

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Rekonstrukce rozvodny 22 kV Sušice**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

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

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš BERKA**  
Osobní číslo: **E10N0023K**  
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Rekonstrukce rozvodny 22 kV Sušice**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište stávající stav rozvodny včetně přilehlé sítě vn 22 kV a zdůvodněte potřebu rekonstrukce.
2. Provedte variantní návrh rekonstrukce rozvodny z pohledu použité technologie.
3. Provedte ekonomické hodnocení navržených variant.
4. Zpracujte zadání pro projekt vámi vybrané varianty.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

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



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

V Plzni dne 17. října 2011

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá rekonstrukcí rozvodny 22 kV v Sušici, jejím stručným popisem a důvody rekonstrukce. Dále má tato práce za úkol posoudit možné varianty rekonstrukce rozvodny 22 kV z hlediska použité technologie. Po vybrání nejvhodnější varianty bude zpracován zadávací návrh pro zpracovatele projektové dokumentace.

## **Klíčová slova**

rozvodna, transformátor, přípojnice, kobka, elektrická energie, transformace, vlastní spotřeba, rozvaděč, izolátor, zkratový proud

## **Abstract**

This thesis deals with the reconstruction of 22 kV substation in Sušice, its brief description and reasons for the reconstruction. Furthermore, this work has the task to assess the possible variants of 22 kV substation reconstruction of the technology. After selecting the best solution will be developed for the design specification of the project documentation.

## **Key words**

substation, transformer, busbar, vault, electrical energy, transformation, own consumption, switchboard, insulator, short-circuit current,

## Prohlášení

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

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

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

V Bezděkově dne 8.4. 2012

.....

podpis

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Jiřině Mertlové, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Liboru Němečkovi za cenné konzultace a poskytnutí odborných informací.

## Obsah

<b>Použité symboly a zkratky .....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Transformovna 110/22 kV Sušice .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Rozvodna 110 kV .....</b>	<b>12</b>
2.1 Transformace 110/22 kV .....	14
<b>3. Rozvodna 22 kV .....</b>	<b>14</b>
3.1 Transformace 22/0,4 kV .....	17
3.2 Regulace napětí 110/22 kV .....	18
3.3 Regulace napětí 22/0,4 kV .....	18
3.4 Způsob provozu a ovládání .....	18
3.5 Ovládání rozvodny 110 kV a 22 kV .....	18
3.6 Blokování přístrojů .....	19
3.7 Vlastní spotřeba AC .....	19
3.7.1 Transformátory, rozvaděče .....	19
3.7.2 Opatření při ztrátě vlastní spotřeby AC .....	20
3.8 Vlastní spotřeba DC .....	20
3.8.1 Akubaterie, rozvaděče .....	20
3.8.2 Opatření při ztrátě vlastní spotřeby DC .....	20
3.9 Dozorna .....	21
3.10 Další zařízení transformovny .....	21
3.10.1 Kompresorová stanice .....	21
3.10.2 EZS .....	21
3.10.3 EPS .....	21
3.10.4 ISDN .....	21
3.10.5 Terminál PQSF .....	21
<b>4. Důvody rekonstrukce rozvodny 22 kV .....</b>	<b>22</b>
<b>5. Varianty řešení rekonstrukce .....</b>	<b>22</b>
5.1 Kobkové provedení rozvodny 22 kV .....	24
5.1.1 Ovládání a monitorování kobky 22 kV .....	28
5.1.2 Napájení vlastní spotřeby .....	28



5.2 Výpočet účinků zkratových proudů .....	29
5.2.1 Dynamické účinky zkratových proudů .....	29
5.2.1.1 Výpočet vrcholné síly mezi vodiči při 3-fázovém zkratu .....	30
5.2.1.2 Výpočet namáhání tuhých vodičů .....	30
5.2.1.3 Dovolené namáhání vodiče .....	31
5.2.2 Tepelné účinky zkratových proudů .....	31
5.3 Skříňová modulární rozvodna 22 kV s izolací SF <sub>6</sub> .....	34
5.3.1 Vlastní spotřeba NN střídavá a stejnosměrná .....	35
5.3.2 Kabelové vývody .....	36
5.3.3 Ovládání rozvodny 22 kV .....	36
5.3.4 Blokování .....	36
<b>6. Porovnání ekonomických nákladů .....</b>	<b>38</b>
6.1 Investiční náklady .....	38
6.1.1 Kobkové provedení rozvodny 22 kV .....	38
6.1.2 Skříňové modulární provedení rozvodny 22 kV .....	39
6.2 Doba životnosti zařízení .....	40
6.3 Provozní náklady .....	41
<b>7. Vybraná varianta rekonstrukce .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Zadání pro projekt .....</b>	<b>42</b>
9.1 Řídicí systém .....	43
9.2 Ovládání rozvodny 22 kV .....	44
9.3 Blokování .....	44
9.4 Ochrany .....	44
9.5 Vlastní spotřeba .....	45
9.6 Kabelové rozvody .....	45
9.7 Nadzemní vývody .....	45
<b>Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam použité literatury a pramenů .....</b>	<b>47</b>

## Použité symboly a zkratky

ČEZ DSO	ČEZ Distribuce, a.s.	
COP	centrální ovládací pracoviště	
SAIFI	průměrná systémová četnost přerušení dodávky elektrické energie	
SAIDI	průměrná systémová doba trvání přerušení dodávky elektrické energie	
PTP	přístrojový transformátor proudu	
PTN	přístrojový transformátor napětí	
HMI	ovládací pracoviště	
$I_{km}$	nárazový zkratový proud	[A]
$I_{dyn}$	dynamický proud	[A]
$I_{ke1}$	vypočtený ekvivalentní oteplovací zkratový proud	[A]
$I_{t1}$	jmenovitý krátkodobý proud	[A]
$\mu_0$	permeabilita vakua	[H/m]
$l$	osová vzdálenost mezi podpěrkami	[m]
$i_{p3}$	maximální hodnota 3-fázového zkratu	[A]
$a_m$	vzdálenost mezi hlavními vodiči	[m]
$\sigma_m$	ohybové namáhání	[N/mm <sup>2</sup> ]
$V_\sigma, V_r$	činitelé respektující dynamické působení	[-]
$\beta$	součinitel závislý na typu a počtu podpěr	[-]
$R_{p0,2}$	namáhání odpovídající minimální hodnotě meze průtažnosti materiálu vodiče	[N/mm <sup>2</sup> ]
$q$	součinitel plasticity průřezu vodiče	[-]
$A_{min}$	minimální průřez vodiče	[mm <sup>2</sup> ]
$\vartheta_f$	fiktivní teplota vodiče	[°C]
$\vartheta_l$	teplota vodiče před zkratem	[°C]
$\vartheta_k$	maximální povolená teplota vodiče	[°C]
$c_0$	specifické teplo při 0 °C	[°C]
$\rho_{20}$	specifická rezistence při 20 °C	[μΩ.m]

## Úvod

Elektrizační soustava sestává z výroben, přenosu, rozvodu a spotřebičů elektrické energie. Základním spojovacím prvkem mezi výrobny, přenosovou a rozvodnou sítí a ve vlastní rozvodné síti mezi sítí a spotřebiči, jsou elektrické stanice. Hlavním úkolem elektrických stanic je transformovat napětí, rozdělovat dodávku elektrické energie všech napěťových úrovní a ve specifických případech provádět přeměnu střídavého napětí na stejnosměrné a naopak.

Podle účelu využití můžeme elektrické stanice rozlišovat na:

- Spínací stanice – uzlové body, kde dochází k rozdělování elektrické energie při stejném napětí.
- Transformační stanice (transformovny) – transformují elektrickou energii na potřebné napětí.
- Usměrnovací stanice (měnirny) – přeměňují elektrickou energii střídavého napětí na elektrickou energii stejnosměrného napětí a naopak, nebo přeměňují elektrickou energii o standardním síťovém kmitočtu na energii s kmitočtem jiným.
- Kompenzovny – slouží ke kompenzaci v elektrickém rozvodu, zejména ke kompenzaci jalového výkonu.

Elektrická stanice je dle zákona č. 458/2000 Sb. v platném znění definována jako: „Elektrickou stanicí se rozumí soubor staveb a zařízení elektrizační soustavy, který umožňuje transformaci, kompenzaci, přeměnu nebo přenos a distribuci elektřiny, včetně prostředků nezbytných pro zajištění jejich provozu“.

Elektrické stanice obecně slouží k tomu, aby mohla být energie vyrobená v elektrárnách dopravena na místo spotřeby. To znamená, že spolu s vedením zajišťují elektrické stanice propojení zdrojů a spotřebičů elektrické energie. Příslušenství elektrických stanic může být provedeno uvnitř budov, nebo ve venkovních prostorách. Podle toho rozlišujeme elektrické stanice podle provedení na venkovní nebo vnitřní. Venkovní provedení elektrických stanic je levnější, ale zabírá větší půdorysnou plochu. Vnitřní provedení elektrických stanic naproti tomu bývá náročnější na stavební část rozvodny, může se však využít několik podlaží nad sebou a není potřeba dodržovat tak velké vzdálenosti mezi živými částmi, protože zařízení jsou umístěny v suchých a čistých prostorách bez klimatických změn.

Elektrické stanice venkovního provedení není vhodné zřizovat v oblastech s častým výskytem mlh, nebo v blízkosti velkých průmyslových podniků kde hrozí velké znečištění ovzduší.

Téma této diplomové práce „Rekonstrukce rozvodny 22 kV Sušice“ bylo zvoleno ve spolupráci s pracovníky oddělení Rozvoj společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Cílem je posouzení možných variant řešení rekonstrukce rozvodny z hlediska vynaložených nákladů, provozních nákladů a možného rozšíření technologie 22 kV dle konkrétních potřeb regionu Sušice. Závěry této diplomové práce budou využity při zpracování skutečného zadávacího návrhu rekonstrukce rozvodny.

## **1. Transformovna 110/22 kV Sušice**

Transformovna 110/22 kV Sušice je umístěna na severovýchodním okraji Sušice při komunikaci Sušice – Klatovy a slouží k distribuci elektrické energie na hladině 22 kV pro jihovýchodní část okresu Klatovy, tj. město Sušice, oblasti okolo Kašperských Hor, Hartmanic, Kolinice, Žichovic, Nezdic a Srní.

Záložně lze napájet transformovnu 110/22 kV Horažďovice a transformovnu 110/22 kV Vydra, částečně transformovny 110/22 kV Klatovy, 110/22 kV Nýrsko a 110/22 kV Nepomuk. Dále je možné částečně napájet některé úseky distribuční soustavy společnosti EON. K tomu lze použít dvě předávací místa Kašperské Hory – Červená ( č.1 ) a Soběšice ( č.2 ).

Transformovna 110/22 kV Sušice byla dána do provozu 29. ledna 1959. Následně byla v roce 1977 rozšířena a poté byla v letech 1999 – 2000 kompletně zrekonstruována venkovní rozvodna 110 kV.

Transformovna se skládá z venkovní rozvodny 110 kV a vnitřní rozvodny 22 kV. Rozvodna 22 kV je v kobkovém provedení a je umístěna v přízemí a v 1. patře zděného objektu. Ovládání rozvodny 110 kV a rozvodny 22 kV je dálkové z dispečinku ČEZ DSO VVN a VN Západ. V případě potřeby je možné obě rozvodny ovládat i z místního velínu, který je umístěn v 1. patře budovy společných provozů.

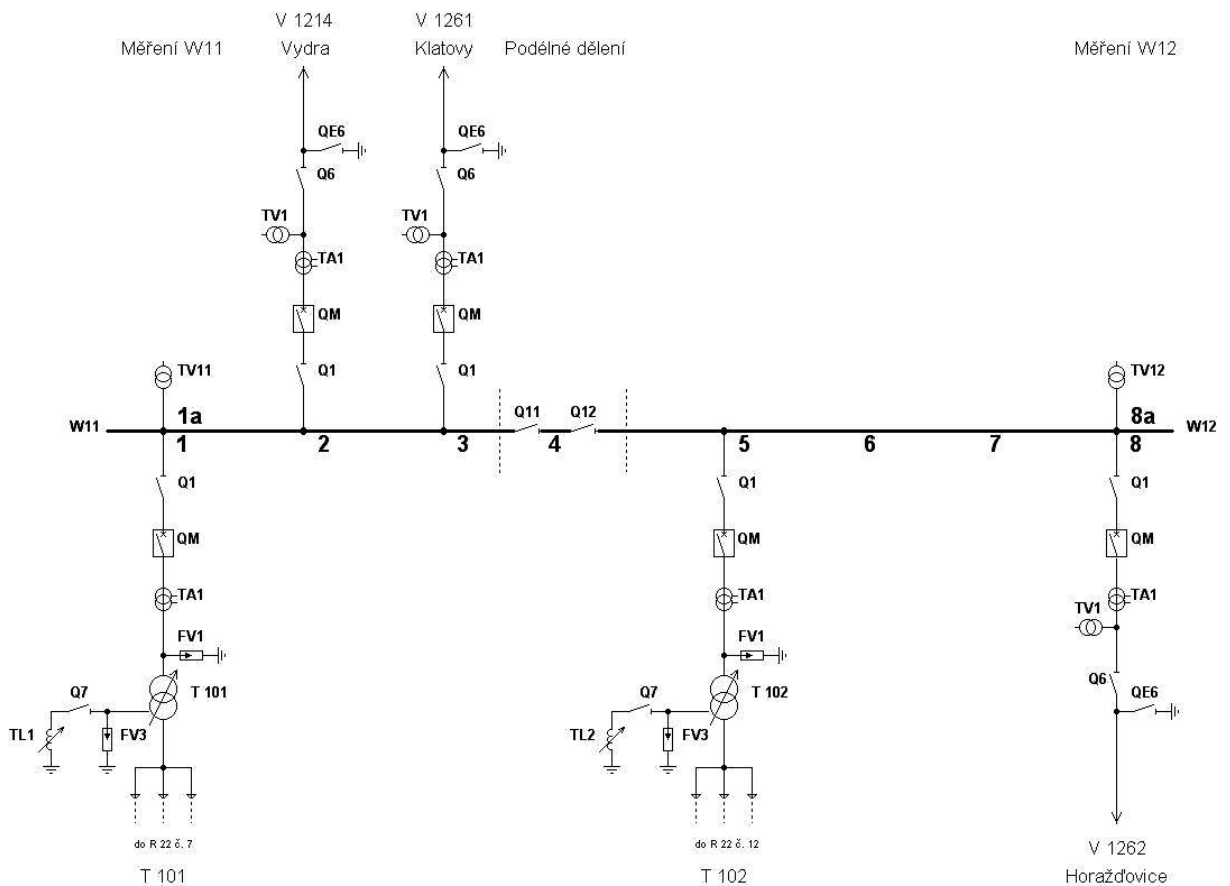


Obr. č. 1 – Transformovna Sušice, vedení 22kV a 110kV [5]

## 2. Rozvodna 110 kV

Rozvodna 110 kV je venkovního provedení s jedním systémem přípojníc podélně děleným dvěma odpojovači, třemi poli vývodů 110 kV a dvěma poli transformátorů 110/22 kV. Na konci hlavních přípojníc jsou ve fázi L3 osazeny měřící transformátory napětí.

Rozvodna 110 kV je zařazena do oblasti znečištění II a střední námrazové oblasti S.



**Obr. č. 2 – Blokové schéma rozvodny 110 kV [6]**

Hlavní nosná konstrukce této části rozvodny je ocelová, stoličky pod technologií jsou žárově zinkované. Přístroje jsou osazené v prostoru bez ochranného zábradlí, živé části VVN jsou chráněny polohou. Přípojnice jsou z lana AlFe 350 mm<sup>2</sup>, propojení přístrojů je provedeno trubkovými vodiči AL o průměru 70 mm, síla stěny 3 mm. Izolátory na lanových přípojnicích jsou plastové, typ Reliable.

Jmenovité napětí	110 kV
Nejvyšší provozní napětí	123 kV
Jmenovitá frekvence	50 Hz
Zkratový výkon Sk	956 MVA
Zkratová odolnost tepelná	20 kA / 1s
Zkratová odolnost dynamická	50 kA
3 fázový zkratový proud	5,2 kA
1 fázový zkratový proud	4,9 kA

**Tab. č. 1 – Elektrické parametry rozvodny 110 kV [6]**

## 2.1 Transformace 110/22 kV

Transformace z hladiny 110 kV na hladinu 22 kV je provedena pomocí transformátoru T101 o výkonu 25 MVA a transformátoru T102 o výkonu 40 MVA.

Stanoviště obou transformátorů jsou venkovní, nezastřešené. Jímky jsou dimenzované na plný obsah oleje transformátorů i zhášecích tlumivek. Z jímek pod transformátory a pod tlumivkami je podzemním potrubím odváděna voda s olejem (oplachy při deštích) do společné havarijní olejové jímky. Základy pro transformátory a tlumivky jsou betonové.

Mezi rozvodnou 110 kV a budovou rozvodny 22 kV je vybudován průchozí kabelový kanál, ve kterém jsou nad sebou osazeny kabelové lávky. Na těchto lávkách jsou umístěny ovládací, napájecí, sdělovací kabely a tlakovzdušné potrubí. Pod dozornou a místností ochrany je vybudován kabelový prostor. V rozvodně 110 kV průchozí kabelový kanál končí a k jednotlivým polím je vybudován kabelový kanál krytý deskami. Z tohoto kanálu jsou provedeny odbočky k jednotlivým polím rozvodny 110 kV.

## 3. Rozvodna 22 kV

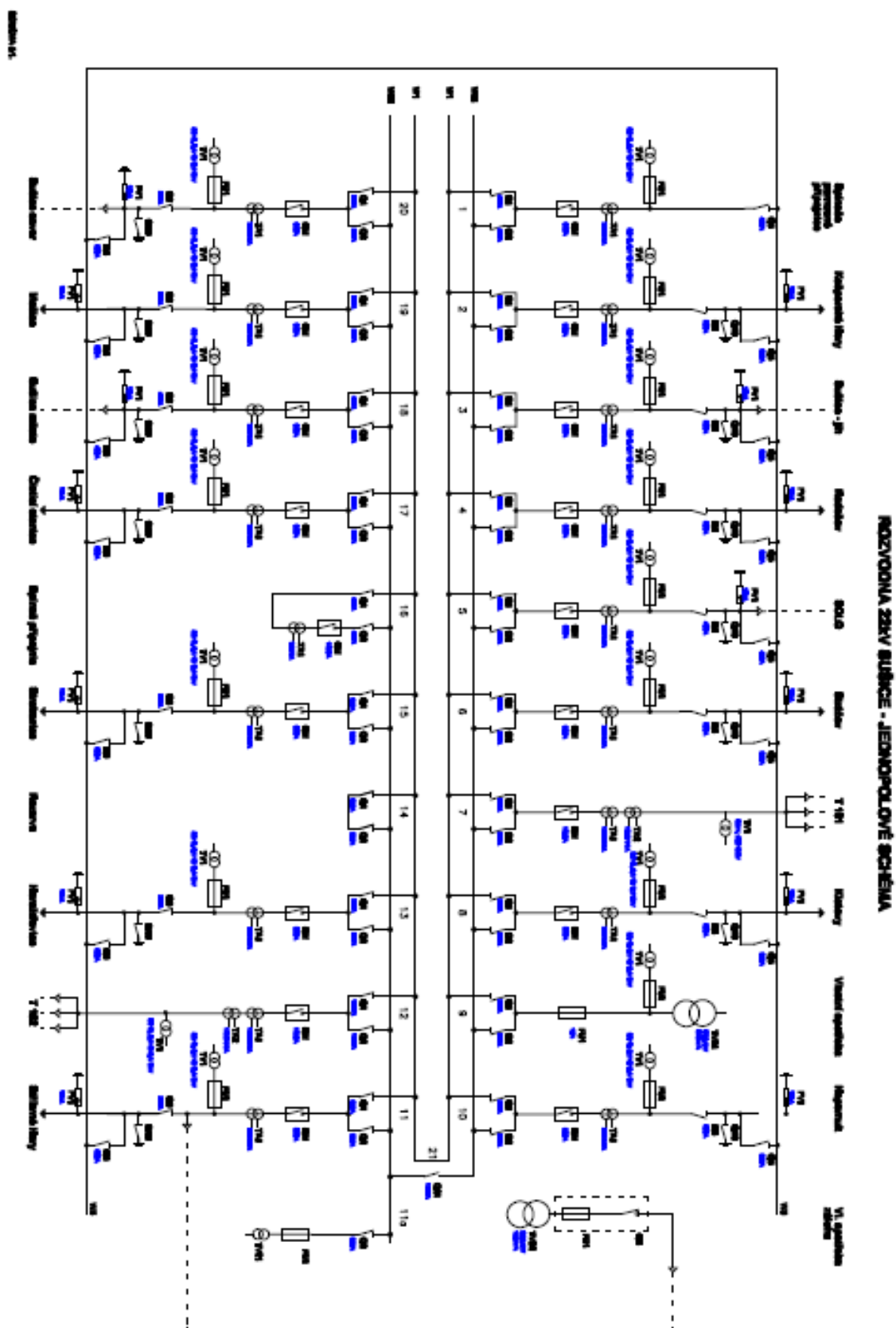
Rozvodna 22 kV je vnitřní, klasická, kobková se dvěma systémy přípojníc uspořádaných ve tvaru U a pomocnou přípojnici. Oba systémy lze sepnout přes spínač přípojníc.

Rozvodna je umístěna ve zděném objektu společných provozů ve dvou podlažích. V přízemí jsou umístěny měřicí transformátory napětí s výkonovými pojistkami VN, 2 ks zásobníků vzduchu a pasovina na podpěrných izolátorech k vývodovým odpojovačům. Tímto prostorem procházejí rovněž veškeré kabelové přívody a odvody. Zároveň je zde umístěn záložní transformátor vlastní spotřeby.

Blokové schéma rozvodny 22 kV viz schéma č.1.

Jmenovité napětí	22 kV
Nejvyšší provozní napětí	25 kV
Jmenovitá frekvence	50 Hz
Jmenovitý proud	1250 A
3 fázový zkratový proud	6,3 kA
3 fázový zkratový výkon	240 MVA

**Tab. č. 2 – Elektrické parametry rozvodny 22 kV [6]**





Konstrukce kobek je kovová, mezi jednotlivými kobkami jsou osazeny azbestocementové stěny. V rozvodně jsou umístěny 2 řady kobek 22 kV. V jedné řadě je 10 kobek, celkem tedy rozvodna čítá 20 kobek. Z toho je 14 kobek vývodových, 2 kobky přívodů transformátorů T101 a T102, kobka spínače pomocné přípojnice, kobka spínače přípojnic, kobka vlastní spotřeby s měřením sběrná a jedna kobka nevyzbrojená rezervy.

Kobka č.1	spínač pomocné přípojnice
Kobka č.2	vývod Kašperské Hory
Kobka č.3	vývod Sušice jih (kabelový vývod)
Kobka č.4	vývod Radešov
Kobka č.5	vývod SOLO (kabelový vývod)
Kobka č.6	vývod Strážov
Kobka č.7	přívod od transformátoru T101
Kobka č.8	vývod Klatovy
Kobka č.9	vlastní spotřeba TVS1 a měření W1
Kobka č.10	vývod Nepomuk
Kobka č.10a	vlastní spotřeba TVS2
Kobka č.11	vývod Stříbrné Hory
Kobka č.11a	měření W2
Kobka č.12	přívod od transformátoru T102
Kobka č.13	vývod Horažďovice
Kobka č.14	rezerva (nevyzbrojená)
Kobka č.15	vývod Strakonice
Kobka č.16	spínač přípojnic W1 a W2
Kobka č.17	vývod Čistící stanice Sušice
Kobka č.18	vývod Sušice město (kabelový vývod)
Kobka č.19	vývod Mačice
Kobka č.20	vývod Sušice sever (kabelový vývod)

**Tab. č. 3 – Čísla a názvy kobek rozvodny 22 kV [6]**

Nad každou řadou kobek v rozvodně 22 kV prochází pasovina sběrů W1 a W2. Z těchto sběrů přes přípojnicové odpojovače je napojen vypínač vývodu. Z vypínačů prochází vývody podlahou přes proudové měniče do přízemí budovy rozvodny 22 kV. V přízemí, pod stropem, přechází k obvodové zdi, na které jsou umístěny v kobkách vývodové odpojovače a uzemňovače jednotlivých vývodů. Podél obvodové zdi nad vývodovými odpojovači jsou umístěny v jednotlivých kobkách odpojovače pomocné přípojnice.



**Obr. č. 3 – Vývodová kobka č.10 – Nepomuk**

### **3.1 Transformace 22/0,4 kV**

Transformace z hladiny 22 kV na hladinu 0,4 kV je provedena transformátorem vlastní spotřeby TVS1 o výkonu 250 kVA a transformátorem vlastní spotřeby TVS2 o výkonu 160 kVA.

Transformátor TVS1 vlastní spotřeby je umístěn na samostatném stanovišti v budově společných provozů a je napájený kabelem VN, připojeným v kobce č. 9 v rozvodně 22 kV.

Transformátor TVS2 vlastní spotřeby je umístěný v kobce č. 10a v přízemí rozvodny 22 kV a je napájený z vývodu Stříbrné Hory.

### **3.2 Regulace napětí 110/22 kV**

Regulace výstupního napětí z hladiny 110 kV na hladinu 22 kV je prováděna na transformátorech T101 a T102 pomocí automatiky TAFT 112 umístěné na panelu v dozorně. Další možnosti regulace jsou pomocí řídicího systému z dispečinku ČEZ DSO Západ nebo z dozorny COP.

### **3.3 Regulace napětí 22/0,4 kV**

Regulace napětí z hladiny 22 kV na hladinu 0,4 kV se neprovádí. Odbočky jsou pevně nastaveny přímo na přepínači transformátoru vlastní spotřeby.

### **3.4 Způsob provozu a ovládání**

V transformovně je osazen řídicí systém SIR (Sběr Informací o Rozvodně). Tento systém poskytuje provozní obsluze možnosti zobrazení sejmutých a zpracovaných informací o současném i minulém stavu rozvodny a jeho změnách v reálném čase. Dále tento systém umožňuje dálkové ovládání rozvodny, zajišťuje přenos signalizace stavů jednotlivých ovládacích prvků, poruch a trvalého měření. Systém komunikuje s dispečinkem ČEZ DSO Západ přes telekomunikační zařízení FLEXIMUX.

### **3.5 Ovládání rozvodny 110 kV a 22 kV**

Systém ovládání přístrojů v rozvodně 110 kV a v rozvodně 22 kV má 4 úrovně. Při selhání jedné úrovně je možno ovládat z úrovní nižších.

- Dálkové ovládání řídicím systémem z dispečinku ČEZ DSO Západ.
- Místní ovládání řídicím systémem z COP v dozorně.
- Místní ovládání z řídicí skříně.
- Nouzové ovládání přímo z pohonu přístrojů.

### 3.6 Blokování přístrojů

V rozvodně 110 kV je blokovací systém elektrický, pouze u zemních nožů je kombinován s mechanickým blokováním.

Blokovací podmínky v rozvodně 22 kV jsou zadány v řídicích skříních systému RVS nebo BLOKOR. RVS je pneumaticko mechanický systém blokování, BLOKOR elektricko pneumatický systém blokování.

### 3.7 Vlastní spotřeba AC

#### 3.7.1 Transformátory, rozvaděče

Transformace z hladiny 22 kV na hladinu 0,4 kV pro napájení vlastní spotřeby je zajišťována transformátory vlastní spotřeby TVS1 a TVS2.

Jako hlavní transformátor vlastní spotřeby je používán transformátor TVS1 o jmenovitém výkonu 250 kVA, který je umístěn na samostatném stanovišti v budově společných provozů. Tento transformátor je napájen z kobky č. 9 v rozvodně 22 kV.

Jako záložní transformátor vlastní spotřeby je používán transformátor TVS2 o jmenovitém výkonu 160 kVA, který je umístěn v kobce č.10a v přízemí rozvodny 22 kV. Tento transformátor je napájen z vývodu Stříbrné Hory.

Z transformátoru vlastní spotřeby TVS1 jsou na napěťové hladině 0,4 kV napojeny dva kabely AYKY 3x120+70 mm<sup>2</sup>, které jsou vedeny do rozvaděče vlastní spotřeby H6, umístěného v 1. patře v místnosti ochran. Zde jsou tyto kabely připojeny přes proudové měniče s převodem 300/5A na jistič.

Ze záložního transformátoru vlastní spotřeby TVS2 je veden jeden kabel AYKY 3x120+70 mm<sup>2</sup> do výše uvedeného rozvaděče vlastní spotřeby H6. Zde jsou kabely rovněž připojeny na příslušný jistič.

Vývody z jističů jsou paralelně spojeny a připojeny na sběrný rozvaděčů NN vlastní spotřeby. Oba zmíněné jističe v rozvaděči vlastní spotřeby H6, napojené z transformátorů TVS1 a TVS2 jsou vzájemně blokovány proti současnému sepnutí.

Pole H6	přívod od transformátorů vlastní spotřeby
Pole H5	slouží pro blokování nočních spotřebičů
Pole H4	napájení tlumivek TL1 a TL2, ofuků a regulace T102, venkovních skříní v rozvodně 110 kV, místnosti usměrňovačů a dílny
Pole H3	napájení ofuků a regulace T101, osvětlení rozvodny 110 kV, ovládání odpojovačů v rozvodně 110 kV
Pole H2	napájení usměrňovačů 110 V a střídače
Pole H1	panel nouzového osvětlení budovy 110 V střídavých nebo stejnosměrných napájený z trafa 220/110V AC nebo z akubaterie

**Tab. č. 4 - Rozvaděč vlastní spotřeby AC [6]**

Transformátor TVS1 je v běžném provozu využíván jako hlavní, TVS2 jako záložní.

Ruční přepínání provozu z TVS1 na TVS2 se musí provádět s přerušením – napájení transformátorů může být z různých soustav !

### 3.7.2 Opatření při ztrátě vlastní spotřeby AC

V případě ztráty vlastní spotřeby TVS1 (ztráta napětí 22 kV v rozvodně) je možné zajistit napájení ze záložního transformátoru TVS2 z vývodu 22 kV Stříbrné Hory, a to z rozveden Klatovy nebo Horažďovice.

## 3.8 Vlastní spotřeba DC

### 3.8.1 Akubaterie, rozvaděče

Místnost akumulátorovny je umístěna v samostatné místnosti v suterénu budovy společných provozů. V akumulátorovně jsou instalovány dvě rovnocenné staniční olovené baterie. Baterie jsou připojeny přes nožové pojistky v pojistkové skřínce do rozvaděče G.

Rozvaděč G vlastní spotřeby 110V DC je napájen ze dvou usměrňovačů U1 a U2 a z akumulátorových baterií B1 a B2. Z rozvaděče G jsou napájeny například ochrany 110 kV, elektroměry transformátorů T101 a T102, ovládání vlastní spotřeby rozvodny, apod.

### 3.8.2 Opatření při ztrátě vlastní spotřeby DC

Při poruše usměrňovače zajišťuje napájení rozvaděče akubaterie. Obsluha musí urychleně zjistit příčinu poruchy, tuto poruchu odstranit nebo zajistit provoz z druhého usměrňovače.

### **3.9 Dozorna**

Dozorna je umístěna v budově společných provozů v 1. patře. Přístupná je ze schodiště na severní straně. V pravém rohu dozorny je stůl centrálního ovládacího pracoviště s řídicím systémem SIR. Na panelu vlevo jsou zabudovány dvě automatiky TAFT 112 pro regulaci transformátorů T101 a T102 a pro ladění tlumivek TL1 a TL2. Každá tlumivka má na ovládacím panelu osazen voltmetr a ampérmetr pro ruční ladění. Je zde umístěn i přepínač „místně/dálkově“, kterým se vyřazuje činnost řídicího systému SIR po přepnutí do pozice „místně“.

### **3.10 Další zařízení transformovny**

#### **3.10.1 Kompresorová stanice**

Kompresorovna je umístěna v suterénu budovy. Slouží pro výrobu stlačeného vzduchu pro pohony odpojovačů v rozvodně 22 kV. Jsou v ní umístěny 2 kompresory a 2 tlakové nádoby. Objem každé nádoby je 500 litrů. Z těchto zásobníků je převeden stlačený vzduch přes redukční ventily přímo do rozvodu stlačeného vzduchu.

#### **3.10.2 EZS**

Provoz elektronického zabezpečovacího systému zajišťuje centrála typu GALAXY G3-48.

#### **3.10.3 EPS**

Elektrická požární signalizace není na této rozvodně zřízena.

#### **3.10.4 ISDN**

Při poruše přenosů po zařízení telekomunikačního zařízení FLEXIMUX dojde k automatickému přepnutí na linku ISDN.

#### **3.10.5 Terminál PQSF**

Zařízení vyhodnocující kvalitu elektrické energie (P,Q) a fázory (S,F) v rozvodně 110 kV a v rozvodně 22 kV.

## 4. Důvody rekonstrukce rozvodny 22 kV

Důvodů, proč je nutné v nejbližší době přistoupit k rekonstrukci rozvodny 22 kV, je několik. Transformovna 110/22 kV Sušice byla uvedena do provozu v roce 1959 s následným rozšířením v roce 1977. Před 12 lety v roce 2000 byla provedena kompletní rekonstrukce rozvodny 110 kV. Technologie rozvodny 22 kV a ostatních podpůrných zařízení však zůstala stávající, kromě vypínačů 22 kV, které byly vyměněny v roce 1999.

Provoz stávající budovy společných provozů je však i nadále vysoce energetické náročný s vysokými provozními náklady. Mechanický stav tlakovzdušného ovládní pohonů odpojovačů v rozvodně 22 kV již vykazuje značné známky provozního opotřebení a rovněž elektrický stav odpojovačů 22 kV, přístrojových transformátorů napětí a přístrojových transformátorů proudů je již nevyhovující. V neposlední řadě je nutné vzít v úvahu ukončení provozuschopnosti řídicího systému SIR, který zajišťuje ovládní celé transformovny. Po zvážení všech těchto faktů je z důvodu zachování bezporuchové provozuschopnosti celé transformovny 110/22 kV nutné provedení rekonstrukce rozvodny 22 kV.

Při této rekonstrukci dojde taktéž ke stavebním úpravám budovy společných provozů a nasazení nového řídicího systému Siemens SICAM PAS.

Po provedení výše uvedených úprav bude možno lépe zajistit nejen bezporuchový stav transformovny, ale dále bude možno zajistit dostatek elektrického výkonu pro zvyšující se počet požadavků na připojení v oblasti Sušicka, jelikož po rekonstrukci rozvodny 22 kV dojde k rozšíření počtů vývodů na hladině 22 kV. Dále také dojde k zlepšení v zajištění požadavků na dodržení kvality napětí v některých napájecích stavech. V neposlední řadě dojde k zlepšení parametrů SAIFI, SAIDI.

## 5. Varianty řešení rekonstrukce

Vzhledem k dispozičnímu rozvržení stávající technologie v části rozvodny 22 kV jsem ve vazbě na standardy skupiny ČEZ navrhl tyto dvě varianty řešení.

První způsob představuje zachování kobkového provedení rozvodny a provedení výměny stávající zastaralé a nevyhovující technologie za novou technologii stejného provedení. Výhodou tohoto řešení jsou minimální stavební úpravy v rozvodně 22 kV, zachování

stávajícího připojení vzdušných a kabelových vývodů VN a v neposlední řadě je zapotřebí vzít i v úvahu nižší náklady vynaložené při odstraňování poruch na zařízení umístěných v kobkách.

Nevýhodou tohoto řešení jsou vyšší provozní náklady a z prostorových důvodů nemožnost případného rozšíření rozvodny 22 kV o další vývodové kobky mimo navržené řešení. Toto omezení je dáno dispozičním řešením budovy společných provozů.

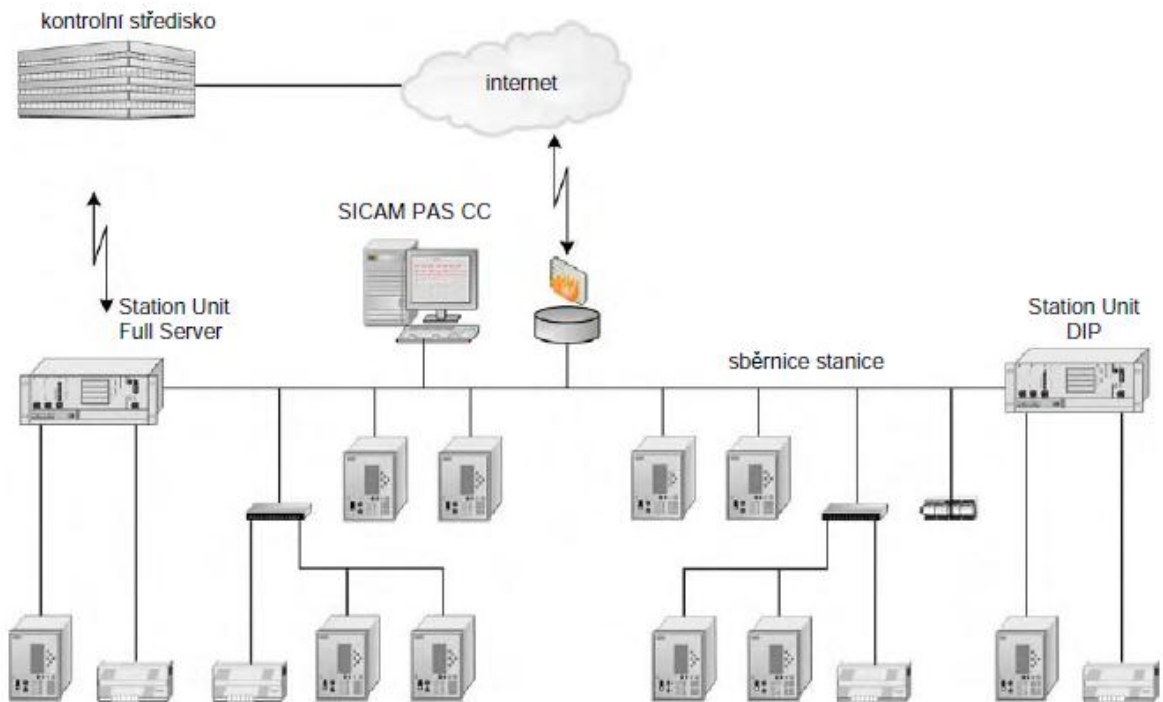
Druhý způsob představuje vybourání stávajících kobek a kompletní nahrazení stávající technologie 22 kV novou technologií, v provedení skříňové modulární rozvodny s izolací SF<sub>6</sub>. Mezi výhody tohoto způsobu řešení patří menší náročnost na prostor a vzhledem ke stavební dispozici budovy společných provozů snadná možnost případného rozšíření vývodových rezerv dle aktuální potřeby. Jako výhodu je třeba brát v úvahu i v podstatě bezúdržbový provoz této technologie.

Nevýhodou tohoto řešení jsou vyšší finanční náklady na pořízení i případné opravy zařízení. Rovněž by při tomto řešení byly využity stávající prostory rozvodny 22 kV jen z malé části.

To, co bude pro oba způsoby rekonstrukce rozvodny 22 kV společné, bude výměna zastaralého řídicího systému SIR za systém nového typu Siemens SICAM PAS. Tento řídicí systém bude rovněž použit i pro ovládání rozvodny 110 kV.

Systém Siemens SICAM PAS je otevřený, modulárně strukturovaný řídicí systém určený pro automatizaci rozvodu. Je rozdělen na dolní úroveň (úroveň polí) a horní úroveň (staniční úroveň). Dolní úroveň řídicího systému je složena z řídicích terminálů pole 6MD66\* a telemetrického systému SICAM eRTU pro sběr dat v příslušných domácích a universálních převodníků. Horní úroveň je zajišťována zdvojeným staničním řídicím systémem SICAM PAS. Tento systém provádí zpracování poruchové a stavové signalizace, měření a povelů. Vedle toho zajišťuje komunikaci se vzdáleným dispečinkem. Pro místní ovládání a monitorování je použit plně grafický vizualizační systém SICAM PAS CC.





**Obr. č. 4 – Příklad distribuovaného systému SICAM PASS s Fullserverem a DIP [7]**

Při návrhu rekonstrukce rozvodny 22 kV Sušice jsem postupoval podle platných metodik společnosti ČEZ Distribuce, a.s., a to zejména dle metodiky DSO\_ME\_0146r01\_z1 „Koncepte elektrických stanic VVN/VN, VN/VN a spínacích stanic VN“ a metodiky DSO\_ME\_0052r03 „Koncepte standardu Řídicích systémů stanic“. Všechny použité přístroje při této rekonstrukci splňují platné standardy skupiny ČEZ pro region Západ a jsou veřejně přístupné na internetu v nabídce společnosti ČEZ Logistika s.r.o.

## 5.1 Kobkové provedení rozvodny 22 kV

V současnosti je v rozvodně 22 kV k dispozici pouze jedna volná rezervní kobka. Toto je také jeden z důvodů, proč se k rekonstrukci rozvodny 22 kV přistupuje.

Vývod 22 kV „Čistící stanice Sušice“, který je napojen z kobky č.17 je dle dlouhodobého měření zatížen pouze minimálně. Z tohoto důvodu se jako vhodné řešení pro získání další rezervní kobky v rozvodně 22 kV jeví vybudování kabelového propojení mezi vzdušným vývodem 22 kV „Čistící stanice Sušice“ a vzdušným vývodem 22 kV „Radešov“. Touto úpravou dojde k uvolnění kobky č.4, ze které byl původně vzdušný vývod 22 kV „Radešov“ napájen.

Počet vývodových kobek se touto úpravou sníží ze 14 na 13. Všechny vývodové kobky (č. 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20) a rezervy (č. 4, 14) budou stejně upraveny a budou vyzbrojeny stejnými přístroji. V tabulce č.5 jsou uvedeny stávající přístroje, které jsou v těchto kobkách osazeny a navržené přístroje, kterými budou při rekonstrukci nahrazeny (označeny modře). Vzhledem k tomu, že v roce 1999 byly veškeré vypínače v kobkách vyměněny za moderní vakuové, budou při rekonstrukci tyto vypínače zachovány.

značka	přístroj	technická data	ovládání	ks
Q1	přípojnicový odpojovač	ODT, 200A	vzduchové	1
Q1	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové	1
Q2	přípojnicový odpojovač	ODT, 200A	vzduchové	1
Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 630A	220 V AC	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 630A	220 V AC	1
TA1	přístrojový transformátor proudu	NAS641b, 200/5/5 A		3
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTB 25kV, 400/1/1 A		3
TV1	přístrojový transformátor napětí	J223, 22 $\sqrt{3}$ / 0,1/ $\sqrt{3}$ / 0,1/3kV		3
TV1	PTN VTS 25, vnitřní	25kV, 100/ $\sqrt{3}$ /3V - 0,5,3P,10VA		3
QE6	vývodový odpojovač se zemními noži	ODTU, 200A	400V AC, ruční	1
QE6	3-pólový odpojovač s uzemněním, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové	1
Q5	odpojovač pomocné přípojnice	ODT, 200A	ruční	
Q5	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	ruční	1
FV1	omezovač přepětí	HDA 24N, 10kA		3
FV1	omezovač přepětí	OCP2-24S-NMP, 10kA		3
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632			1
	skříňový rozvadeč pro řídicí techniku			1

**Tab. č. 5 – Přístroje ve vývodových kobkách, kobkách rezerv a jejich náhrady**

Obě kobky přívodů transformátorů (č. 7 a č. 12) budou zachovány na stejném místě, pouze dojde k výměně přístrojů. Vyzbrojení kobek je uvedeno v tabulce č. 6, modře jsou opět označeny přístroje nové, které nahradí přístroje stávající.

značka	přístroj	technická data	ovládání	ks
Q1	přípojnicový odpojovač	TLPA, 1000A	vzduchové	1
Q1	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 1250A, 25kV	motorové	1
Q2	přípojnicový odpojovač	TLPA, 1000A	vzduchové	1
Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 1250A, 25kV	motorové	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 1250A	220 V AC	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 1250A	220 V AC	1
TA1	přístrojový transformátor proudu	TTR63.11, 1250/5/5 A		3
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTT 25kV, 1250/1/1 A		3
TA2	přístrojový transformátor proudu	TP64, 1250/1/1 A		3
TA2	PTP, podpěrný, vnitřní	CTS 25kV, 1250/1/1 A		3
TV1	přístrojový transformátor napětí	J223, 22√3 / 0,1/√3 / 0,1/3kV		3
TV1	PTN VTS 25, vnitřní	25kV, 100/√3/3V - 0,5,3P,10VA		3
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632			1
	skříňový rozvaděč pro řídící techniku			1

**Tab. č. 6 – Přístroje v kobkách vývodů transformátorů a jejich náhrady**

Kobka spínače pomocné přípojnice (č. 1) zůstane zachována, pouze se změní přístrojové vybavení, viz. tabulka č. 7.

značka	přístroj	technická data	ovládání	ks
Q1	přípojnicový odpojovač	TLPA, 400A	vzduchové	1
Q1	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové	1
Q2	přípojnicový odpojovač	TLPA, 400A	vzduchové	1
Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 630A	220 V AC	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 630A	220 V AC	1
TA1	přístrojový transformátor proudu	SB225, 400/5/5 A		3
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTB 25kV, 400/1/1 A		3
TV1	přístrojový transformátor napětí	J223, 22√3 / 0,1/√3 / 0,1/3kV		3
TV1	PTN VTS 25, vnitřní	25kV, 100/√3/3V - 0,5,3P,10VA		3
Q5	odpojovač pomocné přípojnice	THLA, 400A	ruční	1
Q5	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	ruční	1
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632			1
	skříňový rozvaděč pro řídící techniku			1

**Tab. č. 7 – Přístroje v kobce spínače pomocné přípojnice a jejich náhrady**

V kobce spínače přípojnic (č. 16) se přístrojové vybavení změní takto, viz. tabulka č. 8.

značka	přístroj	technická data	ovládání	ks
Q1	přípojnicový odpojovač	ODT, 1000A	vzduchové	1
Q1	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 1250A, 25kV	motorové	1
Q2	přípojnicový odpojovač	ODT, 1000A	vzduchové	1
Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 1250A, 25kV	motorové	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 1250A	220 V AC	1
QM	vypínač vakuový	ECA24-16-06, 1250A	220 V AC	1
TA1	přístrojový transformátor proudu	NAT, 600/5 A		3
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTT 25kV, 1250/1/1 A		3
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632			1
	skříňový rozvaděč pro řídící techniku			1

**Tab. č. 8 – Přístroje v kobce spínače přípojnic a jejich náhrady**

V kobce vlastní spotřeby č. 9 bude provedena tato úprava, viz. tabulka č. 9.

značka	přístroj	technická data	ovládání	ks
Q1	přípojnicový odpojovač	ODT, 200A	vzduchové	1
Q1	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové, ruční	1
Q2	přípojnicový odpojovač	ODT, 200A	vzduchové	1
Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	motorové, ruční	1
FU1	pojistky VN	XJM25, 10A		3
FU1	pojistky VN	10/25KV 10A ETI 442MM TERMO		3
TV1	přístrojový transformátor napětí	UF20, 22 $\sqrt{3}$ / 0,1 $\sqrt{3}$ / 0,1/3kV		3
TV1	PTN VTS 25, vnitřní	25kV, 100/ $\sqrt{3}$ /3V - 0,5,3P,10VA		3
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632			1
	skříňový rozvaděč pro řídící techniku			1

**Tab. č. 9 – Přístroje v kobce vlastní spotřeby a jejich náhrady**

Po rekonstrukci rozvodny 22 kV budou k dispozici 2 rezervní kobky. Tyto kobky budou nově vyzbrojeny stejnými přístroji jako kobky vývodové.

Měření přípojnic W1, W21 a W22 bude osazeno z boku kobek č. 1 a č. 20 včetně rozvaděče pro řídící techniku a ochrany Siemens 7SJ632. Nově bude rovněž vyměněn odpojovač podélného dělení Q21.



**Obr. č. 5 – Příklad 3-pólového odpojovače 25 kV bez uzemnění a s uzemněním [8]**

### 5.1.1 Ovládání a monitorování kobky 22 kV

Pro ovládání bude použito napětí 110V DC odjištěné pro jednotlivá pole 22 kV v ovládacích skříních těchto polí. Pohon střídače vypínače a pohony odpojovačů budou tvořeny jednofázovým motory 230V AC, 50 Hz.

Způsoby ovládání budou rozděleny následovně :

- Místní ovládání ruční – jedná se o ovládání odpojovačů tlačítky na jejich skříňkách pohonu.
- Místní ovládání systémem – jedná se o ovládání odpojovačů a vypínače tlačítky na terminálu REF 542.
- Dálkové ovládání systémem – jedná se o ovládání odpojovačů a vypínače řídicím systémem v místní dozorně nebo z dispečinku.

### 5.1.2 Napájení vlastní spotřeby

Celý distribuovaný řídicí systém (centrála ŘS, napájení řídicích jednotek pole, ochran, pomocné napětí pro signalizaci, napětí pro ovládání) bude napájen z rozvaděče vlastní spotřeby napětím 110V DC.

Napájení střídavých pohonů odpojovačů, střadače vypínače a dále napájení vnitřního osvětlení a servisní zásuvky v ovládacích skříních bude zajištěno z rozvaděče vlastní spotřeby napětím 400/230V AC.

Kabeláž v obvodech signalizace a ovládání 110V DC a obvodech PTP a PTN bude provedena stíněnými kabely.

## 5.2 Výpočet účinků zkratových proudů

Každé elektrické zařízení musí být zvoleno tak, aby při působení zkratových proudů, které se mohou v elektrickém zařízení vyskytnout, nebylo překročeno mechanické a tepelné namáhání, které je pro dané zařízení dovolené a které tedy bez poškození snese.

Z hlediska mechanických účinků zkratového proudu zařízení vyhovuje, jestliže všechny jeho části v silovém obvodu splňují podmínku

$$I_{km} \leq I_{dyn} \quad (1)$$

tzn. je-li vypočtený nárazový zkratový proud  $I_{km}$  menší, nebo roven, dynamickému proudu  $I_{dyn}$  uvažovaného zařízení a každé jeho části. Tuto podmínku musí plnit zejména vypínače, odpínače, odpojovače, a přístrojové transformátory. Velikost jejich dynamického proudu udávají výrobci.

Z hlediska tepelného namáhání při zkratu elektrické zařízení vyhovuje, jestliže toto zařízení splňuje podmínku, že jmenovitý krátkodobý nadproud  $I_t$  tohoto zařízení je větší než vypočtený ekvivalentní oteplovací zkratový proud.

$$I_{ke1} \leq I_{t1} \quad (2)$$

Oba proudy musí být přepočteny na stejnou dobu. Jmenovité krátkodobé proudy  $I_{t1}$  udávají pro jednotlivá zařízení výrobci pro dobu 1s.

Výpočtem účinků zkratových proudů se zabývá norma ČSN EN 60865-1 (33 3040).

Vzhledem k tomu, že se jedná o rekonstrukci rozvodny 22 kV a stávající transformátory 110/22 kV budou zachovány, zkratové poměry rozvodny 22 kV se nezmění.

Přesto, v rámci bezpečnosti bude přepočtena odolnost stávajících přípojníc na dynamické a tepelné účinky zkratových proudů.

### 5.2.1 Dynamické účinky zkratových proudů

Stávající přípojnice jsou provedeny hliníkovou pasovinou o rozměrech 60x10 mm a pomocná přípojnice hliníkovou pasovinou 40x5 mm.

### 5.2.1.1 Výpočet vrcholové síly mezi vodiči při 3-fázovém zkratu

V trojfázové soustavě s vodiči uspořádanými ve stejné osové vzdálenosti v jedné rovině je maximální síla na střední vodič při trojfázovém zkratu dána vztahem:

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{p3}^2 \cdot \frac{l}{a_m} \quad (3)$$

kde  $i_{p3}$  je maximální hodnota trojfázového zkratu (63 kA)

$l$  je maximální osová vzdálenost mezi podpěrkami (1m)

$a_m$  je vzdálenost mezi hlavními vodiči (0,2m)

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{p3}^2 \cdot \frac{l}{a_m} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 63000^2 \cdot \frac{1}{0,2} = \underline{\underline{3437,6}} \text{ [N]} \quad (4)$$

### 5.2.1.2 Výpočet namáhání tuhých vodičů

Za předpokladu, že se jedná o tuhé vodiče, osové síly se zanedbávají. Za tohoto předpokladu jsou působící síly charakteru ohybových sil a ohybové namáhání vyvolané mezi vodiči je dáno vztahem:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8Z} \quad (5)$$

kde  $Z$  je průřezový modul hlavního vodiče

$V_\sigma$  a  $V_r$  jsou součinitelé respektující dynamické působení

$\beta$  je součinitel závislý na typu a počtu podpěr

Z normy ČSN EN 60865-1 (33 3040) zjistíme že pro namáhání bez 3-fázového OZ  $V_\sigma \cdot V_r = 1$  a pro namáhání s 3-fázovým OZ  $V_\sigma \cdot V_r = 1,8$ . Ze stejné normy také zjistíme, že pro uspořádání podpěr vodičů o třech nebo více polích stejných rozměrů se součinitel  $\beta = 0,73$ .

Namáhání bez OZ:

$$\text{Hlavní přípojnice: } \sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot I}{8Z} = 1,0,73 \cdot \frac{3437,6 \cdot 1}{8 \cdot 13,2 \cdot 10^{-6}} = \underline{23,8} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (6)$$

$$\text{Pomocná přípojnice: } \sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot I}{8Z} = 1,0,73 \cdot \frac{3437,6 \cdot 1}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{149,4} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7)$$

Namáhání s 3-fázovým OZ:

$$\text{Hlavní přípojnice: } \sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot I}{8Z} = 1,8,0,73 \cdot \frac{3437,6 \cdot 1}{8 \cdot 13,2 \cdot 10^{-6}} = \underline{42,8} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (8)$$

$$\text{Pomocná přípojnice: } \sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot I}{8Z} = 1,8,0,73 \cdot \frac{3437,6 \cdot 1}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{268,9} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (9)$$

### 5.2.1.3 Dovolené namáhání vodiče

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

$$\sigma_m \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (10)$$

kde  $R_{p0,2}$  je namáhání odpovídající minimální hodnotě meze pružnosti materiálu vodiče (pro hliník  $R_{p0,2} = 45 \text{ N/mm}^2$ )  
 $q$  je součinitel plasticity průřezu vodiče (pro obdélníkové průřezy  $q = 1,5$ )

$$q \cdot R_{p0,2} = 1,5 \cdot 45 = \underline{67,5} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (11)$$

Z výpočtů vyplývá, že z hlediska dynamických účinků zkratových proudů hlavní přípojnice vyhovuje, ale pomocná přípojnice nevyhovuje a bude se muset vyměnit za přípojnicu většího průřezu.

### 5.2.2 Tepelné účinky zkratových proudů

Odvod tepla z vodiče během zkratu je velmi nízký, a proto může být ohřev vodiče považován za adiabatický děj. Výpočet oteplení je založen na adiabatických podmínkách.

Jestliže dochází k opakovaným zkratům v krátkém časovém intervalu po sobě (např. rychlé opětovné zapínání), má ochlazování v době nulového proudu poměrně malý význam a ohřev



lze stále považovat za adiabatický. V případech, kdy je bezproudová pauza delší (např. pomalé opětovné zapínání), lze s ochlazením počítat.

Minimální průřez vodiče lze spočítat podle vztahu:

$$A_{\min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k} \quad (12)$$

$$k = \sqrt{\frac{(\vartheta_f + 20)c_0}{\rho_{20}} \cdot \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_l}} \quad (13)$$

kde  $\vartheta_f$  je fiktivní teplota vodiče (Al ... 230 °C)

$\vartheta_l$  je teplota vodiče před zkratem [°C]

$\vartheta_k$  je maximální povolená teplota vodiče [°C]

$c_0$  je specifické teplo při 0 °C (Al ... 3,147 J/cm<sup>3</sup>/°C)

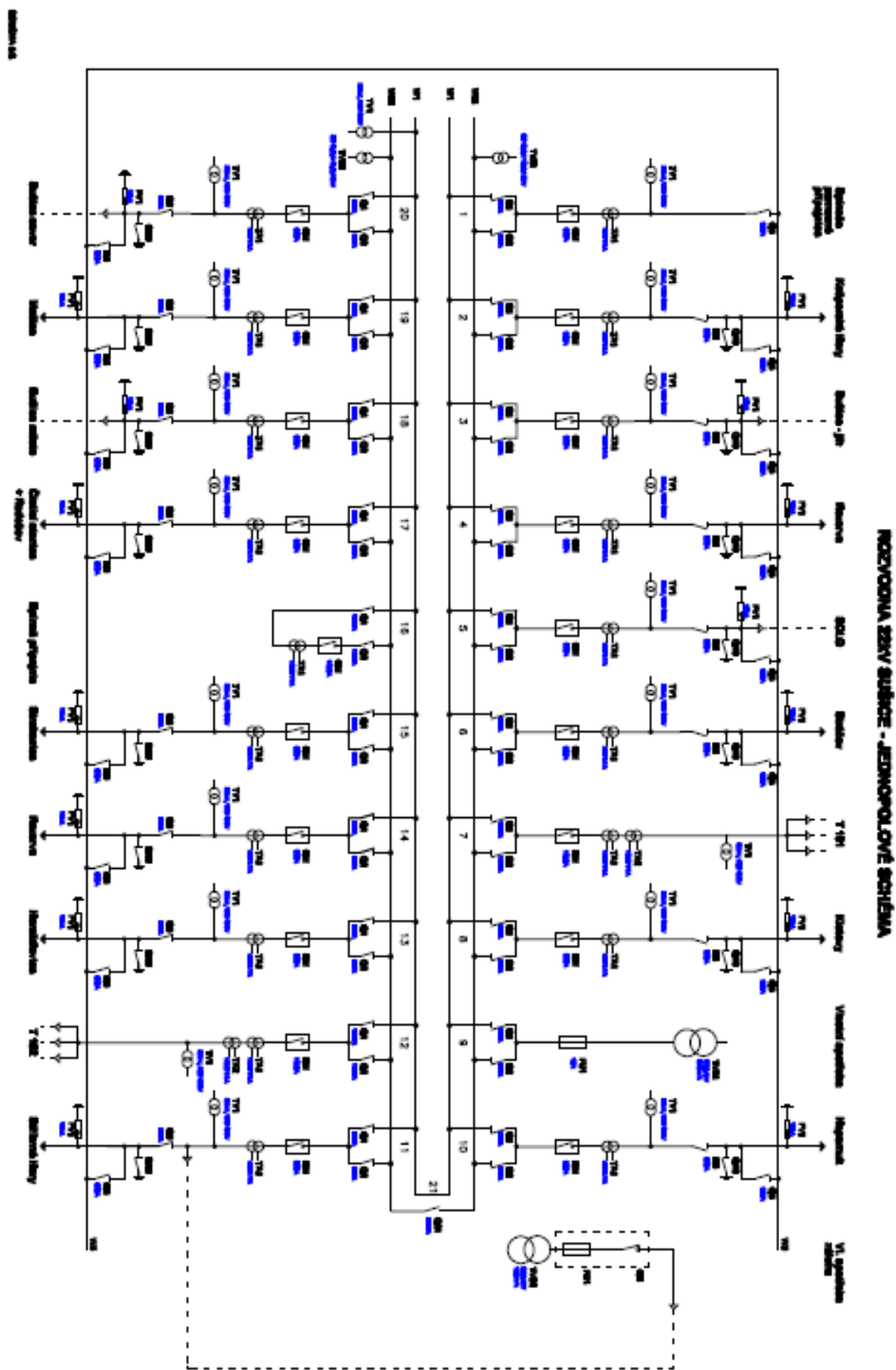
$\rho_{20}$  je specifická rezistence při 20 °C (Al ... 0,02941 μΩ.m)

$$k = \sqrt{\frac{(\vartheta_f + 20)c_0}{\rho_{20}} \cdot \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_l}} = \sqrt{\frac{(230 + 20) \cdot 3,417}{0,02941} \cdot \ln \frac{230 + 200}{230 + 80}} = \underline{101,4} \quad (14)$$

$$A_{\min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{k} = \frac{25 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1}}{101,4} = \underline{246,5} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (15)$$

Hlavní přípojnice má průřez 600 mm<sup>2</sup> a pomocná přípojnice má průřez 200 mm<sup>2</sup>. Z toho vyplývá, že na tepelné účinky zkratových proudů vyhovuje pouze hlavní přípojnice.

Blokové schéma navržené varianty rekonstrukce v kobkovém provedení viz schéma č.2.

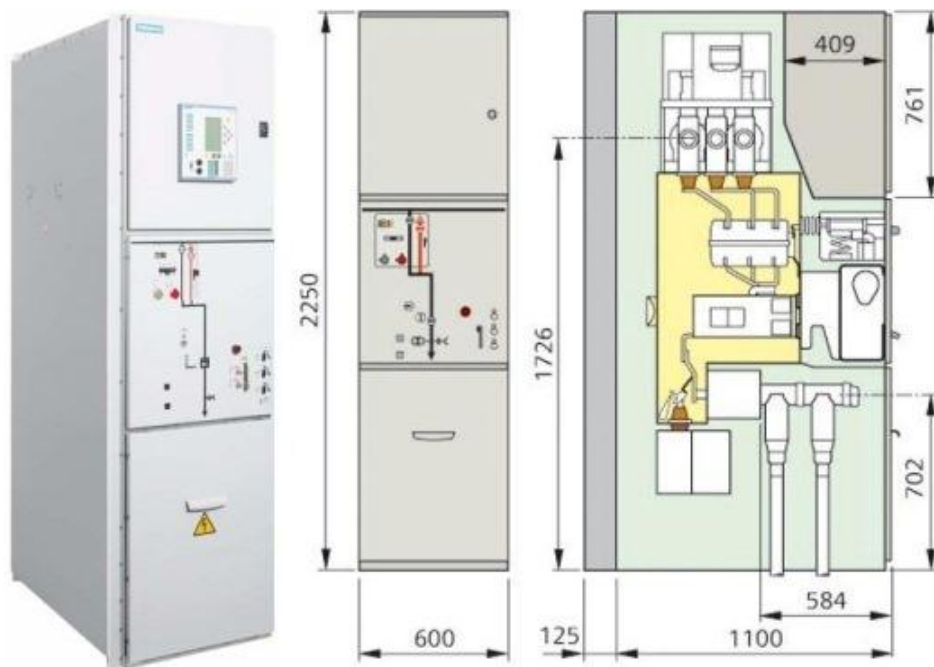


### 5.3 Skříňová modulární rozvodna 22 kV s izolací SF<sub>6</sub>

Skříňová modulární rozvodna s izolací SF<sub>6</sub> je v dnešní době nejpoužívanější. Oproti kobkovému uspořádání rozvodny přináší její použití několik výhod, a to zejména v podstatě bezúdržbový provoz, oproti kobkám malé nároky na prostor a z toho vyplývající snadné eventuální rozšíření dle aktuálních potřeb. Mezi nevýhodu této moderní technologie je třeba brát v úvahu podstatně vyšší pořizovací cenu.

Tato varianta způsobu rekonstrukce rozvodny 22 kV znamená i rozsáhlejší stavební úpravy, jako kompletní vybourání stávajících kobek. Modulární skříňová rozvodna je konstruována pro připojení kabelových vedení na hladině 22 kV. Z tohoto důvodu by bylo nutné odpojit stávající vzdušná vedení 22 kV z objektu rozvodny a následně je ukončit na koncových stožárech těchto vedení. Vzhledem k tomu, že tyto stožáry nebyly původně navrženy jako koncové, je pravděpodobně bude nutné z důvodu zvýšeného tahového namáhání nahradit novými stožáry. Z provozních důvodů bude nutné provést propojení kabelů 22 kV, napojených ve skříňích modulární rozvodny, a stávajících vzdušných vedení 22 kV přes nové svislé úsekové odpínače, které budou osazeny na těchto stožárech.

Pro návrh rekonstrukce jsem použil skříňové rozvaděče Siemens NXPLUS C. Siemens NXPLUS C je skříňový vn rozvaděč izolovaný plynem SF<sub>6</sub>, který je možné sestavit z jednotlivých typových polí. Je určený pro montáž do vnitřních prostor rozveden vn, které slouží pro napájení primární distribuční sítě vn o jmenovitém napětí 22 kV nebo jmenovitém napětí 10 kV. Jako izolační plyn je použit hexafluorid sírový SF<sub>6</sub>. Ten izoluje vodivé součásti od sebe a od stěn nádoby. U polí s odpínači slouží SF<sub>6</sub> i ke zhášení oblouku. Jedná se o typově odzkoušený rozvaděč dle IEC 62271-200 se jmenovitým proudem přípojníc do 1250A nebo 2000A. Technická životnost tohoto rozvaděče, udávaná výrobcem, je minimálně 35 let.



**Obr. č. 6 – Skříňový vn rozvaděč Siemens NXPLUS C [7]**

Rozvodnu 22 kV jsem navrhl jako jednosystémovou s podélným dělením jak je uvedeno na schématu č.3. Vzhledem k prostorové dispozici budovy jsou rozvaděče navrženy v jedné řadě. Všechny skříňové rozvaděče jsou typizované a lze je objednat u společnosti ČEZ Logistika s.r.o. Při návrhu rekonstrukce rozvodny 22 kV v provedení skříňové modulární rozvodny s izolací SF<sub>6</sub> jsem postupoval dle platných metodik společnosti ČEZ Distribuce, a.s., dle metodiky DSO\_ME\_0146r01\_z1 „Koncepte elektrických stanic VVN//VN, VN/VN a spínacích stanic VN“ a dle metodiky DSO ME 0052r03 „Koncepte standardu Řídicích systémů stanic“.

### **5.3.1 Vlastní spotřeba NN střídavá a stejnosměrná**

Transformace z hladiny 22 kV na hladinu 0,4 kV pro napájení vlastní spotřeby je zajišťována transformátory vlastní spotřeby TVS1 a TVS2. Transformátor TVS1 je v běžném provozu využíván jako hlavní, TVS2 jako záložní. NN strana transformátorů vlastní spotřeby bude připojena do střídavého rozvaděče NN.

Stejnoseměrná část vlastní spotřeby bude tvořena dvěma bateriemi, z nichž každá bude připojena do jedné části NN stejnosměrného rozvaděče. Každá sekce stejnosměrného rozvaděče bude mít vlastní usměrňovač.

Pro potřebu napájení důležitých střídavých spotřebičů bude osazen střídač s elektronickým „by-passem“, napájecí rozvaděč zajištěného střídavého napětí.

### **5.3.2 Kabelové vývody**

Jednotlivé vývody z rozvodny 22 kV budou realizovány VN kabely 3x1x240 AXEKVCEY. Propojení rozvodny 22 kV s transformátory T101 a T102 bude na základě standardů společnosti ČEZ Distribuce, a s. provedeno VN kabely 3x3x240 CXEKVCEY na fázi.

V kabelovém prostoru budou kabely VN vedeny po kabelových lávkách, uloženy ve svazcích, uchycených pomocí pásků. Na vhodném místě budou tyto kabely vyvedeny v chráničkách ven z budovy společných provozů a dále budou vedeny na místa nových koncových stožárů, na kterých se přes svislé odpínače kabely napojí na nadzemní vedení VN. Na všech přechodech rozvodna – kabel a kabel – vzduch budou umístěny omezovače přepětí.

### **5.3.3 Ovládání rozvodny 22 kV**

Rozvodna bude projektována jako bezobslužná, dálkově ovládaná. Pro dálkové ovládání stanice jsou určeny ovládací terminály polí, které budou umístěny v příslušných skříních ochrany. Ovládání každé skříně bude prostřednictvím centrálního řídicího systému.

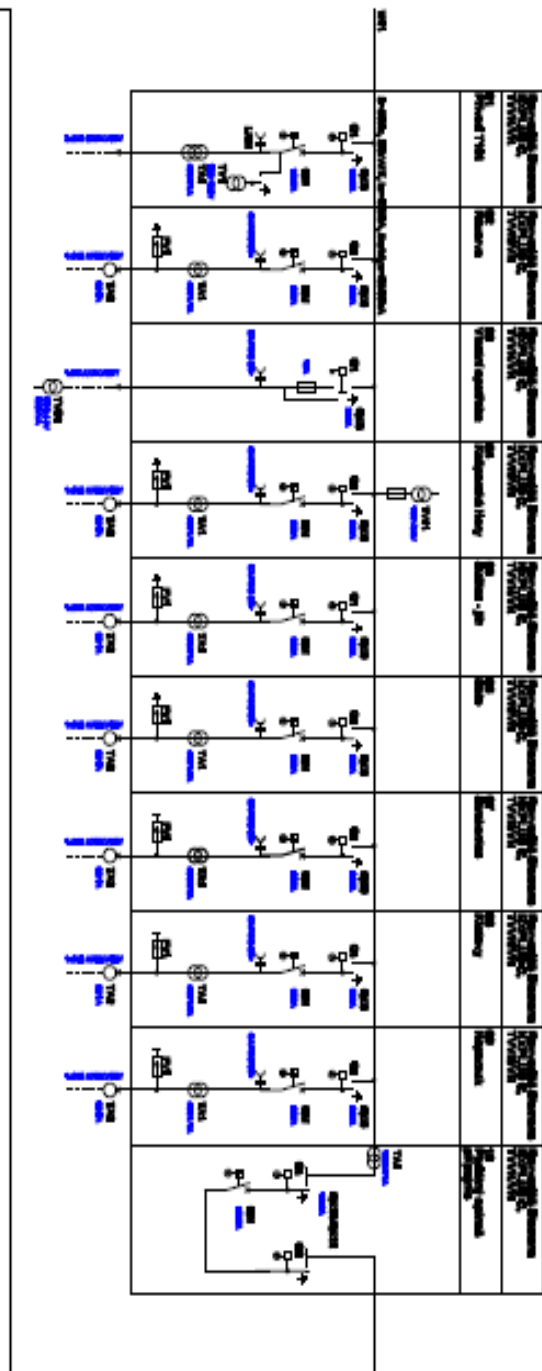
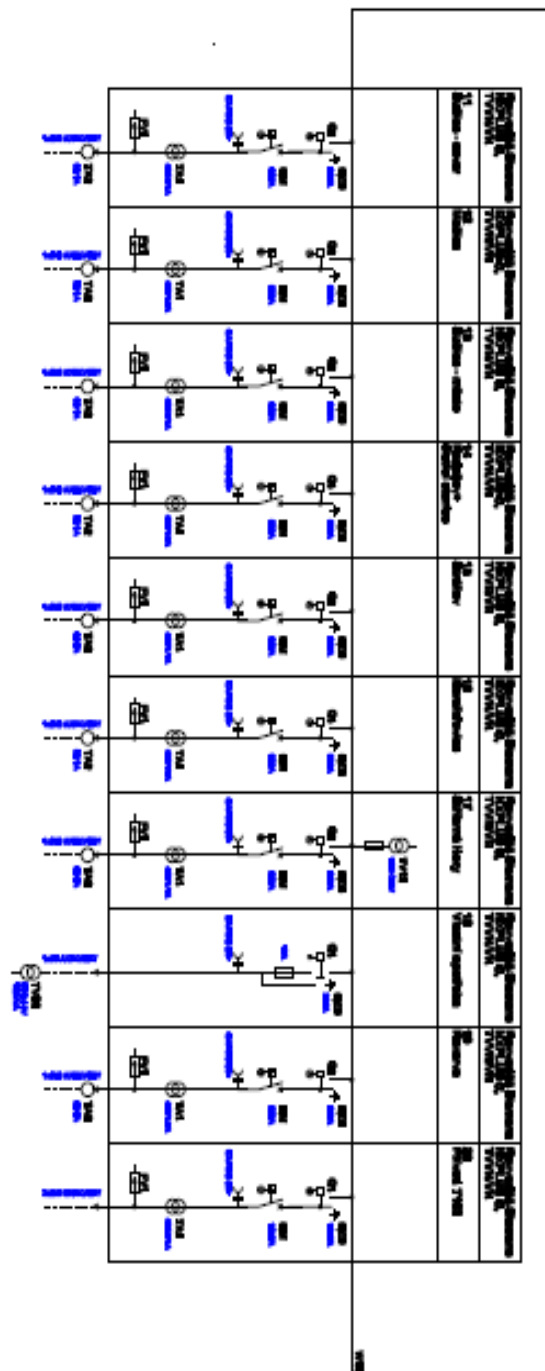
Ochrany jsou osazeny na jednotlivých skříních skříňové rozvodny SIEMENS.

### **5.3.4 Blokování**

Elektrické a mechanické blokování proti chybné manipulaci bude provedeno výrobcem. Ovládání bude provedeno softwarově, pomocí komunikace mezi jednotlivými terminály.

Blokové schéma navržené varianty rekonstrukce ve skříňovém modulárním provedení s izolací SF<sub>6</sub> viz schéma č. 3.

11



ROZVODNÁ ŽILV SUŠICE - JEDNOLÍNEJŠE SCHÉMA

## 6. Porovnání ekonomických nákladů

Při volbě jedné z navržených variant rekonstrukce rozvodny 22 kV je důležitým podkladem pro rozhodování investora posouzení ekonomických nákladů. Ekonomická efektivnost se měří penězi, proto nám musí ekonomické hodnocení dát odpověď na otázku, co nás to bude stát a jaký bude ekonomický efekt.

Ekonomickou výhodnost ovlivňují zejména tyto veličiny :

- Investiční náklady – zahrnují veškeré jednorázové výdaje na projekt, dodávku a montáž technologie, stavební úpravy, apod..
- Doba životnosti zařízení – doba po kterou bude možno využívat dané zařízení.
- Provozní náklady - náklady na obsluhu zařízení, na pravidelnou údržbu, předpokládané opravy, apod..

### 6.1 Investiční náklady

Vzhledem k tomu, že zadáním této diplomové práce byla rekonstrukce rozvodny 22 kV pouze z hlediska použité technologie, nebudou do investičních nákladů zahrnuty náklady na projekt. Naopak, co je nutné do investičních nákladů zahrnout, jsou náklady na pořízení nového řídicího systému Siemens SICAM PAS. Řídicí systém Siemens SICAM PAS bude použit jak pro variantu kobkové rozvodny, tak pro variantu skříňové modulární rozvodny s izolací SF<sub>6</sub>. Cena za tento řídicí systém je cca 2 miliony Kč v závislosti na požadované konfiguraci.

#### 6.1.1 Kobkové provedení rozvodny 22 kV

Investiční náklady na rekonstrukci rozvodny 22 kV ve variantě kobkového provedení spočívají, jak už je uvedeno výše, zejména na výměně zastaralých přístrojů v jednotlivých kobkách. Stavební úpravy u této varianty rekonstrukce budou pouze minimální. Jak už bylo dříve zmíněno, byly v roce 1999 všechny vypínače v kobkách vyměněny za moderní vakuové, a proto budou při rekonstrukci zachovány.

značka	zařízení	typ	ks/m	cena [Kč]	celkem [Kč]
Q1, Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	34	44700	1519800
Q1, Q2	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 1250A, 25kV	6	48950	293700
Q21	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 2000A, 25kV	1	53200	53200
Q5	3-pólový odpojovač, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	16	34530	552480
QE6	3-pólový odpojovač s uzemněním, vnitřní	SERW, 630A, 25kV	15	79800	1197000
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTB 25kV, 400/1/1 A	48	9800	470400
TA1	PTP, průchodkový, vnitřní	CTT 25kV, 1250/1/1 A	9	13600	122400
TA2	PTP, podpěrný, vnitřní	CTS 25kV, 1250/1/1 A	6	15350	92100
TV1	PTN VTS 25, vnitřní	25kV, 100/√3/3V - 0,5,3P,10VA	57	11600	661200
FU1	pojistky VN	10/25KV 10A ETI 442MM	6	630	3780
FV1	omezovač přepětí	OCP2-24S-NMP, 10kA	15	3255	48825
	řídící systém	Sicam PASS	1	1880000	1880000
	řídící jednotka + ochrana Siemens 7SJ632		23	193900	4459700
	skříňový rozvaděč pro řídící techniku		23	55000	1265000
	pomocná přípojnice		65	2150	139750
	kabel stíněný - ovládání, blokování	1-CYKFY-O 12X1,5	800m	98	78400
	kabel - napájení pro pohon	CYKY-O 3X1,5mm <sup>2</sup>	1200m	13	15600
	kabel - přemostění kobek	AXEKVCEY 1X240/25	400m	269	107600
	úsekový odpínač - svislý	FLA 15/6400	2	58700	117400
	stavební práce				90000
<b>celkové náklady [Kč]</b>					<b>13168335</b>

**Tab. č. 10 – Náklady na technologii kobkového provedení rozvodny 22 kV**

Délky kabelů jsou pouze orientační, přesné zaměření bude součástí projektu.

### 6.1.2 Skříňové modulární provedení rozvodny 22 kV

Investiční náklady pro variantu skříňové modulární rozvodny 22 kV s izolací SF<sub>6</sub> z hlediska použité technologie spočívají v dodávce skříňových rozvaděčů Siemens NXPLUS C. Tyto rozvaděče jsou dodávány dle předem specifikovaných požadavků.

Při této variantě rekonstrukce rozvodny 22 kV je třeba brát v potaz i nemalé náklady na stavební úpravy budovy společných provozů. Je třeba kompletně vybourat stávající kobky, vybudovat nové kabelové vývody, vyměnit stávající koncové stožáry, apod. Jeden skříňový rozvaděč váží přibližně 800 kg, tzn. že při počtu dvaceti skříňových rozvaděčů bude celková váha technologie zhruba 16 tun. Z toho vyplývá, že bude třeba statické posouzení nosnosti stropu, popř. jeho následné zesílení.



zařízení	typ	ks/m	cena [Kč]	celkem [Kč]
skříňový rozvaděč	Siemens, NXPLUS C, TVVN/VN	2	683180	1366360
skříňový rozvaděč	Siemens, NXPLUS C, T-VN/NN	2	308730	617460
skříňový rozvaděč	Siemens, NXPLUS C, PSP	1	653225	653225
skříňový rozvaděč	Siemens, NXPLUS C, PTN-N	2	143690	287380
skříňový rozvaděč	Siemens, NXPLUS C, vývod	15	540750	8111250
řídící systém	Sicam PAS	1	1880000	1880000
terminál ochran	Siemens 7SJ632	22	193900	4265800
pojistky vn	10/25KV 10A ETI 442MM	6	630	3780
stožár příhradový + výzbroj	18/40	9	192600	1733400
demontáž stožárů		9	35000	315000
úsekový odpínač - svislý	FLA 15/6400	9	58700	528300
omezovač přepětí	OCP2-24S-NFF, 10kA	45	3150	141750
kabel	AXEKVCEY 1X240/25	3600	269	968400
kabel	CXEKVCEY 1X240/25	1200	730	876000
kabel stíněný - ovládání	1-CYKFY-O 12X1,5	650m	98	63700
kabel - napájení	CYKY-O 3X1,5mm <sup>2</sup>	450m	13	5850
zemní práce				90000
stavební práce				1250000
<b>celkové náklady [Kč]</b>				<b>23157655</b>

**Tab. č. 11 – Náklady na technologii skříňového provedení rozvodny 22 kV**

Z uvedených propočtů lze jednoduše zjistit, že investiční náklady pro variantu skříňové modulární rozvodny 22 kV s izolací SF<sub>6</sub> jsou zhruba o 10.000.000 Kč vyšší než pro variantu kobkového provedení rekonstrukce rozvodny 22 kV.

## 6.2 Doba životnosti zařízení

Doba životnosti kobkového provedení rozvodny i skříňové modulární rozvodny 22 kV s izolací SF<sub>6</sub> se v současné době udává zhruba na 30-35 let.

### 6.3 Provozní náklady

V současnosti se již rozvodny navrhují jako bezúdržbové. Z tohoto důvodu můžeme náklady na provoz obou navržených variant považovat za přibližně stejné.

Jako výhodu kobkové rozvodny lze brát skutečnost, že při jakémkoli poškození přístroje v kobce (přípojnicový odpojovač, vypínač, apod.) lze vyměnit pouze samotný přístroj, kdežto u skříňové modulární rozvodny je nutné při poruše většinou vyměnit celý skříňový rozvaděč, což je samozřejmě mnohem nákladnější.

## 7. Vybraná varianta rekonstrukce

Na základě posouzení stávajícího stavu rozvodny 22 kV, vzhledem k dispozici budovy společných provozů a konzultací s příslušnými odděleními ČEZ Distribuce, a.s. jsem se rozhodl pro variantu obnovy rozvodny 22 kV v kobkovém provedení. Jedná se o kobkovou rozvodnu 22 kV se dvěma systémy přípojníc a pomocnou přípojnicí. Jeden systém přípojníc je rozdělen podélnou spojkou na dvě sekce. Mezi oběma systémy přípojníc je spínač přípojníc. Pomocnou přípojnicí lze spínat spínačem pomocné přípojnice.

Kobková rozvodna 22 kV je umístěna ve dvou podlažích budovy společných provozů. V přízemí jsou umístěny kabelové lávky pro ovládací panely, přechod holého vedení (Al-pas) od VN vypínače k vývodům nebo transformátorům a převodové transformátory napětí. Převodové transformátory proudu jsou průchodkové – jsou umístěny mezi jednotlivými patry. V 1. patře jsou umístěny přípojnice, odpojovače, vypínače a ovládací skříňe jednotlivých polí. Technické řešení vychází z metodik společnosti ČEZ Distribuce a.s., zejména dle metodiky DSO\_ME\_0146r01\_z1 Koncepce elektrických stanic VVN/VN, VN/VN a spínacích stanic VN a metodiky DSO\_ME\_0052r03 Koncepce standardu Řídicích systémů stanic.

Při návrhu klasických vnitřních rozveden VN musí technologická část dle standardů skupiny ČEZ splňovat tyto technické parametry.

Rozvodná síť	IT (vzdušné vedení) IT <sub>(r)</sub> (kabelové vedení)
Jmenovité napětí sítě	22 kV
Počet fází	3
Nejvyšší provozní napětí	25 kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu 1,2/50	125 kV
Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při jmenovitém kmitočtu	50 kV
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Zkratová odolnost - tepelná ( I <sub>th</sub> ) - 1 sec <sup>1)</sup>	25 kA
Zkratová odolnost - dynamická ( I <sub>dyn</sub> ) <sup>1)</sup>	63 kA
Jmenovitý proud přípojnic <sup>2)</sup>	1250 - 2000 A
Jmenovitý proud vývodové odbočky <sup>3)</sup>	630 - 1250 A
Jmenovitý proud odbočky přívodu od transformátoru vvn/vn	1250 - 2000 A
Jmenovité napájecí napětí pohonů přístrojů	230 V AC <sup>4)</sup>
Jmenovité ovládací napětí	110 (220) V DC
Min. vzdušné vzdálenosti fáze-fáze, fáze-zem, mezi systémy přípojnic a dopravované části od živé části	Dle ČSN 33 3201
Ochrana živých částí vn	Dle ČSN 33 2000-4-41
Ochrana neživých částí vn	zemněním v síti IT a IT (r) s rychlým vypnutím
<sup>1)</sup> V případě rekonstrukcí klasických rozveden vn bude posuzováno individuálně	
<sup>2)</sup> Bude určeno v ZN dle výkonu instalovaného výkonového transformátoru vvn/vn a způsobu provozování (např. paralelní provoz traf)	
<sup>3)</sup> Bude určeno v ZN dle konfigurace sítě	
<sup>4)</sup> V případě skříňových rozvaděčů vn je připuštěno v případě napájení pohonu odpojovačů 110 (220) V DC	

Tab. č. 12 – Hlavní parametry rozvodny 22 kV [4]

## 9. Zadání pro projekt

V rámci rekonstrukce rozvodny 22 kV bude řešena úprava a obnova jednotlivých kobek novou technologií. Nově vznikne 13 vývodových kobek + 2 plně vyzbrojené rezervy, 2 kobky přívodů transformátorů VVN/VN, kobka spínače přípojnic, kobka spínače pomocné přípojnice a kobka transformátoru vlastní spotřeby.

Přístroje v kobkách budou s elektrickým pohonem, vývodové odpojovače budou kombinované s uzemňovačem se vzájemným blokováním.

Uspořádání vývodů zůstane zachováno kromě vývodu Radešov a vývodu Čistící stanice, které budou propojeny zemním VN kabelem 3x1x240/25 AXEKVCEY. Pomocí tohoto propojení získáme volnou kobku č.4 jako rezervu.

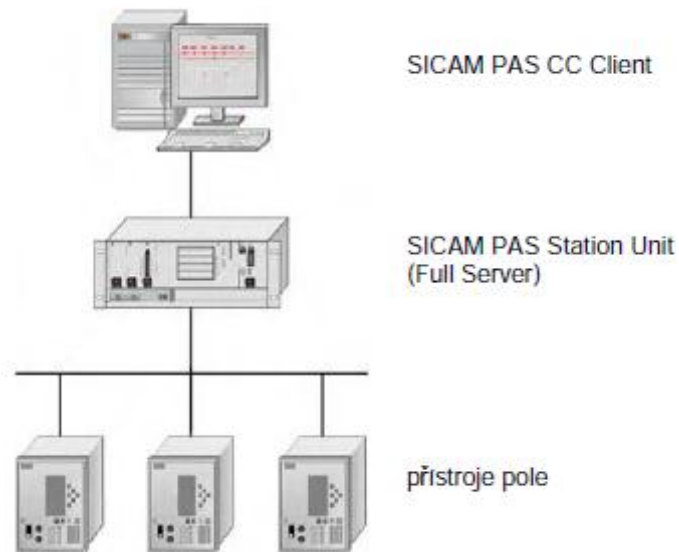
Měření napětí na přípojnicích bude provedeno novými odbočkami měření vytvořenými novými převodovými transformátory napětí umístěnými na vnější straně koncové stěny kobek č.1 a č.20. K těmto PTN bude přiveden AL-pas 40x5 z hlavních přípojníc přes nové podpěrky. Převodové transformátory proudu na vývodech budou mít převod 400/1/1A, na přívodech od transformátorů a podélného dělení budou mít převod 1250/1/1A. Jednotlivé kobky budou kromě běžných přístrojů obsahovat i řídicí jednotku + ochranu Siemens 7SJ632. Přívody napájecích napětí 230V AC a 110V DC budou přivedeny do všech kobek z rozvaděčů vlastní spotřeby.

Pomocná přípojnice bude provedena hliníkovou pasovinou o rozměrech 60x10 mm. Kompresorovna včetně rozvodu stlačeného vzduchu bude zrušena.

## 9.1 Řídicí systém

Nový řídicí systém Siemens SICAM PAS bude umístěn v nové skříni v místnosti ochran a měření. Systém bude vybaven jedním ovládacím pracovištěm (HMI), který bude umístěn v místnosti nové dozorny. Komunikace s ochranami a I/O jednotkami bude po dvou datových kruzích (pro rozvodnu 22 kV a rozvodnu 110 kV) zakončených do dvou vzájemně propojených switchů. Komunikace bude probíhat pomocí protokolu IEC 61850. Do těchto switchů bude také připojeno místní ovládací pracoviště a regulátory napětí a tlumivek. S řídicím systémem budou oba switche připojeny samostatným propojem. Komunikace z řídicího systému rozvodny do dispečerského centra oblasti Západ bude probíhat pomocí protokolu IEC 60870-5-104. Pro potřeby přenosu nového řídicího systému a možnosti dálkového odečítání ochran bude vytvořen nový komunikační kanál frame relay (256 kb/s), záložní komunikace bude přes GSM/GPRS.

Pro malé a střední rozvodny (do 100 přístrojů) kam patří i rozvodna Sušice, postačí jako doporučené zapojení s jedním SICAM PAS CC Klientem a s jedním SICAM PAS Station Unit (Full Server), viz. obr. č.7.



**Obr. č. 7 – Příklad připojení přístrojů pole k SICAM Station Unit [7]**

## 9.2 Ovládání rozvodny 22 kV

Rozvodna 22 kV bude projektována jako bezobslužná, dálkově ovládaná stanice. Pro dálkové ovládání stanice jsou určeny ovládací terminály polí, které budou umístěny v příslušných skříních ochran a místní pracoviště HMI. Po přepnutí přepínače „místně-dálkově“ na terminálu bude možno ovládat rozvodnu přímo pomocí zmíněných terminálů nebo z HMI. Pro revize bude umožněno ovládání tlačítka přímo v rozvodně.

Pro ovládání kobek bude použito napětí 110V DC, pohon střadače vypínače a pohony odpojovačů jsou tvořeny jednofázovým motorem 230V AC.

## 9.3 Blokování

Blokování v rámci celé rozvodny bude provedeno softwarově, pomocí komunikace mezi jednotlivými ovládacími terminály. Ovládání přímo z přístrojů bude bez blokad.

## 9.4 Ochrany

Všechny kobky budou osazeny kombinovanými I/O jednotkami s ochranou shodného typu Siemens 7SJ632. Z ochranných funkcí budou vždy vybrány potřebné funkce pro daný typ

pole. Komunikace s ostatními komponenty řídicího systému bude dle normy IEC 61850. Vyhodnocení zemního spojení bude provedeno v terminálech polí měření.

Všechny ochrany, které umožňují komunikaci protokolem, budou komunikovat s řídicím systémem prostřednictvím IEC 61850 protokolu po optických vláknech.

## **9.5 Vlastní spotřeba**

Z rozvaděče vlastní spotřeby 400/230V AC bude zajištěno napájení střídavých pohonů odpojovačů, střadače vypínače a dále napájení vnitřního osvětlení a servisní zásuvky v ovládacích skříních.

Každá polovina rozvodny 22 kV (řada kobek) bude mít svou třífázovou napájecí smyčku 400V AC pro pohony a jednofázovou napájecí smyčku 230V AC pro osvětlení a zásuvku.

Z rozvaděče vlastní spotřeby 110V DC bude zajištěno napájení ovládání a signalizace rozvodny 22 kV. Každá polovina rozvodny 22 kV (řada kobek) bude mít svou stejnosměrnou napájecí smyčku 110V DC.

## **9.6 Kabelové rozvody**

Veškerá kabeláž bude provedena celoplastovými kabely s Cu jádry. Kabely pro ovládání a signalizaci budou mít stínění. V objektu rozvodny 22 kV budou kabely pevně uchyceny svazkováním nebo kabelovými příchytkami na kabelových lávkách.

Jednotlivé vývody z rozvodny 22 kV budou realizovány VN kabely 3x1x240/25 AXEKVCEY na fázi a propojení s transformátory T101 a T102 VN kabely 3x240 CXEKVCEY na fázi.

## **9.7 Nadzemní vývody**

Jednotlivé nadzemní vývody z rozvodny 22 kV budou realizovány pasovinou na nové venkovní průchodky VN na které budou připojeny stávající vodiče AlFe nadzemních vedení 22 kV. Na všech přechodech průchodka – nadzemní vedení budou umístěny omezovače přepětí.

## 10. Závěr

Zařízení distribuční soustavy, mezi něž patří i elektrické stanice, působením provozních a povětrnostních vlivů stárne a tím ohrožuje plynulost a spolehlivost dodávky elektrické energie. V případě elektrických stanic je nutné klást na spolehlivost a bezpečnost provozu ještě větší důraz, protože se jedná o uzlové body distribuční soustavy.

Zadáním této diplomové práce bylo navrhnout možné varianty rekonstrukce rozvodny 22 kV transformovny 110/22 kV Sušice, posoudit jejich klady a zápory a následně vybrat nejvhodnější variantu pro zpracování zadávacího návrhu. Toto téma, které bylo stanoveno ve spolupráci s pracovníky společnosti ČEZ Distribuce, a.s., není pouze teoretické. Je podloženo reálnou potřebou rekonstrukce rozvodny 22 kV, zprovozněné v roce 1959 a s částečnými úpravami technologie sloužící až do dnes.

Při zpracování této diplomové práce jsem měl možnost se v prakticky setkat se zařízením, s nímž jsem se teoreticky seznámil v průběh studia a získané poznatky tak uplatnit v praxi.

Věřím, že závěry z této diplomová práce budou využity kolegy z oddělení Rozvoj společnosti ČEZ Distribuce, a.s. jako jeden z podkladů pro zpracování skutečného zadávacího návrhu pro zpracovatele projektové dokumentace. Úmyslně zde hovořím o jednom z podkladů, protože reálný zadávací návrh rekonstrukce rozvodny musí obsahovat i části, které vzhledem k zadání již obsahem nepatří do této diplomové práce, ale při zpracování zadávacího návrhu je nelze opomenout, např. střechy budov, fasády, oplocení, zabezpečovací zařízení atd..

## Seznam použité literatury a pramenů

- [1] Jiřina Mertlová, Lucie Noháčová: Elektrické stanice a vedení, ZČU Plzeň 2008
- [2] ČSN EN 60865-1: Zkratové proudy – Výpočet účinků, Definice a výpočetní metody
- [3] ČEZ Distribuce, a.s., metodika DSO\_ME\_0052r03 Koncepce standardu Řídicích systémů stanic
- [4] ČEZ Distribuce, a.s., metodika DSO\_ME\_0146r01\_z1 Koncepce elektrických stanic VVN/VN, VN/VN a spínacích stanic VN
- [5] ČEZ Distribuce, a.s. – grafický sw GIS
- [6] Místně provozní předpis TR Sušice 110/22 kV
- [7] <http://www.siemens.com>
- [8] <http://www.cez.cz/cezlogistika>