

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh chránění a automatik pro transformovnu Černice

**vedoucí práce: Doc. Ing. Konstantin Schejbal, CSc.
autor: Dušan Hrabec**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dušan HRABEC**
Osobní číslo: **E07820**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh chránění a automatik pro transformovnu Černice**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Provedte popis transformovny.
2. Navrhněte dispoziční uspořádání transformovny.
3. Provedte výpočet zkratových poměrů a dimenzování jednotlivých zařízení.
4. Navrhněte ochranné funkce, jednotlivé typy ochran a automatik.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Konstantin Schejbal, CSc.**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Janoch**


ČEZ Distribuce, Guldenerova 19, Plzeň

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


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




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na zpracování návrhu chránění a automatik pro transformovnu Černice.

Klíčová slova

Digitální ochrana, digitální automatika, automatika regulace, automatika ladění, Řídicí systém, pole, vývod, trojpólový vypínač SF₆, trojpólový odpojovač, transformátor, tlumivka, odporník, kombinovaný přístrojový transformátor, přístrojový transformátor napětí, přístrojový transformátor proudu, svorkovnice, rozvodna 110kV, rozvodna 22kV.

Abstract

Construed baccalaureate work is bent on processing proposal protection and automatics for substation Černice.

Key words

Digital protection, digital automatics, regulation, guidance system, field, outlet, three-pole circuit breaker, SF₆, three-pole isolator, transformer, suppressor, resistor, combination instrument transformer, equipment voltage transformer, equipment current transformer, distribution frame, distribution point 110kV, distribution point 22kV.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

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

V Plzni dne 5.6.2012

Dušan Hrabec

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Konstantinovi Schejbalovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále všem pedagogům, kteří mi předávali pro mě nové a cenné znalosti pro mé studium na vysoké škole.

Rád bych poděkoval všem kolegům z práce, kteří mi poskytli materiály a konzultace, ze kterých jsem čerpal, pro napsání této bakalářské práce.

Nejvíce bych chtěl poděkovat své rodině, protože bez jejího pochopení a podpory by bylo studium na vysoké škole nemožné.

Obsah

OBSAH.....	1
ÚVOD.....	2
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	3
1 POPIS TRANSFORMOVNY TR 110/22KV	5
1.1 ROZVODNA 110KV	5
1.2 ROZVODNA 22KV	5
1.3 OCHRANA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ - BEZPEČNOST	6
2 NÁVRH DISPOZIČNÍHO USPOŘADÁNÍ TRANSFORMOVNY	7
2.1 ROZVODNA 110KV – HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE	7
2.1.1 Jednopolové schéma a popis ovládání.....	13
2.2 ROZVODNA 22 kV – HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE	14
2.2.1 Jednopolové schéma a popis ovládání.....	15
2.3 BUDOVA SPOLEČNÝCH PROVOZŮ BSP.....	16
3 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ A DIMENZOVNÍ JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ.....	18
3.1 SOUPIS ZÁKLADNÍCH POJMŮ A DEFINIC SOUVISEJÍCÍCH S PROBLEMATIKOU VÝPOČTU ZKRATŮ	18
3.1.1 Všeobecné pojmy.....	18
3.1.2 Zkratové impedance v místě zkratu	19
3.1.3 Zkratové impedance elektrického zařízení.....	19
3.2 VZORCE PRO VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ	20
3.3 PROGRAM ZX ZKRATY PRO VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ	22
4 NÁVRH OCHRANNÝCH FUNKCÍ, JEDNOTLIVÉ TYPY OCHRAN A AUTOMATIK	30
4.1 NORMA ČSN 33 3051 A PNE 38 4065.....	30
4.1.1 Ochrany síťových transformátorů a jejich odboček	31
4.1.2 Ochrany vedení vvn.....	32
4.1.3 Ochrany vedení vn.....	33
4.1.4 Automatiky opětného zapnutí.....	34
4.1.5 Automatiky ladění a regulace napětí.....	34
4.1.6 Řídící systém.....	35
ZÁVĚR.....	36
POUŽITÁ LITERATURA	37
PŘÍLOHY	1
PŘÍLOHA A – VSTUPNÍ DATA PRO PROGRAM ZX ZKRATY ZE SOUBORU.....	1
PŘÍLOHA B – VÝSTUPNÍ DATA PRO PROGRAM ZX ZKRATY 110KV DO SOUBORU.....	2
PŘÍLOHA C – VÝSTUPNÍ DATA PRO PROGRAM ZX ZKRATY PRO 22KV DO SOUBORU	2

Úvod

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na zpracování návrhu chránění a automatik pro transformovnu Černice.

Text je rozdělen do čtyř částí. První se zabývá popisem transformovny - důvodem výstavby, základním popisem, co by měla obsahovat rozvodna 110kV a rozvodna 22kV. Druhá část se zabývá samotným návrhem dispozičního uspořádání transformovny, co se týče jednotlivého výkonového zařízení, jednopólovým návrhem pro hladinu vvn a vn, a s návrhem ohledně ovládání a signalizace jednotlivého vybavení. Třetí část popisuje výpočet zkratových poměrů a dimenzování jednotlivých zařízení, uvedení pojmů a vzorců, a seznámení s programem ZX Zkraty. Čtvrtá část popisuje návrh ochranných funkcí a detailní seznam s uvedenými konkrétními typy ochran a automatik pro transformovnu Černice.

Seznam symbolů a zkratek

BSP	Budova společných provozů
c	Napěťový součinitel (hodnota v příslušné normě)
$cU_n/\sqrt{3}$	Ekvivalentní napěťový zdroj (efektivní hodnota)
I_k	Ustálený zkratový proud (efektivní hodnota)
\underline{I}_k “ nebo I_{k3}	Počáteční rázový zkratový proud
i_p	Nárazový zkratový proud
I_v	Vztažný proud
I_{th}	Ekvivalentní oteplovací zkratový proud
κ	Součinitel pro výpočet nárazového zkratového proudu
K	Korekční součinitel pro impedance
K_e	Součinitel nutný pro výpočet oteplovacích proudů
m	Součinitel pro tepelné účinky stejnosměrné složky zkratového proudu
n	Součinitel pro tepelné účinky střídavé složky zkratového proudu
OZ	Opětné zapnutí
P_p	Transformační převod
PQSF	Počítačový systém na měření kvality elektrické energie
P_{krT}	Jmenovité ztráty transformátoru nakrátko
Q	Jalový výkon
R	Rezistance, absolutní nebo relativní hodnota
R_k	Sousledné hodnoty na 1km vedení nebo kabelu
$R_{(1)}$	Sousledný odpor transformátoru
S_k “	Rázový zkratový výkon zkratového obvodu
S_{k3} “	Počáteční rázový zkratový výkon při 3f zkratu
S_{rT}	Jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru
S_v	Vztažný výkon (trojfázový)
T_k	Doba trvání zkratu
U_n	Jmenovité napětí soustavy, sdružené (efektivní)
U_{nfs}	Jmenovité fázové napětí sítě
U_{ns}	Jmenovité združené napětí sítě
U_{r1}, U_{r2}	Napěťové hladiny pro transformační převod
U_{rT}	Jmenovité napětí transformátoru
U_v	Vztažné napětí (sdružené)
u_k	Jmenovité napětí nakrátko v procentech
X_k	Sousledné hodnoty na 1km vedení nebo kabelu
$X_{(1)}$	Sousledné reaktance transformátoru
Z	Impedance, absolutní nebo relativní hodnota
Z_k	Zkratová impedance trojfázové střídavé soustavy
Z_1, Z_2	Impedance
$Z_{k(1)}$	Celková výsledná hodnota sousledné složky impedance
$Z_{(1)}$	Sousledná impedance zkratového obvodu
$Z_{(1)Q}$	Sousledná náhradní impedance soustavy
(1)	Sousledná složka
(2)	Zpětná složka
(0)	Netočivá složka
k nebo k_3	Trojfázový zkrat

k1
“
V/V

Jednofázový zkrat (mezi fází a zemí)
Počáteční rázová (zkratová hodnota)
Řídicí jednotky

1 Popis Transformovny TR 110/22kV

Transformovna Černice bude postavena v lokalitě Plzeň-Černice na jihovýchodním okraji města, na základě zvyšujících se počtu požadavků na připojení a množství potřebného výkonu pro rozvoj nové obchodní a průmyslové zóny. Transformovna převezme napájení této zóny a přilehlých oblastí, jak okolí Plzně, tak části města Plzeň. Zároveň ji bude možné využít jako zálohu pro transformovny Plzeň Jih, Rokycany, Křimice a Přeštice. Trafostanice bude obsahovat venkovní rozvodnu 110kV, rozvodna 22kV bude řešena jako vnitřní zapouzdřená rozvodna v budově společných provozů. Transformovna bude napojena do systému vvn přívodními vedeními z rozvodny Plzeň Jih V1253 a vedením z rozvodny Přeštice V1256, z důvodu výše zmíněné zálohy.

1.1 Rozvodna 110kV

Musí být navržena s ohledem na bezpečnost, spolehlivost, ekonomiku a význam samotné rozvodny. Bude provedena jako venkovní provedení s jedním systémem přípojnic, podélně děleným dvěma odpojovači ve tvaru H, aby v případě potřeby se mohl provoz obou transformátorů rozdělit separátně. Na jednu stranu budou situovány vývody vedení a na stranu druhou budou pole ke dvěma transformátorům vvn/vn o stejném výkonu.

K transformátoru T101 bude připojena přes jednopólový odpojovač kompenzační tlumivka, která bude umístěna uvnitř zastřešeného stání společně s transformátorem. Transformátor bude připojen ze strany 110kV lanovým propojením jednotlivých fází, přes podpěrný izolátor v okně transformátorového stání.

K transformátoru T102 bude možné připojit přes jednopólový odpojovač buď kompenzační tlumivku, nebo uzlový odporník.

Ze strany transformátoru 22kV budou připojeny celoplastovými kabely, které budou zaústěny do vnitřních prostor zapouzdřené rozvodny.

1.2 Rozvodna 22kV

V nové budově BSP bude umístěna dvou systémová skříňová rozvodna se jmenovitým napětím 22kV. V rozvodně budou osazena navíc dvě pole, která budou plně vybavena, ale nebudou připojena za vývodovými odpojovači. Rozváděče budou s izolací SF₆ podélným dělením přípojnic. V jednotlivých polích budou vybaveny vakuovými vypínači

s elektromotorickým natahováním střadačového pohonu třípolohovými přípojnicovými odpojovači s ručním pohonem. Tyto odpojovače budou plnit funkci vývodového uzemňovače přes blokový zapnutý vypínač. Rozvaděč bude osazen v jedné řadě, vývody kabelů budou spodem.

1.3 Ochrana zdraví a životního prostředí - bezpečnost

Vlastní provoz stanice ani vedení 110kV není zdrojem prachu ani škodlivin pronikajících do okolí. Stanoviště transformátorů budou krytá, která obsahují vlastní betonovou izolovanou jímku na 100% oleje obsaženého ve stroji pro případ úkapů, nebo havárie. Nemůže tedy dojít k úniku oleje do podloží. Hlučnost bude omezena zakrytím stanovišť.

Vlastní stanice bude navržena jako bezobslužná, to znamená, že její základní provoz může řídit centrální dispečink bez nutnosti zásahu obsluhy. Její venkovní část nemá požadavky na hygienický limit. Při stavbě stanice, jejím provozu ani vedení 110kV, nevzniká nebezpečný odpad.

Vlastní provoz stanice se bude řídit místními provozními a bezpečnostními předpisy, které budou nařízeny majitelem stavby a musí být odsouhlaseny provozovatelem, který se smí na rozvodnách pohybovat z důvodu manipulací, pravidelných kontrolních pochůzek a také při odstraňování poruchových stavů, nutných pro obnovu dodávky elektrické energie.

Při provozu pak musí být dodržovány bezpečnostní zásady, které jsou popsány v místních provozních a pracovních bezpečnostních podmínkách, které musí dodržovat všichni, kteří se na dané rozvodně budou pohybovat. Všichni se navíc s tímto dokumentem musí seznámit, provede se podepsat, že byli s dokumentem seznámeni.

2 Návrh dispozičního uspořádání transformovny

2.1 Rozvodna 110kV – hlavní technické údaje

V rozvodně 110kV budou osazeny dva transformátory s označením T101 a T102, každý o výkonu 40MVA. Tento výkon u obou transformátorů bude dostačující, s ohledem budoucího zatížení. Ke každému transformátoru bude připojena přes jednopólový odpojovač kompenzační tlumivka o velikosti 2500kVA. Tlumivky jsou zvoleny s ohledem a rezervou rozsahem napájení sítě. Odpojovače budou zvoleny s ohledem na vypínací odolnost podle napětí, soustavu a zkratovou odolnost. Elektrické pohony budou pro ovládací napětí 230V 50Hz, které budou využity u ovládání pro přípojnicové a vývodové odpojovače.

Hlavní technické údaje:

Proudová soustava 3fázová; 50Hz; 110kV/TT s přímo uzemněným uzlem

Nejvyšší provozovací napětí 123kV

Jmenovitý kmitočet 50Hz

Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při 50 Hz 230kV

Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu 550kV

Zkratová odolnost tepelná (1s) ??? kA (navrženo výpočtem)

Zkratová odolnost dynamická ??? kA (navrženo výpočtem)

Počet systémů přípojnic 1 - podélně dělená

Pohony elektrické 230V, 50 Hz

Pomocné napětí 110V, DC

Prostředí venkovní, nadmořská výška do 1000 metrů nad mořem

Rozsah pracovních teplot -30°C - +40 °C

Námrazová oblast lehká do 1 kg

Transformátory T101 a T102 budou na transformovně osazeny od výrobce ETD například typu ER33M-0 právě o jmenovitém výkonu 40 MVA, jejichž jmenovitý proud je 210/1004 A, s převodem 110000 ± 8*2% / 23000 V pro odbočky, skupinou spojení YNynO/d a chlazením ONAN/ONAF.

U transformátorů budou osazeny jistící transformátory proudu KTP 300 pro zemní ochrany transformátoru (někdy nazývané kostrová, či Chevalierova). Chráněný transformátor, musí být odizolován od základu a uzemnění jeho nádoby je spojeno s uzemňovací soustavou transformovny uzemňovacím přívodem (páskem), procházejícím oknem magnetického obvodu transformátorového měniče KTP300. K sekundárnímu vinutí KTP300 bude připojena nadproudová ochrana, která vyhodnocuje proud v sekundárním obvodu vinutí.

V případě vnitřní poruchy provázené průtokem proudu do země dojde k náběhu ochrany a předání popudu na vypínače chráněného transformátoru. Otvorem magnetického obvodu jsou současně provlečeny všechny pomocné elektrické kabely, takže izolační chyby v sekundárních obvodech transformátoru nevyvolají činnost zemní ochrany transformátoru.

Regulace napětí z hladiny 110kV na 22kV bude prováděna automatickým regulátorem, výběr bude upřesněn v kapitole 4 Návrh ochranných funkcí. Jako další možnosti regulace musí být z řídicího systému z centrálního dispečinku. Dispečer, pokud chce změnit odbočku na regulaci v transformátoru, automatiku regulace vypne z automatického provozu, ručně změni odbočky dle potřeby, a pak automatiku opět zapne na automatický provoz. Dále lze ovládat automatiku regulace z řídicího systému z dozorny. Na automaticce, která je umístěna v dozorně, jsou ovládací tlačítka, která jsou aktivní při volbě ovládání „místně“ přímo z automatiky regulace. V případě poruchy na komunikační cestě mezi dispečinkem, dozornou, nebo například možnou závadou automatiky musí být možné - nouzové ovládání regulace, které je možné přímo ze skříně na stroji a to tlačítky více – méně, nebo v mezním případě i klikou.

Výkonové vypínače vvn v polích transformátorů se osadí od výrobce Siemens AG, které jsou velice kvalitní a některé rozvodny jsou jimi osazeny. Jedná se o typ 3AP1 FG pro jmenovité napětí 123kV. Jedná se o provedení třípólového venkovního vypínače s vlastní kompresí, u kterého se jako izolační a zhašecí médium používá plyn fluoridu sírového značeného zkratkou SF₆ (fluorid sírový, neboli správně značený dle chemického vzorce hexafluorid sírový je v čistém stavu bezbarvý plyn, je bez zápachu a chuti, nejedovatý, nehořlavý). Bezpečné zacházení s plynem SF₆ je zajištěno, pokud je v okolí vzduchu dostatek kyslíku. Fluorid sírový v žádném případě neohrožuje životní prostředí. Vypínač je vybaven společným pružinovým střadačovým pohonem pro všechny 3 fáze.

Hlavní technické údaje:

Jmenovitý zkratový vypínací proud vypínače je 40kA.

Jmenovitý zapínací proud vypínače je 100kA.

Jmenovitá vypínací schopnost vypínače je 1s.

Minimální doba povelu pro vypnutí a zapnutí je 80ms.

Celkový vypínací čas ≤ 60 ms.

Výkonové vypínače vvn v polích vedení se osadí také od výrobce Siemens AG typu 3API 1F1 pro jmenovité napětí 123kV. Je to třípólový vypínač venkovního provedení s vlastní kompresí, u kterého se jako izolační a zhášecí médium používá plyn SF₆. Vypínač je vybaven pružinovým střadačovým pohonem pro každou fázi, takže vypínač je vhodný pro jednopólové i třípólové opětné zapínání.

Hlavní technické údaje:

Jmenovitý zkratový vypínací proud vypínače je 40kA.

Jmenovitý zapínací proud vypínače je 100kA.

Jmenovitá vypínací schopnost vypínače je 1s.

Minimální doba povelu pro vypnutí a zapnutí je 80ms.

Celkový vypínací čas ≤ 55 ms.

Přístrojové transformátory proudu a napětí v polích vedení vvn se osadí od výrobce Siemens typu IVOKT 123. Je to kombinovaný transformátor proudu a napětí. Výhody kombinovaného transformátoru proudu a napětí převyšují nad oddělenými převodními transformátory proudu a převodními transformátory napětí. Skládá se z toroidního proudového transformátoru zabudovaného v kryté hlavě a z napěťového transformátoru ve spodní sekci měniče. Všechny transformátory jsou hermeticky utěsněny a opatřeny olejově papírovou izolací. Venkovní vysokonapěťová izolace je provedena přeskokovou vzdáleností a délkou povrchové dráhy porcelánových nebo kompozitních izolátorů. Primární přípojky se nacházejí na tomto měniči v horní části nazývané hlavici měniče. Sekundární přípojky jsou umístěny ve vodotěsné svorkovnicové skříní, která je v dolní části tak zvané patě měniče. Transformátor je opatřen alespoň jednou zemnicí svorkou. [1]

Hlavní technické údaje:

Převody napěťové části Un: 110 000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ V

Výkon: 50/50VA

Třída: 0,2/3P

Převody proudové části In: 2x400/1/1/1A

Výkon: 15/30/30VA

Třída: 0,2/5P/5P

Přístrojové transformátory proudu v polích vvn transformátorů budou osazeny také od výrobce Siemens, ovšem typu IOSK123. Měnič je sestaven z toroidního proudového měniče, zabudovaného v hlavici. Každý měnič je vůči okolí hermeticky uzavřen, mající izolaci olej-papír. Vnější vysokonapěťová izolace je zajištěna přeskokovou vzdáleností, délkou povrchové dráhy porcelánových nebo kompozitních izolátorů. Primární svorky jsou umístěny na hlavici měniče. Sekundární svorky se nacházejí na patě svorkovnice. [2]

Hlavní technické údaje:

Převody proudové části In: 2x200/1/1/1A

Výkon: 30/60/60VA

Třída: 0,2/5P/5P

Přístrojové transformátory napětí pro měření napětí vvn na přípojnicích W11 a W12 budou od výrobce Siemens typu VEOT 123. Bude se měřit fáze L2. Primární a sekundární vinutí jsou vinuty na uzavřeném jádře. Vinutí je složeno z izolovaného měděného drátu, které je navinuto v několika vrstvách. Vrstvy musí být proloženy vysoce kvalitní papírovou izolací s impregnací. Vysokonapěťová přípojka je v pouzdře s olejově papírovou vložkou. Transformátor je hermeticky uzavřený, z důvodu zajištění stability dielektrických izolačních vlastností při provozních podmínkách. [3]

Hlavní technické údaje:

Převody napěťové části Un: 110 000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ V

Výkon: 50/50VA

Třída: 0,2/3P

Odpojovače trojpólové konstrukce přípojnicové, a vývodové s uzemňovači se osadí od výrobce SERV typu 3SHTU1, které mají udán jmenovitý proud 2000A.

Hlavní technické údaje:

Jmenovité napětí 123kV

Jmenovitý proud 2000A

Jmenovitá frekvence 50Hz

Zhášecí tlumivky budou od firmy EGE typu ASR 2.5. Pro zajištění vyladěného stavu sítě se využívá napětí uzlu sítě, které je vyvoláno přirozenou nesymetrií kapacity sítě proti zemi. Rezonančnímu stavu zdravé sítě, při kterém je na zhášecí tlumivce největší napětí U_0 , odpovídá vyladěný stav pro zemní spojení, to znamená rovnost indukčního proudu zhášecí tlumivky a kapacitního proudu sítě. Tlumivky jsou za normálního provozu stavu řízeny automatickým regulátorem od výrobce, který bude upřesněn v kapitole 4 Návrh ochranných funkcí, jednotlivé typy ochran a automatik.

Hlavní technické údaje:

Jmenovité napětí (hlavní vinutí) 13,29kV

Maximální napětí sítě (hlavní vinutí) 24kV

Minimální proud (hlavní vinutí) 18A

Jmenovitý proud (hlavní vinutí) 188A

Jmenovitý výkon 2500kVA

Uzlový odporník bude osazen od výrobce EGE, typu NER (pro elektrickou síť 22kV). Slouží pro spojení nulového bodu transformátoru (uzlu) se zemí elektrických sítí vn, které se provozují s odporovým uzemněním nulového bodu. Účelem odporového uzemnění uzlu, je tlumit přepětí při zemních poruchách a zajistit dostatečný proud pro činnost ochran působících na rychlé vypnutí postiženého úseku elektrické sítě. Odporník se osazuje, pokud budou používány kabelové sítě. Uzlový odporník je však konstruován pro občasné zatížení, to znamená, že nemůže být připnut do obvodu sítě trvale, hrozilo by jeho přehřátí, a po určitém čase zničení. Pokud je u odporníku uvedena hodnota trvalého proudu, lze ho zatěžovat tímto proudem nepřetržitě, ovšem jen maximálně s udanou hodnotou, ne vyšší. Ve skříní jsou zabudovány dva měřící transformátory proudu, které se využívají pro připojení ochran. Měřící transformátor proudu T1 je určen pro připojení nadproudové ochrany, měřící transformátor

proudu T2 je určen pro připojení kostrové ochrany. Pro správnou funkci kostrové ochrany musí být skříň uzlového odporníku izolována proti zemi, například sklo textilovými deskami.

Hlavní technické údaje:

Napětí sítě 22kV

Jmenovité napětí 13,3kV

Jmenovitý proud 300A

Doba zatížení 6s

Trvalý proud 30A

Jmenovitý odpor $44,3 \Omega \pm 10\%$

Sekundární odporník navrhují také od výrobce EGE, typu SR2000/6. Odporník SR je součástí zařízení pro zvyšování činného proudu v obvodu zhášecí tlumivky. Jeho činnost je řízena automatikou, která zajišťuje připínání odporníku k pomocnému výkonovému vinutí zhášecí tlumivky, a pomáhá tím zemním směrovým ochranám přesněji určit zemní spojení vývodu. Automatika ladění také umí modelovat tepelný obraz odporníku a generuje blokovací podmínky pro jeho připnutí.

Hlavní technické údaje:

Jmenovitý odpor při 20°C $0,25\Omega$

Jmenovitý proud 2000A

Doba zatížení maximálně 6s

Jmenovité napětí 500V

Odpojovače podélného dělení budou osazeny od výrobce SERW Sedlec typu 3SHT. Zaručují jmenovitý proud 2000A, a jsou konstruované pro hladinu napětí 123kV.

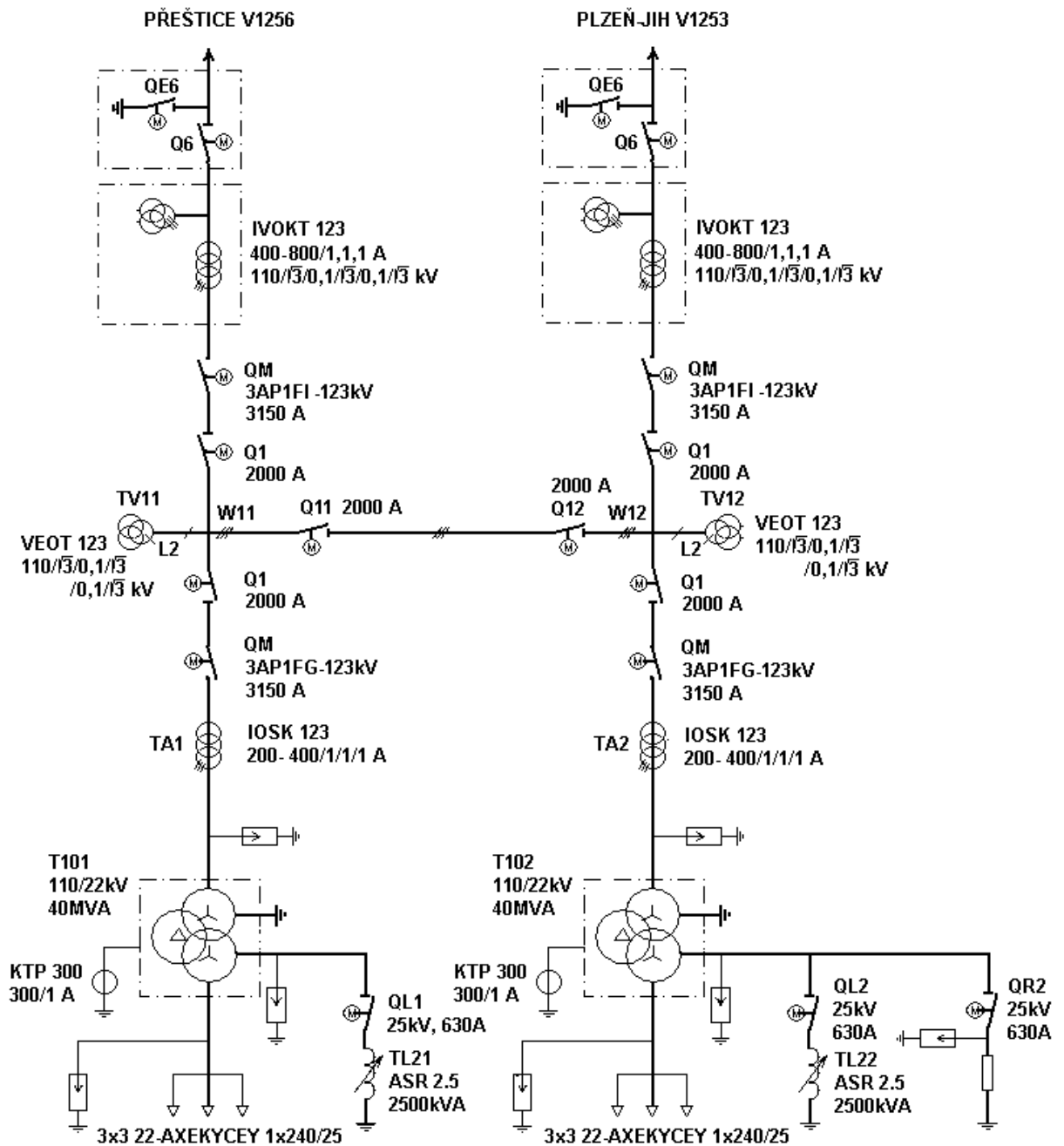
Hlavní technické údaje:

Jmenovité napětí 123kV

Jmenovitý proud 2000A

2.1.1 Jednopolové schéma a popis ovládání

Přiloženo jednopolové schéma transformovny Černice, obrázek 1 byl nakreslen autorem textu.



Obrázek 1 Jednopolové schéma 110kV transformovny Černice

Popis ovládání:

Jednotlivá pole vvn v rozvodně budou dálkově ovládána z centrálního dispečinku přes řídicí systém rozvodny v dozorně, dále přes decentralizované V/V jednotky, které budou umístěny ve skříních ochran v budově BSP v dozorně, komunikující protokolem IEC 61850. Do těchto jednotek bude soustředěna veškerá stavová a poruchová signalizace. V/V jednotky, ochrany a regulátory transformátorů budou spojeny optickými kabely s centrální částí ŘS pro dálkové ovládání a signalizaci. V/V jednotky jsou vybaveny velkoplošným LCD displejem, který je možno přepínat mezi módy zobrazení stavu silových prvků, výpisu poruchových hlášení a seznamu měřených hodnot. Pro přehlednou signalizaci poruch a stavů bude jednotka vybavena sadou LED diod. Výše zmíněné jednotky budou obsahovat membránovou klávesnici sloužící pro ovládání vypínače a odpojovačů za předpokladu, že jednotka bude přepnuta na ovládání z místa. Signalizace stavů silových prvků R110kV bude přenášena pomocí ŘS na centrální dispečink a na schéma na V/V jednotkách. Ovládání z řídicího systému v dozorně bude možné po přepnutí v systému pro ovládání celé rozvodny na "Místně". Je možné manipulovat i z místa ovládacími tlačítky jednotlivých prvků.

2.2 Rozvodna 22 kV – hlavní technické údaje

Rozvodna 22kV bude osazena zapouzdřeným rozváděčem Areva WSB 6/36-2/627 s modulovou šířkou 600mm, který bude obsahovat 14 skříní vývodů, 2 skříně přívodu od transformátoru vvn/vn, 1 skřín podélného dělení, 1 skřín spínače přípojnic, 1 skřín vlastní spotřeby, a 4 prostorové rezervy, pro budoucí připojení nových zákazníků. Řada rozvaděčů bude umístěna tak, aby jejich zadní stěna byla 500mm od zdi. Skříně budou osazeny vakuovými vypínači s elektromotorickým natahováním střadačového pohonu přípojnicovými odpojovači a uzemňovači s izolací SF₆. Přípojnicové odpojovače mají elektromotorické a ruční pohony, uzemňovače jen pohony ruční. Uzemňování vývodu se provádí přes vypnutý vypínač automaticky. Proudové transformátory na transformátorech ze strany 22kV budou použity typu VIS-WI 250 s převodem 1250/1/1/1A. Dimenzovány jsou na krátkodobý zkratový proud 25kA. Napěťové měniče budou použity s převodem 22/√3/0,1/√3/0,1/3kV. Pro napájení vlastní spotřeby budou instalovány dva transformátory vlastní spotřeby, každý o výkonu 160kVA. Transformátor vlastní spotřeby TVS1 bude umístěn v budově BSP, který bude připojený z rozvodny 22kV a bude využíván jako hlavní. TVS2 bude umístěn na prvním podpěrném bodě vn venkovního vývodu Rokycany. Na vn kabelech by mohly být osazeny součtové transformátory proudu od výrobce RITZ typu RKU2012 o jmenovitém proudu 60/1

A, a jmenovitém výkonu 1,25 VA. Budou také osazeny indikátory zpětného napětí na vývodech IVIS-F, které jsou již standardně osazovány při rekonstrukcích. Nesmíme opomenout také na osazení omezovačů přepětí CSA24-10, které jsou v provedení na průchodkách v kabelovém prostoru skříně vývodu. [4]

Hlavní technické údaje:

Jmenovité napětí 22kV

Nejvyšší napětí soustavy 25kV

Jmenovitá frekvence 50Hz

Počet systémů přípojnic 1, podélně dělená

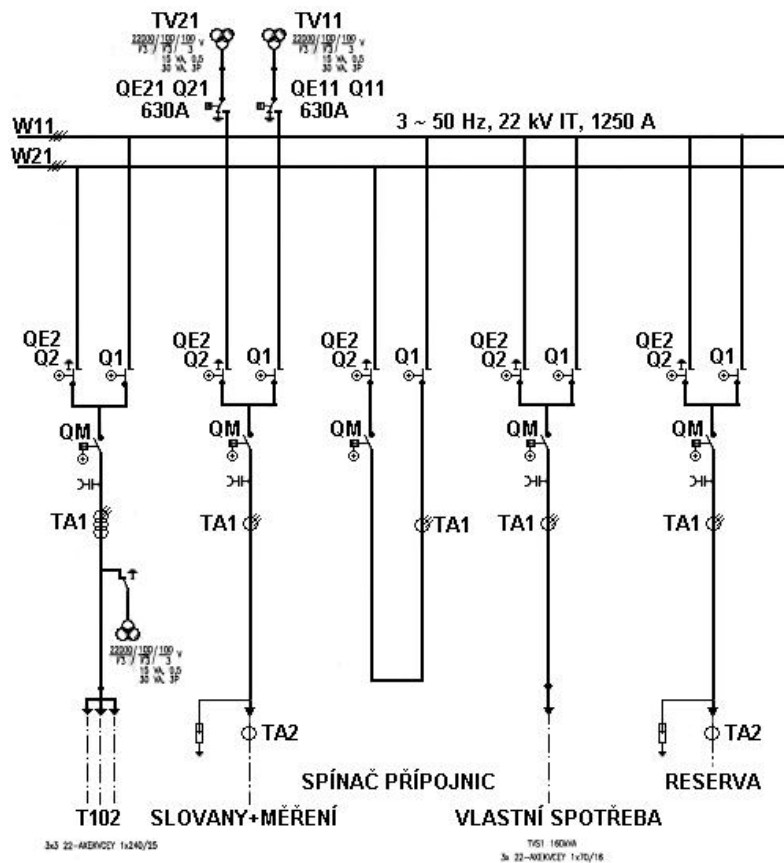
Zkratová odolnost tepelná ??? kA (navrženo výpočtem)

Zkratová odolnost dynamická ??? kA (navrženo výpočtem)

Jmenovitý proud přípojnic a přívodů 1250A

Jmenovitý proud vývodů 630A

2.2.1 Jednopolové schéma a popis ovládání



Obrázek 2 Ukázka části rozvodny 22kV s jednotlivými typy vývodů

Obrázek 2 je ručně překreslen autorem textu. Je nakreslen pro představu s kombinací různých typových vývodů.

Popis ovládání:

Manipulace bude možná z dispečinku přes řídicí systém rozvodny do řídicích jednotek a pak do jednotlivých prvků (vyjma uzemňovačů, které půjdou jen ručně). Další způsob manipulace je možný ze samotného řídicího systému rozvodny, přes řídicí jednotku až do jednotlivého prvku, nebo přímo z řídicí jednotky. Řídicí jednotky polí by měly být kombinovány s ochranami v jednom terminálu vývodu. Integrované terminály budou umístěny v nn částech jednotlivých vývodů skříňového rozváděče 22kV. Požadavky na řídicí jednotky jsou: 24 binárních vstupů, 11 povelových výstupů, komunikace mezi ŘS a řídicí jednotkou po protokolu IEC 61850, měření proudů a napětí vývodů.

2.3 Budova společných provozů BSP

Budova společných provozů bude postavena jako zděná jednopodlažní s částečným podsklepením. Přízemní část bude obsahovat místnost rozvodny 22kV, vlastní spotřebu, akumulátorovnu, místnost ČEZNetu, sklad zkratovacích souprav a hasících prostředků, dozornu, transformátor vlastní spotřeby (TVS1), sklad vn + nn a sociální zázemí.

Vlastní spotřebu bude zajišťovat v budově BSP 5 polí rozváděče 400/230V AC, 50 Hz. Dále bude umístěno 1 pole stejnosměrného rozváděče 110V DC.

Pro provoz transformovny budou osazeny 2 usměrňovače od výrobce BENNING, typu Thyrotronic 400 V AC/110 V DC, V akumulátorovně budou dva staniční olověné bloky TAB, každá o napětí 110V , zajištěné střídavé napětí bude zajišťováno z baterií přes dva střídače Power Innovation. Střídače slouží k napájení ovládacího a řídicího systému SIEMENS dalších zařízení nutných pro provoz.

Rozváděč AC je osazen ve standardním provedení pro automatický zások. V dozorně je umístěn řídicí systém, kterým se ovládají jednotlivé prvky v rozvodně vvn a vn. Řídicí skříň nn v rozvodně vn budou objednány a osazené od výrobce ASE, typu WSB ASV04, pro jmenovité napětí 230 V AC, 110 V DC, a jmenovitý proud 16A. Napájení vlastní spotřeby DC bude zajištěno napětím 110V DC, přírůdky ze dvou usměrňovačů a ze dvou staničních baterií.

Dále musí být v budově BSP umístěn skříňový rozváděč AR terminálu kvality napětí a měření synchronních fázorů, označované zkratkou PQSF, včetně počítače BK, který měří

napětí z několika vývodů vn, shromažďuje je, a posílá na centrální dispečink, kde se provádí rozbor, měření a archivace dat. Z důvodu použití fluoridu sírového v uzavřeném prostoru budovy BSP v zapouzdřené rozvodně, bude z bezpečnostních důvodů nainstalována automatická ventilace, která se bude aktivovat při úniku plynu SF₆, který by jinak zůstal v budově BSP.

V podzemní části – v suterénu bude kabelový prostor pro rozvodnou 22kV.

3 Výpočet zkratových poměrů a dimenzování jednotlivých zařízení

3.1 Soupis základních pojmů a definic souvisejících s problematikou výpočtu zkratů

3.1.1 Všeobecné pojmy

Zkrat: náhodné nebo úmyslné spojení přes zanedbatelný odpor nebo impedanci dvou nebo více bodů obvodu, které mají při normálním provozu různá napětí.

Zkratový proud: nadproud při zkratu, který je důsledkem poruchy nebo nesprávného propojení v elektrickém obvodu.

Předpokládaný zkratový proud: proud, který by protékal obvodem, kdyby byl zkrat nahrazen ideálním spojením se zanedbatelnou impedancí bez změny napájení.

Souměrný zkratový proud: efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu se zanedbatelnou eventuální aperiodickou složkou proudu.

Počáteční rázový zkratový proud I_k'' : efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v okamžiku vzniku zkratu, při konstantní impedanci.

Rázový zkratový výkon S_k'' : pomyslná hodnota definovaná jako součin počátečního rázového souměrného zkratového proudu I_k'' jmenovitého napětí U_n a součinitele $\sqrt{3}$.

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k''$$

Ustálený zkratový proud I_k : efektivní hodnota zkratového proudu, který zůstává po odeznění přechodného jevu.

Jmenovité napětí sítě U_n : sdružené napětí, kterým je soustava označena a k němuž se vztahují některé provozní charakteristiky.

Ekvivalentní napěťový zdroj $cU_n/\sqrt{3}$: napětí ideálního zdroje přiložené v místě zkratu v sousledné složkové soustavě pro výpočet zkratového proudu. Jedná se o jediné aktivní napětí soustavy.

Napěťový součinitel c : poměr mezi napětím ekvivalentního napěťového zdroje a jmenovitým napětím sítě U_n , dělený $\sqrt{3}$. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce ČSN 33 3022.

Poznámka: Uvedený napěťový součinitel c je nutný z důvodů kolísání napětí v závislosti na čase a místě, přepínání odboček transformátoru, zanedbání zátěže a kapacitních reaktancí při výpočtu, chování generátorů a motorů při přechodném ději.

Elektricky vzdálený zkrat: zkrat, při kterém velikost souměrné složky předpokládaného zkratového proudu zůstává v podstatě konstantní.

Elektricky blízký zkrat: zkrat, při kterém příspěvek alespoň jednoho synchronního stroje k předpokládanému počátečnímu rázovému zkratovému proudu překračuje dvojnásobek jmenovitého proudu generátoru, nebo zkrat, při kterém příspěvek synchronních nebo asynchronních motorů překračuje 5% počátečního rázového zkratového proudu I_k bez motorů.

3.1.2 Zkratové impedance v místě zkratu

Sousledná zkratová impedance $Z_{(1)}$ trojfázové střídavé soustavy: impedance sousledné složkové soustavy viděná z místa zkratu.

Zkratová impedance Z_k trojfázové střídavé soustavy: zkráceně označení pro souslednou zkratovou impedanci $Z_{(1)}$ pro výpočet proudů při trojfázovém zkratu.

3.1.3 Zkratové impedance elektrického zařízení

Sousledná zkratová impedance $Z_{(1)}$ elektrického zařízení: poměr fázového napětí a zkratového proudu příslušné fáze elektrického zařízení při napájení ze souměrné sousledné složkové soustavy napětí.

Minimální doba vypnutí t_{min} : nejkratší čas od počátku zkratového proudu a prvním přerušením kontaktu spínacího zařízení.

Poznámka: Čas t_{min} je součtem nejkratší možné doby působení mžikové ochrany a nejkratšího vypínacího času vypínače. K nastavitelnému časovému zpoždění vypínacího zařízení se nepřihlíží.

Druhy zkratů:

- Souměrný trojfázový zkrat
- Dvoufázový zkrat izolovaný
- Dvoufázový zkrat zemní
- Jednofázový zkrat

Příčiny vzniku zkratů:

- Nedokonalosti a vady elektrických zařízení (špatná izolace, znečištění apod.)
- Nedostatečná zkratová odolnost
- Poškození cizími zásahy a povětrnostními vlivy
- Chybná manipulace (zejména u odpojovačů)
- Přepětí

Účinky zkratových proudů:

- Dynamické
- Tepelné
- Elektrický oblouk (energie záření)
- Indukovaná napětí
- Poklesy napětí v síti
- Ohrožení dynamické stability

3.2 Vzorce pro výpočet zkratových poměrů

Pro výpočty v ohmických hodnotách platí následující vztahy:

Impedance Z_1 [Ω] umístěná na napěťové hladině U_{r1} [kV] se přepočte na napěťovou hladinu U_{r2} [kV] vynásobením této impedance převrácenou hodnotou druhé mocniny transformačního převodu p , kterými jsou tyto napěťové hladiny vázány. [5]

$$Z_2 = Z_1 \cdot \frac{1}{p^2} = Z_1 \cdot \left(\frac{U_{r2t}}{U_{r1t}} \right)^2 \quad [\Omega]$$

Hodnota počátečního souměrného rázového trojfázového zkratového proudu:

$$I_{k(3)}'' = c \cdot \frac{U_{nfs}}{Z_{k(1)}} \quad [\text{kA}]$$

Při výpočtu zkratů v procentuálních hodnotách se tyto hodnoty vztahují na předem dohodnutou základní veličinu. Proto se zavádějí vztažné veličiny, pro které platí výše odvozené vztahy:

$$S_v = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v \quad [\text{MVA}; \text{kV}; \text{kA}]$$

$$Z_v = \frac{U_{vf}}{I_v} \quad [\Omega ; \text{kV}; \text{kA}]$$

Poměrný převod transformátoru:

Pokud nejsou jmenovitá napětí transformátorů shodná se vztažnými napětími sítě, která se volí tak, aby se rovnala jmenovitému napětí sítě, použijeme pro přepočet těchto nenávazných hladin napětí poměrný převod transformátoru. [5]

$$p_p = \frac{U_{r1t}}{U_{r2t}} \cdot \frac{U_{v2}}{U_{v1}}$$

Výpočet oteplovacích proudů při zkratu:

Vychází z Jouleova integrálu průběhu zkratového proudu. Stanovuje se hodnota ekvivalentního oteplovacího proudu v síti I_{th} po dobu trvání zkratu t_k .

$$Q = \int_0^{t_k} i_k^2(t) dt \quad [\text{kVAr}]$$

$$I_{th} = \sqrt{\frac{\int i^2 dt}{T_k}} \quad [\text{kA}]$$

Zjednodušený způsob výpočtu I_{th}

$$I_{th} = I_k \cdot \sqrt{m + n} \quad [\text{kA}]$$

Výpočet vypínacích proudů:

Pro volbu vypínače se určuje souměrný vypínací proud a aperiodická složka vypínacího zkratového proudu, obě hodnoty pro nejkratší dobu vypnutí t_{min} .

V síti 22kV se jedná v převážné většině případů o elektricky vzdálený zkrat, kde platí vztah:

$$I_{vyp} = I_k \quad [\text{kA}]$$

Venkovní vedení:

Dosazujeme přímo v $[\Omega]$

$$R = R_k \cdot l \quad [\Omega]$$

$$X = X_k \cdot l \quad [\Omega]$$

Tabulka 1 Orientační hodnoty sousledné impedance pro vedení AlFe 22kV

Průřez $[\text{mm}^2]$	$R_{20} [\Omega/\text{km}]$	$X [\Omega/\text{km}]$
95	0.319	0.373
120	0.260	0.370

Tabulka 1 byla ručně přepsána autorem textu. [5]

Kabely:

Dosazujeme přímo v $[\Omega]$

$$R = R_k \cdot l \quad [\Omega]$$

$$X = X_k \cdot l \quad [\Omega]$$

Tabulka 2 Orientační hodnoty sousledné impedance pro Al kabely 22kV

Průřez $[\text{mm}^2]$	$R_{20} [\Omega/\text{km}]$	$X [\Omega/\text{km}]$
120	0.253	0.39
240	0.128	0.35

Tabulka 2 byla ručně přepsána autorem textu. [5]

Transformátory dvouvinut'ové:

$$Z_{(1)} = \frac{u_k \cdot U_{rT}^2}{100 \cdot S_{rT}} \quad [\Omega; \% ; \text{kV}; \text{MVA}]$$

$$R_{(1)} = \frac{P_{krT} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT}^2} \quad [\Omega; \text{kW}; \text{kV}; \text{MVA}]$$

$$X_{(1)} = \sqrt{Z_{(1)}^2 - R_{(1)}^2} \quad [\Omega]$$

$$Z_T = [R_{(1)} + jX_{(1)}] \quad [\Omega]$$

Náhradní impedance soustavy - sousledná:

$$Z_{(1)Q} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{k3}''} = \frac{c \cdot U_n^2}{S_{k3}''} \quad [\Omega]$$

Výpočet zkratového proudu:

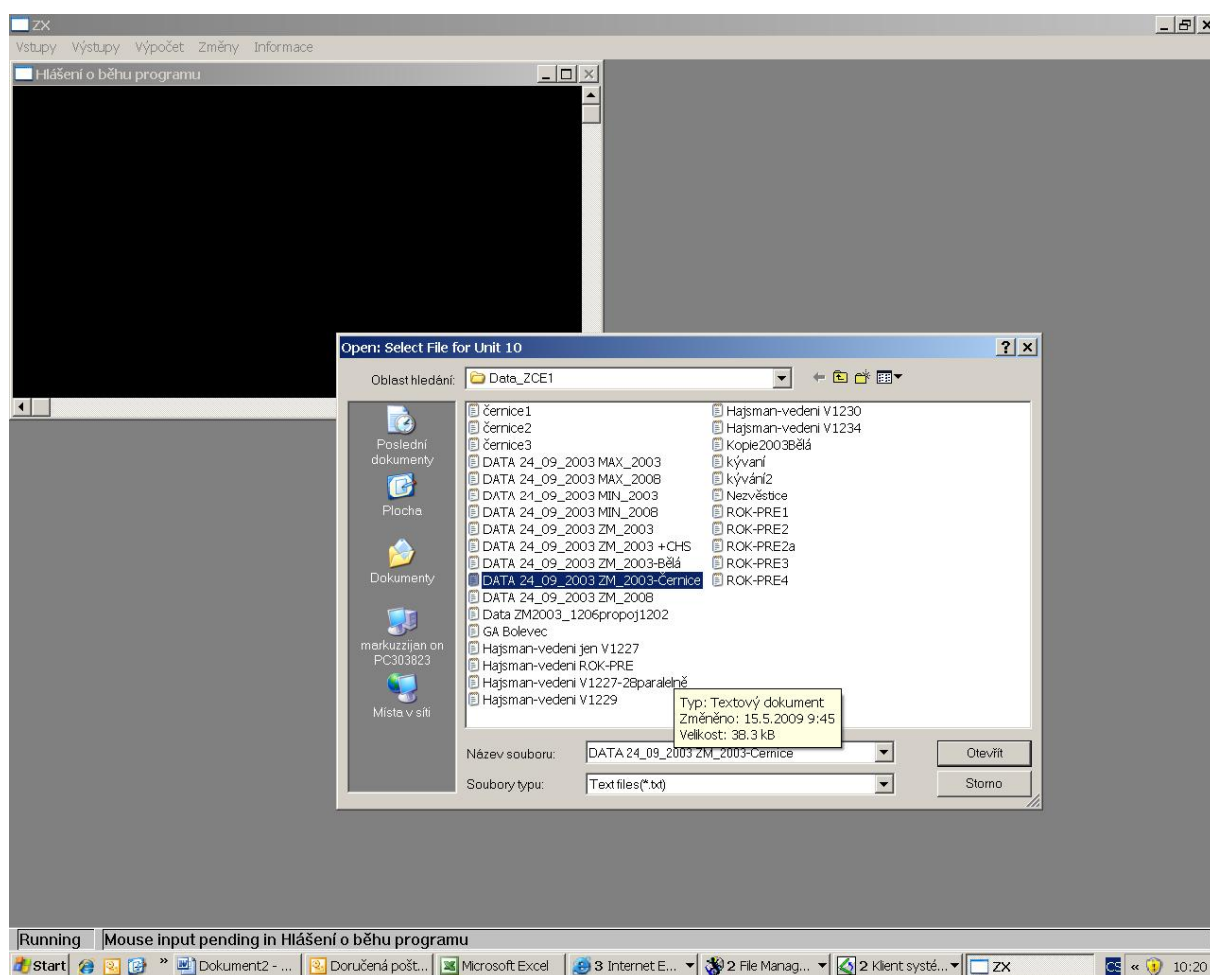
$$I_{k3} = c \cdot \frac{U_{ns}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(1)}} \quad [\text{kA}]$$

3.3 Program ZX Zkraty pro výpočet zkratových poměrů

Pro výpočet zkratových poměrů v elektrických sítích se používá program s názvem ZX Zkraty. Program se používá pro řešení zkratových poměrů v trojfázových střídavých elektrizačních soustavách, jako jsou například přenosové soustavy 220kV a 400kV, sítě rozvodných podniků 22kV, 110kV a samozřejmě také ve vlastní spotřebě velkých závodů a elektráren až na úroveň nn. Vychází z norem ČSN 33 3020 a ČSN EN 60909-0.

Program umí spočítat ze zadaných parametrů řešené sítě. V manuálu k tomuto programu je psáno: „Program umí vypočítat hodnoty počátečních souměrných rázových trojfázových a jednofázových zkratových proudů a výkonů v kA a MVA pro zkrat simulovaný postupně v každém uzlu sítě, celkovou hodnotu a příslušné příspěvky proudů od sousedních uzlů. Program udává složku proudu I_{3I0} a je možno vypsát i hodnoty náhradních impedancí v jednotlivých uzlech.“ Ve všech zadaných uzlech sítě je program schopen spočítat také hodnoty nárazového zkratového proudu I_p a ekvivalentního oteplovacího proudu I_{th} , v současnosti ale program nepočítá tyto hodnoty přesně, proto budou dopočítány ručně. Program je schopný zobrazit seznam proudů tekoucích ve větvích sítě při zkratu v zadaném uzlu, vypíše seznam složkových napětí v uzlech a vypíše seznam impedancí potřebných pro

nastavení jednotlivých ochran na hladinách vvn a vn. Výstup z tohoto programu lze použít jako podklad pro nové projektování a kontroly provozu stávajících elektrických zařízení, dimenzování z hlediska silových namáhání a dovolených oteplení, včetně výstupních hodnot pro nastavování ochran, ale také určování nebezpečných vlivů na sdělovacím vedení. Data jsou zadávána ve volném formátu, to znamená, že tento program pracuje bez grafického znázorňování, takže program načítá soubor textového dokumentu. Před skupinou dat se musí vždy vložit klíčové slovo, podle kterého program pozná, s jakou skupinou dat bude pracovat. Program pracuje systematicky po jednotlivých řádcích. Například vložením * před název se program k tomuto celému řádku chová jako komentář, slouží tedy jako popis pro osobu, která s tímto programem pracuje. Velkými písmeny se musí označit všechny názvy uzlů a větví. Ve sloupečku s daty s názvem Počítat, pokud je obsaženo písmeno N, znamená to, že program nebude hodnoty potřebného řádku vypisovat.

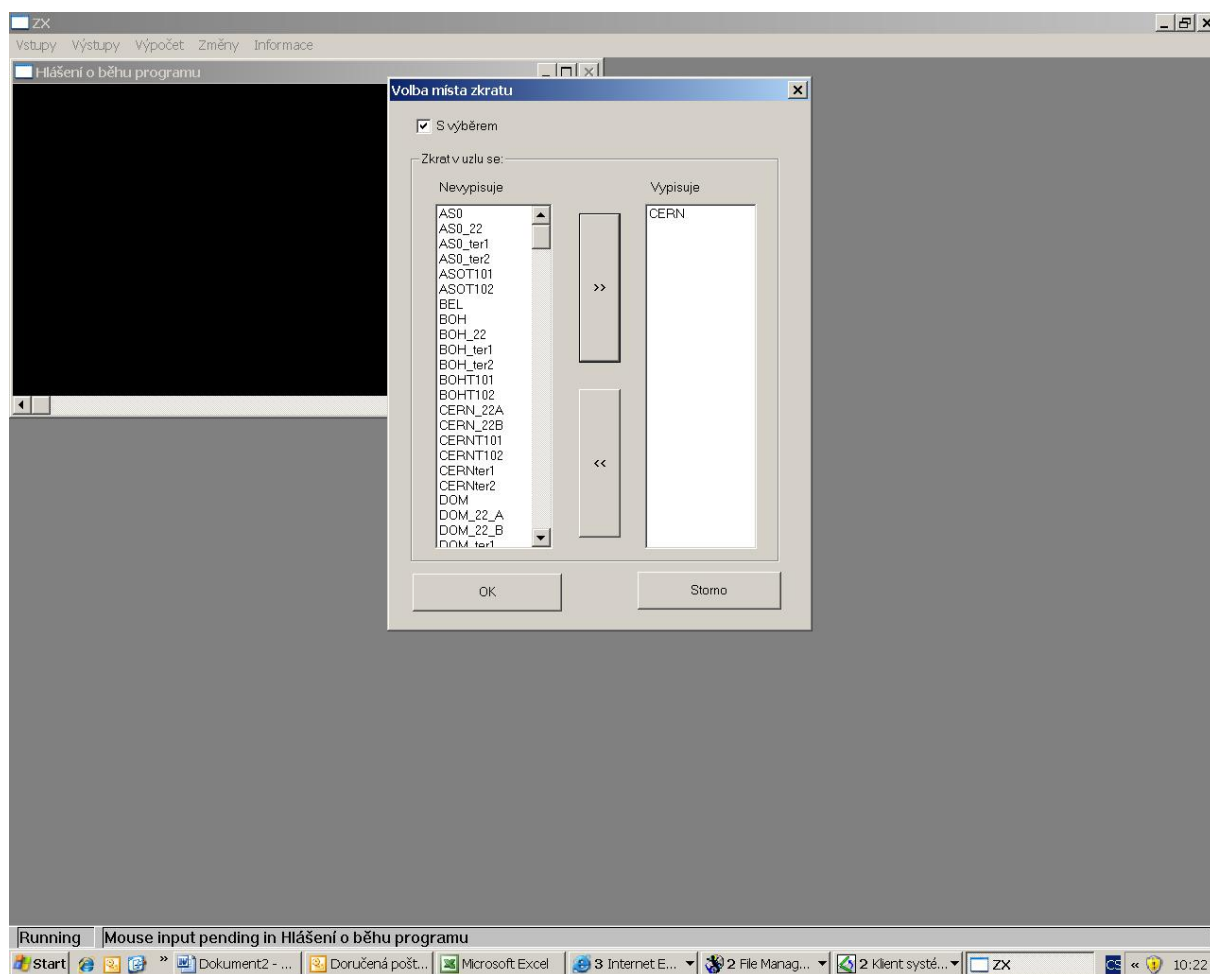


Obrázek 3 Program ZX Zkratky s označeným souborem se vstupními hodnotami

Tento obrázek je vytvořen a zkopírován autorem textu přímo ze systému Windows pomocí funkce kopie obrazovky.

Po spuštění programu se musí do programu vložit vstupní soubor s patřičnými daty, zobrazený na obrázku 3. Vstupní data programu jsou obsažené v kapitole Přílohy v podkapitole příloha A. Pro názornost je provedeno vysvětlení prvního řádku v souboru vstupních hodnot. První údaj 1.7 znamená nárazový součinitel, který se uplatní v případě, když zanedbáme jednu z hodnot R, nebo X. Druhý údaj 1 znamená dobu trvání zkratu tk, který slouží pro určení výsledného oteplovacího proudu [6]. Třetí údaj 1.1 znamená součinitel K_s pro respektování vlivu sítě při výpočtu nárazového proudu.. Soubor se vstupními daty se musí vytvořit předem, než je v programu načten. Pro správné zadání vstupních hodnot je nutné dodržovat pravidla, při jejich porušení program nebude správně počítat.

Jako další obrázek 4 je přiložena kopie obrazovky z programu, ve které se musí vybrat konkrétní výběr rozvodny, kterou má program vymodelovat a následně provést výpočet se zobrazením výstupních hodnot do souboru. Výstupní hodnoty z programu budou vyexportovány do textového souboru, které je nutno si zobrazit textovým editorem.



Obrázek 4 Provedení výběru místa zkratu pro výstupní hodnoty do souboru

Výstupní hodnoty jsou opět přiloženy v kapitole Přílohy, v příloze B.

Výstupní hodnoty jsou:

Pro hladinu napětí vvn, údaj $I_k'' - I(3) = \underline{5,152\text{kA}}$.

Pro hladinu napětí vn odpovídá $I_k'' - I(3) = \underline{7,570\text{kA}}$.

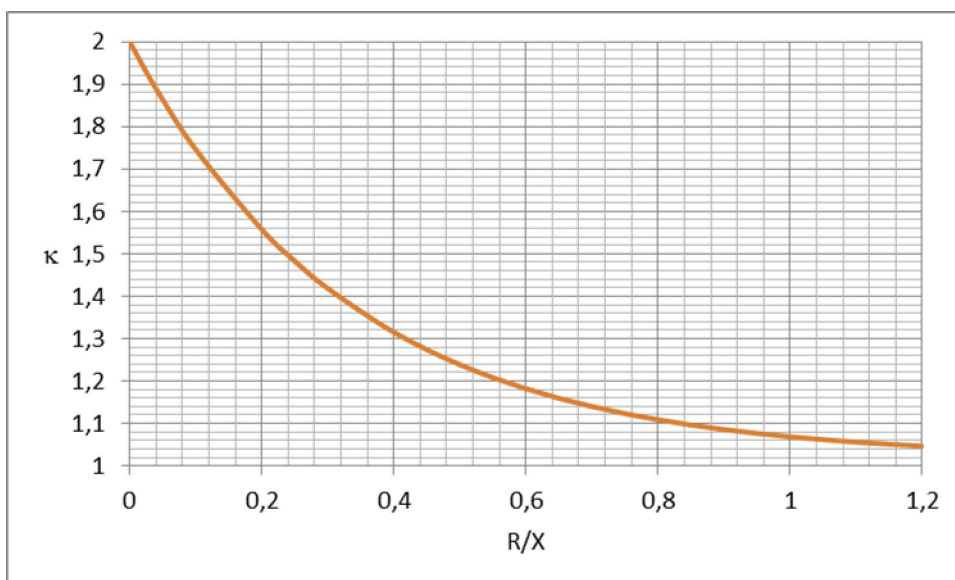
Pro výpočet ekvivalentního zkratového proudu je nutné tyto výsledky ještě přepočítat s použitým vzorcem. [7]

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} \quad [\text{kA}]$$

Pro výpočet trojfázových zkratů, které jsou napájené z nezauzlených sítí, se příspěvek nárazového zkratového proudu z každé větve může vyjádřit [7]:

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \quad [\text{kA}]$$

Pro výpočet součinitele κ musíme vypočítat poměr R/X v místě zkratu. Hodnotu κ určíme z následujícího obrázku. Obrázek 5 s grafem byl vytvořen autorem textu v softwaru Microsoft Excel, použitím vzorečku z normy ČSN 60 909-0. [7]



Obrázek 5 Součinitel κ jako funkce poměru X/R

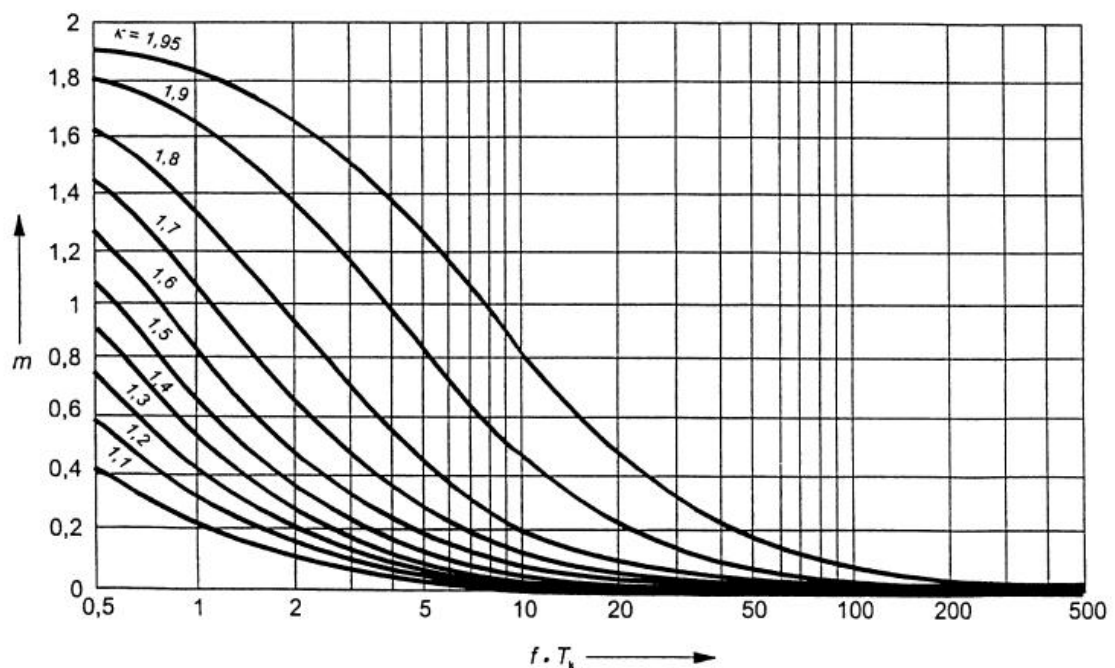
Poměr R/X pro hladinu 110kV je 0,25. Z grafu odečteme hodnotu κ , která odpovídá 1,48.

Poměr R/X pro hladinu 22kV je 0,04. Z grafu odečteme hodnotu κ , která odpovídá 1,89.

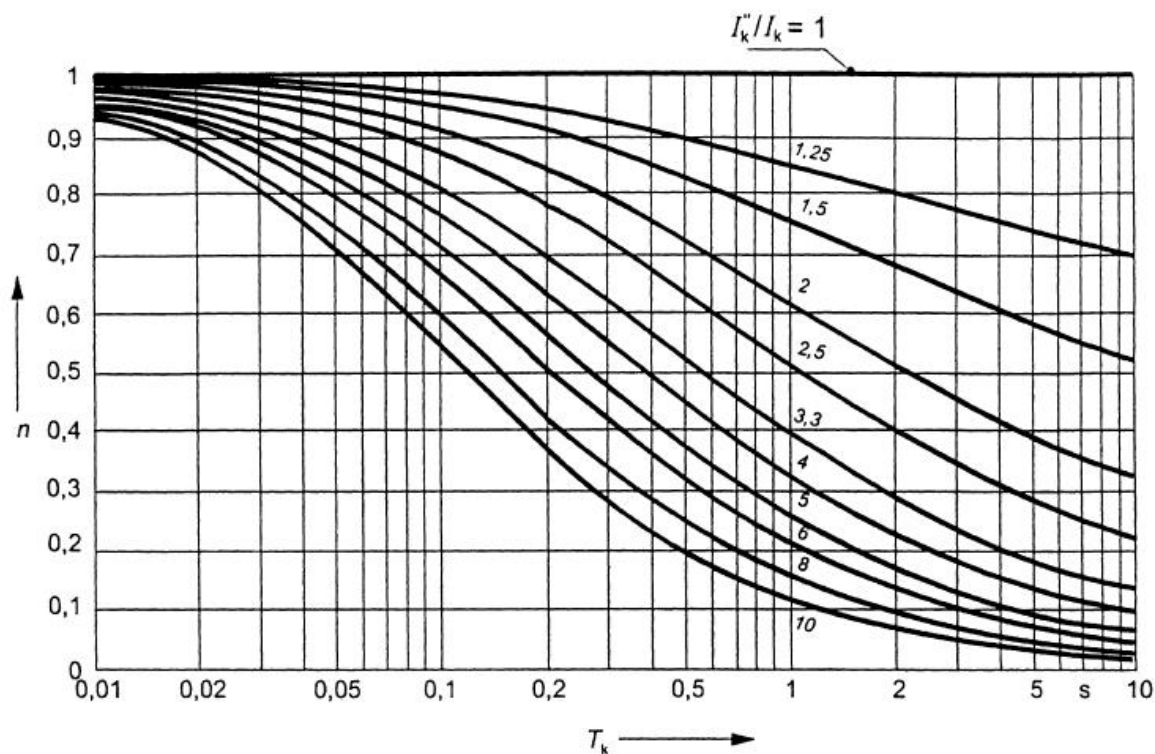
$$\text{Pro hladinu 110kV: } i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 1,48 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,152 = \underline{10,78\text{kA}}.$$

$$\text{Pro hladinu 22kV: } i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 1,89 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,57 = \underline{20,23\text{kA}}.$$

Pro výpočet ekvivalentního oteplovacího zkratového proudu I_{th} musíme určit z grafu součinitele m a grafu součinitele n . Obrázky s grafy jsou převzaty z normy ČSN 60 909-0. [7] Obrázek 6 s grafem je pro součinitel m , který představuje tepelný účinek stejnosměrné složky zkratového proudu. Obrázek 7 s grafem je pro součinitel n , který představuje tepelný účinek střídavé složky zkratového proudu.



Obrázek 6 Součinitel m pro tepelný účinek stejnosměrné složky zkratového proudu



Obrázek 7 Součinitel n pro tepelný účinek střídavé složky zkratového proudu

Pro hladinu 110kV pro součinitele m odpovídá $\kappa = 1,5$ a $T_k = 0,1s$. T_k je zvolen s ohledem na vypínací časy ochran. Z grafu odečteme hodnotu $m = 1,17$.

Pro hladinu 110kV pro součinitele n odpovídá $I_k''/I_k = 1$, protože pro elektricky vzdálené zkraty $I_k = I_k''$, a $T_k = 0,1s$. Z grafu odečteme hodnotu $n = 1$.

Ekvivalentní oteplovací zkratový proud pro 110kV:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m + n} = 5,152 \cdot 1,08 = \underline{5,57kA}.$$

Pokud pro výpočet součinitele m použiji $T_k = 0,01s$, tedy počítám v první půlvině zkratového proudu, výsledek je následující.

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m + n} = 5,152 \cdot 1,44 = \underline{7,43kA}.$$

Pro hladinu 22kV pro součinitele m odpovídá $\kappa = 1,9$ a $T_k = 0,1s$. T_k je zvolen s ohledem na vypínací časy ochran. Z grafu odečteme hodnotu $m = 0,82$.

Pro hladinu 22kV pro součinitele n odpovídá $I_k''/I_k = 1$, protože pro elektricky vzdálené zkraty $I_k = I_k''$, a $T_k = 0,1s$. Z grafu odečteme hodnotu $n = 1$.

Ekvivalentní oteplovací zkratový proud pro 22kV:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} = 7,57 \cdot 1,35 = \underline{10,21kA}.$$

Pokud pro výpočet součinitele m použiji $T_k = 0,01s$, tedy počítám v první půlvině zkratového proudu, výsledek je následující.

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} = 7,57 \cdot 1,67 = \underline{12,67kA}.$$

Velikost nárazového zkratového proudu i_p potřebujeme pro určení dynamické odolnosti zařízení. Zkratovou odolnost určíme podle Tabulky 3 z normy ČSN 38 1754. Zde jsou uvedené řady zkratových odolností rozvodných zařízení. Příložená tabulka z normy ČSN 38 1754, která byla autorem textu ručně přepsána.

Tabulka 3 Řada zkratových odolností rozvodných zařízení

Jmenovitý vypínací Proud kA	Krátkodobý Proud kA	Jmenovitý dynamický Proud kA
6,3	6,3	16
8	8	20
12,5	12,5	31,5
16	16	40
20	20	50
25	25	63
31,5	31,5	80
40	40	100
50	50	125
63	63	160

Vybírám s ohledem na velikost zkratových proudů, s ohledem na možné navýšení těchto hodnot, s ohledem na nabídku zařízení výrobcem. Dle výpočtu a hodnot v tabulce 3 jsou dostačující hodnoty zkratové tepelné odolnosti 16kA a dynamické zkratové odolnosti 40kA pro hladinu napětí 22kV. Pro hladinu 110kV jsou dostačující hodnoty zkratové tepelné odolnosti 12,5kA a dynamické zkratové odolnosti 31,5kA. Výrobce pro tento výpočet zařízení nenabízí. Vyrábí zařízení až pro hodnotu zkratové tepelné odolnosti 25kA a zkratové odolnosti dynamické 63kA.

Proto navrhuji osazení dodaného zařízení pro tyto hodnoty:

Zkratovou odolnost tepelnou 25kA.

Zkratovou odolnost dynamickou 63kA.

4 Návrh ochranných funkcí, jednotlivé typy ochran a automatik

4.1 Norma ČSN 33 3051 a PNE 38 4065

Návrhem ochranných funkcí, jednotlivých typů ochran a automatik se zabývá norma ČSN 33 3051 a PNE 38 4065, která je pro ČEZ závazná, a určuje požadavky pro bezpečné a spolehlivé chránění všech prvků elektrizační soustavy ohledně poruch a jevům, které se označují jako nenormální provozní stav. Popisuje jednotlivé funkce, citlivost a spolehlivost ochran, což znamená, že ochrana musí mít takovou citlivost, aby byla schopna správně rozlišit provozní stav od poruchového stavu. V případě výskytu poruchy musí garantovat vybavovací rychlost – schopnost spuštění ochranných funkcí, které aktivují určité druhy a typy ochran, které musí za určitý nastavený čas spolehlivě ochránit – vypnout zařízení, aby se zabránilo poškození zařízení majitele a posléze i jednotlivých zákazníků. Norma dále popisuje požadavky ohledně připojení měření a obvodů ochran k přístrojovým transformátorům proudů a napětí. [8] Mezi další pravidla patří signalizace důležitých obvodů, mezi které patří také vypnutí jističů obvodu ochran přístrojového transformátoru napětí, při jehož aktivaci se distanční ochrana (hlavní) přepíná do stavu nadproudové ochrany (záložní). Ty ochrany, nebo automatiky, které by mohly nesprávně působit při poklesu, nebo ztrátě napětí, musí být blokovány. Další parametr je selektivita ochran a znamená, že je vypnutí zajištěno jen úseku místa poruchy, a nepostižené místo musí zůstat v provozu. Mezi selektivitu patří i časové odstupňování, jehož podstata je taková, že jedna z dvojice ochran zapůsobí dříve ta, která je k poruše blíže. Při chránění velice důležitých částí elektrizační soustavy, se osazují 2 ochrany, neboli jedna hlavní ochrana a druhá místní záložní ochrana. Hlavní ochrana bývá zapojena na hlavní vypínací cívku vypínače a záložní ochrana bývá zapojena na záložní cívku vypínače. Pokud je osazena jen hlavní ochrana a vypínač má hlavní i záložní cívku vypínače, pak má hlavní ochrana působit na obě vypínací cívky vypínače. Norma se zabývá také ochranami alternátorů, hydro alternátorů, budících alternátorů a synchronních kompenzátorů, ale ty v Černicích osazeny nebudou.

4.1.1 Ochrany síťových transformátorů a jejich odboček

Jednotlivé druhy ochran transformátorů se přidělují na základě velikosti zdánlivého výkonu transformátoru, podle Tabulky 4 z normy ČSN 33 3051.

Tabulka 4 Seznam druhů ochran pro transformátory

Druh ochrany	Transformátor zvn/vn; vvn/vn; vn/vn; vn/nn				Transformátor zvn/vvn vvv/vvn
	Výkon S (MVA)				
	S < 1,7	1,7 < S < 5	5 < S < 25	25 < S	
Nadproudová zkratová (primární)	X	X	X	X	X
Nadproudová zkratová (sekundární)	X	X	X	X	
Nadproudová zkratová (terciální)	X	X	X	X	X
Nadproudová při přetížení		X	X	X	X
Plynová		X	X	X	X
Rozdílová		X	X	X	X
Zemní nádobová			X	X	X
Tepelná ochrana				(X)	(X)
Rozdílová odbočky (primární)					X
Rozdílová odbočky (sekundární)					X
Impedanční 1 (sekundární)					X
Impedanční 2 (sekundární)					X

Poznámka pro použité značení v tabulce: (X) ochrana se doporučuje, X ochrana se použije.

Tabulka 4 byla ručně přepsána autorem textu. Pro rozvodnu Černice bude platit zvýrazněný sloupec, neboť transformovna Černice bude obsahovat dva transformátory, každý o zdánlivém výkonu 40 MVA. Budou použity ochrany - nadproudová zkratová (z primární strany), nadproudová zkratová (z sekundární strany), nadproudová při přetížení, plynová, rozdílová, zemní nádobová a tepelná ochrana. Rozdílová ochrana, nesmí být citlivá na zapínací magnetický nárazový proud. Při použití zemní ochrany transformátoru nazývané ochranou kostrovou, je nutné, aby všechny kabely pomocných obvodů přivedené do skříně transformátoru, procházely společně se zemnicím páskem násuvným transformátorem proudu, musí být splněno, že nádoba transformátoru musí být proti zemi izolována.

Pro tento výčet druhů ochran navrhuji ochrany firmy Siemens SIPROTEC 7SJ611 a SIPROTEC 7UT613. Jako řídicí jednotku pro ovládání navrhuji 6MD636. Digitální ochrana Siemens SJ611 je nadproudová ochrana, která bude jako záložní ochrana transformátoru, pro případ, že nebude působit hlavní ochrana. Bude obsahovat nadproudovou ochranu, nadproudovou zemní ochranu a poruchový zapisovač. Typ 7UT613 je rozdílová ochrana, která bude hlavní ochranou transformátoru, obsahující rozdílovou ochranu s poruchovým zapisovačem. Řídicí jednotka 6MD636 obsahuje displej, na kterém jsou zobrazena jednotlivá

zařízení s jejich aktuálními stavy a měřené hodnoty veličin. V řídicí jednotce je provedeno logické blokování pro vzájemné ovládání odpojovačů s vypínačem. Pokud je přípojnicový odpojovač zapnut a vývodový odpojovač vypnut, nebude možno vypínač zapnout. Na řídicí jednotce jsou ovládací tlačítka, kterými je možno provádět manipulace s vypínačem. Dále jsou umístěny signalizační Led diody, které signalizují stav jednotlivých pomocných obvodů, například výpadek ovládacího napětí, výpadek signalizačního napětí, ale také poruchu řídicí jednotky.

4.1.2 Ochrany vedení vvn

V normě jsou dále vypsány ochrany, které se mohou použít na jednotlivých hladinách vedení vvn, a na druhu vedení, zdali se jedná o vedení venkovní, nebo kabelové. Tabulka 5 obsahuje seznam ochran, které se mohou použít dle druhu vedení.

Tabulka 5 Seznam druhů ochran pro vedení vvn

Druh ochrany	Druh vedení						
	1	2	3	4	5	6	7
Distanční 1	X	X	X	X	X	X	X
Distanční 2		X			X		X
Vazba distančních ochran	(X)	(X)	X	X	X	X	X
Srovnávací	X			X		X	
Nadproudová zkratová časově nezávislá			X				
Nadpěťová						X	X
Lokátor poruch				X	X	X	X
Zapisovač průběhu poruch				X	X	X	X

Poznámka pro použité značení v tabulce: (X) ochrana se doporučuje, X ochrana se použije.

Tabulka 5 byla ručně přepsána autorem textu, a vychází z normy ČSN 33 3051. Pro Transformovnu Černice splňují volbu sloupce 1-3, které jsou určeny pro hladinu napětí 110kV. Navrhují druh vedení – sloupec 1. Sloupce 4 a 5 jsou pro 220kV, a sloupce 6 a 7 jsou pro 400kV.

Pro tento výčet druhů ochran navrhuji ochrany firmy Siemens SIPROTEC 7SA611 a 7SD610. Ochrana typ 7SA611 je distanční ochrana, která obsahuje v sobě distanční ochranu, nadproudovou nouzovou ochranu, lokátor poruch, poruchový zapisovač a opětné zapnutí. Typ 7SD610 je srovnávací ochrana, která komunikuje s ochranou na protější straně, a porovnávají si mezi sebou navzájem protékající proud. Pokud se neshodují, obě současně vypínají zařízení. Pro ovládání bude použita opět řídicí jednotka 6MD636.

4.1.3 Ochrany vedení vn

Norma udává seznam druhů ochran, které se musí použít na vedeních vn, s uzlem neúčinně uzemněným přes zhášecí tlumivku (kompenzovaná síť), nebo s neúčinně uzemněným uzlem přes rezistor. Tabulka 6 obsahuje seznam ochran, které se mohou použít dle druhu vedení. Jako nejlepší volbu pro chránění vývodů vn, bych navrhoval použití druhu ochran podle sloupce 1, ve kterém jsou označeny ochrany nadproudová zkratová časově nezávislá a závislá, nadproudová zkratová mžiková ochrana a tepelná ochrana proti přetížení je volitelná. Je nutno uvést také frekvenční systémovou ochranu, která vyhodnocuje poklesy kmitočtu, a v případě aktivace, se provádí víceúrovňové odstupňování vypínání jednotlivých vývodů. V případě zapouzdřených rozváděčů je nutno použití zábleskové ochrany z důvodu ochrany přípojnic a zařízení ve skříních jednotlivých kobek, která v případě poruchy vypíná všechny zdroje – celou rozvodnu, nebo její části rozdělených do sekcí.

Tabulka 6 Seznam druhů ochran pro vedení vn

Druh ochrany	Druh vedení				
	1	2	3	4	5
Nadproudová zkratová časově nezávislá a závislá	X	X			X
Nadproudová zkratová mžiková	X	X			
Nadproudová směrová			X	X	
Distanční		(X)	(X)	X	
Srovnávací					X
Tepelná ochrana proti přetížení	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)

Poznámka pro použité značení v tabulce: (X) ochrana se doporučuje, X ochrana se použije.

Tabulka 6 byla ručně přepsána autorem textu, a vychází z normy ČSN 33 3051. Při zvláštním režimu provozu ZRP, to znamená práce pod napětím, bude v ochranách realizováno přepnutím sady parametrů z normálního nastavení provozu na režim ZRP. To spočívá v deaktivaci volby pro opětné zapnutí, snížení času nadproudové ochrany na mžik a dále uvolnění vypínání od U_0 .

Pro tento výčet druhů ochran navrhuji ochrany firmy Siemens SIPROTEC 7SJ632 pro vývody a SIPROTEC 7SJ804 pro měření jednotlivých přípojnic. Typ 7SJ632 je nadproudová ochrana, která v sobě implementuje nadproudovou ochranu, nadproudovou zemní ochranu, opětné zapnutí, nadproudovou směrovou, zemní nadproudovou směrovou, citlivý zemní článek, ochranu při tepelném přetížení, frekvenční ochranu, lokátor poruch a poruchový zapisovač. Typ 7SJ804 bude osazen v kobkách měření přípojnic a kromě měřených hodnot bude mít aktivovaný citlivý zemní článek.

4.1.4 Automatiky opětného zapnutí

V normě jsou uvedeny také automatiky opětného zapnutí pro hladiny venkovních vedení vvn a vn. V normě PNE 38 4065 je napsáno: „*Při použití opětného zapnutí (OZ) se musí přihlídnout k zapojení příslušného vedení elektrizační soustavy, aby nemohlo dojít k narušení stability elektrizační soustavy, nebo k nepřijatelnému torznímu namáhání hřídele připojených soustrojí.*“ [9] Proto u napájecích linek z elektrárenských bloků od generátorů jsou tyto automatiky vypnuty. U ostatních sítí, do nichž pracují generátory, je možnost provozovat pouze jednofázové opětné zapínání.

Podle druhu poruchy se rozlišují druhy provozu opětného zapnutí na volbu bez opětného zapnutí, tzn. při poruše se vedení - vývod vypne a zůstane již vypnutá. Potřebnou manipulaci - zapnutí provede dispečer dálkově ze systému centrálního dispečinku, nebo obsluha rozvodny, pokud je na rozvodně přítomna. Může být navoleno jednopólové opětné zapnutí, které má funkci takovou, že vypne a zapne jen tu fázi, na které je porucha - zkrat. Ovšem nutnost pro volbu jednopólových OZ je, aby byl pohon vypínače pro každou fázi zvlášť, protože pokud bude pohon na vypínači společný pro všechny tři fáze, potom jednopólové opětné zapnutí nemůže být provedeno. Dále je možná volba jednopólového nebo třípólového opětného zapnutí, což znamená, že při jednopólovém zkratu proběhne jednopólové opětné zapnutí a při mezifázovém zkratu se provede třípólové vypnutí a zapnutí. Poslední možností volby je třípólové opětné zapnutí znamenající, že je provedeno automaticky trojpólové vypnutí a zapnutí vypínače. Automatika opětného zapnutí se spouští jen od hlavní ochrany, záložní ochranou je provedeno pouze vypnutí. Opětné zapnutí musí však být blokováno v případech, kdy nejsou splněny všechny podmínky, například nepřipravenost vypínače, výše zmíněné působení záložní ochrany, nebo vypnutí a zapnutí volbou dispečera, nebo obsluhy rozvodny. Tato funkce bývá zaimplementována v digitálních ochranách, nebo v ovládacích prvcích vývodů, a jejich současné vzájemné komunikace mezi ochranou a tímto ovládacím prvkem.

Pro automatiky opětného zapínání navrhuji ochrany firmy Siemens pro vedení vvn SIPROTEC 7SA611 a pro vedení vn SIPROTEC 7SJ632.

4.1.5 Automatiky ladění a regulace napětí

Pro bezpečný a stabilní provoz je nutností použití automatik ladění tlumivek a automatik regulace napětí.

Automatika ladění se používá k regulaci sítí na hladině vn. Regulace se provádí automatikou ladění na zhášecí tlumivce. Automatika ladění se pomocí měřených hodnot

v provozním a bezporuchovém stavu nastaví na provozní naladění a snaží se kompenzovat nesymetrie provozních kapacit. Při poruše – jednopólovém zemním spojení má postižená fáze potenciál země, a ostatní fáze budou mít fázové napětí vynásobené $\sqrt{3}$. Záleží na poloze jádra v tlumivce, kterou podle měřených hodnot U_0 řídí automatika ladění. Díky této kompenzaci teče místem poruchy zemního spojení, malý zbytkový kapacitní proud, vykompenzovaný indukčním proudem. Tím je možný i během jednofázového zemního spojení nepřerušovaný provoz.

Automatika regulace napětí funguje tak, že se měří napětí na sekundární straně transformátoru, tzn. na hladině vn, které pak jednotlivými vývody je přivedeno přes distribuční transformátory, až k zákazníkům. Napětí na sekundární straně se podle zatížení může měnit, proto je hlídáno - porovnáváno se zadanou hodnotou v regulátoru, a v případě překročení určitých napěťových hodnot v závislosti na čase, automatika vydá povel na regulaci transformátoru na změnu odbočky o 1 odbočku dolů, nebo o 1 odbočku nahoru, tzn. napětí více, či méně.

Navrhuji automatiky firmy A.eberle. Automatika ladění tlumivky REG-DP. Automatika regulace napětí REG-D.

4.1.6 Řídicí systém

Podle koncepce řídicích systémů bude zvolen koncentrátor řídicího systému SICAM PAS, zařízení pro místní dohled a řízení elektrické stanice SAT 250 SCALA a výše zmíněné terminály 6MD636 s komunikačním protokolem IEC 61850. [10] Komunikace mezi ochranami a řídicími jednotkami bude provedena kruhovými dvojími optickými sběrnici Ethernet pomocí výše zmíněného komunikačního protokolu, z nichž jedna sběrnice bude pro vvn část a druhá sběrnice bude pro vn část. Dále budou pomocí optického paprskového propojení, propojeny regulátory transformátoru a tlumivky.

Závěr

Transformovna Černice bude splňovat všechny požadavky a standardy kladené na moderní technologie. Bez její výstavby by bylo složité napájení nové obchodní a průmyslové zóny a přilehlých částí v okolí. Dále její význam spočívá ve výkonovém odlehčení okolních rozvodů a zvýšení stability rozvodné sítě.

Byly provedeny výpočty zkratové tepelné odolnosti (1s), jejichž výsledky jsou 5,203kA pro hladinu napětí 110kV a 7,645kA pro hladinu napětí 22kV. Dále byly vypočítány zkratové dynamické odolnosti, jejichž výsledek je 8,758kA pro hladinu napětí 110kV, 12,112kA pro hladinu napětí 22kV. Na základě těchto výsledků se vypočítává nastavení pro jednotlivé typy ochran na hladinách napětí vvn a vn, což ale nebylo zadáním této bakalářské práce.

Díky osazení digitálních ochran a automatik na transformovně Černice spolu technologiemi vakuových vypínačů a zapouzdřené rozvodny vn s technologií izolace SF₆, bude lépe zajištěn spolehlivý a bezpečný provoz na hladinách napětí vvn a vn. Zapouzdřená rozvodna má lepší parametry, než klasická rozvodna kobková, zabírá i z hlediska plochy daleko menší prostor. Digitální ochrany vůči ochranám elektromechanickým mají několik výhod. Obsahují několik ochranných funkcí v jednom zařízení, a pro každou funkci jsou možné 4 sady nastavení. Logické obvody se dají vnitřně konfigurovat dle potřeby. Nastavení ochran je jednodušší a přesnější, než u ochran elektromechanických. V případě poruch na vedeních, digitální ochrany obsahují zapisovač poruch, je možné si průběh poruchy stáhnout a zobrazit. Digitální ochrany také obsahují lokátor poruch, jsou tedy schopné posílat vzdálenost poruchy na centrální dispečink, a určit místo poruchy. Digitální ochrany obsahují obvod, pro hlídání vnitřních okruhů, takže pokud je zjištěna porucha vnitřních obvodů, ochrana signalizuje vnitřní poruchu a je její funkce zablokována. To je výhoda oproti elektromechanickým ochranám, u kterých se jejich nefunkčnost dozvíme jen při revizi ochran. Digitální ochrana se skládá z bloků – procesorová jednotka, komunikační jednotka, vstupně – výstupní deska s analogovými a binárními vstupy a výstupy, a jako poslední je zdrojová deska. Při srovnání digitálních a elektromechanických ochran, jsou digitální ochrany přesnější, výkonnější, mají jednodušší zapojení, a mají menší rozměry. Digitální ochrany jsou spolehlivé a obsahují nové rozšířené funkce chránění, které jsou v současné době nutností pro správný a bezpečný provoz vedení vvn a vn.

Použitá literatura

- [1] ČSN EN 60044-3 Přístrojové transformátory - Část 3: Kombinované transformátory, 2011
- [2] ČSN EN 60044-1 Přístrojové transformátory - Část 1: Transformátory proudu, 2001
- [3] ČSN EN 60044-5 Přístrojové transformátory - Část 5: Kapacitní transformátory napětí, 2012
- [4] ČSN 33 3220 Společné ustanovení pro elektrické stanice, 2002
- [5] ČSN 381754 Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů, 1974
- [6] ČSN 33 3020 Elektrotechnické předpisy, Výpočet poměrů při zkratech
- [7] ČSN EN 60909-0, Zkratové proudy v trojfázových střídavých – Část 0: Výpočet proudů, 2002
- [8] ČSN 33 3051 Ochrany elektrických strojů a zařízení, 1992
- [9] PNE 38 4065 Provoz, navrhování a zkoušení ochran a automatik, 2008
- [10] DSO ME 0052r03z1, Koncepce standardu Řídících systémů stanic, DSO ME 0052r03, ČEZ Distribuce a.s. 2009

Přílohy

Příloha A – Vstupní data pro program ZX Zkratky ze souboru

Z důvodu mlčenlivosti firemních dat (skutečná nastavení rozveden), jsou tyto informace pro ostatní obyvatele nepřístupné. Uvádím tedy pro názornost jen část vstupního souboru, abych jako zaměstnanec firmy, neporušoval zákon.

1.7 1 1.1 500 1 1.15

výpočet sítě 110kV ZČE - přidána R110kV Bělá, Černice, nové V1201, V1202 (3 a 4k) a nové V1235, V1236 a V1238

Zimní měření 2011 - upraveno pro nejnovější verzi programu z 14.5.2012 - 3VTrafa

* zimní měření - dle skutečného ZM

* minimum PRE T401 + SP_PRE zap., zdroje pouze TIS_TG1, TIS_TG5, ELU_TG9, TPL_TG2, trafa po 1

* maximum všechny zdroje

*

HLADINY

* Un	c max	c min
400	1.05	1
220	1.1	1
110	1.1	1
22	1.1	1
10.5	1.1	1
10	1.1	1
6.3	1.1	1

UZLY2

* hodnota lth je pouze fiktivní, bez ní však program nechodí

*Uzel Un uzlu R1 X1 R0 X0 Oblast lth Počítat

CERN 110 0 0 0 0 2 40

CERN_22A 22 0 0 0 0 2 40

*T-odbočky

odbEJP1 110 0 0 0 0 1 40 N T-odbočka

BLOK

*NAZEV Uns Rg x"d SnG UnG kG obl lth poc

* uk PknT SnT R0/R1 X0/X1 kT

G_ELU_8 22 0.00261 13.1 35 6.3 0.5 1 40 N

12.44 260.1 40 1 1 1

9.89 150 20 1 1 1

GENERATORY

*NAZEV Uns Rg x"d R0 X0 SnG kG obl lth poc

G_VYD_1 6.3 0.0334 12.6 0.4501 0.0697 6 0.5 2 40 N

SOUSTAVA

*nazev Un Sk3 X1/R1 Sk1 X0/R0 c obl lth poc

VIT_220 220 5010.7 9.70 4648.2 6.80 1.1 3 40

VETVE

*nazev pocatek konec R1 X1 R0/R1 X0/X1 delka VYPNUTO

V1201 CHR SNH1 1.57 7.91 2.76 2.7 18.010

SP_ROK_22 ROK_22_A ROK_22_B 0.001 0.001 1 1 0.001 1

*zdroje (pripnuti do soustavy)

TPL_G1 TPL_A G_TPL_1 0.001 0.001 1 1 0.001 0

3VTRANSFORMATORY

CERN101 CERN CERN_22A CERNter1 1 A N 0 0 8ERH33M

10.8 206 40 0.37 1.6 1

17.5 75.7 12.5 0 0 1

4.4 65.5 12.5 0 0 1

CERN102 CERN CERN_22B CERNter2 1 A N 0 0 8ERH33M

```

10.8 206 40 0.37 1.6 0
17.5 75.7 12.5 0 0 0
4.4 65.5 2.5 0 0 0
2VTRANSFORMATORY
PRET201 PRE_220 PRE_B 8.48 644.7 200 0.97 0.9 1 0
VITT201 VIT_220 VIT_A 8.44 621.9 200 0.97 0.9 1 1
KONEC

```

Příloha B – Výstupní data pro program ZX Zkraty 110kV do souboru

Výpočet sítě 110kV ZČE - přidána R110kV Bělá,Černice, nové V1201,V1202 (3 a 4k)
 Zimní měření 2011 - upraveno pro nejnovější verzi programu z 14.5.2012 - 3VTrafa
 Odpor oblouku při 1f. zkratu = .00000 [ohm]

POCET UZLU =270

POCET VETVI=322

Datum : 14/05/2012

Cas : 08:52:25.30

DATA :C:\Documents and Settings\Do

VYSLEDKY :C:\Documents and Settings\Do

TABULKA1 :UNKNOWN

TABULKA2 :UNKNOWN

*** VYSLEDNE KOMPLEXNI HODNOTY TROJFAZOVYCH A JEDNOFAZOVYCH ZKRATU ***

(Vypocet maximalnich zkratu uvazuje se cmax)

ZKRAT V	I(3)	UH(3)	SK(3)	I(1)	UH(1)	SK(1)	3I0	UH(3I0)	SK(0)	RE[SK(0)]	IM[SK(0)]
CERN	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[MVA]	[MVA]
PLJ	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00
CERNT101	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00
CERNT102	.000	.00	.00	.176	-79.70	33.60	.529	-79.70	72.43	17.13	-70.37
CERN	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00

 CELKEM 5.152 -79.45 981.64 4.155 -76.54 791.56 4.155 -76.54 568.74 164.84 -
 544.32

Příloha C – Výstupní data pro program ZX Zkraty pro 22kV do souboru

výpočet sítě 110kV ZČE - přidána R110kV Bělá,Černice, nové V1201,V1202 (3 a 4k)

Zimní měření 2011 - upraveno pro nejnovější verzi programu z 14.5.2012- 3VTrafa

Odpor oblouku při 1f. zkratu = .00000 [ohm]

POCET UZLU =270

POCET VETVI=322

Datum: 14/05/2012

Cas: 09:29:30.13

DATA:C:\Documents and Settings\Do

VYSLEDKY :C:\Documents and Settings\Do

TABULKA1 :UNKNOWN

*** VYSLEDNE KOMPLEXNI HODNOTY TROJFAZOVYCH A JEDNOFAZOVYCH ZKRATU ***

(Vypocet maximalnich zkratu uvazuje se cmax)

ZKRAT V	I(3)	UH(3)	SK(3)	I(1)	UH(1)	SK(1)	3I0	UH(3I0)	SK(0)	RE[SK(0)]	IM[SK(0)]
CERN_22A	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[MVA]	[MVA]
PRISPEVEK OD											
CERNT101	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00
CERN_22A	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00
ZKRAT V	I(3)	UH(3)	SK(3)	I(1)	UH(1)	SK(1)	3I0	UH(3I0)	SK(0)	RE[SK(0)]	IM[SK(0)]
CERN_22B	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[kA]	[DEG]	[MVA]	[MVA]	[MVA]
CERNT102	7.570	-84.98	288.47	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00

 CELKEM 7.570 -84.98 288.47 .000 -45.00 .00 .000 -45.00 .00 .00 .00