné respektovat. Velikost území nám určí, jakou můžeme použít technologii. V extravilánu obce, kde nejsou tak přísné normy na hluk, můžeme použít technologii, které naopak v intravelánu obce použít norma nedovoluje. U rozmístění jednotlivých celků dochází často k chybám, které v budoucím provozu jsou příčinou nemalých potíží při provozování.



2. Kategorizace rozvoden VVN

Základní rozdělení rozvoden je podle umístění na venkovní a vnitřní, s čímž souvisí i použitá technologie. Venkovní rozvodny dále dělíme na rozvodny klasického provedení (diskrétní přístroje) nebo rozvodny kompaktního provedení (částečně zapouzdřená, plně zapouzdřená). Přístrojové vybavení rozvoden jsou v linkových polích odpojovač s uzemňovačem, přístrojový transformátor proudu a napětí nebo kombinovaný, vypínač a přípojnicový odpojovač. V poli transformátoru je přípojnicový odpojovač, vypínač, přístrojový transformátor proudu a omezovač přepětí. Spojka přípojnic je tvořena odpojovači a u systémových rozvoden i vypínači. Propojení mezi jednotlivými přístroji je lany AlFe, trubkovými vodiči AlMgSi nebo zapouzdřenými vodiči.

Rozvodny VVN se zpravidla navrhují jako rozvodny venkovní. Přístroje tudíž musí být navrženy tak, aby odolávaly veškerým povětrnostním vlivům, jako je déšť, sníh, vítr, bouře, námraza apod.

Venkovní rozvodny mají hlavní výhody:

- Oproti vnitřní rozvodně není nutná stavba budovy, která je finančně nákladná.
- Jednodušší servis, lze se k jednotlivým přístrojům dostat i za provozu.
- Jednodušší výměna porouchaného přístroje.
- Velká provozní spolehlivost a méně poruch.

Venkovní rozvodny mají své nevýhody:

- Zaberou daleko větší zastavěnou část.
- Při špatných klimatických podmínkách je ztížený servis.
- Oproti vnitřním je zde častější a tudíž nákladnější čištění izolátorů a nutnost nátěrů ocelových konstrukcí.

Vnitřní rozvodny VVN jsou nákladnější a zřizují se v místech, kde není možné použití venkovní rozvodny. Umisťují se tam, kde nevyhovují přístroje venkovní, nebo není dostačující dispozice. Nejčastější použití vnitřních rozvoden je v místech s vysokou prašností např. ve velkých průmyslových celcích. Další použití vnitřních rozvoden je v občanské zástavbě větších měst, kde jsme omezeni jednak prostorem a hlavně hygienickými předpisy. Výhodou je, že vnitřní rozvodny jsou ochráněny před povětrnostními vlivy



2.1 Rozdělení podle použitých přístrojů a umístění

2.1.1 Klasické provedení rozvoden (AIS)

Jedná se o vzduchem izolovanou rozvodnu složenou z diskretních přístrojů. Klasické provedení venkovní rozvodny 110 kV je nejpoužívanější varianta. Jedná se o rozvodnu, kde jsou použité přípojnice, které jsou vzduchem izolované (vzduch o atmosférickém tlaku), propojující jednotlivé přístroje a tvořené lany AIFe nebo trubkovými vodiči.

Přístrojové transformátory proudu a napětí (popř. kombinované) – tyto měniče mají izolační médium SF₆ nebo malo-olejové.

Vypínače jsou nejčastěji s plynem SF₆ s motorovým pohonem nebo u starších rozvoden připojených na tlakovzduch. U starších rozvoden můžeme ještě narazit na malo-olejové vypínače.

Odpojovače jsou izolované vzduchem a na ovládání jsou dnes používány motorové pohony, u starších rozvoden se můžeme setkat i s pohyben na tlakovzduch, ale můžeme se setkat i s pohony ručními.

V případě rekonstrukce, kde není dostatek místa, je možné užití kombinovaného přístroje vypínače s funkcí odpojovače.

Výhoda této rozvodny - v případě poruchy, nebo servisu se vymění pouze přístroj, který vykazuje poruchu a většina distributorů má náhradní přístroj ve skladu. Přístroje jsou umístěny na samostatné konstrukci. **Nevýhoda** - zabere více místa.

Vnitřní použití diskretních přístrojů se používá jen zřídka a dnes distributoři tuto variantu nepoužívají.



obr. č. 2.1 – Rozvodna VVN klasické provedení [16]



2.1.2 Částečně zapouzdřená rozvodna (HIS)

Částečně zapouzdřená kompaktní rozvodna s hybridní izolací je určena pro venkovní provedení. Jednotlivé přístroje jsou soustředěny do jednoho modulu podle typu použití a jsou jako celek umístěny na společné konstrukci. Používá se především tam, kde není dostatečně velký prostor na rozvodnu klasického provedení a není nutné plné zapouzdření. Přípojnice, zpravidla AlFe lana, která jednotlivé moduly propojují a jsou izolovaná vzduchem o atmosférickém tlaku.

Veškeré přístroje jsou umístěny přímo v modulu izolované plynem SF₆. U částečně hybridních modulů jsou odpojovače izolované vzduchem o atmosférickém tlaku.

Výhoda - kompaktnější provedení i při zachování stejných parametrů.

Nevýhoda - při poruše se musí vyměnit celé zařízení (modul) a tím je odstavené jedno pole rozvodny.



obr. č. 2.2 Částečně zapouzdřená rozvodna [16]

2.1.3 Plně zapouzdřené rozvodny (GIS)

Zapouzdřená rozvodna s plynovou izolací SF₆ je určena zpravidla pro vnitřní použití. Prvky jsou umístěny v plynotěsných nádobách v zapouzdřeném provedení s izolací plynem SF₆. Přípojnice, které propojují jednotlivé přístroje, jsou též izolované plynem SF₆.



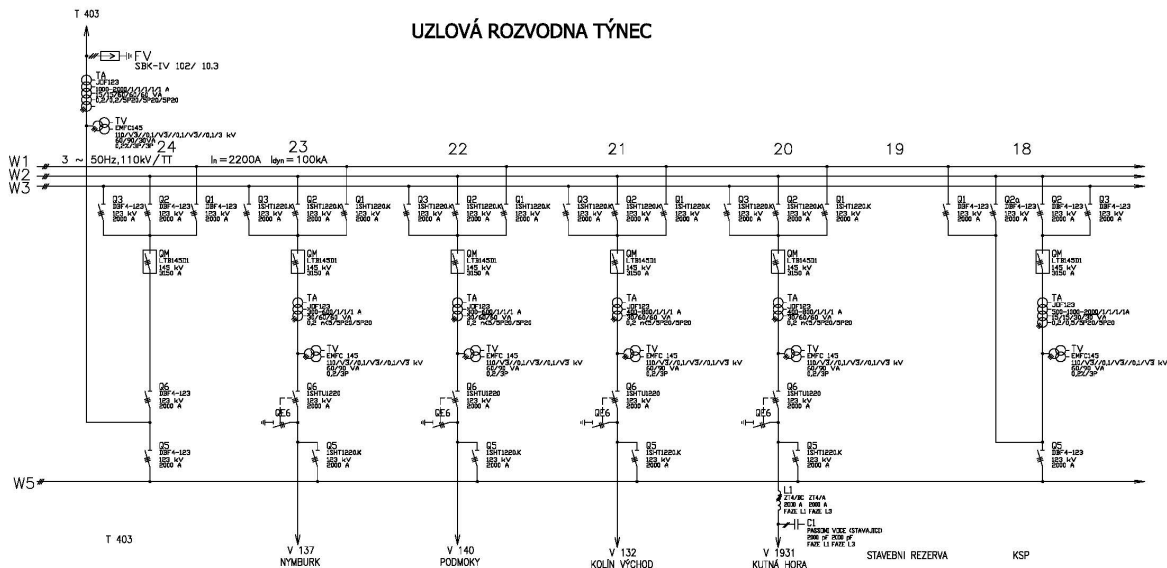
obr. č. 2.3 Plně zapouzdřená rozvodna [16]

2.2 Rozdělení podle provedení zapojení

- Uzlová transformovna
- Distribuční elektrická stanice
- Distribuční transformovna typu H

2.2.1 Uzlová transformovna:

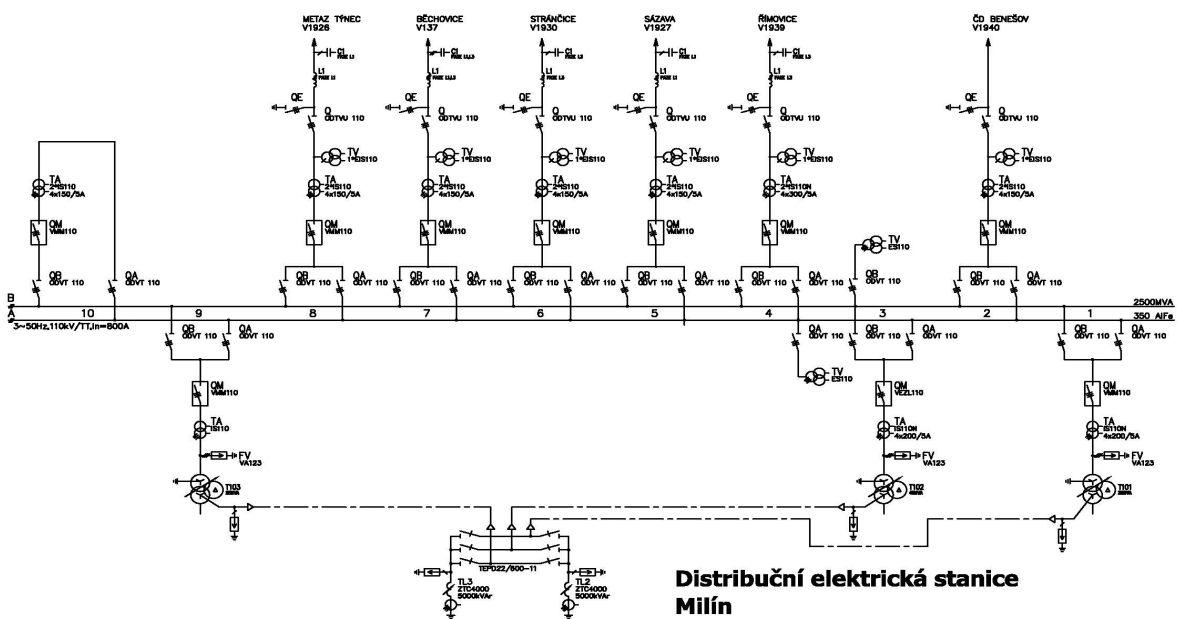
Uzlová transformovna je systémová rozvodna, která propojuje přenosovou soustavu se soustavou distribuční (např. ČEPS a ČEZd) a dále rozvádí energii po distribuční síti. Uzlové transformovny jsou vzájemně propojeny přes přenosovou soustavu a zároveň jsou propojeny přes zasmyčkované distribuční elektrické stanice a distribuční transformovny typu H. Je zpravidla vybavena třemi systémy přípojnic na straně VVN a jedním vypínačem na odbočku. Doporučuje se připojit každou sekci alespoň jedním zdrojem z PS. Každá sekce je vybavena příčným spínačem přípojnic. Uzlová rozvodna propojuje distribuční elektrické stanice a distribuční transformovny typu H. Uzlová rozvodna je navržena jako jednořadá nebo dvouřadá. Jednořadá rozvodna je výhodnější z důvodu úspory dispozice. Uzlová transformovna může být vybavena transformátorem VVN/VN a distribuovat energii na úrovni VN.



Obr. Č. 2.4 Uzlová rozvodna [16]

2.2.2 Distribuční elektrická stanice (transformovna):

Distribuční elektrická stanice je systémová transformovna se dvěma systémy přípojníc a jedním vypínačem na odbočku. Propojuje rozvodny uzlové a distribuční transformovny typu H. Zpravidla je vybavena transformátorem VVN/VN, který slouží k lokálnímu zásobování elektrickou energií na úrovni VN. Distribuční elektrická stanice je navržena jako jednořadá nebo dvouřadá.

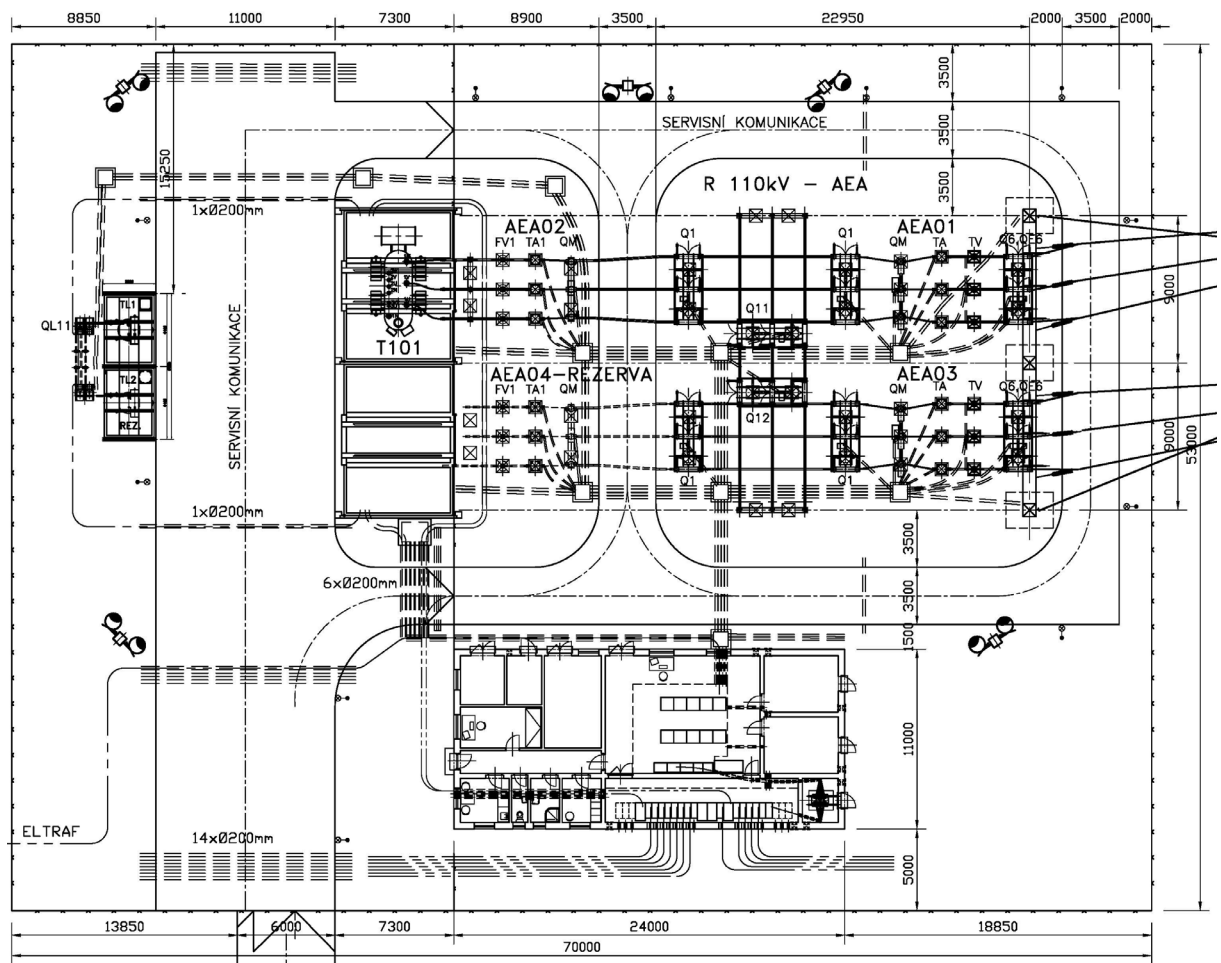


obr. č. 2.5 Distribuční elektrická stanice [16]



2.2.3 Distribuční transformovna typu H:

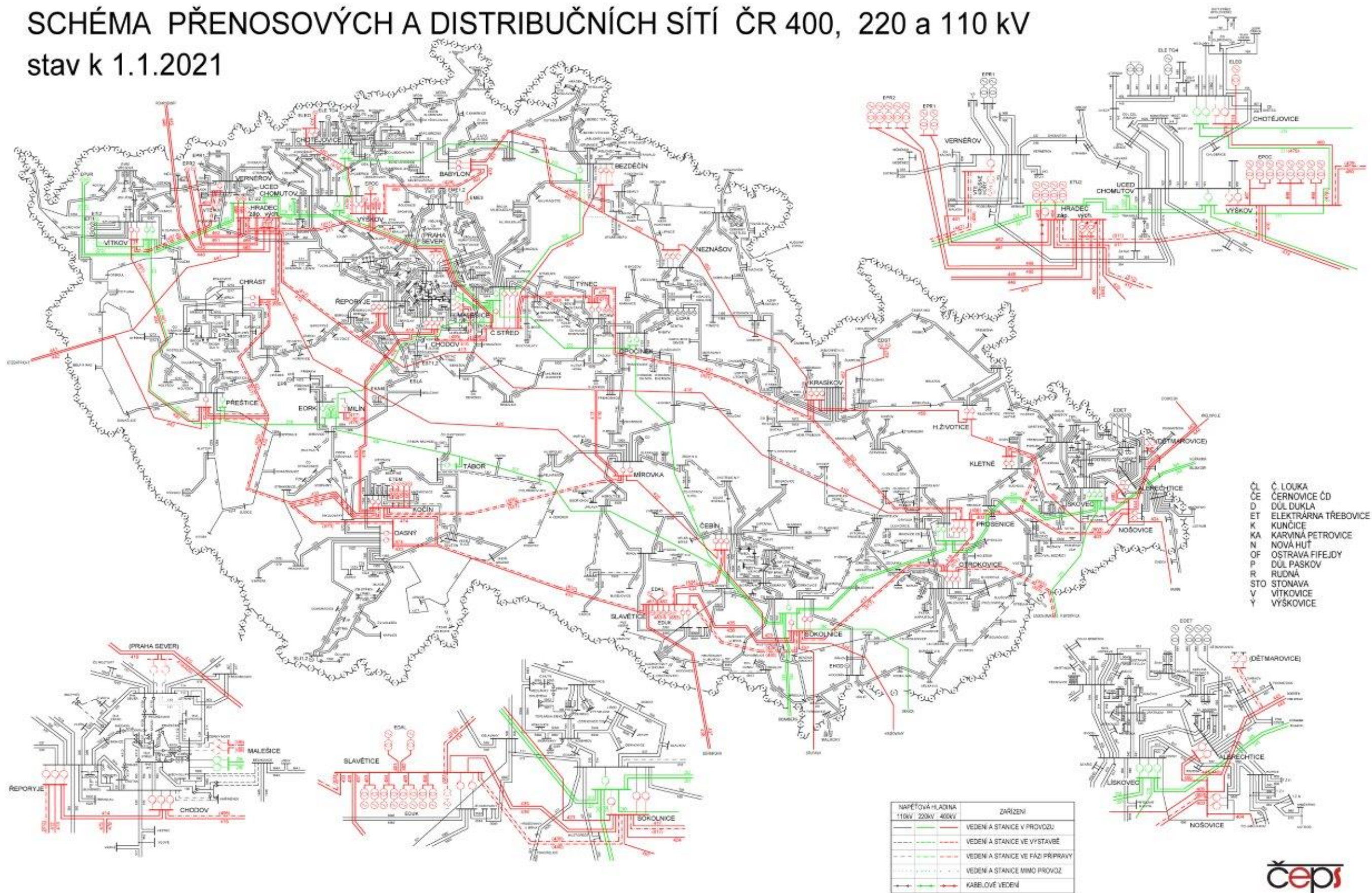
Distribuční transformovna typu H je s jedním systémem přípojníc a s jedním vypínačem na odbočku. Zapojení jednotlivých odboček je do H. Je to nejběžnější typ transformovny VVN/VN. Transformovny typu H jsou zapojeny do smyčky a propojují uzlové transformovny a distribuční elektrické stanice. Obsahuje dvě linková, dvě transformátorová pole a pole spojky přípojníc. U menších transformoven je vybaveno pouze jedno transformátorové pole. Tento typ transformovny slouží k lokálnímu zásobování elektrickou energií na úrovni VN.



obr. č. 2.6 Distribuční transformovna typu H [16]

Vzájemné propojení jednotlivých uzlových transformoven, distribučních elektrických stanic a distribučních transformoven typu H v České republice je znázorněno na obr. č. 2.7 (str. 9) – Schéma přenosových a distribučních sítí ČR 400, 220 a 110 kV.

SCHÉMA PŘENOSOVÝCH A DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ ČR 400, 220 a 110 kV stav k 1.1.2021



obr. č. 2.7 Schéma PS a DS [15]



3. Hlavní technické parametry rozveden VVN:

Hlavní technické parametry slouží ke správnému výběru jednotlivých přístrojů a zařízení, které použijeme v rozvodně.

Rozvodná síť	TT (r)
Jmenovité napětí sítě	110 kV
Počet fází	3
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Nejvyšší napětí pro zařízení	123 kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu	550 kV
Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při jmenovitém kmitočtu	230 kV
Zkratová odolnost – tepelná $I_{th} - 1 s$:	
Uzlová rozvodna	40 kA
Distribuční elektrická stanice	31,5 kA
Distribuční transformovna typ H	31,5 kA
Zkratová odolnost – dynamická I_{dyn} :	
Uzlová rozvodna	100 kA
Distribuční elektrická stanice	80 kA
Distribuční transformovna typ H	80 kA
Jmenovitý proud přípojnic:	
Uzlová rozvodna	2500 A
Distribuční elektrická stanice	1200 A
Distribuční transformovna typ H	800 A
Jmenovitý proud odbočky:	
Uzlová rozvodna	1250 A
Distribuční elektrická stanice	800 A
Distribuční transformovna typ H	800 A
Jmenovité napětí pohonů přístrojů	230/400 V AC
Jmenovité ovládací napětí přístrojů	
Uzlová rozvodna	220 V DC
Distribuční elektrická stanice	110-220 V DC
Distribuční transformovna typ H	110 V DC
Minimální vzdušné vzdálenosti - PNE 33 3201, ČSN EN 50 522 a ČSN EN 61936-1	

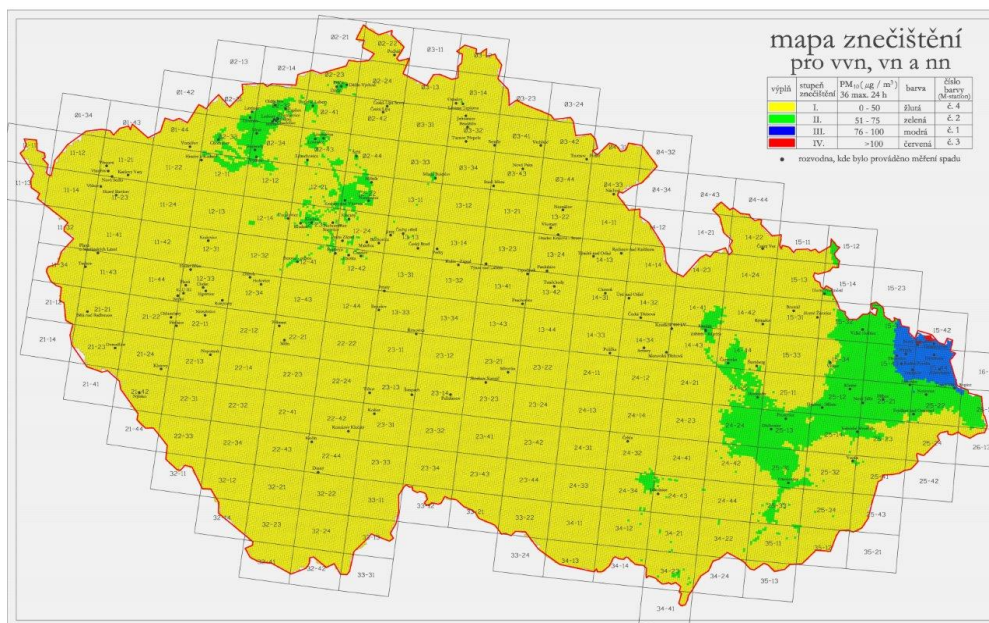


Ochrana živých částí – ochrana polohou, výška na terénu dle PNE 33 3201, ČSN EN 50 522 a ČSN EN 61 936-1

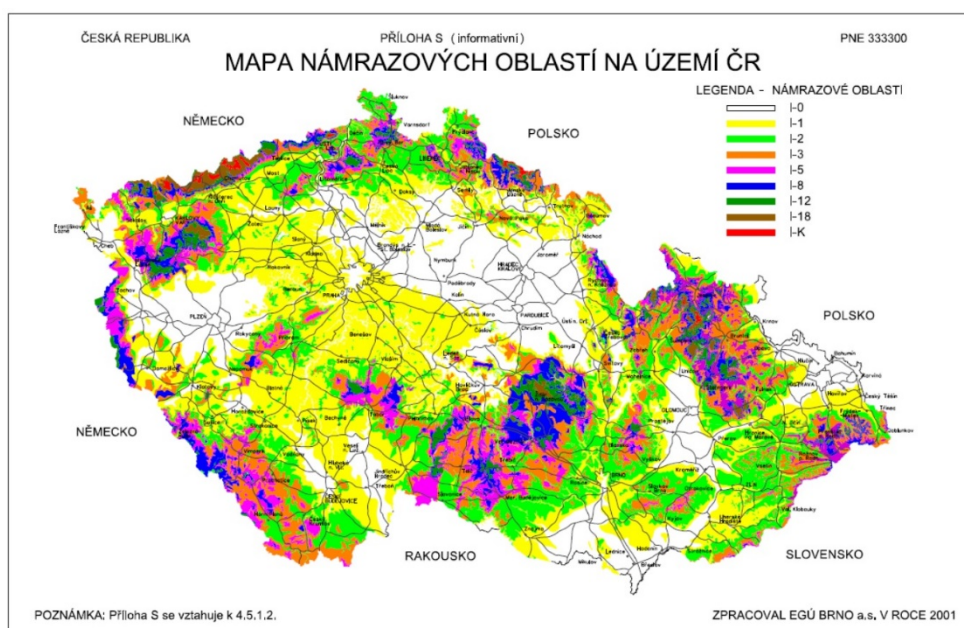
Ochrana neživých částí VVN – zemněním v síti TT (r) s rychlým vypnutím

Oblast znečištění – dle ČSN 33 0405 stupeň I. – IV (obr č. 3.1).

Námrazová oblast – dle PNE 33 3300 ed.2 (obr. č. 3.2)



obr. č. 3.1 Mapa znečištění [14]



obr. č. 3.2 Námrazová oblast [14]



4. Stupně inženýrsko-projektových činností:

4.1 Vstupní podklady:

Zajištění vstupních podkladů pro lokalizaci stavby. Vyjasnění cílů s odběratelem jaké bude architektonicko-technické řešení stavby. Zabezpečení průzkumů, na základě kterých je možné vypracovat dokumentaci (geodezie, hydrogeologie apod.) Důležitý je výběr staveniště.

4.2 Projektová příprava pro územní řízení:

Zajištění dokumentace, která se přikládá k žádosti o územní rozhodnutí nebo územní souhlas. Před podáním žádosti je nutné projednat dokumentaci s dotčenými organizacemi a orgány. V případě, že omezíme práva na nějakém pozemku, musíme uzavřít s majitelem smlouvu o smlouvě budoucí na zřízení věcného břemene a právu provést stavbu.

4.3 Projektová příprava pro stavební povolení:

Stejně jako ve stupni dokumentace pro územní řízení je nutné zajištění dokumentace, která se přikládá k této žádosti pro stavební povolení.

4.4 Projektová příprava pro společné povolení:

Zajištění dokumentace, která se přikládá k žádosti o společné územní rozhodnutí a stavební povolení.

4.5 Dokumentace pro provádění stavby:

Je soubor stavebních objektů a provozních souborů, na základě kterého bude stavba realizovaná. Je zde důležitá vazba projektanta s investorem při výběrovém řízení na zhotovitele stavby, případně nějaké části.

V této části dokumentace musí být zapracovány veškeré podmínky dotčených orgánů a institucí, tzn. podmínek ze stavebního povolení nebo územního řízení. DPS musí obsahovat i rozpočet stavby popř. výkaz výměr, kde jsou vypsány veškeré stavební a montážní práce, které se budou provádět. Soupis veškerých dodávek materiálu a zařízení, které bude na stavbě použito. Dále rozpočet musí obsahovat počet materiálu,



který bude likvidován. U většiny staveb je součástí projektové dokumentace i harmonogram pro výstavbu, aby investor i zhotovitel měli přehled, jak bude stavba časově náročná.

4.6 Autorský dozor:

Dělíme na autorský dozor projektanta a technický dozor investora nebo též stavebníka.

Autorský dozor projektanta vykonává projektant a hlídá si, zda byla dodržena projektová dokumentace. Může eventuálně upravovat projektovou dokumentaci během výstavby na základě požadavků investora. Poskytuje součinnost i stavbyvedoucímu, aby projektovou dokumentaci pochopil správně a komplexně.

Technický dozor stavebníka je zhotovitel povinen zajistit v případě, že se jedná o stavbu financovanou z veřejného rozpočtu. Tento dozor kontroluje průběh stavby s ohledem na kvalitu a správnost vykazovaných prací. Tato osoba musí splňovat kvalifikační požadavky a musí se jednat o autorizovanou osobu. Při stavbách, které nejsou z veřejného rozpočtu, a zhotovitel požaduje technický dozor investora, nemusí mít osoba autorizaci.

4.7 Dokumentace skutečného provedení stavby:

Pro kolaudaci stavby je nutné předložit dokumentaci skutečného provedení stavby. To si buď zajistí zhotovitel přímo s projektantem a před kolaudací předloží opravenou dokumentaci nebo předkládá „tužkopis, neboli red correct.“ To znamená, že do dokumentace pro provádění stavby dopíše (dokreslí) zhotovitel změny, které při stavbě nastaly. V případě stavební změny musí požádat o změnu stavby před dokončením.

4.8 Dokončení stavby:

V této fázi zhotovitel zajišťuje kolaudační rozhodnutí, nebo povolení na předčasné užívání stavby případně její části. Spolupracuje na funkčních zkouškách. V případě, že vše proběhne v pořádku, předává dílo investorovi.



5. Struktura projektové dokumentace - vyhl. 499/2006 Sb. [1]

Vyhláška č. 499/2006 Sb. – Vyhláška o dokumentaci staveb §1

- (1) *Tato vyhláška stanoví rozsah a obsah*
- a) dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení*
 - b) dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně využití území,*
 - c) dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně vlivu užívání stavby na území,*
 - d) dokumentace pro vydání společného povolení,*
 - e) projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až*
- e) stavebního zákona nebo projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení,*
- f) projektové dokumentace pro provádění stavby a*
 - g) dokumentace skutečného provedení stavby.*
- (2) *Tato vyhláška dále stanoví náležitosti dokumentace bouracích prací, obsahové náležitosti stavebního deníku, jednoduchého záznamu o stavbě a způsob jejich vedení.*
- (3) *Tato vyhláška se nevztahuje na projektovou dokumentaci pro stavby letecké, stavby drah, stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací podle § 194 písm. c) stavebního zákona, s výjimkou dokumentace pro vydání společného povolení pro stavby drah, stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací.*

V této práci se zaměřuji na projektovou dokumentaci pro provádění stavby, která je dle § 3 - Projektová dokumentace pro provádění stavby. Rozsah a obsah projektové dokumentace pro provádění stavby je stanoven v příloze č. 13 k této vyhlášce.

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 499/2006 Sb. Rozsah a obsah projektové dokumentace pro provádění stavby:

5.1 Dokumentace obsahuje části:

A Průvodní zpráva

B Souhrnná technická zpráva

C Situační výkresy

D Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

K dokumentaci se přikládá dokladová část.



Společné zásady:

Projektová dokumentace pro provádění stavby se zpracovává samostatně pro jednotlivé pozemní a inženýrské objekty a pro technologická zařízení.

Vychází se ze schválené projektové dokumentace pro ohlášení stavby nebo pro vydání stavebního povolení, u staveb technické infrastruktury nevyžadující stavební povolení ani ohlášení se vychází z dokumentace pro vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu.

Projektová dokumentace se zpracovává v podrobnostech umožňujících vypracovat soupis stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr.

Projektová dokumentace obsahuje též technické charakteristiky, popisy a podmínky provádění stavebních prací.

Výkresy podrobností (detailů) zobrazují pro dodavatele závazné, nebo tvarově složité konstrukce (prvky), na které klade projektant zvláštní požadavky a které je nutné při provádění stavby respektovat.

Součástí projektové dokumentace pro provádění stavby není dokumentace pro pomocné práce a konstrukce, výrobně technická dokumentace, dokumentace výrobků dodaných na stavbu, výkresy prefabrikátů a montážní dokumentace. Pokud je nutno zpracovat některou z těchto dokumentací, jde vždy o součást dodavatelské dokumentace.

5.2 A. Průvodní zpráva

A.1 Identifikační údaje

A.1.1 Údaje o stavbě

a) název stavby,

b) místo stavby (adresa, čísla popisná, katastrální území, parcelní čísla pozemků),

A.1.2 Údaje o stavebníkovi

a) jméno, příjmení a místo trvalého pobytu (fyzická osoba) nebo

b) jméno, příjmení, obchodní firma, identifikační číslo osoby, místo podnikání (fyzická osoba podnikající, pokud záměr souvisí s její podnikatelskou činností) nebo



c) *obchodní firma nebo název, identifikační číslo osoby, adresa sídla (právnícká osoba).*

A.1.3 Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

a) *jméno, příjmení, obchodní firma, identifikační číslo osoby, místo podnikání (fyzická osoba podnikající) nebo obchodní firma nebo název (právnícká osoba), identifikační číslo osoby, adresa sídla,*

b) *jméno a příjmení hlavního projektanta včetně čísla, pod kterým je zapsán v evidenci autorizovaných osob vedené Českou komorou architektů nebo Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, s vyznačeným oborem, popřípadě specializací jeho autorizace,*

c) *jména a příjmení projektantů jednotlivých částí projektové dokumentace včetně čísla, pod kterým jsou zapsáni v evidenci autorizovaných osob vedené Českou komorou architektů nebo Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, s vyznačeným oborem, popřípadě specializací jejich autorizace.*

A.2 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

A.3 Seznam vstupních podkladů

a) *základní informace o rozhodnutích nebo opatřeních, na jejichž základě byla stavba povolena - označení stavebního úřadu, jméno autorizovaného inspektora, datum vyhotovení a číslo jednací rozhodnutí nebo opatření,*

b) *základní informace o dokumentaci nebo projektové dokumentaci, na jejímž základě byla zpracována projektová dokumentace pro provádění stavby,*

c) *další podklady.*

5.3 B. Souhrnná technická zpráva

Příslušné body budou převzaty z projektové dokumentace pro ohlášení stavby nebo pro vydání stavebního povolení, u staveb technické infrastruktury nevyžadující stavební povolení ani ohlášení budou převzaty z dokumentace pro vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu, s provedením případných revizí a doplnění tak, aby z nich vyplývaly:

a) *požadavky na zpracování dodavatelské dokumentace stavby,*

b) *požadavky na zpracování plánu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi,*



- c) podmínky realizace prací, budou-li prováděny v ochranných nebo bezpečnostních pásmech jiných staveb,*
- d) zvláštní podmínky a požadavky na organizaci staveniště a provádění prací na něm, vyplývající zejména z druhu stavebních prací, vlastností staveniště nebo požadavků stavebníka na provádění stavby apod.,*
- e) ochrana životního prostředí při výstavbě.*

B.1 Popis území stavby

- a) charakteristika území a stavebního pozemku, zastavěné území a nezastavěné území, soulad navrhované stavby s charakterem území, dosavadní využití a zastavěnost území,*
- b) údaje o souladu s územním rozhodnutím nebo regulačním plánem nebo veřejnoprávní smlouvou územní rozhodnutí nahrazující anebo územním souhlasem,*
- c) údaje o souladu s územně plánovací dokumentací, v případě stavebních úprav podmiňujících změnu v užívání stavby,*
- d) informace o vydaných rozhodnutích o povolení výjimky z obecných požadavků na využívání území,*
- e) informace o tom, zda a v jakých částech dokumentace jsou zohledněny podmínky závazných stanovisek dotčených orgánů,*
- f) výčet a závěry provedených průzkumů a rozborů - geologický průzkum, hydrogeologický průzkum, stavebně historický průzkum apod.,*
- g) ochrana území podle jiných právních předpisů¹⁾,*
- h) poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.,*
- i) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území,*
- j) požadavky na asanace, demolice, kácení dřevin,*
- k) požadavky na maximální dočasné a trvalé zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k plnění funkce lesa,*
- l) územně technické podmínky - zejména možnost napojení na stávající dopravní a technickou infrastrukturu, možnost bezbariérového přístupu k navrhované stavbě,*
- m) věcné a časové vazby stavby, podmiňující, vyvolané, související investice.*
- n) seznam pozemků podle katastru nemovitostí, na kterých se stavba provádí,*
- o) seznam pozemků podle katastru nemovitostí, na kterých vznikne ochranné nebo bezpečnostní pásmo.*



B.2 Celkový popis stavby

- a) *nová stavba nebo změna dokončené stavby; u změny stavby údaje o jejích současném stavu, závěry stavebně technického, případně stavebně historického průzkumu a výsledky statického posouzení nosných konstrukcí,*
- b) *účel užívání stavby,*
- c) *trvalá nebo dočasná stavba,*
- d) *informace o vydaných rozhodnutích o povolení výjimky z technických požadavků na stavby a technických požadavků zabezpečujících bezbariérové užívání stavby,*
- e) *informace o tom, zda a v jakých částech dokumentace jsou zohledněny podmínky závazných stanovisek dotčených orgánů,*
- f) *ochrana stavby podle jiných právních předpisů¹⁾,*
- g) *navrhované parametry stavby - zastavěná plocha, obestavěný prostor, užitná plocha, počet funkčních jednotek a jejich velikosti apod.,*
- h) *základní bilance stavby - potřeby a spotřeby médií a hmot, hospodaření s dešťovou vodou, celkové produkované množství a druhy odpadů a emisí, třída energetické náročnosti budov apod.,*
- i) *základní předpoklady výstavby - časové údaje o realizaci stavby, členění na etapy,*
- j) *orientační náklady stavby.*

5.4 C. Situační výkresy

C.1 Situační výkres širších vztahů

- a) *měřítko 1 : 1000 až 1 : 50000,*
- b) *nápojení stavby na dopravní a technickou infrastrukturu,*
- c) *stávající a navrhovaná ochranná a bezpečnostní pásma,*
- d) *vyznačení hranic dotčeného území.*

C.2 Koordinační situační výkres

- a) *měřítko 1 : 200 až 1 : 1000, u rozsáhlých staveb 1 : 2000 nebo 1 : 5000, u změny stavby, která je kulturní památkou, u stavby v památkové rezervaci nebo v památkové zóně v měřítku 1 : 200,*
- b) *stávající stavby, dopravní a technická infrastruktura,*
- c) *hranice pozemků, parcelní čísla,*
- d) *hranice řešeného území,*



- e) stávající výškopis a polohopis,
- f) vyznačení jednotlivých navržených a odstraňovaných staveb a technické infrastruktury,
- g) stanovení nadmořské výšky 1. nadzemního podlaží u budov ($\pm 0, 00$) a výšky upraveného terénu; maximální výška staveb,
- h) navrhované komunikace a zpevněné plochy, napojení na dopravní infrastrukturu,
- i) řešení vegetace,
- j) okótované odstupy staveb,
- k) zákres nové technické infrastruktury, napojení stavby na technickou infrastrukturu,
- l) stávající a navrhovaná ochranná a bezpečnostní pásma, památkové rezervace, památkové zóny apod.,
- m) maximální dočasné a trvalé zábory,
- n) vyznačení geotechnických sond,
- o) geodetické údaje, určení souřadnic vytyčovací sítě,
- p) zařízení staveniště s vyznačením vjezdu,
- q) odstupové vzdálenosti včetně vymezení požárně nebezpečných prostorů, přístupové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku a zdroje požární vody.

5.5 D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

Dokumentace stavebních objektů, inženýrských objektů, technických nebo technologických zařízení je zpracovaná po objektech a souborech technických a technologických zařízení v následujícím členění v přiměřeném rozsahu.

D.1 Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu

D.1.1 Architektonicko-stavební řešení

a) *Technická zpráva - účel objektu, funkční náplň, kapacitní údaje; architektonické, výtvarné, materiállové a dispoziční řešení, bezbariérové užívání stavby; celkové provozní řešení, technologie výroby; konstrukční a stavebně technické řešení a technické vlastnosti stavby; bezpečnost při užívání stavby, ochrana zdraví a pracovní prostředí; stavební fyzika - tepelná technika, osvětlení, oslunění, akustika - hluk, vibrace - popis řešení, zásady hospodaření energiemi, ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí; požadavky na požární ochranu konstrukcí; údaje o požá-*



dované jakosti navržených materiálů a o požadované jakosti provedení; popis netradičních technologických postupů a zvláštních požadavků na provádění a jakost navržených konstrukcí; požadavky na vypracování dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby - obsah a rozsah výrobní a dílenské dokumentace zhotovitele; stanovení požadovaných kontrol zakrývaných konstrukcí a případných kontrolních měření a zkoušek, pokud jsou požadovány nad rámec povinných - stanovených příslušnými technologickými předpisy a normami; výpis použitých norem.

b) Výkresová část - výkresy stavební jámy, půdorysy výkopů a základů - nejsou-li obsaženy v části D.1.2, půdorysy jednotlivých podlaží s rozměrovými kótami všech konstrukcí, otvorů v konstrukcích, s popisem účelu využití místností s plošnou výměrou včetně grafického rozlišení charakteristického materiálového řešení konstrukcí, s popisem nebo označením výrobků a s odkazy na podrobnosti; charakteristické řezy se základním konstrukčním řešením, s výškovými kótami vztaženými ke stávajícímu terénu včetně grafického rozlišení charakteristického materiálového řešení konstrukcí; dílčí řezy v potřebném rozsahu a měřítku; výkresy střech případně krovu; pohledy na všechny plochy fasády s výškovými kótami základního výškového řešení vztaženými ke stávajícímu terénu, s vyznačením barevnosti a charakteristiky materiálů povrchů,

c) Dokumenty podrobností - skladby konstrukcí, seznamy částí, výrobků a prací, rozhodující detaily konstrukcí a atypických výrobků, detaily bezbariérových opatření pro přístupnost a užívání stavby osobami se sníženou schopností pohybu nebo orientace.

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

a) Technická zpráva - podrobný popis navrženého nosného systému stavby s rozlišením jednotlivých konstrukcí podle druhu, technologie a navržených materiálů; definitivní průřezové rozměry jednotlivých konstrukčních prvků případně odkaz na výkresovou dokumentaci; údaje o uvažovaných zatíženích ve statickém výpočtu - stálá, užitná, klimatická, od anténních soustav, mimořádná apod.; údaje o požadované jakosti navržených materiálů; popis netradičních technologických postupů a zvláštních požadavků na provádění a jakost navržených konstrukcí; zajištění stavební jámy; stanovení požadovaných kontrol zakrývaných konstrukcí a případných kontrolních měření a zkoušek, pokud jsou požadovány nad rámec povinných - stanovených příslušnými technologickými předpisy a normami; v případě změn stávající stavby - popis konstrukce, jejího současného stavu, technologický postup s upozorněním na



nutná opatření k zachování stability a únosnosti vlastní konstrukce, případně bezprostředně sousedících objektů; požadavky na vypracování dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby - obsah a rozsah, upozornění na hodnoty minimální únosnosti, které musí konstrukce splňovat; požadavky na požární ochranu konstrukcí; seznam použitých podkladů - předpisů, norem, literatury, výpočetních programů apod.; požadavky na bezpečnost při provádění nosných konstrukcí - odkaz na příslušné předpisy a normy.

b) Podrobný statický výpočet

Statický výpočet musí být kontrolovatelný, tedy musí být přehledný, aby bylo možno sledovat postup výpočtu, návrhová zatížení, uvažované statické schéma a výpočetní model.

Statický výpočet v dokumentaci pro provedení stavby vychází ze statického posouzení vypracovaného v předchozím stupni projektové dokumentace. Je úplným podkladem pro vypracování technické specifikace konstrukční části a výkresové dokumentace pro provedení stavby. Obsahuje dimenzování veškerých konstrukcí, které jsou součástí dokumentace - výkresy betonových monolitických a prefabrikovaných konstrukcí, dodavatelská dokumentace kovových a dřevěných konstrukcí.

Podrobný statický výpočet obsahuje zejména průvodní zprávu ke statickému (dynamickému) výpočtu, stručně rekapitulující základní koncept řešení konstrukce a rozdíly oproti předběžnému výpočtu, který byl vypracován v rámci předchozího stupně projektové dokumentace; použité podklady - normy, předpisy, literaturu, výpočetní programy apod.; statické schéma konstrukce; údaje o materiálech a technologiích; rekapitulaci zatížení, zatěžovacích stavů včetně součinitelů zatížení a součinitelů kombinace; výpočetní modely, výpočetní schémata; návrh a posouzení všech nosných prvků; výpočet účinků na základy, dimenzování základových konstrukcí; návrh a posouzení všech detailů, montážních styků apod., které rozhodujícím způsobem ovlivňují bezpečnost konstrukce; postup výroby - betonáže, odbedňování, montáže, předpínání, zasypávání dokončených konstrukcí apod.

c) Výkresová část - výkresy půdorysů nosných konstrukcí v měřítku 1 : 50, výjimečně 1 : 100, včetně sklopených řezů; odpovídající řezy, pohledy a podrobnosti s potřebnou přesností zobrazení; z výkresů musí být jasně identifikovatelný tvar konstrukce, všech konstrukčních prvků a podrobností; výkresy monolitických, resp. prefabrikova-



ných plošných základů, pilotových základů a základového roštu, pokud tyto konstrukce nejsou dostatečně výstižným způsobem zobrazeny ve stavebních výkresech základů; detaily styků, kotvení apod. v měřítku 1 : 20 nebo 1 : 10 nebo 1:5; výkresy sestavy, podrobností a kotvení prefabrikovaných stavebních dílců, dílců kovových, kompozitních nebo dřevěných konstrukcí; výkresy umístění konstrukcí obsahující půdorysy a modulovou síť, řezy a pohledy jednoznačně určující nosné konstrukce s označením průřezů všech konstrukčních prvků a podrobností konstrukce a jejího kotvení; rozměrový nebo obrysový výkres prefabrikovaných stavebních dílců; výkres uspořádání vyztužení monolitických betonových konstrukcí obsahující pohledy a dostatečné množství příčných řezů jednoznačně určujících kvalitu betonu a oceli, polohu a průřezovou plochu, případně počet vložek příslušného profilu; výkres uspořádání vyztužení slouží na základě podrobného statického výpočtu jako podklad pro vypracování podrobných výkresů výztuže - dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby.

D.1.3 Požárně bezpečnostní řešení

Revize a doplnění dokumentace pro ohlášení stavby nebo pro vydání stavebního povolení, u staveb technické infrastruktury nevyžadující stavební povolení ani ohlášení revize a doplnění dokumentace pro vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu, včetně vyznačení změn v požárně bezpečnostním řešení zpracovaném v dokumentaci pro ohlášení stavby nebo pro vydání stavebního povolení, u staveb technické infrastruktury nevyžadující stavební povolení ani ohlášení v dokumentaci pro vydání územního rozhodnutí nebo územního souhlasu.

D.1.4 Technika prostředí staveb

Dokumentace jednotlivých profesí určí zařízení a systémy v technických podrobnostech dokládajících dodržení normových hodnot a právních předpisů. Vymezí základní materiálové, technické a technologické, dispoziční a provozní vlastnosti zařízení a systémů. Uvede základní kvalitativní a bezpečnostní požadavky na zařízení a systémy.

Dokumentace se zpracovává samostatně pro jednotlivá zařízení a člení se například:

- zdravotně technické instalace,*
- plynová odběrná zařízení,*
- vzduchotechnika,*



- vytápění,
- chlazení,
- měření a regulace,
- silnoproudá elektrotechnika včetně ochrany před bleskem,
- elektronické komunikace a další.

Jednotlivé části se zpracovávají podle společných zásad. Obsah a rozsah dokumentace je uveden jako rámcový a v konkrétním případě bude přizpůsoben charakteru a technické složitosti dané stavby a zařízení a vazbě na výše uvedenou profesi. Pokud se některá část ve stavbě nevyskytuje, nebude v dokumentaci obsažena. Organizační uspořádání dokumentace profesí je účelné uspořádat podle postupu realizace stavby a dodavatelského zajištění. Je proto možné sloučení profesí do jedné části.

Obecně dokumentace obsahuje:

a) Technickou zprávu - technické údaje obsahující základní parametry dané normativními požadavky pro jednotlivé profese - bilance potřeby médií resp. energií, tlakových poměrů, druhů připojení a sítí, typy poskytovaných služeb, množství odpadů vzniklých provozem včetně odpadních vod apod.; popis technického řešení, funkce a uspořádání instalace a systému; popis koncových prvků a zařízení a systémů, zařizovací předměty; popis a podmínky připojení na veřejnou či místní technickou infrastrukturu; zásady bezpečného provozu včetně ochrany osob, zvířat i majetku před úrazem nebo před poškozením; požární opatření, ochrana proti hluku a vibracím, hlukové parametry ve vnitřním a venkovním prostředí; zásady ochrany životního prostředí; technické výpočty prokazující bezpečnost návrhu, je-li takový výpočet požadován; seznam požadovaných dokladů nutných pro uvedení stavby do užívání; výpis použitých norem včetně data vydání.

b) Výkresovou část - situace s přípojkami a ostatními náležitostmi profese; rozvinuté řezy nebo podélné profily přípojek včetně potřebných podrobností; umístění jednotlivých strojů a zařízení; výkresy půdorysů potrubních případně i kabelových tras v jednotlivých podlažích; potřebné axonometrické zobrazení, svislé nebo rozvinuté řezy, pokud je nelze dostatečně vyznačit v půdorysech; instalační výkresy a schémata; výkresy potrubních a kabelových tras včetně připojení koncového zařízení a instrumentace k obvodům měření a regulaci nebo řídicího systému; přehledové schéma napájení, schéma uzemňovací a jímací soustavy a další; uspořádání, vazby a komunikace systémů; související podrobnosti, pokud jsou nutné.



c) *Seznam strojů a zařízení a technické specifikace - seznam strojů a zařízení, mechanických komponentů, zdrojů energie apod.; popis technických a výkonových parametrů a souvisejících požadavků; seznamy materiálu pro konstrukce, rozvody, potrubí, nátěry, izolace, včetně seznamu použitých zvláštních a vybraných stavebních výrobků pro přístupnost a užívání stavby osobami se sníženou schopností pohybu nebo orientace.*

D.2 Dokumentace technických a technologických zařízení

Stavbu lze členit na provozní celky. Technologická zařízení jsou výrobní a nevýrobní.

Technologické zařízení staveb a veřejná technická infrastruktura:

- nadzemní a podzemní komunikační vedení sítí elektronických komunikací, jejich antény a stožáry, včetně opěrných bodů nadzemního, nebo vytyčovacích bodů podzemního komunikačního vedení, telefonní budky a přípojná komunikační vedení sítí elektronických komunikací a související komunikační zařízení včetně jejich elektrických přípojek,*
- podzemní a nadzemní vedení přenosové nebo distribuční soustavy elektřiny včetně podpěrných bodů a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky,*
- vedení přepravní nebo distribuční soustavy plynu, případně hořlavých kapalin, a související technologické objekty, včetně systémů řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky,*
- rozvody tepelné energie a související technologické objekty včetně systémů řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky,*
- vedení sítí veřejného osvětlení včetně stožárů a systémů řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky,*
- stavby pro výrobu a transformaci energie s výjimkou stavby vodního díla,*
- vodovodní, kanalizační a energetické přípojky včetně připojení stavby a odběrných zařízení,*
- zásobníky pro zkapalněné uhlovodíkové plyny nebo hořlavé kapaliny,*
- zásobníky na vodu nebo jiné nehořlavé kapaliny,*
- zásobníky na uskladnění zemědělských produktů, krmiv a hnojiv,*
- nádrže na vodu, pokud nejde o vodní díla,*
- vodovodní sítě, vodárny, stokové a kanalizační sítě, čistírny odpadních vod, včetně systémů řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.*



Nevýrobní technologická zařízení jsou například:

- zařízení vertikální a horizontální dopravy osob a nákladů, zařízení pro dopravu osob s omezenou schopností pohybu nebo orientace, požární nebo evakuační výtahy,*
- vyhrazená technická zařízení,*
- vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení a další.*

Dokumentace se zpracovává po jednotlivých provozních, nebo funkčních souborech a zařízeních.

Následující obsah a rozsah dokumentace je uveden jako maximální a v konkrétním případě bude přizpůsoben charakteru a technické složitosti dané stavby. Člení se na:

- a) Technickou zprávu - popis výrobního programu; u nevýrobních staveb popis účelu, seznam použitých podkladů; popis technologického procesu výroby, potřeba materiálů, surovin a množství výrobků, základní skladba technologického zařízení - účel, popis a základní parametry, popis skladového hospodářství a manipulace s materiálem při výrobě, požadavky na dopravu vnitřní i vnější, vliv technologického zařízení na stavební řešení, údaje o potřebě energií, paliv, vody a jiných médií, včetně požadavků a míst napojení; seznam požadovaných dokladů nutných pro uvedení stavby do užívání; výpis použitých norem.*
- b) Výkresovou část - obsahuje umístění a uspořádání zařízení, strojů, mechanických komponentů, zdrojů energie apod.; vymezení prostoru na jejich umístění ve stavbě, přehledová schémata rozvodů a zařízení, půdorysy potrubních a kabelových rozvodů a jejich případné řezy, umístění přístrojů, spotřebičů a zařizovacích předmětů; požadavky na stavební úpravy a řešení speciálních prostorů technologických zařízení, jejichž dispoziční řešení bývá obvykle součástí výkresů stavební části; technologická schémata dokladující účel a úroveň navrhovaného výrobního procesu, dispozice a umístění strojů a zařízení a způsob jejich zabudování - půdorysy a řezy ve vhodném měřítku.*
- c) Seznam strojů a zařízení a technické specifikace - seznam strojů a zařízení, mechanických komponentů, zdrojů energie apod.; popis technických a výkonových parametrů a souvisejících požadavků; seznamy materiálu pro konstrukce, rozvody, potrubí, nátěry, izolace.*



Dokladová část obsahuje doklady o splnění požadavků podle jiných právních předpisů vydané příslušnými správními orgány nebo příslušnými osobami a dokumentaci zpracovanou osobami oprávněnými podle jiných právních předpisů.

- 1. Vytyčovací výkresy jednotlivých objektů zpracované podle jiných právních předpisů)*
- 2. Projekt zpracovaný báňským projektantem*



6. Dokumentace pro provádění stavby – stavební objekty a provozní soubory:

Stavebních objektů a provozních souborů obsahuje projektová dokumentace celou řadu.

6.1 Stavební objekty:

6.1.1 Demolice:

Při rekonstrukcích staveb, je tento stavební objekt důležitou součástí. Každý objekt má nějakou životnost a v případě, že již nevyhovuje podmínkám bezpečného provozu, musí se demolovat. Při demolici staveb nebo vedení je zapotřebí zažádat dle *vyhlášky 499/2002 Sb. O žádost o odstranění stavby*. [1]

6.1.2 Sejmutí ornice:

Při výstavbě máme povinnost odstranit ornici nejen u stavby budov, ale i u zahradních staveb nebo ostatních pozemních staveb jako je komunikace, bazén, chodník apod. Pozemek, na kterém stavíme, musí být vyňatý z půdního fondu na základě zákona č. 334/1992 Sb., *České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších úprav*. [2]

6.1.3 Hrubé terénní úpravy (HTÚ):

Provádí se na začátku výstavby, kdy musíme staveniště učinit způsobilým pro realizaci stavby. Odstraníme překážky, srovnáme území, sejmutí ornice. Provádí se v celém areálu staveniště jako celek.

6.1.4 Odvodnění pozemku:

V *novele zákona 254/2001 Sb. o vodách* [3], který stanovuje povinnost zajistit zadržování atmosférických srážek. Na základě hydrogeologického posouzení, se navrhne odvodnění pozemku. Přednostně se volí způsob zasakování, který nelze využít všude. Při zhoršených vsakovacích podmínkách se volí vsakovací nádrže. V místech, kde je vysoká spodní voda nelze tyto nádrže použít, je to řešeno vsakovacím průlehem.



6.1.5 Oplocení:

Oplocení dělíme na vnější a vnitřní. Vnější oplocení, kterému se říká též areálové, slouží k zamezení přístupu osob a zvířat. U transformačních stanic se jedná o oplocení celkové výšky 2,5 m s podhrabovou deskou a jednostranným bavoletem osazeným žiletkovou spirálou, nebo ostnatým drátem. Vnitřní oplocení, kterému se říká též provozní, slouží k zamezení přístupu osob k zařízení, na které nemají dostatečnou kvalifikaci.

6.1.6 Konečná úprava terénu:

Po dokončení stavebních prací se provádí konečná úprava terénu. Jedná se o rozprostření ornice a její zatravnění. Provedení zámkové dlažby, štěrkových ploch. V případě, že ornice není plně využita, je předána příslušnému odboru životnímu prostředí pro další využití.

6.1.7 Vnější osvětlení:

Dělíme na osvětlení pochůzkové a pracovní osvětlení areálové. Úroveň osvětlení je zajištěna na základě výpočtu dle ČSN EN 12464-2 *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory*. [4]

Pochůzkové osvětlení zajišťuje osvětlení komunikací a chodníku tak, aby byl zajištěn bezpečný provoz mechanizace a pohyb osob ve večerních hodinách a nočních hodinách. Intenzita pochůzkového osvětlení je požadovaná 5 – 10 lx.

Pracovní osvětlení zajišťuje osvětlení technologie pro možnost provádět práci na zařízení i při snížené viditelnosti. Intenzita pracovního osvětlení je požadovaná 50 lx.

6.1.8 Zemní práce pro kabely

Tento stavební objekt zahrnuje provedení zemních prací pro trasy kabelů. Pro kabely VN se navrhuje kabelové rýhy 1,1 m pod konečnou úpravou terénu, aby po uložení do pískového lože měly krytí minimálně 0,9 m pod povrchem. Ve volném terénu se nad kabel umísťuje cihla nebo deska. Nad desky se umísťuje signální výstražná folie. Při umísťování pod komunikace je kabel uložen v chrániče.

Pro kabely NN se navrhuje hloubka výkopu 0,9 m, aby po uložení v pískovém loži měly krytí minimálně 0,7 m pod povrchem. Nad kabely, které jsou ve volném terénu, se umísťuje



signální výstražná folie. Kabely umístěné v komunikaci jsou uloženy v chráničce s minimálním krytím 0,9 m. Jedna z možností uložení kabelů NN je do chodníku, kde norma dovoluje minimální krytí 0,35 m od povrchu.

6.1.9 Zemní práce pro uzemnění:

Jedná se o výkopy pro uložení zemních pásků zemnicí soustavy a propojení jednotlivých zařízení. Když se zemnicí pásky uloží, je proveden zpětný zásyp a označení zemnicích prvků. Součástí zemnicí soustavy jsou uzemňovací jámky, kde se provádí měření. Hloubka výkopů pro hlavní zemnicí síť je 0,9 m pod konečnou úpravou terénu.

6.1.10 Kanalizace:

Dělíme na dešťovou, splaškovou a průmyslovou.

6.1.10.1 Dešťová kanalizace:

Dešťovou kanalizací je řešen odvod a likvidace dešťových vod ze střech objektů, zpevněných i nezpevněných komunikací a ploch v areálu a kabelovodů do retenčního objektu.

6.1.10.2 Splašková kanalizace:

Splašková kanalizace slouží k odvodu splaškových vod svodným potrubím. Splaškové potrubí je zaústěno buď do stávající kanalizace, nebo do bezodtokové vyvážecí jámky, která musí být v pravidelných intervalech vyvážena. Doporučuje se vybavit jámku snímačem hladiny, který nás při naplnění upozorní na nutnost vyvezení jámky.

6.1.10.3 Průmyslová kanalizace:

Průmyslová kanalizace slouží k odvodu průmyslových vod, které vznikají v průmyslových podnicích. Znečištění vody závisí na druhu průmyslu a použité technologii. Odpadní vody průmysl produkuje jednak z technologických vod použitých přímo ve výrobě nebo z chladících vod. V transformovnách se používá olejové potrubí na svedení uniklého oleje v případě havárie transformátoru nebo tlumivky do havarijní olejové jámky.



6.1.11 Havarijní jímky:

Nejčastěji jsou dnes používané havarijní jímky, které jsou součástí stání transformátorů a tlumivek a jsou dimenzované na 100 % oleje a průměrné dešťové srážky za tři měsíce. Aby nedošlo k přetečení těchto jímek, jsou vybaveny signalizací stavu hladiny vody, která je napojena na centrální řídicí systém.

6.1.12 Přívodní řád pitné vody:

U areálů, které jsou v blízkosti vodovodního řádu, dojde k napojení na stávající vodovodní potrubí. V případech, kde je areál umístěn daleko od vodovodního potrubí a je ekonomicky nevýhodné budovat vodovodní přípojku, řešíme přípojku studnou.

6.1.13 BSP a rozvodna VN:

Budova společných provozů je zděný objekt 1NP s částečným podsklepením pod rozvodnou VN, který je rozdělen do několika místností podle typu využití. Dříve byl několika-podlažní a to z důvodu kobkových rozvodů a stálé obsluhy. Dnes se u nových transformoven projektují BSP jako bezobslužné.

6.1.13.1 Rozvodna VN:

Místnost rozvodny VN je samostatná místnost, kde je samostatně umístěna VN technologie. Rozváděče jsou umístěny tak, aby splňovaly předepsané normy nebo doporučení výrobce na vzdálenost od ostatních předmětů (rozdávěčů, stěn apod.) Velikost uličky musí být dodržena, aby obsluha v případě nějaké poruchy mohla bezpečně opustit místnost s VN technologií. Pod VN rozvodnou je buď kabelový prostor, který se zvolí dle dovoleného ohybu kabelů, nebo kabelový suterén.

6.1.13.2 Rozvodna NN:

Místnost rozvodny NN je vybavena rozváděči pro vlastní spotřebu, střídačem a usměrňovačem. Velikost a rozsah se volí na základě kategorie transformovny a tím její důležitosti provozu. Pod touto místností je technologický prostor, tvořený převážně zdvojenou podlahou na základě normy *PNE 38 2157 Kabelové kanály, podlaží a šachty* [5].



6.1.13.3 Akumulátorovna:

Místnost slouží pro umístění baterií, které zajišťují napájení důležitých zařízení v transformovně, jako jsou ochrany a nouzové osvětlení. Umístění se volí tak, aby nebyla na slunné straně bez oken (ideálně na sever). Místnost musí být vybavena větráním dle ČSN EN IEC 62485-2 - *Bezpečnostní požadavky pro akumulátorové baterie a bateriové instalace - Část 2: Staniční baterie* [6] a podlahová krytina opatřena nátěrem proti působení elektrolytu. Vytápění místnosti je dle normy 15°C. Výrobce udává, že pro prodloužení životnosti baterie je vhodná teplota 20°C ± 2°C.

6.1.13.4 Místnost pro TVS:

Místnost je určena pro umístění transformátoru pro vlastní spotřebu. Opět je vhodné ji situovat na severní stranu a místnost nebude mít okna. Podlaha je opatřena betonovou stěrku s protiskluzovým nátěrem. Při použití transformátoru o větším výkonu než 1 MVA a množství oleje větší než 1 000 kg musí být pod transformátorem havarijní jímka. TVS je vhodné umístit do blízkosti rozvodny VN a rozvodny NN, aby byly co nejkratší kabelová propojení mezi jednotlivými zařízeními.

6.1.13.5 Místnost pro ochrany a řídicí systém:

V této místnosti jsou umístěné rozváděče centrálního řídicího systému, a ochrany. Místnost se doporučuje umístit tak, aby okna směřovala do rozvodny VVN. Pod místností je technologický prostor, který tvoří zdvojená podlaha dle *PNE 38 2157 Kabelové kanály, podlaží a šachty* [5] a na podlahovou krytinu je položeno antistatické linoleum. Minimální teplota v místnosti musí být 15°C

6.1.13.6 Kabelový prostor:

Je místnost pod rozvodnou VN, která je průchozí dle *PNE 38 2157 Kabelové kanály, podlaží a šachty* [5]. Do místnosti prochází kabely z venkovního prostoru kabelovými průchodkami, které jsou vodotěsné. Prostupy z kabelového prostoru do rozvodny VN po osazení kabeláže budou opatřeny protipožárními přepážkami.

6.1.13.7 Místnost pro uložení OOPP:

Místnost slouží k uložení zkratovacích soustav, náradí a materiálů pro údržbu a provoz transformovny a OOPP. Množství zkratovacích soustav a bezpečnostních tabulek je určeno normou *PNE 38 1981_ed.4 - Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky*



pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy [7]. Umístění místnosti se volí směrem k rozvodně VVN.

6.1.13.8 Místnost sociálního zázemí:

Jedná se o místnosti WC, úklidové místnosti. Pro transformovny se stálou obsluhou je i místnost sprchy.

6.1.14 Kabelové kanály a kabelovody:

Kabelovody v areálu transformovny jsou vedené rozvodnou VVN, kde v chráničkách vedou ovládací a napájecí kabely k jednotlivým přístrojům. Kabelovod je tvořen kabelovými komorami, které jsou vzájemně propojeny a zaústěny do budovy společných provozů.

6.1.15 Sklad požární techniky:

Na základě požárně bezpečnostního řešení stavby umístíme hasicí přístroje. Počet a typ hasicích přístrojů jsou navrženy podle použité technologie.

6.1.16 Komunikace:

Komunikace dělíme na vnitřní a vnější.

6.1.16.1 Vnější komunikace:

Je příjezdová komunikace k objektu transformovny napojená na stávající komunikaci, která je navrhovaná s ohledem na šíři a poloměr oblouku při přepravě silových transformátorů. Návrh komunikace je v souladu s *TP 170 Ministerstva dopravy ČR* [8].

6.1.16.2 Vnitřní komunikace:

Dělíme na komunikaci servisní a těžkou komunikaci. Těžká servisní komunikace je určena pro závoz silových transformátorů a je navržena na zatížení nápravy $Q_k = 100$ kN a její šíře je minimálně 6 m. Servisní obslužná komunikace slouží pro lehčí techniku při servisu, nebo výměnu přístrojů v rozvodně VVN. Návrh komunikace je v souladu s *TP 170 Ministerstva dopravy ČR* [8].

6.1.17 Montáž a demontáž nadzemního vedení VN:

Tento stavební objekt řeší výstavbu, výměnu, nebo odstranění venkovního vedení VN. Výměna vedení nevyžaduje rozhodnutí o umístění stavby, ani územní souhlas, pokud se



nemění její trasa a nedochází k změně ochranného pásma *zákon č. 183/2006 Sb.* [9]. . Dnes legislativa (až na určité výjimky) zakazuje výstavbu venkovního vedení. Nová vedení se dnes realizují jako vedení kabelová.

6.1.18 Montáž a demontáž podzemního vedení VN:

V tomto stavebním objektu jsou provedena kabelová vedení VN. Kabelové vedení VN je dnes nejběžnější pro výstavbu distribuční sítě na úrovni VN. Uložení kabelů musí respektovat trasy i ostatní infrastruktury *dle ČSN 73 6005* [10].

6.1.19 Stanoviště transformátorů a tlumivek:

Stání transformátorů a tlumivek jsou navrženy jako záchytné jímky a zároveň jako havarijní olejové jímky. Objem van je dimenzován pro zachycení celkového množství oleje transformátorů a tlumivek a na průměrný souhrn srážek za 3 měsíce. Havarijní jímky jsou vybaveny snímačem hladiny, který v případě naplnění vany kapalinou upozorní přes řídicí systém dispečink, který následně zajistí vyvezení. Na záchytných vanách jsou umístěny kolejnice, na kterých jsou transformátory a tlumivky umístěny. Pokud transformátory a tlumivky spolu těsně sousedí, jednotlivá stání se oddělují protipožární stěnou.

6.2 Provozní soubory:

6.2.1 Transformátory VVN/VN:

Jedná se o silový transformátor se třemi vinutími 110/22(35)/6,3 kV pro venkovní provedení. Jmenovitý výkon transformátorů je 25, 40, 50 nebo 63 MVA se zapojením YNyn0/d. Transformátor je umístěn na betonovém základu na koleje, které mají univerzální rozchod 1900 nebo 2500 mm. Chlazení transformátoru je ONAN/ONAF. Regulace napětí je provedena přepínačem odboček pod zatížením na straně 110 kV místně, nebo dálkově. Pro umístění transformátoru je nutné provést hlukovou studii, která určí maximální hladinu akustického výkonu. V zastavěných částech je nutné použít transformátory o nízkém akustickém výkonu a případně učinit další opatření. Návrh transformátoru musí odpovídat normě *ČSN EN 60076-1 – Výkonové transformátory* [11].



6.2.2 Tlumivky:

Jedná se o jednofázovou hermetizovanou olejovou zhášecí tlumivku pro kompenzaci kapacitního zemního proudu při zemním spojení sítě VN venkovního provedení. Výkon a napětí tlumivky se volí s ohledem na potřeby sítě. Tlumivka je navržena na krátkodobý provoz dvou hodin při jmenovitém zatížení. Chlazení tlumivky je ONAN. Tlumivka je osazena na betonovém stání. Provedení zhášecí tlumivky bude odpovídat ČSN EN 60076-6 - *Výkonové transformátory - Část 6: Tlumivky*. [12]

6.2.3 Sekundární odporník:

Jedná se o jednofázový vzduchem izolovaný odporník, který je určen pro zvyšování činné složky proudu v obvodu zhášecí tlumivky. Jmenovité napětí, proud a celkový odpor je určen na základě parametrů zhášecí tlumivky. Chlazení odporníku je navrženo AN. Provedení odporníku odpovídá normě ČSN EN 60076-6 - *Výkonové transformátory - Část 6: Tlumivky*. [12]

6.2.4 Transformátory VN/NN:

Jedná se o silové transformátory 22(35)/0,4 kV, které zajišťují napájení vlastní spotřeby. Jeden je zpravidla umístěn v budově společných provozů a napojen z rozvodny VN. Druhý je umístěn buď na betonovém sloupu, nebo v kiosku a je napájený z nezávislé linky, aby byla zajištěna energie (v případě výpadku, revize, nebo údržby).

6.2.5 Rozvodna VVN:

Podrobné dělení rozveden je již obsaženo v 2. kapitole.

6.2.6 Rozvodna VN:

Dělíme na venkovní a vnitřní. Venkovní rozvodna VN je v klasickém provedení, kde jako izolační médium je vzduch při atmosférickém tlaku. Vnitřní dělíme na kobkové provedení, skříňové provedení s izolací plynem SF₆ nebo vzduchem. Kobková rozvodna má výhodu, že při poruše na přístroji lze jednoduše vyměnit porouchaný přístroj a není zapotřebí vypínat celou rozvodnu. Je náročnější na prostor a proto se dnes již nové kobkové rozvodny nebudují. Pro výstavbu nových rozveden VN se dnes používají skříňové rozváděče.



Výhoda - nepotřebují tolik prostoru pro výstavbu. **Nevýhoda** - při poruše se musí vypnout celá nebo část rozvodny.

6.2.6.1 Jednosystémová rozvodna VN:

Je rozvodna s jedním systémem přípojníc s jedním vypínačem na odbočku s podélným dělením přípojníc na sekce. V distribučních transformovnách je vždy do každé sekce připojen jeden silový transformátor.

6.2.6.2 Dvousystémová rozvodna VN:

Je rozvodna se dvěma systémy přípojníc s jedním vypínačem na odbočku. Dále je vybavena příčnou a podélnou spojkou přípojníc. Používá se tam, kde je nutné rozdělit provoz z důvodu různých sítí (kabelové, venkovní), z důvodu omezení zkratových proudů, pro zlepšení kompenzace apod.

6.2.7 Řídicí systém

Zajišťuje místní nebo dálkové ovládání zařízení v rozvodně. Monitoruje a vyhodnocuje informace o poruchových a provozních stavech. Umožňuje parametrizaci a spouštění jednotlivých ochran v rozvodně. Na základě parametrů reguluje napětí transformátorů VVN/VN, dokáže nastavit zhášecí tlumivky. Rozváděče řídicího systému jsou umístěny v domku ochran nebo v samostatné místnosti v BSP.

6.2.8 Ochrany

Jedná se o rozváděče ochran, které jsou umístěné v budově společných provozů nebo v domcích ochran, které jsou umístěny u jednotlivých polí rozvodny VVN. Jedná se o různé typy ochran pro rozvodnu 110 kV. Ochrany pro VN jsou umístěny v NN nástavbách rozváděčů VN.

6.2.9 Vlastní spotřeba

Slouží k zajištění bezpečného provozu. Vlastní spotřeba se volí podle důležitosti rozvodny. U rozvodny VVN jsou zpravidla dva transformátory VN/NN, které jsou napájeny z na sobě nezávislých linek. Vývody z transformátorů VN/NN jsou zaústěny do rozváděče NN s automatickým záskokem. Důležité přístroje jsou napájeny DC napětím, které jsou zálohované bateriemi. Rozváděče NN jsou umístěné v budově společných provozů.



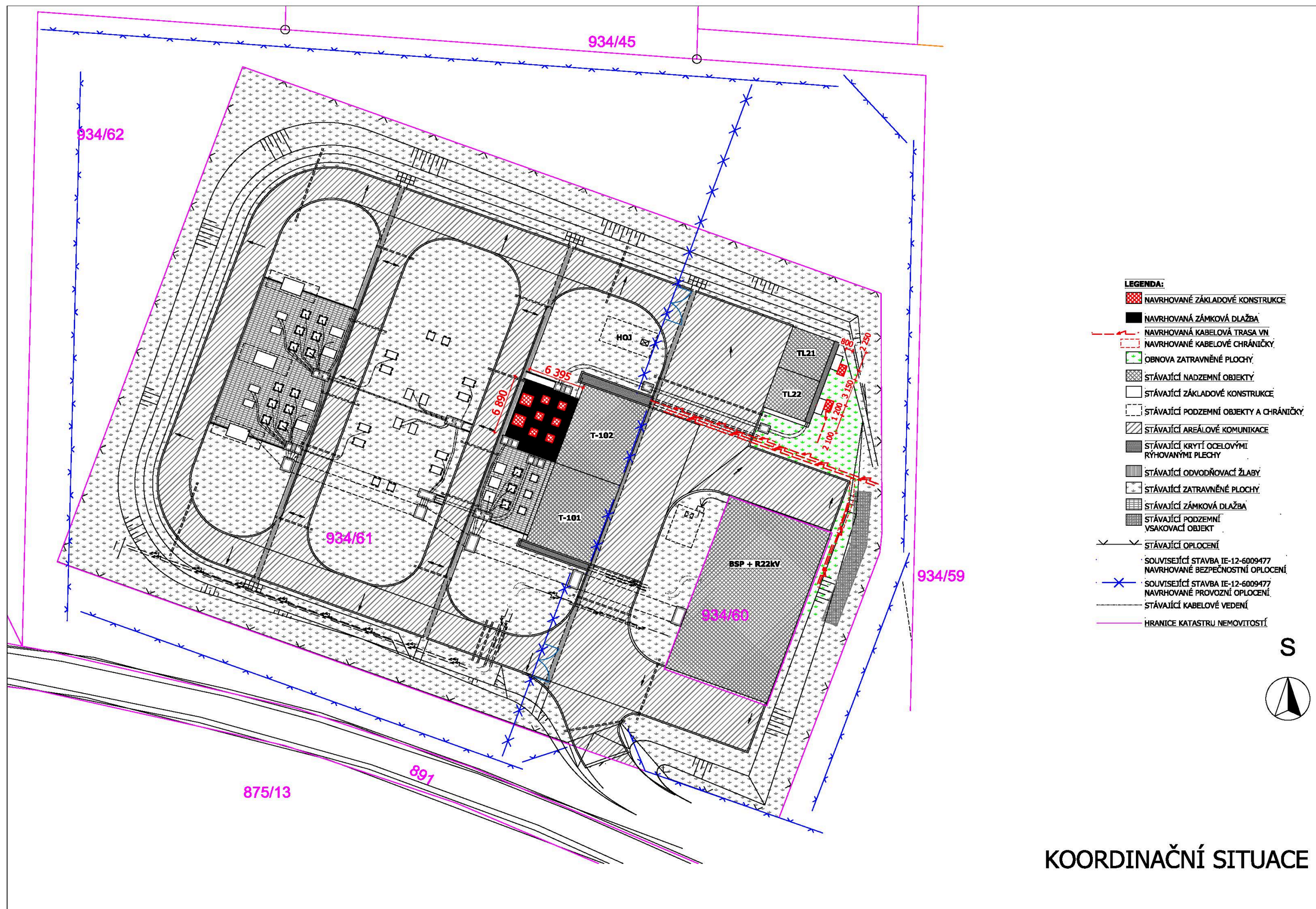
6.3 Dokumentace pro provádění stavby - vzorový příklad:

Členění projektové dokumentace:

- A. Průvodní zpráva – viz. kap. 5.2
- B. Souhrnná technická zpráva – viz. Kap. 5.3
- C. Situace stavby – viz. kap. 5.4 Výkres obsahující stavbu umístěnou v katastrální mapě a její napojení na stávající infrastrukturu - obr. č. 6.1
- D. Dokumentace objektů

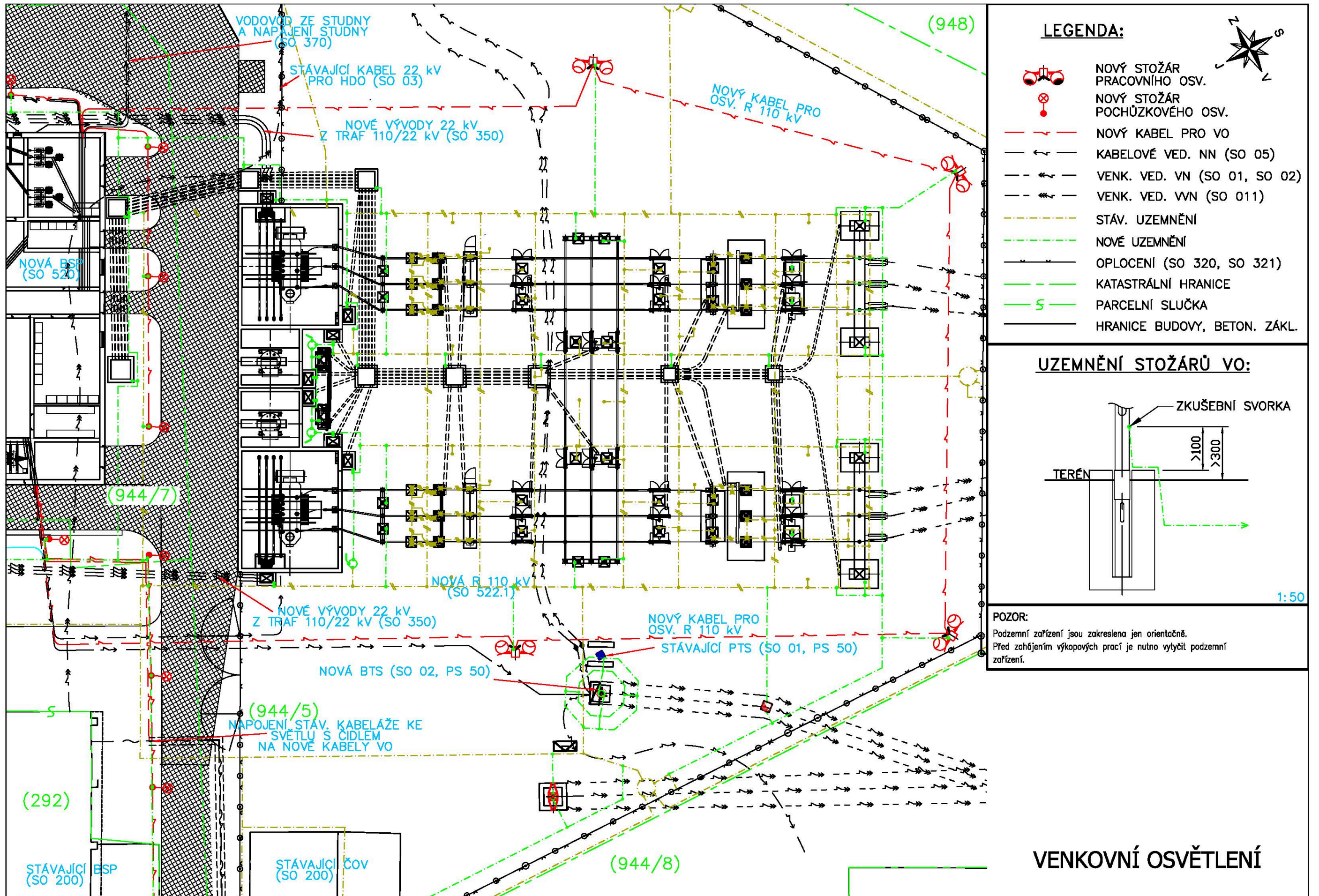
D.1 Stavební část:

- SO 01 Demontáž nadzemního vedení 22 kV – vit. 6.1.17
- SO 02 Montáž nadzemního vedení 22 kV - vit. 6.1.17
- SO 03 Demontáž podzemního vedení 22 kV – viz 6.1.18
- SO 04 Montáž podzemního vedení 22 kV – viz 6.1.18
- SO 200 Demolice – viz. 6.1.1
- SO 310 Sejmutí ornice – viz. 6.1.2
- SO 311 Hrubé terénní úpravy – viz. 6.1.3
- SO 312 Odvodnění pozemku – viz. 6.1.4
- SO 320 Oplocení venkovní – viz. 6.1.5
- SO 321 Oplocení provozní - – viz. 6.1.5
- SO 330 Konečná úprava terénu - – viz. 6.1.6
- SO 340 Vnější osvětlení - – viz. 6.1.7 výkres, na kterém je zakresleno venkovní osvětlení obr. č. 6.2
- SO 350 Zemní práce pro kabely VN – viz. 6.1.8 a 6.1.18
- SO 353 Zemní práce pro uzemnění – viz. 6.1.9, výkres, na kterém je zakresleno uzemnění příhradových stožárů. obr. č. 6.3
- SO 360 Kanalizace dešťová – viz. 6.1.10.1
- SO 361 Kanalizace splašková – viz. 6.1.10.2
- SO 370 Přívodní řad pitné vody – viz. 6.1.12
- SO 511.1 Stanoviště transformátoru kryté – viz. 6.1.13
- SO 511.2 Stanoviště tlumivek kryté – viz. 6.1.19
- SO 520 BSP a rozvodna VN – viz. 6.1.13
- SO 522.1 Venkovní rozvodna 110 kV – viz. 6.2.5
- SO 527 Kabelové kanály a kabelovody – viz. 6.1.14

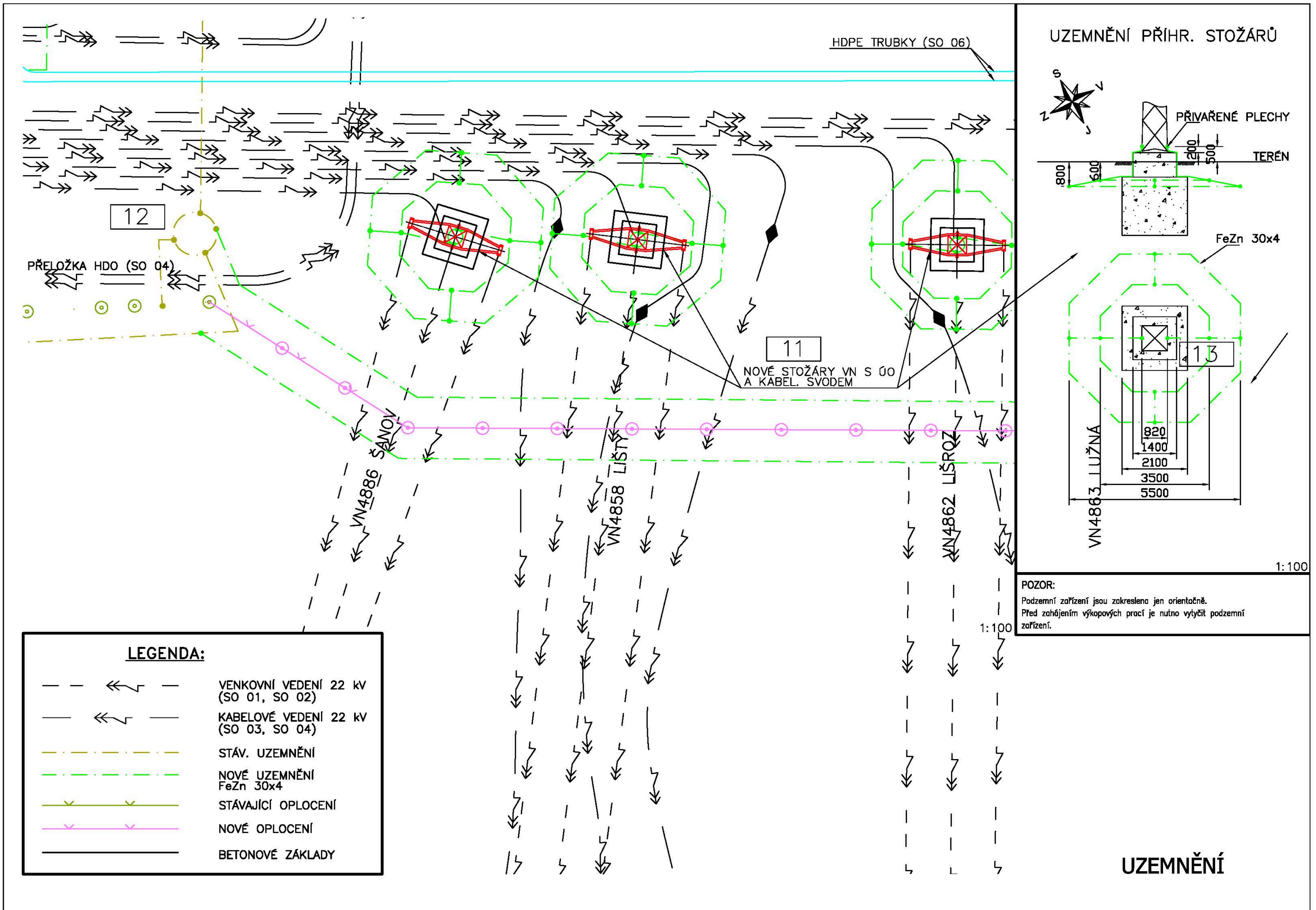


KOORDINAČNÍ SITUACE

obr. č. 6.1 Koordinační situace [16]



obr. č. 6.2 Venkovní osvětlení [16]



obr. č. 6.3 Uzemnění [16]



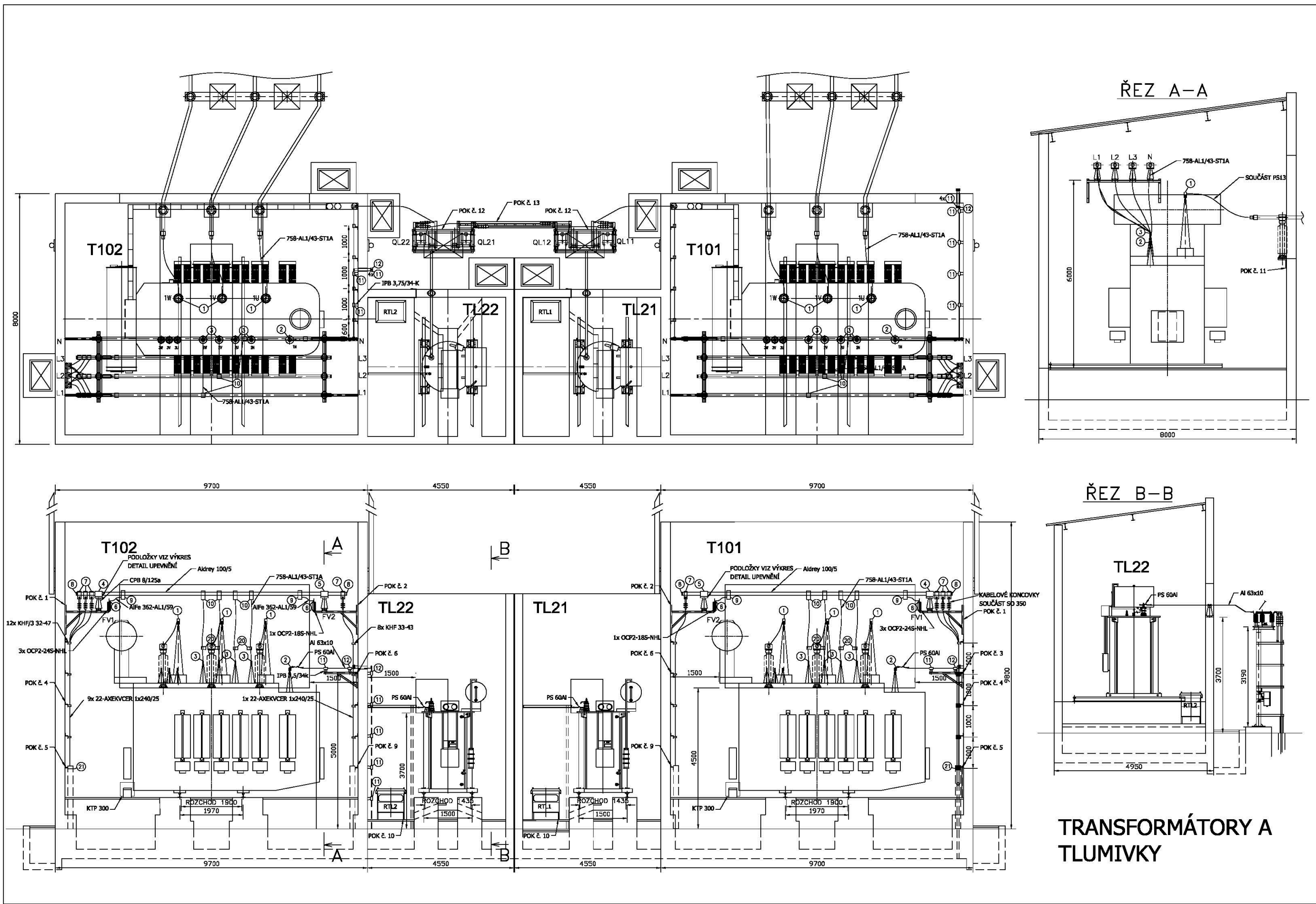
D.2 Provozní soubory:

PS 03	Transformátory s vyšším napětím 110 kV – výkres se stáním transformátoru a tlumivky. viz kapitola 6.2.1 - obr. č. 6.4
PS 05	Transformátory 22 kV – Jedná se o transformátory VN/NN pro vlastní spotřebu. obr. č. 6.5
PS 10	Rozvodna 22 kV – viz. 6.2.6 – výkres rozvodny 22 kV je na obr. č. 6.6 a obr. č. 6.7
PS 13	Rozvodna 110 kV – viz kap. 2 – výkres dispozice rozvodny obr. č. 6.8 a obr. 6.9
PS 30	Řídicí systém, ochrany – viz 6.2.7 a 6.2.8
PS 50	Vlastní spotřeba – viz. 6.2.9 - výkres schéma vlastní spotřeby viz. obr. č 6.10

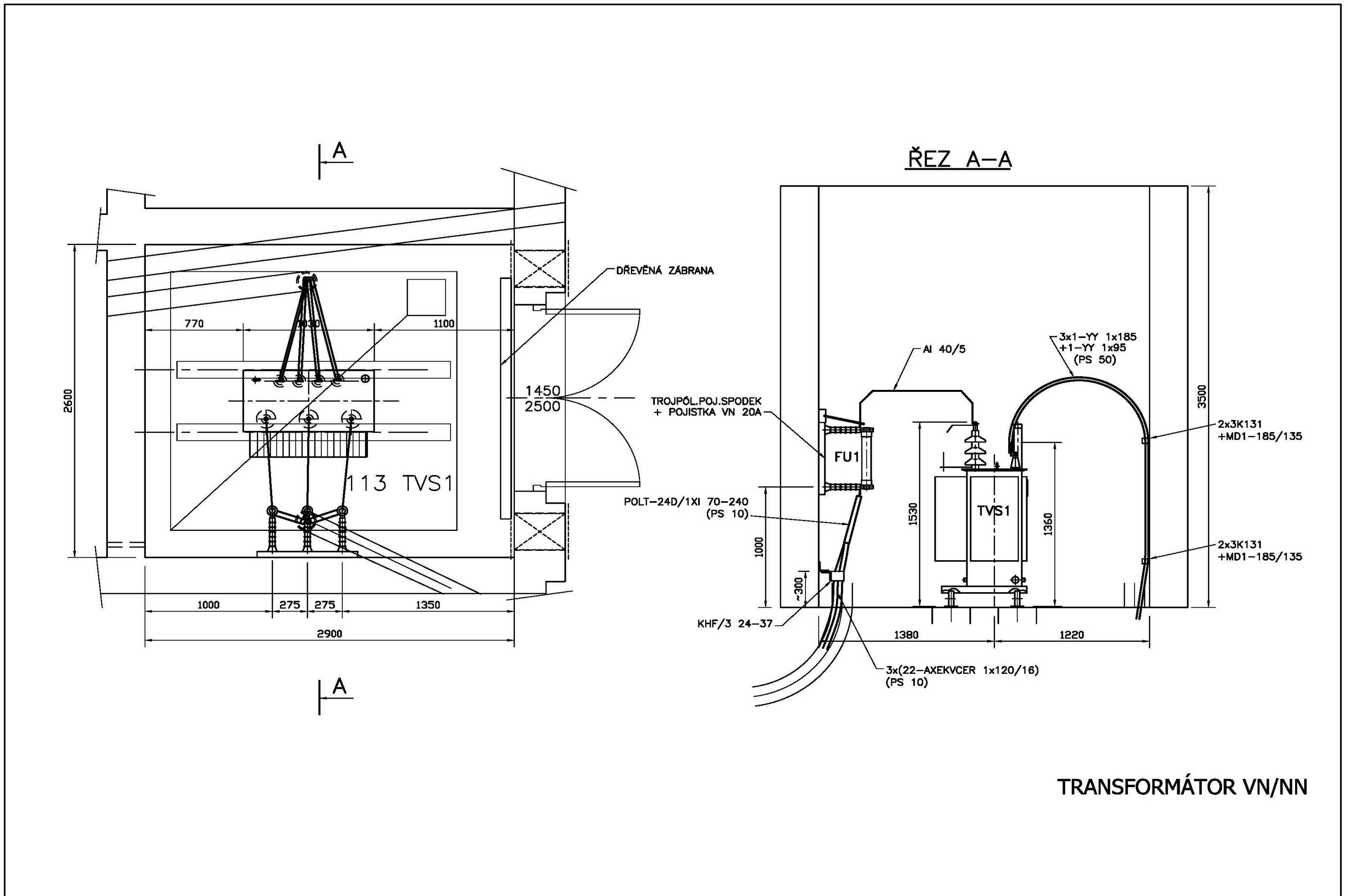
E. Harmonogram – popisuje postup prací. viz obr. č. 6.11

F. Dokladová část – v této složce jsou vyjádření veškerých dotčených úřadů a majitelů sítí.

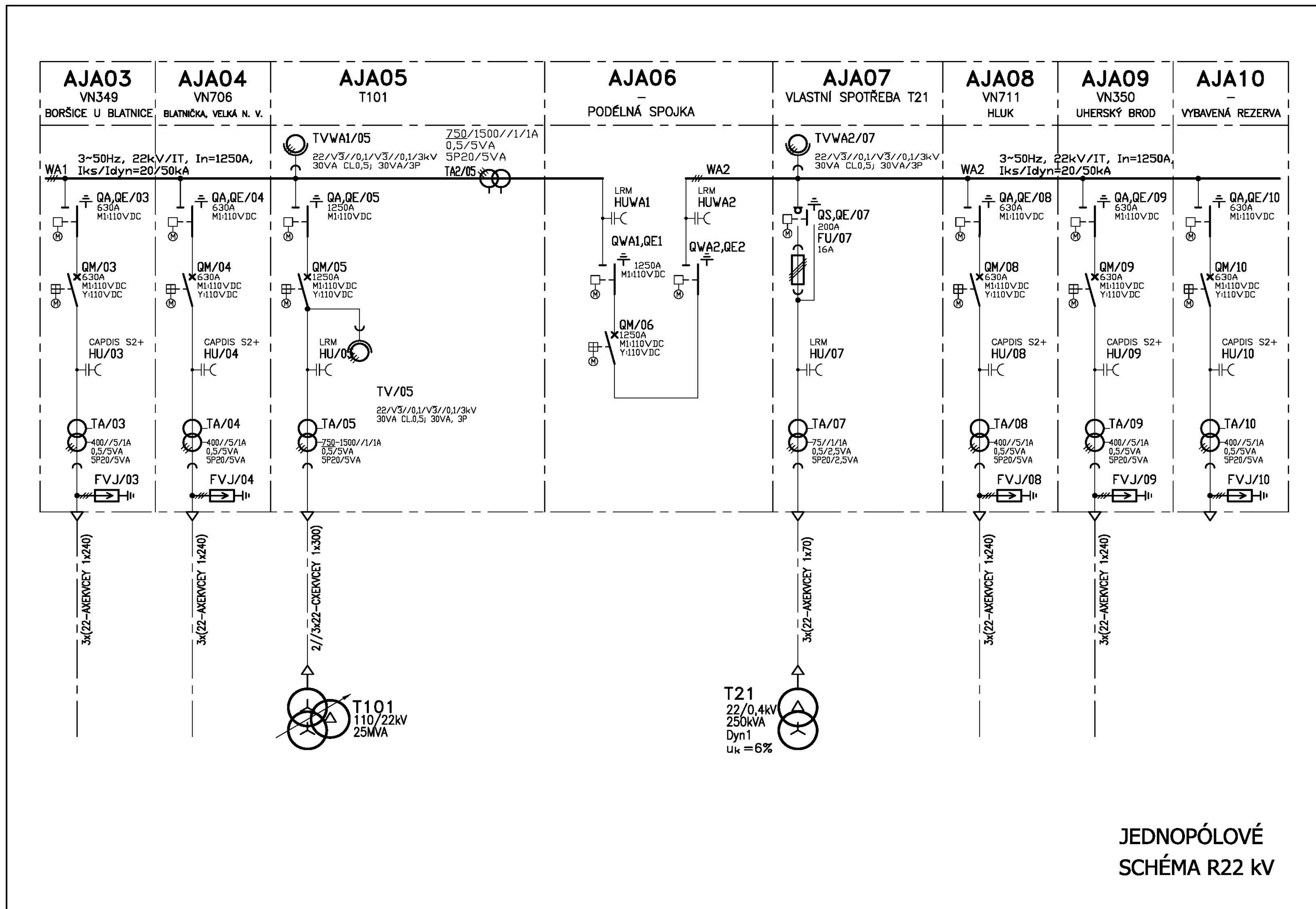
G. Rozpočet



obr. č. 6.4 Transformátory a tlumivky [16]

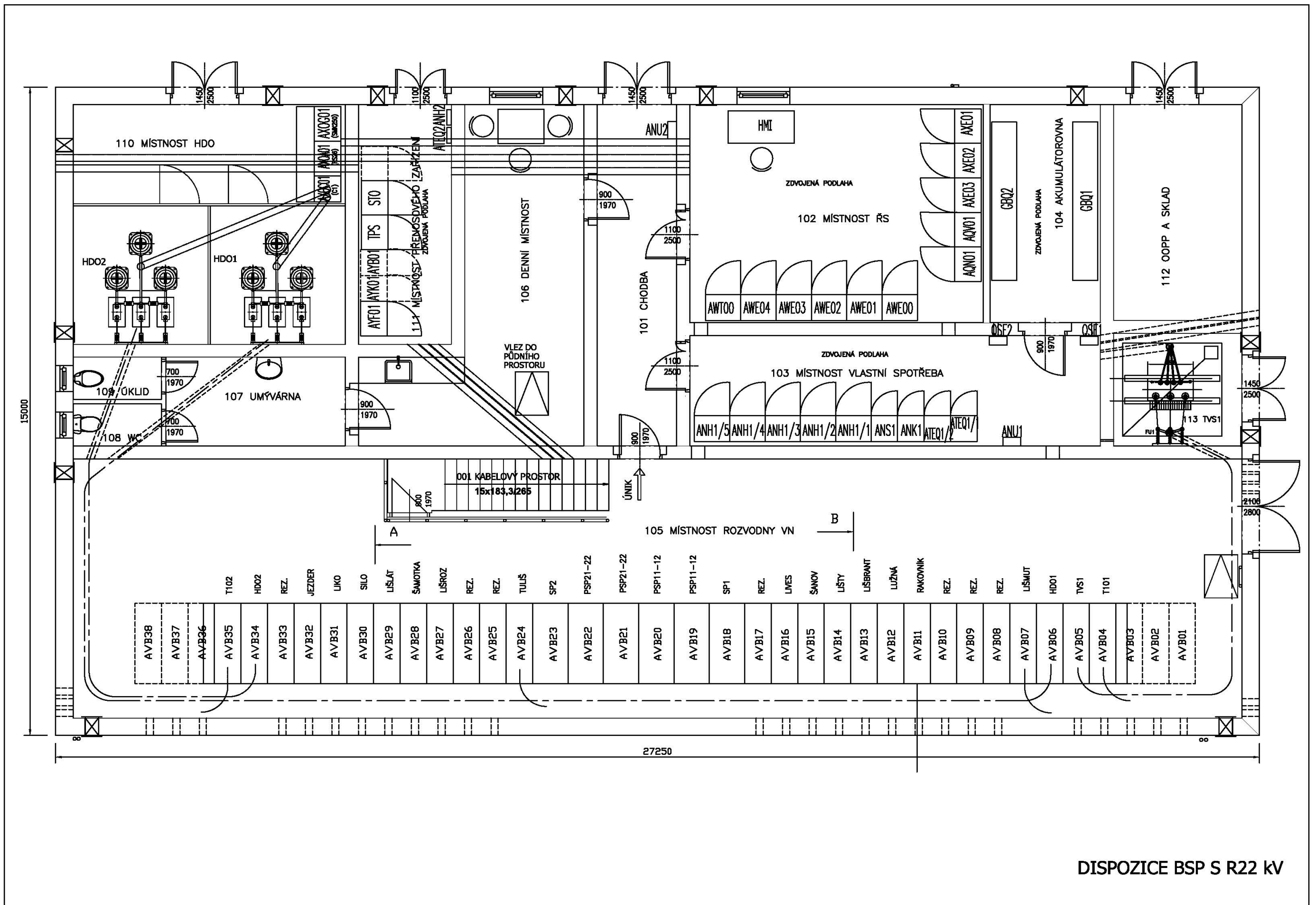


obr. č. 6.5 Transformátor VN/NN [16]



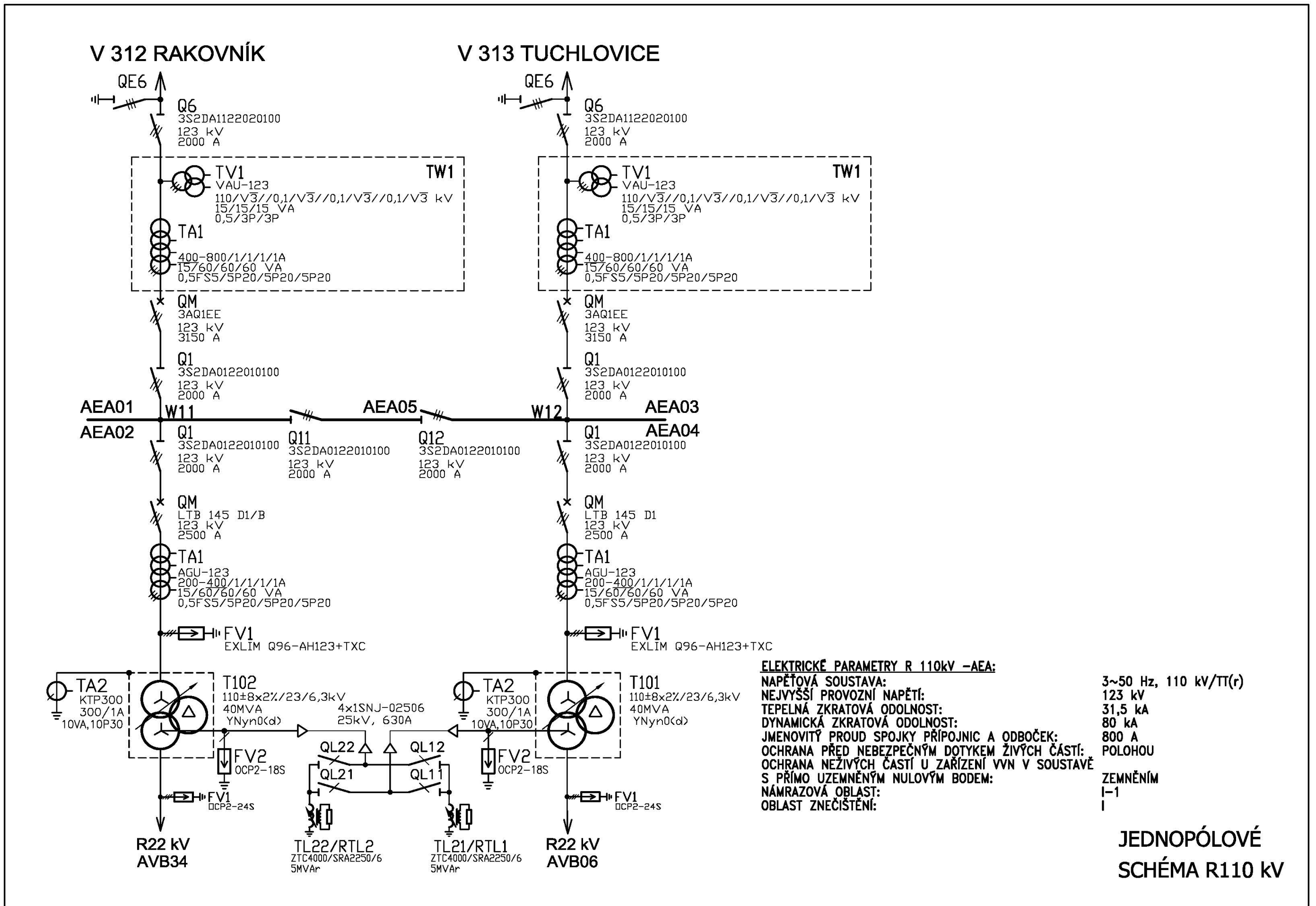
JEDNOPÓLOVÉ
SCHÉMA R22 KV

obr. č. 6.6 Jednopolové schéma R22 kV [16]

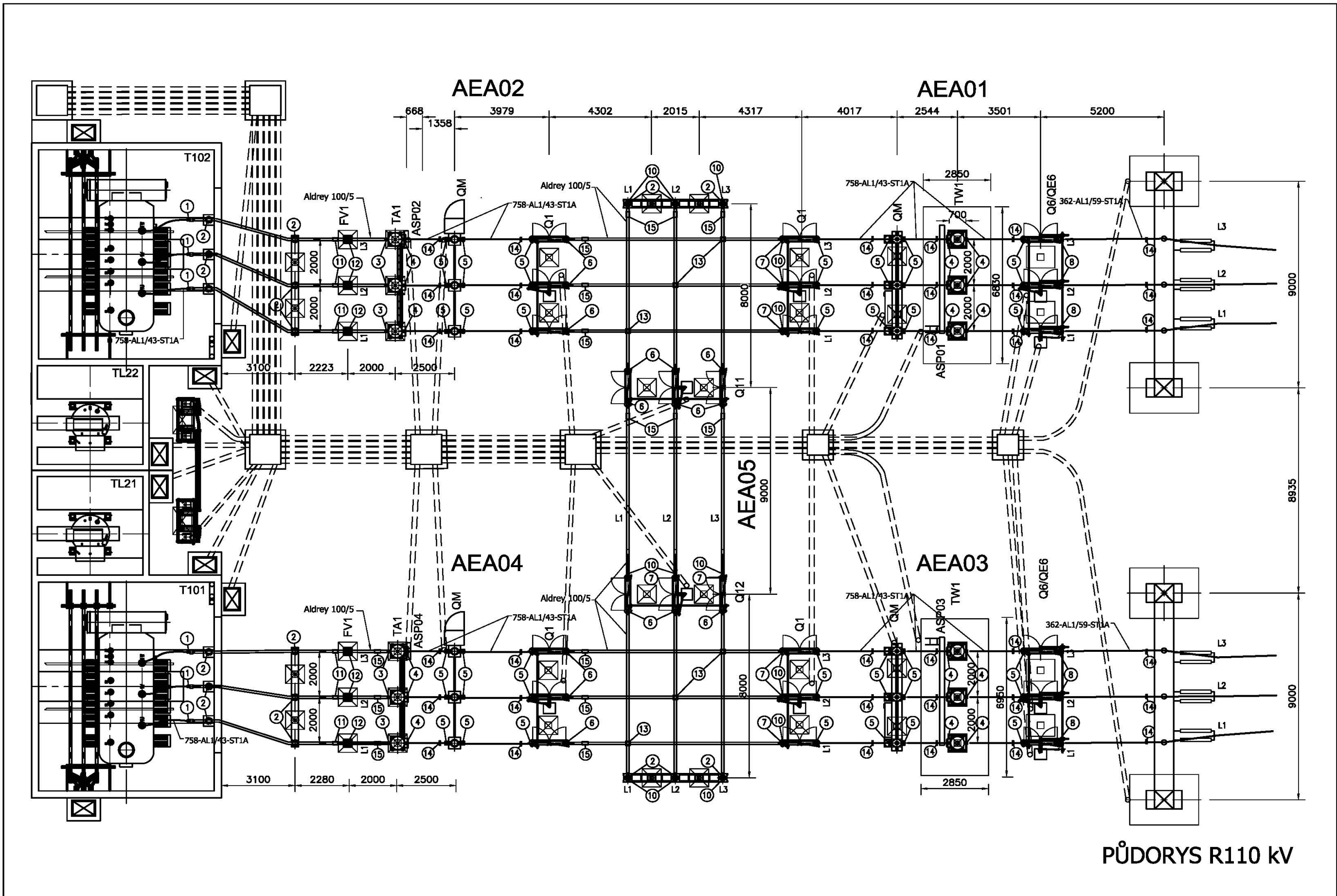


DISPOZICE BSP S R22 KV

obr. č. 6.7 Dispozice BSP [16]

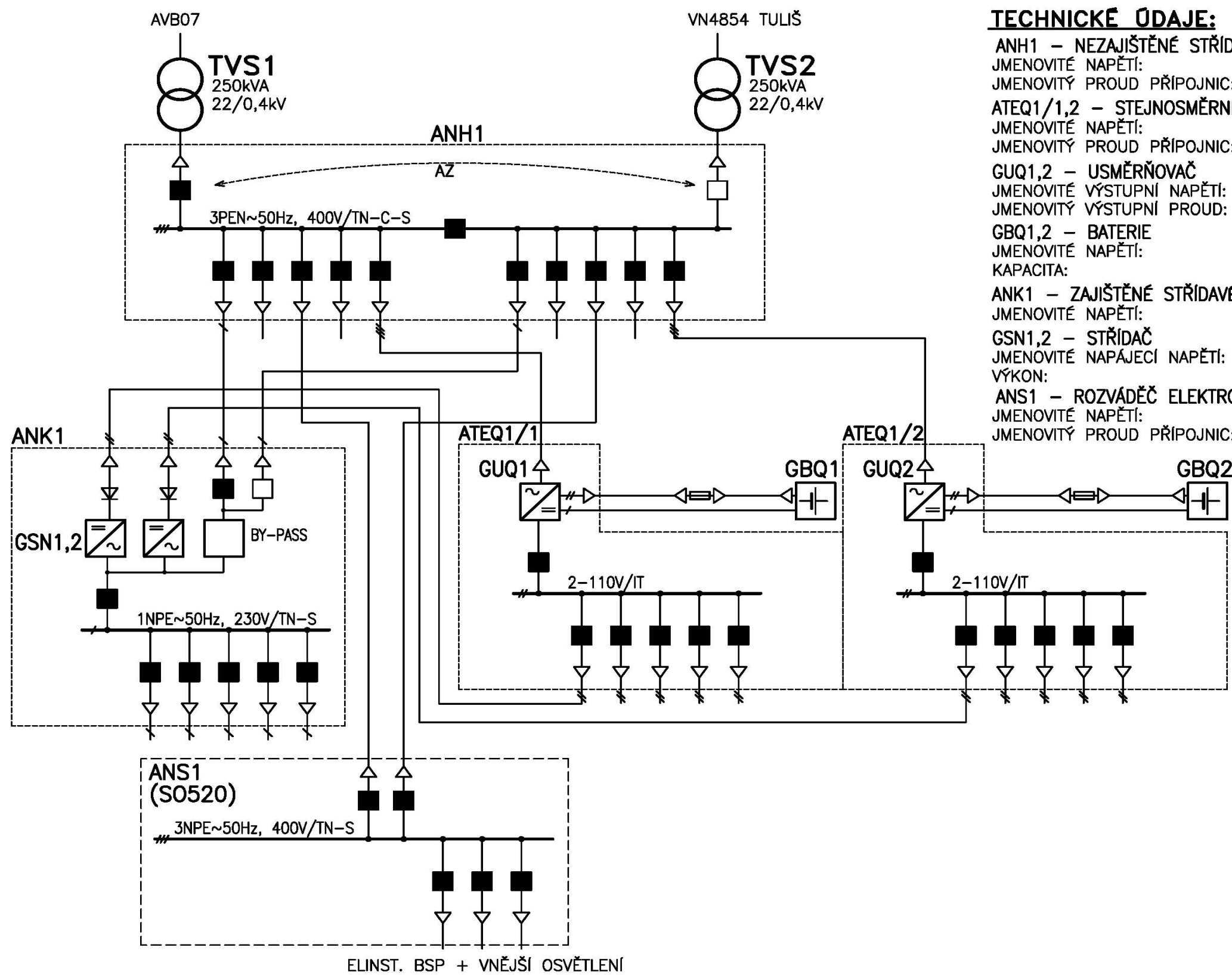


obr. č. 6.8 Jednopolové schéma R110 kV [16]



PŮDORYS R110 kV

obr. č. 6.9 PŮdorys R110 kV [16]



TECHNICKÉ ÚDAJE:

- ANH1 – NEZAJIŠTĚNÉ STŘÍDAVÉ NAPÁJENÍ**
 JMENOVITÉ NAPĚTÍ: 3PEN~50Hz, 400V/TN-C-S
 JMENOVITÝ PROUD PŘÍPOJNIC: 400A
- ATEQ1/1,2 – STEJNOSMĚRNÉ NAPÁJENÍ 110V**
 JMENOVITÉ NAPĚTÍ: 2 – 110V/IT
 JMENOVITÝ PROUD PŘÍPOJNIC: 100A
- GUQ1,2 – USMĚRŇOVAČ**
 JMENOVITÉ VÝSTUPNÍ NAPĚTÍ: 110V, DC
 JMENOVITÝ VÝSTUPNÍ PROUD: 90 A
- GBQ1,2 – BATERIE**
 JMENOVITÉ NAPĚTÍ: 110V, DC
 KAPACITA: 116 Ah
- ANK1 – ZAJIŠTĚNÉ STŘÍDAVÉ NAPÁJENÍ**
 JMENOVITÉ NAPĚTÍ: 1NPE~50Hz, 230V/TN-S
- GSN1,2 – STŘÍDAČ**
 JMENOVITÉ NAPÁJECÍ NAPĚTÍ: 110V, DC
 VÝKON: 2,5 kVA
- ANS1 – ROZVÁDĚČ ELEKTROINSTALACE**
 JMENOVITÉ NAPĚTÍ: 3NPE~50Hz, 400V/TN-S
 JMENOVITÝ PROUD PŘÍPOJNIC: 100A

VLASNÍ SPOTŘEBA

obr. č. 6.10 Vlastní spotřeba [16]



7. Dimenzování přístrojů a vodičů

Při použití zařízení v první řadě dimenzujeme na základě proudové zatížitelnosti. Pro výběru vodičů a zařízení musíme zkontrolovat výpočtem, zda dané zařízení vyhovuje na základě dynamických účinků v případě zkratů. U nových rozveden se dnes většinou navrhuji pevné vodiče (trubky, pasovina). V mé práci se zaměřím na výpočet účinků zkratových proudů na vodiče trubkové.

Na základě zkratového výpočtu [13]:

Pomocí výpočetních metod uvedených v této normě je možné určit:

- *namáhání tuhých vodičů*
- *tahové síly v ohebných vodičích*
- *síly na izolátory a nosné konstrukce, které se mohou namáhat ohybem, tahem, nebo tlakem*
- *výchylky ohebných vodičů v rozpětí*
- *oteplení vodičů*

Elektromagnetické síly ve vodičích jsou způsobeny proudy, které jimi procházejí. Pokud tyto elektromagnetické síly působí na souběžné vodiče, tak vyvolávají namáhání, které se musí ve stanicích uvažovat. Proto:

- *síly mezi souběžnými vodiči jsou stanoveny dále v následujících člancích.*
- *složky elektromagnetických sil vznikající ve vodičích s ohyby a/nebo kříženími se mohou obvykle zanedbat.*

V případě zapouzdřených systémů se může brát v úvahu změna elektromagnetických sil mezi vodiči způsobená magnetickým stíněním. Kromě toho se však musí vzít v úvahu síly působící mezi každým vodičem a jeho zapouzdřením a mezi zapouzdřeními.

Pokud je délka rovnoběžných vodičů podstatně větší než jejich vzájemná vzdálenost, rovnoměrné rozdělení sil podél vodičů bude dáno vztahem:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} i_1 i_2 \frac{l}{a} [N] \quad (7.1)$$

i_1 a i_2 . . . okamžité hodnoty proudů [A]

μ_0 . . . permeabilita vakua [H/m]



l . . . osová vzdálenost mezi podpěrami [m]

a . . . osová vzdálenost mezi vodiči [m]

Pro proudy ve dvou vodičích protékající stejným směrem jsou výsledné síly přitažlivé a pro proudy opačných směrů odpudivé.

7.1 Uspořádání s tuhými vodiči

Tuhé vodiče mohou být uchyceny různými způsoby, buď pevnými nebo prostými podpěrami nebo kombinací obou způsobů. V závislosti na typu podpěr a jejich počtu se budou namáhání vodičů a síly na podpěry lišit při stejném zkratovém proudu. Příslušné rovnice rovněž zahrnují pružnost podpěr.

Namáhání vodičů a síly na podpěry závisejí rovněž na poměru mezi vlastním kmitočtem mechanické soustavy a kmitočtem elektrické soustavy. Například v případě rezonance nebo stavu blízkém rezonanci se mohou namáhání a síly v daném systému zvýšit. Je-li $f_{cm}/f < 0,5$, pak se odezva systému snižuje a maximální namáhání jsou v krajních fázích.

7.1.1 Výpočet elektromagnetických sil

7.1.1.1 Výpočet vrcholové síly mezi hlavními vodiči při trojfázovém zkratu

V trojfázové soustavě s hlavními vodiči uspořádanými ve stejné osově vzdálenosti v jedné rovině působí maximální síla při trojfázovém zkratu na střední hlavní

vodič a je dána vztahem:

$$F_{m3} = \frac{\mu_0 \sqrt{3}}{2\pi} \frac{i_p^2 l}{a_m} [N] \quad (7.2)$$

i_p . . . vrcholová hodnota zkratového proudu v případě souměrného trojfázového zkratu [A]

l . . . maximální osová vzdálenost mezi podpěrami [m]

a_m . . . účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči [m]

7.1.1.2 Výpočet vrcholové síly při zkratu mezi dvěma hlavními vodiči:

Maximální síla působící na vodiče vedoucí zkratový proud při zkratu mezi dvěma vodiči trojfázové soustavy, nebo jednofázové dvouvodičové soustavy je dána vztahem:



$$F_{m2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{i_p}{n}\right)^2 \frac{l_s}{a_s} [N] \quad (7.3)$$

i_p . . . vrcholová hodnota zkratového proudu v případě dvojfázového zkratu [A]

l . . . maximální osová vzdálenost mezi podpěrami [m]

a_m . . . účinná vzdálenost mezi hlavními vodiči [m]

7.1.2 Výpočet namáhání tuhých vodičů

7.1.2.1 Výpočet namáhání

Vodiče musí být upevněny takovým způsobem, aby osové síly byly zanedbatelné. Za tohoto předpokladu mají působící síly charakter ohybových sil a ohybové namáhání vyvolané silami mezi hlavními vodiči je dáno vztahem:

$$\sigma_{m,d} = V_{\sigma m} V_{r m} \beta \frac{F_m l}{8W_m} [N \cdot m^{-2}] \quad (7.4)$$

kde F_m je buď hodnota F_{m3} pro trojfázové soustavy podle rovnice (7.2) nebo F_{m2} pro jednofázové dvouvodičové soustavy podle rovnice (7.3).

$\sigma_{m,d}$. . . Ohybové napětí mezi dvěma vodiči [Pa]

β . . . součinitel pro výpočet namáhání hlavního vodiče [-]

W_m . . . je průřezový modul hlavního vodiče a vypočítá se s ohledem na směr sil mezi hlavními vodiči. [m³]

Namáhání v ohybu způsobené silami mezi dílčími vodiči je dáno vztahem:

$$\sigma_{s,d} = V_{\sigma s} V_{r s} \frac{F_s l_s}{16W_s} [N \cdot m^{-2}] \quad (7.5)$$

W_s . . . je průřezový modul hlavního vodiče a vypočítá se s ohledem na směr sil mezi dílčími vodiči. [m³]

$V_{\sigma s}$, $V_{\sigma m}$, $V_{\sigma s}$ a $V_{r s}$. . . jsou součinitele respektující dynamické působení a J je součinitel závislý na typu a počtu podpěr. Maximální možné hodnoty se určí z tabulky 2 (obr. 7.1) a součinitel β se určí z tabulky 3 (obr. 7.2 str. 69).

7.1.2.2 Dovolené namáhání vodiče

Jednoduchý vodič je odolný vůči působení zkratových sil, jestliže je splněna následující podmínka:



$$\sigma_{m,d} \leq q f_y \quad (7.6)$$

q . . . součinitel plasticity [-]

f_y . . . minimální hodnota meze průtažnosti materiálu [$N \cdot m^{-2}$]

7.1.3 Výpočet sil na podpěry tuhých vodičů

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

$$F_{r,d} = V_F V_{rm} \alpha F_m [N] \quad (7.7)$$

kde F_m je buď hodnota F_{m3} pro trojfázové soustavy nebo se použije F_{m2} pro jednofázové dvou vodičové soustavy.

Maximální možné hodnoty $V_F V_{rm}$ se vezmou z tabulky 2 (obr. 7.1 str. 68).

Součinitel α závisí na typu a počtu podpěr a bere se z tabulky 3 (obr. 7.2 str. 69).

Síla $F_{r,d}$ nesmí být větší než výdržná hodnota uvedená výrobcem podpěr a izolátorů. Pro ohybové namáhání izolátoru se jmenovitá výdržná hodnota udává jako síla působící na hlavu izolátoru.

α . . . součinitel pro výpočet síly na podpěru [-]

7.1.4 Automatické opětné zapínání

Pro tuhé vodiče se musí při výpočtu uvažovat automatické opětné zapínání, pokud je použito trojfázové automatické opětné zapínání.

V sítích s trojfázovým automatickým opětným zapínáním se projevují během prvního a druhého průchodu proudu rozdílná mechanická namáhání. Při průchodu těchto dvou proudových toků mohou tedy působit na podpěry rozdílné síly. Proto se síla $F_{r,d}$ vypočítá následovně:

- Výpočet $\sigma_{tot, d}$ podle 8.2 při $V_{\sigma m} V_{rm}$, $V_{\sigma s} V_{rs}$ z tabulky 2 (obr. 7.1 str. 69) pro první průchod proudu a určení $V_F V_{rm}$ z tabulky 2 (obr. 7.2 str. 69).
- Výpočet $\sigma_{tot, d}$ podle 8.2 při $V_{\sigma m} V_{rm}$, $V_{\sigma s} V_{rs}$ z tabulky 2 (obr. 7.1 str. 68) pro druhý průchod proudu a určení $V_F V_{rm}$ z tabulky 2 (obr. 7.2 str. 69).
- Výpočet $F_{r,d}$ podle rovnice s maximální hodnotou $V_F V_{rm}$ z těchto dvou průchodů proudů.



7.1.5 Výpočet se zvláštním ohledem na kmitání vodiče

Vztahy v 7.1.2 a 7.1.3 obsahující součinitele $V_{\sigma m}$, $V_{\sigma s}$, V_F , $V_{r m}$ a $V_{r s}$, které respektující kmitavý charakter namáhání a sil. Horní meze těchto součinitelů jsou uvedeny v tabulce 2 (obr. 7.1 str. 68). Je přípustné použití nižších hodnot, jsou-li odhadnuty podle tohoto článku. Při výpočtu vlastního kmitočtu je nezbytné vzít v úvahu přesnost údajů.

7.1.5.1 Určení vlastního kmitočtu

Vlastní kmitočet vodiče lze vypočítat podle vztahu:

$$f_{cm} = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E J_m}{m'_m}} [Hz] \quad (7.8)$$

γ . . . závisí na typu a počtu podpěr a je uveden v tabulce 3. [-]

E . . . modul pružnosti v tahu [$N \cdot m^{-2}$]

J_m . . . moment setrvačnosti plochy průřezu hlavního vodiče [m^4]

m'_m . . . hmotnost hlavního vodiče na jednotku délky [$kg \cdot m^{-1}$]

7.1.5.2 Součinitele V_F , $V_{\sigma r}$, $V_{\sigma s}$, $V_{r m}$ a $V_{r s}$:

Součinitele V_F , $V_{\sigma r}$, $V_{\sigma s}$, $V_{r m}$ a $V_{r s}$ jako funkce poměrů f_{cm} / f a f_{cs} / f , kde f je kmitočet sítě, se nepatrně liší, jde-li o trojfázový zkrat nebo zkrat mezi dvěma hlavními vodiči a závisí rovněž na mechanickém tlumení vodičovou soustavou. Pro praktické výpočty se tyto součinitele určí z obrázku 4 (obr. 7.4 str. 70).

Pro trojfázové automatické opětné zapínání se musí součinitele $V_{r m}$ a $V_{r s}$ určit z obrázku 5 (obr. 7.5 str. 70), v ostatních případech $V_{r m} = 1$ a $V_{r s} = 1$.




Tabulka 2 – Maximální možné hodnoty $V_{om}V_{rm}$, $V_{os}V_{rs}$, V_FV_{rm}

Druh zkratu	Soustava			
	Bez trojfázového automatického opětovného zapínání	S trojfázovým automatickým opětovným zapínáním		
	$V_{om}V_{rm}, V_{os}V_{rs}$	$V_{om}V_{rm}, V_{os}V_{rs}$		
			V_FV_{rm}	
		První průchod proudem	Druhý průchod proudem	
Mezi dvěma vodiči	1,0	1,0	1,8	<p>2,0 pro $\frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y} \leq 0,5$ rozsah 1</p> <p>$\frac{0,8 f_y}{\sigma_{tot,d}}$ pro $0,5 < \frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y} < 1,0$ 2</p> <p>1,0 pro $1,0 \leq \frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y}$ 3</p>
Trojfázový zkrat	1,0	1,0	1,8	<p>2,7 pro $\frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y} \leq 0,37$ rozsah 1</p> <p>$\frac{0,8 f_y}{\sigma_{tot,d}}$ pro $0,37 < \frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y} < 1,0$ 2</p> <p>1,0 pro $1,0 \leq \frac{\sigma_{tot,d}}{0,8 f_y}$ 3</p>

obr. č. 7.1 Tabulka 2 – Maximální možné hodnoty V_{om} , V_{rm} , V_{rs} , V_{os} , V_FV_{rm} [13]



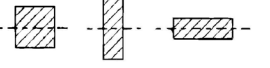
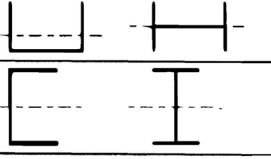

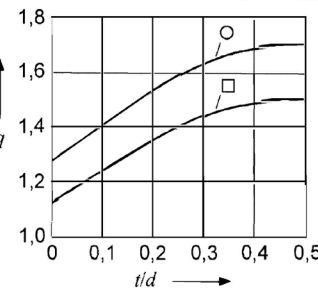
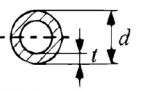
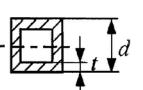
Tabulka 3 – Součinitelé α , β , γ pro různá uspořádání podpěr vodičů

Typ nosníku a způsob upevnění		α	β^*	γ
Nosník o jednom rozpětí	A a B: prosté podpory	 A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: pevná podpora B: prosté podpory	 A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	A a B: pevné podpory	 A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0,5$	3,56
Spojitý nosník s prostými podporami ve stejných vzdálenostech	Dvě rozpětí	 A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	Tři nebo více rozpětí	 A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0,73$	3,56

* Účinky plasticity jsou zahrnuty.

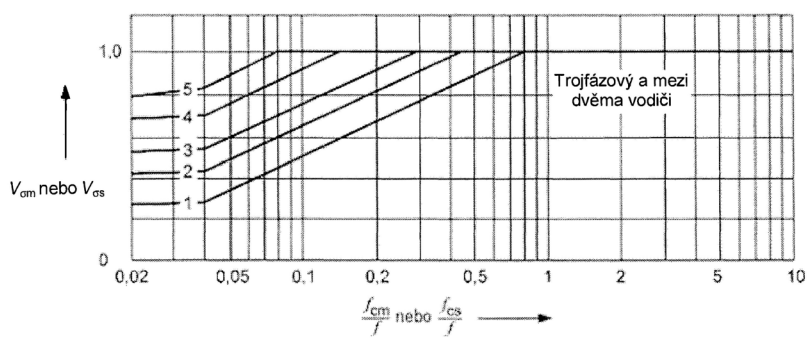
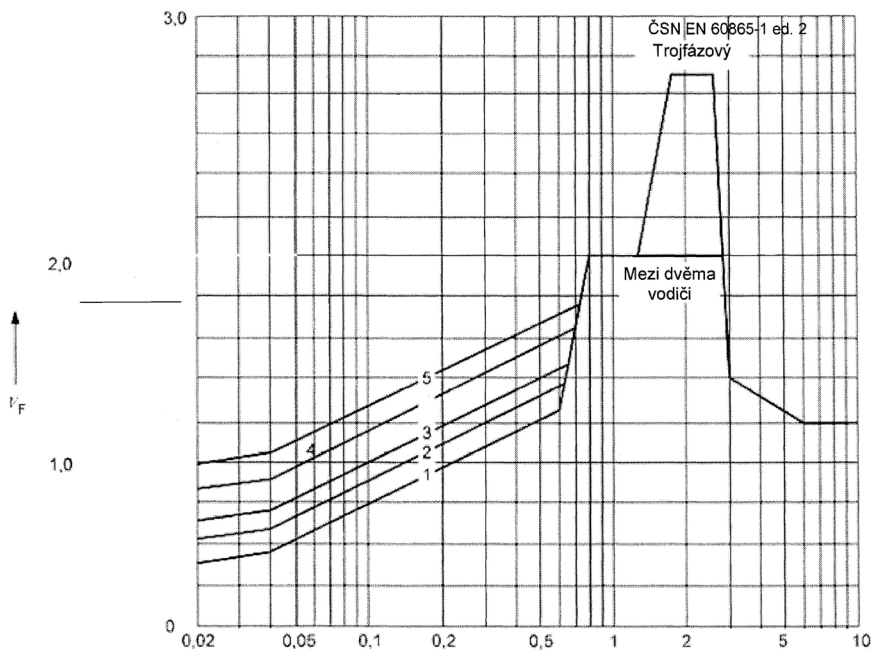
obr. č. 7.2 Tabulka 3 – Součinitelé α , β , γ pro různá uspořádání vodičů [13]

Tabulka 4 – Součinitel q

Průřez	Průřez
 $q = 1,5$	 $q = 1,83$ $q = 1,19$
 $q = 1,7$	
 $q = 1,7 \frac{1 - (1 - 2t/d)^3}{1 - (1 - 2t/d)^4}$	
 $q = 1,5 \frac{1 - (1 - 2t/d)^3}{1 - (1 - 2t/d)^4}$	

Součinitel q je vztažen k vyznačené ose průřezu. Síly jsou kolmé k této ose.

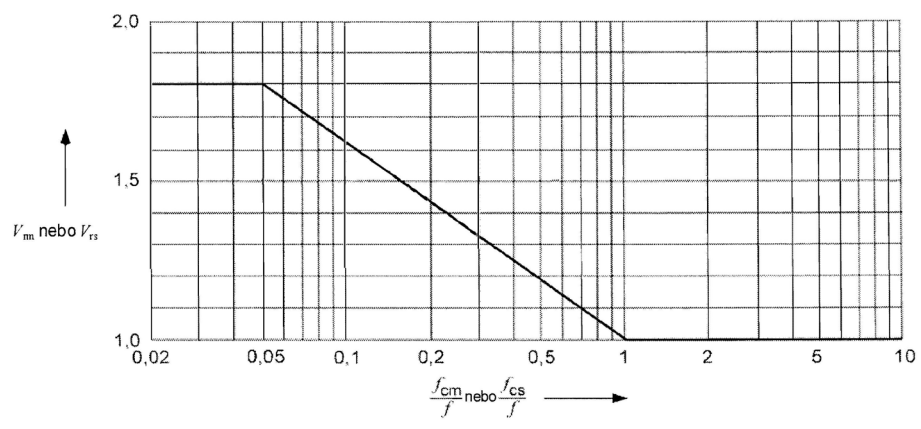
obr. č. 7.3 Tabulka 4 – Součinitel q [13]



- Legenda**
- | | | |
|-----------------|--------------|--------------|
| 1 $k \geq 1,60$ | 2 $k = 1,40$ | 3 $k = 1,25$ |
| 4 $k = 1,10$ | 5 $k = 1,00$ | |

Obrázek 4 – Součinitelé V_F , V_{om} a V_{os} , pro trojfázový zkrat a zkrat mezi dvěma vodiči

obr. č. 7.4 Součinitelé pro V_F , V_{om} , V_{os} [13]



Obrázek 5 – Součinitelé V_{rm} a V_{rs} , pro trojfázové automatické opětné zapnutí

obr. č. 7.5 Součinitelé pro V_{rm} , V_{rs} [13]



7.2 Příklady výpočtů

7.2.1 Příklad č. 1

Vstupní parametry pro výpočet: $i_{p3} = 63 \text{ kA}$, $a = 2 \text{ m}$, $l = 8 \text{ m}$, trubka AlMgSi 61 - 100/5 mm, $f_{y \text{ min}} = 70 \text{ MPa}$, $f_{y \text{ max}} = 105 \text{ MPa}$

MECHANICKÉ ÚČINKY NA TUHÉ VODIČE NA PODPĚRÁCH			
náraz. zkrat. proud $i_{km}=i_{p3}$ [kA]	63	trubkový vodič	
nárazový součinitel $\chi >$	1,6	parametry vodiče:	Aldrey 100/5
doba do 1. přerušení proudu T_{k1} [s]	0,5	hmotnost m_m [kg/m]	4,03
bezprůdová doba 3fáz. OZ T_{k0} [s]	0,3	vnější průměr vodiče D [mm]	100
délka rozpětí l [m]	8	vnitřní průměr vodiče d [mm]	90
fázová rozteč přípojinic a [m]	2	tloušťka stěny s [mm]	5
výška izolátoru (včetně svorky) h_i [m]	1,2	modul pružnosti v tahu E [Pa]	7,00E+10
výška stoličky h_s [m]	2,5	mez kluzu min. f_y [MPa]	70
počet rozpětí (1 nebo 2 nebo 3 a více)	1	mez kluzu max. $f_{y \text{ max}}$ [MPa]	105
Závěr:			
Vodiče jsou odolné proti zkratovým silám, platí $l_{io} \leq q \cdot f_y$			
Bez OZ	Vodiče vyhovují		
S 3f. OZ	Vodiče vyhovují		
Podpěrky nutno volit tak, aby jejich zaručená pevnost v ohybu byla $> F_d$			
Bez OZ	$F_{r,d} =$	756 N	
S 3f. OZ	$F_{r,d} =$	1240 N	
moment setrvačnosti J_x [m ⁴]	1,69E-06		
součinitel γ	1,57	součinitel β	1,00
vlastní kmitočet vodiče f_m	4,20		
poměr f_{cr}/f	0,084		
		součinitel V	0,55
		součinitel V_{rm}	0,48
		součinitel V_m (bez OZ)	1
		součinitel V_s (s OZ)	1,64
max. síla na střední vodič F_{r3} [N]	2749,80		
Namahání bez OZ:			
součinitel Z [m ³]	3,37623E-05		
mezni hodnota součinu $V_s \cdot V_{rs}$	1	vypočtená hodnota $V_m \cdot V_{rm}$	0,48
max. ohyb. nam. vodiče $\sigma_{m,d}$ [MPa]	39,09		
poměr $\sigma_{m,d}/(0,8 \cdot f_y)$	0,47		
mezni hodnota součinu $V \cdot V_{rm}$	2,15	vypočtená hodnota $V \cdot V_{rm}$	0,55
max. ohyb. síla na podpěrky			
vnější podpěrky F_{rA} [N]	756		
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	756		
ohybové momenty			
v patě vnějšího izolátoru M [Nm]	907		
v patě vnější stoličky M_A [Nm]	2798		
v patě vnitřního izolátoru M_B [Nm]	907		
v patě vnitřní stoličky M_B [Nm]	2798		
Namahání s 3fáz. OZ:			
mezni hodnota součinu $V_s \cdot V_{rm}$	1,8	vypočtená hodnota $V_m \cdot V_{rs}$	0,7872
max. ohyb. nam. vodiče σ_m [MPa]	64,11		
poměr $\sigma_m/(0,8 \cdot f_y)$	0,76		
mezni hodnota součinu $V \cdot V_{rm}$	1,31	vypočtená hodnota $V \cdot V_{rs}$	0,902
max. ohyb. síla na podpěrky			
vnější podpěrky F_{rA} [N]	1240		
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	1240		
ohybové momenty			
v patě vnějšího izolátoru M [Nm]	1488		
v patě vnější stoličky M_A [Nm]	4589		
v patě vnitřního izolátoru M_B [Nm]	1488		
v patě vnitřní stoličky M_B [Nm]	4589		
součinitel tvaru trubkového vodiče q	1,34		
součin $q \cdot f_y$ [MPa]	93,77		

obr. č. 7.6 Příklad č. 1 [16]



7.2.2 Příklad č. 2

Vstupní parametry pro výpočet: $i_{p3} = 80$ kA, $a = 2$ m, $l = 8$ m, trubka AlMgSi 61 - 100/5 mm, $f_{y \min} = 70$ MPa, $f_{y \max} = 105$ MPa

MECHANICKÉ ÚČINKY NA TUHÉ VODIČE NA PODPĚRÁCH				
náraz. zkrat. proud $i_{km}=i_{p3}$ [kA]	80	trubkový vodič		
nárazový součinitel $\chi >$	1,6	parametry vodiče:	Aldrey 100/5	
doba do 1. přerušení proudu T_{k1} [s]	0,5	hmotnost m'_m [kg/m]		4,03
bezprůdová doba 3fáz. OZ T_o [s]	0,3	vnější průměr vodiče D [mm]		100
délka rozpětí l [m]	8	vnitřní průměr vodiče d [mm]		90
fázová rozteč přípojníc a [m]	2	tloušťka stěny s [mm]		5
výška izolátoru (včetně svorky) h_i [m]	1,2	modul pružnosti v tahu E [Pa]		7,00E+10
výška stoličky h_s [m]	2,5	mez kluzu min. f_y [MPa]		70
počet rozpětí (1 nebo 2 nebo 3 a více)	1	mez kluzu max. f_y [MPa]		105
Závěr:				
Vodiče jsou odolné proti zkratovým silám, platí $l \cdot i_{p3} <= q \cdot f_y$				
Bez OZ	Vodiče vyhovují			
S 3f. OZ	Vodiče nevyhovují			
Podpěrky nutno volit tak, aby jejich zaručená pevnost v ohybu byla $> F_d$				
Bez OZ	$F_{r,d} =$	1219 N		
S 3f. OZ	$F_{r,d} =$	2000 N		
moment setrvačnosti J_x [m ⁴]	1,69E-06			
součinitel γ	1,57	součinitel β		1,00
vlastní kmitočet vodiče f_m	4,20			
poměr $f_{s/f}$	0,084			
		součinitel \sqrt{V}		0,55
		součinitel V_{om}		0,48
		součinitel V_{rm} (bez OZ)		1
		součinitel V_s (s OZ)		1,64
max. síla na střední vodič F_{r3} [N]	4434,05			
Namahání bez OZ:				
součinitel Z [m ²]	3,37623E-05			
mezí hodnota součinu $V_s \cdot V_{rs}$	1	vypočtená hodnota $V_{om} \cdot V_{rm}$		0,48
max. ohyb. nam. vodiče $\sigma_{m,d}$ [MPa]	63,04			
poměr $\sigma_{m,d}/(0,8 \cdot f_y)$	0,75			
mezí hodnota součinu $\sqrt{V} \cdot V_{rm}$	1,33	vypočtená hodnota $\sqrt{V} \cdot V_{rm}$		0,55
max. ohyb. síla na podpěrky				
vnější podpěrky F_{rA} [N]	1219			
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	1219			
ohybové momenty				
v patě vnějšího izolátoru M_A [Nm]	1463			
v patě vnější stoličky M_B [Nm]	4512			
v patě vnitřního izolátoru M_C [Nm]	1463			
v patě vnitřní stoličky M_D [Nm]	4512			
Namahání s 3fáz. OZ:				
mezí hodnota součinu $V_s \cdot V_{rs}$	1,8	vypočtená hodnota $V_{om} \cdot V_{rs}$		0,7872
max. ohyb. nam. vodiče σ_m [MPa]	103,38			
poměr $\sigma_m/(0,8 \cdot f_y)$	1,23			
mezí hodnota součinu $\sqrt{V} \cdot V_{rs}$	1,00	vypočtená hodnota $\sqrt{V} \cdot V_{rs}$		0,902
max. ohyb. síla na podpěrky				
vnější podpěrky F_{rA} [N]	2000			
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	2000			
ohybové momenty				
v patě vnějšího izolátoru M_A [Nm]	2400			
v patě vnější stoličky M_B [Nm]	7399			
v patě vnitřního izolátoru M_C [Nm]	2400			
v patě vnitřní stoličky M_D [Nm]	7399			
součinitel tvaru trubkového vodiče q	1,34			
součin $q \cdot f_y$ [MPa]	93,77			

obr. č. 7.7 Příklad č. 2 [16]



7.2.3 Příklad č. 3

Vstupní parametry pro výpočet: $i_{p3} = 80$ kA, $a = 2$ m, $l = 8$ m, trubka AlMgSi 71 - 100/5 mm, $f_{y \min} = 145$ MPa, $f_{y \max} = 210$ MPa

MECHANICKÉ ÚČINKY NA TUHÉ VODIČE NA PODPĚRÁCH			
náraz. zkrat. proud $i_{km}=i_{p3}$ [kA]	80	trubkový vodič	
nárazový součinitel $\chi >$	1,6	parametry vodiče:	Aldrey 100/5
doba do 1. přerušení proudu T_{k1} [s]	0,5	hmotnost m'_m [kg/m]	4,03
bezprůdová doba 3fáz. OZ T_u [s]	0,3	vnější průměr vodiče D [mm]	100
délka rozpětí l [m]	8	vnitřní průměr vodiče d [mm]	90
fázová rozteč přípojníc a [m]	2	tloušťka stěny s [mm]	5
výška izolátoru (včetně svorky) h_i [m]	1,2	modul pružnosti v tahu E [Pa]	7,00E+10
výška stoličky h_s [m]	2,5	mez kluzu min. f_y [MPa]	145
počet rozpětí (1 nebo 2 nebo 3 a více)	1	mez kluzu max. $f_{y \max}$ [MPa]	210
Závěr:			
Vodiče jsou odolné proti zkratovým silám, platí $l \cdot i_{p3} \leq q \cdot f_y$			
Bez OZ	Vodiče vyhovují		
S 3f. OZ	Vodiče vyhovují		
Podpěrky nutno volit tak, aby jejich zaručená pevnost v ohybu byla $> F_{r,d}$			
Bez OZ	$F_{r,d} =$	1219 N	
S 3f. OZ	$F_{r,d} =$	2000 N	
moment setrvačnosti J_x [m ⁴]	1,69E-06		
součinitel γ	1,57	součinitel β	1,00
vlastní kmitočet vodiče f_m	4,20		
poměr f_{cr}/f	0,084		
		součinitel V	0,55
		součinitel V_{gr}	0,48
		součinitel V_{gr} (bez OZ)	1
		součinitel V_{gr} (s OZ)	1,64
max. síla na střední vodič F_{r0} [N]	4434,05		
Namahání bez OZ:			
součinitel Z [m ³]	3,37623E-05		
mezni hodnota součinu $V_{gr} \cdot V_{rs}$	1	vypočtená hodnota $V_{gr} \cdot V_{rs}$	0,48
max. ohyb. nam. vodiče $\sigma_{m,d}$ [MPa]	63,04		
poměr $\sigma_{m,d}/(0,8 \cdot f_y)$	0,38		
mezni hodnota součinu $V \cdot V_{gr}$	2,67	vypočtená hodnota $V \cdot V_{gr}$	0,55
max. ohyb. síla na podpěrky			
vnější podpěrky F_{rA} [N]	1219		
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	1219		
ohybové momenty			
v patě vnějšího izolátoru M [Nm]	1463		
v patě vnější stoličky M_A [Nm]	4512		
v patě vnitřního izolátoru M_B [Nm]	1463		
v patě vnitřní stoličky M_B [Nm]	4512		
Namahání s 3fáz. OZ:			
mezni hodnota součinu $V_{gr} \cdot V_{rs}$	1,8	vypočtená hodnota $V_{gr} \cdot V_{rs}$	0,7872
max. ohyb. nam. vodiče σ_m [MPa]	103,38		
poměr $\sigma_m/(0,8 \cdot f_y)$	0,62		
mezni hodnota součinu $V \cdot V_{gr}$	1,63	vypočtená hodnota $V \cdot V_{gr}$	0,902
max. ohyb. síla na podpěrky			
vnější podpěrky F_{rA} [N]	2000		
vnitřní podpěrky F_{rB} [N]	2000		
ohybové momenty			
v patě vnějšího izolátoru M [Nm]	2400		
v patě vnější stoličky M_A [Nm]	7399		
v patě vnitřního izolátoru M_B [Nm]	2400		
v patě vnitřní stoličky M_B [Nm]	7399		
součinitel tvaru trubkového vodiče q	1,34		
součin $q \cdot f_y$ [MPa]	194,25		

obr. č. 7.8 Příklad č. 3 [16]



V příkladu č. 1 jsme počítali se zkratovými účinky $i_{p3} = 63 \text{ kA}$ pro materiál AlMgSi s parametry $f_y \text{ min} = 70 \text{ MPa}$, $f_y \text{ max} = 105 \text{ MPa}$ a výsledkem je, že vyhovují jak vodiče, tak podpěrky. Při zvýšení zkratového proudu v příkladu č. 2 na $i_{p3} = 80 \text{ kA}$ již trubku s těmito parametry nemůžeme použít. Nevyhovuje pro 3-fázový OZ.

Za předpokladu, že použijeme trubku AlMgSi v příkladu č. 3 stejných rozměrů, ale vyšší pevností $f_y \text{ min} = 145 \text{ MPa}$, $f_y \text{ max} = 210 \text{ MPa}$, můžeme ji použít i při $i_{p3} = 80 \text{ kA}$. Vyhovuje i při 3-fázový OZ.

Při navrhování vodičů musíme dbát nejen na tvar materiálu, ale především i na jeho materiálové vlastnosti.

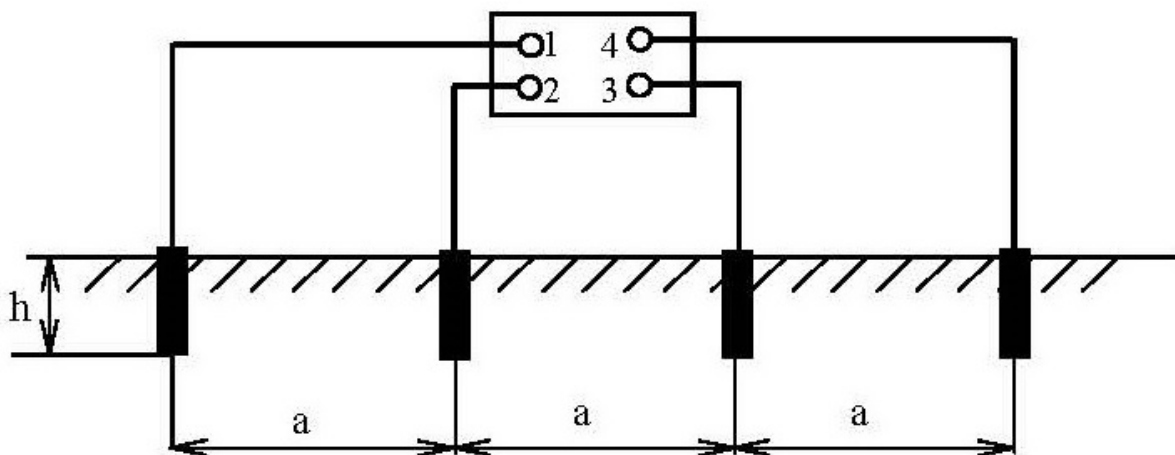


8. Zemní odpor

8.1 Měření rezistivity půdy

Pro návrh uzemnění je třeba brát na zřetel několik faktorů. Základní jsou, zda distribuční zařízení je v oploceném areálu nebo je volně přístupné. Nejpřísnější požadavky jsou v místech, kde je předpoklad výskytu bosých nohou, jako jsou koupaliště. V rozvodnách VVN musí být odpor zemnicí mříže max. 2 Ω.

Pro výpočet zemního odporu je nutné znát rezistivitu půdy nebo mít přístroj na měření a rezistivitu spočítat. Rezistivita půdy se zjišťuje pomocí čtyřelektrokové metody. Nejpoužívanější je Wennerova metoda (obr. č. 8.1). Sondy tvoří ocelové tyče, které se rozmístí ve vzdálenosti a (viz obr. 8.1) podle předpokládané hloubky uložení zemniče. Krajiní elektrody (vnější) jsou proudové a vnitřní jsou napěťové. Měření provádíme na více místech pro přesnější výpočet.



obr. č. 8.1 Wennerova metoda [18]

$$\rho_E = 2\pi a R \quad (8.1)$$

ρ_E . . . rezistivita půdy [$\Omega \cdot m$]

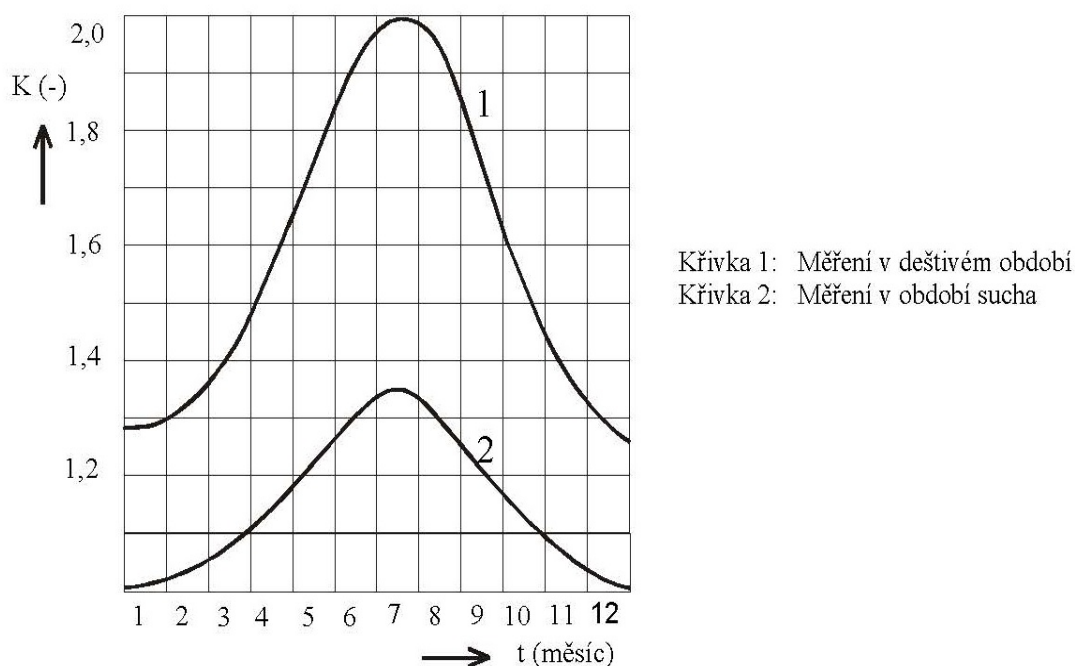
a . . . vzdálenost elektrod [m]

R . . . naměřený odpor [Ω]

Z výpočtu vyjde střední rezistivita půdy v hloubce přibližně, jako je vzdálenost jednotlivých elektrod a . Vlivem ročního období dojde k nepřesnému výsledku. Tuto



chybu eliminujeme tím, že výsledek vynásobíme korekčním činitelem K, který odečteme z grafu. (obr. 15).



obr. č. 8.2 Závislost činitele K na ročním období [18]

8.2 Vztahy pro výpočet zemního odporu jednoduchých zemničů

ČSN EN 50522 obsahuje vztahy pro výpočet zemního odporu pouze pro nejjednodušší tvary zemničů, které nerespektují hloubku uložení zemničů paprskových zemničů.

V následujících rovnicích (8.2) a (8.3) proto uvádíme přesnější vztahy.

- paprskový zemnič
$$R_{EB} = \frac{\rho_E}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} \ln \frac{L}{2z} \right) \quad (8.2)$$

L ... délka paprskového zemniče [m]

d ... \varnothing lanového zemniče, tyčového zemniče nebo 1/2 šířky páskového zemniče [m]

R ... naměřený odpor [Ω]

- kruhový zemnič
$$R_{ER} = \frac{\rho_E}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} \ln \frac{\pi D}{2z} \right) \quad (8.3)$$

za předpokladu že: $D \gg d$ a $z \ll \frac{D}{2}$



- tyčový zemnič $R_{EB} = \frac{\rho_E}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$ (8.4)

- zemničí mříž $R_{EB} = \frac{\rho_E}{2D} = \frac{\rho_E}{4} \sqrt{\frac{\pi}{S_{zm}}}$ (8.5)

$D = \frac{L}{\pi} = \sqrt{\frac{4 S_{zm}}{\pi}}$ průměr kruhového zemniče o délce L , nebo průměr kruhu a stejné ploše S_{zm} , jakou zaujímá zemničí mříž.

Typ zemniče	Uložení	Zemní odpor (Ω) (exaktní vzorec)	Podmínky použití	Zemní odpor (Ω) vzorce pro přibližný odhad	Podmínky použití	Poznámka
Tyč		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg \frac{d}{2}$	$R = 0,9 \frac{\rho}{l}$	$l \gg \frac{d}{2}$ v rozmezí $l = 1$ až 3 m	
Páskový nebo drátový vodič		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2z} \right)$	$l \gg d$ $z \ll \frac{l}{4}$	$R = 2 \frac{\rho}{l}$	$l \gg d$ $z \ll \frac{l}{4}$ v rozmezí $l = (10$ až 50) m	Pro páskový vodič šířky b
Páskový nebo drátový vodič v kruhu		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 l} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{\pi D}{2z} \right)$	$D \gg \frac{d}{2}$ $z \ll \frac{D}{2}$	$R = 2,1 \frac{\rho}{l}$	$D \gg \frac{d}{2}$ $z \ll \frac{D}{2}$ $\frac{D}{z} \gg 10$	$d = \frac{b}{2}$

Typ zemniče	Uložení	Zemní odpor (Ω) (exaktní vzorec)	Podmínky použití	Zemní odpor (Ω) vzorce pro přibližný odhad	Podmínky použití	Poznámka
Páskový nebo drátový vodič paprskový		$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 1 \right)$	$l \gg d$	$R = 0,7 \frac{\rho}{l}$	$\frac{l}{4} \gg d$ $l < 30$ m	Na povrchu země, popř. v hloubce $z \ll l$
Mřížová síť Celková délka vodičů l				$R = \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{l}$		Pro síť nekruhového tvaru o ploše S $D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$

obr. č. 8.3 Tabulka pro výpočet zemního odporu zemničů [18]



8.3 Příklad výpočtu zemního odporu

Protokol o měření rezistivity půdy			
Název akce:	TR Lišany		
Číslo zakázky:	IE-12-6009566		
Datum měření:	25.08.2020		
Měřicí přístroj	DUOYI DY4300		
Číslo měřícího přístroje:	299631		
Metoda:	Wennerova		
Měření provedl:	Bc. Němec, Ing. Mráz		
Místo:	TR Lišany		
Měření:			
Vzdálenost elektrod - a [m]	1	2	3
Naměřený odpor - R [Ω]	12,0	3,2	2,6
Rezistivita půdy - ρ [Ω .m]	75,4	40,2	49,0
Korekční činitel - K [-]	1,3	1,3	1,3
Vypočtená hodnota rezistivity - ρ [Ω .m]	98,02	52,28	63,71
Výpočet uzemnění pro Transformační stanici vn/nn:			
Dovolené dotykové napětí - U [V]	150		
Zemní proud - I_E [A]	30		
Součinitel - k [-]	5		
Maximální odpor uzemnění - R_E [Ω]	25		
Rozměr základu $a \times b \times h$ - L_p [m]	1,5	1,5	2
Zemní odpor železobetonového stožáru - R_{st} [Ω]	25,88		
Koeficient - K_{11} [-]	0,48		
Zemní odpor kruhového zemniče - R_{ER1} [Ω]	13,83		
Průměr kruhového zemniče - D_1 [m]	3,5		
Zemní odpor kruhového zemniče - R_{ER2} [Ω]	9,36		
Průměr kruhového zemniče - D_2 [m]	5,5		
Zemní odpor kruhových zemničů - R_{ER12} [Ω]	7,97		
Výsledný zemní odpor uzemnění - R_E [Ω]	7,62		
Uzemnění vyhovuje			

obr. č. 8.4 Příklad výpočtu zemního odporu [16]

Výpočty jsou orientační a musí se provést měření, zda vyhovuje požadovaným hodnotám a případně rozšířit zemnicí mříž, nebo kruhy.



9. Závěr

Závěrem chci ještě upozornit na několik základních chyb, které se při projektování můžeme dopustit. Jedná se o chyby administrativní a chyby technické.

Zde je uvedeno několik příkladů chyb při umístění stavby a jejího návrhu:

- není v souladu s územním plánem.
- je umístěna v záplavovém území
- není respektován hydrogeologický průzkum (vysoká spodní voda, skála, špatné podloží pro zakládání budov a trafostání).
- nerespektují se vlivy ostatních staveb (železnice, plynovod apod.)
- návrh přístrojů nesplňuje požadované parametry jako jsou jmenovité napětí, jmenovité proudy, zkratová odolnost, povrchová dráha izolátoru, správné ovládací napětí, napětí pohonů přístrojů.
- nedodržení doskokových vzdáleností, např. při vypnutém stavu odpojovače, kdy ramena odpojovače jsou blízko ocelové konstrukce.
- nedodržení manipulačních vzdáleností od komunikace. Průjezdny profil.
- při návrhu velikosti transformátoru vlastní spotřeby (součet spotřebičů s ohledem na soudobost).
- velikost kapacity baterií určených pro zálohu.
- při návrhu umístění technologie v BSP (co nejkratší vzdálenosti kabelů)

Zadání diplomové práce bylo splněno. Na začátku je rozdělení rozvodu VVN podle přístrojů a důležitosti provozu. Po citaci přílohy č.13 vyhlášky 499/2006 Sb. uvádím seznam stavebních a provozních souborů (číslování dle ČEZ Distribuce, a. s. [14]), které je třeba respektovat při návrhu a závěrem několik praktických příkladů. Rád bych, aby má práce někomu posloužila jako „kuchařka“ při návrhu technologické stavby, které jsou pro budoucnost provozování elektrické soustavy velice důležité a nedocházelo ke zbytečným chybám.



10. Seznam použité literatury

- [1] *Vyhláška č. 499/2006 Sb. - Vyhláška o dokumentaci staveb.* In: . Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2006, ročník 2006, číslo 499.
- [2] *Zákon č. 334/1992 Sb. - Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu.* In: . Praha: Ministerstvo vnitra, 1992, ročník 1992, 334/1992.
- [3] *Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů: Vodní zákon.* In: . Praha: Ministerstvo vnitra, 2001, ročník 2001, 98/2001.
- [4] *ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů: Část 2: Venkovní pracovní prostory.* 2014.
- [5] *PNE 38 2157 Kabelové kanály, podlaží a šachty.* 2. vydání. Praha: ČSRES, 2015.
- [6] *ČSN EN IEC 62485-2 - Bezpečnostní požadavky pro akumulátorové baterie a bateriové instalace - Část 2: Staniční baterie.* Praha. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [7] *PNE 38 1981 Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy.* 4. vydání. Praha: ČSRES, 2019.
- [8] *Navrhování vozovek pozemních komunikací: TP 170 : schváleno MD ČR OPK pod č.j. 517/04-120-RS/1 ze dne 23.11.2004 s účinností od 1. prosince 2004.* Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2004. ISBN TP 170.
- [9] *Zákon 183/2006 Sb. - Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).* In: . Praha: Ministerstvo vnitra, 2006, ročník 2006, 183/2006.
- [10] *ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení.* 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [11] *ČSN EN 60076-1 Výkonové transformátory - Část 1: Obecně.* 2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] *ČSN EN 60076-6 Výkonové transformátory - Část 6: Tlumivky.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [13] *ČSN EN 60865-1 ed.2 (333040) - Zkratové proudy - Výpočet účinků - Část 1: Definice a výpočetní metody.* 2. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [14] *ČEZ DISTRIBUCE, A. S. Koncepce elektrických stanic VVN/VN, VN/VN a VN.* 1. 2017. ISBN ČEZd_ME_0093.
- [15] ČEPS a.s. - Schéma PS a DS
- [16] SOMA - ES, s.r.o. - Projektová dokumentace a fotodokumentace
- [17] HEŘMAN, Josef. Příručka silnoproudé elektrotechniky. 2. nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984. ISBN příručka silnoproudé elektrotechniky.
- [18] *PNE 33 0000-4 - Příklady výpočtů uzemňovacích soustav v distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektřiny.* 4. vydání. Praha: ČSRES, 2018.



11. Seznam použitých zkratk

AC	Střídavý proud
AIS	Vzduchem izolovaný systém (vzduch o atmosférickém tlaku)
AlFe	Vodič vyrobený z hliníku a železa (ocelová duše a hliníkové vodiče)
AlMgSi	Středně odolná tepelně zpracovatelná slitina
AN	Air naturaly
BSP	Budova společných provozů
ČSN	Česká technická norma
DC	Stejnoseměrný proud
DS	Distribuční soustava
ČEPS	Provoz elektroenergetické soustavy v ČR
ČEZd	ČEZ Distribuce, a. s.
GIS	Plynem izolovaný systém
HDO	Hromadné dálkové ovládání
HIS	Systém izolovaný částečně plynem a částečně vzduchem o atm. tlaku. Přístroje pole jsou izolovány plynem SF ₆ , přípojnice vzduchem
IT	Síť VN s neúčinně uzemněným středem (uzlem) přes tlumivku
NN	Nízké napětí
ONAF	Oil naturaly air forced
ONAN	Oil naturaly air naturaly
OOPP	Osobní ochranné pracovní pomůcky
OZ	Opětovné zapínání
PNE	Podniková norma energetiky
PS	Přenosová soustava
PS xx	Provozní soubory
Rxx kV	Rozvodna
ŘS	Řídicí systém
SF₆	Hexafluorid síry
SO xx	Stavební objekty
TN-C	Síť nn se společným ochranným a pracovním vodičem a uzemněným středem (uzlem) na nn straně
TN-S	Síť nn s rozděleným ochranným a pracovním vodičem
TR	Elektrická transformační stanice (transformovna)
TT(r)	Síť vvn s rychlým vypnutím s přímo uzemněným středem (uzlem)
TVS	Transformátor vlastní spotřeby
VAC	Napětí střídavé
VDC	Napětí stejnosměrné
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí



12. Seznam obrázků

obr. č. 2.1	Rozvodna VVN klasické provedení	str. 3
obr. č. 2.2	Částečně zapouzdřená rozvodna	str. 4
obr. č. 2.3	Plně zapouzdřená rozvodna	str. 5
obr. č. 2.4	Uzlová rozvodna	str. 6
obr. č. 2.5	Distribuční elektrická stanice	str. 6
obr. č. 2.6	Distribuční transformovna typu H	str. 7
obr. č. 2.7	Schéma PS a DS	str. 9
obr. č. 3.1	Mapa znečištění	str. 12
obr. č. 3.2	Námrazová oblast	str. 12
obr. č. 6.1	Koordinační situace	str. 39
obr. č. 6.2	Venkovní osvětlení	str. 41
obr. č. 6.3	Uzemnění	str. 43
obr. č. 6.4	Transformátory a tlumivky	str. 47
obr. č. 6.5	Transformátor VN/NN	str. 49
obr. č. 6.6	Jednopolové schéma R22 kV	str. 51
obr. č. 6.7	Dispozice BSP	str. 53
obr. č. 6.8	Jednopolové schéma R110 kV	str. 55
obr. č. 6.9	Půdorys R110 kV	str. 57
obr. č. 6.10	Vlastní spotřeba	str. 59
obr. č. 7.1	Tabulka 2 – Maximální možné hodnoty V_{xx}	str. 68
obr. č. 7.2	Tabulka 3 – Součinitelé α , β , γ	str. 69
obr. č. 7.3	Tabulka 4 – Součinitel q	str. 69
obr. č. 7.4	Součinitelé pro V_F , V_{om} , V_{os}	str. 70
obr. č. 7.5	Součinitelé pro V_{m} , V_{rs}	str. 70
obr. č. 7.6	Příklad č. 1	str. 71
obr. č. 7.7	Příklad č. 2	str. 72
obr. č. 7.8	Příklad č. 3	str. 73
obr. č. 8.1	Wennerova metoda	str. 75
obr. č. 8.2	Závislost činitele K na ročním období	str. 76
obr. č. 8.3	Tabulka pro výpočet zemního odporu zemničů	str. 77
obr. č. 8.4	Příklad výpočtu zemního odporu	str. 78