

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Studie současného stavu rozveden v oblasti Českých  
Budějovic E-ON**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vilém ŠLAPÁK**  
Osobní číslo: **E12B0061P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Název tématu: **Studie současného stavu rozvoden v oblasti Českých Budějovic E-ON**  
Zadávající 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 :

Práce s tématem "Studie současného stavu rozvoden v oblasti Českých Budějovic E-ON" je koncipována jako bakalářská a bude zaměřena na tyto body:

1. Popište stávající stav rozvoden a transformoven v oblasti Českých Budějovic E-ON.
2. Charakterizujte hlavní typy elektrických stanic s různým systémem přípojnic.
3. Uveďte vybavení odboček a přípojnic přístroji a způsob jejich provozu.
4. Porovnejte vybrané rozvodny z hlediska návrhu vlastní spotřeby.
5. Na konkrétním případě proveďte výpočet zkratových poměrů v dané rozvodně a navrhněte řešení pro případnou rekonstrukci.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Podklady a literatura k předmětům EE1, EE2, EPR1, ES
2. Noháčová, Mertlová: Elektrické stanice a vedení
3. Literatura, kterou zadá sám konzultant
4. Příslušné normy ČSN
5. Internetové podklady

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Lucie Noháčová, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**

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



  
Prof. Ing. Václav Kús, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na vytvoření celkového obrazu stavu rozvodné sítě v oblasti Českých Budějovic. Studie pojednává především o rozvodných stanicích, měla by charakterizovat hlavní typy elektrických stanic s různým systémem přípojnic a náležitě popsat vybavení jak odboček, tak i přípojnic. Bakalářská práce též obsahuje porovnání vlastní spotřeby dvou rozdílných rozvoden. Na konkrétním případě, jedné z probraných rozvoden byl proveden výpočet zkratových poměrů.

## **Klíčová slova**

Rozvodná stanice, přípojnice, odbočka, transformátor, vysoké napětí, E-ON, spínací stanice, přístrojový transformátor napětí, přístrojový transformátor proudu, spolehlivost, bezpečnost, vypínač, odpojovač, odpínač.

## **Abstract**

The present thesis is focused on creating an overall picture of the state of the grid in the České Budějovice. The study deals with the distribution station, should describe the main types of electric stations with various busbar system. adequately describe the equipment as branches, as well as bars. Bachelor thesis also contains a comparison of own consumption of two different power substations. In the particular case, on one of the discussed substation has been calculated short-circuit conditions.

## **Key words**

Substations, busbars, branch, transformer, high voltage, E-ON, switching stations, instrument voltage transformer, instrument current transformer, reliability, safety, power switch, disconnect, breaker.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím doporučené 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 či volně přístupný.

.....  
podpis

V Plzni dne 8.6.2015

Vilém Šlapák

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval především vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Lucii Noháčové, Ph.D. za hodnotné profesionální rady a vynikající metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi Ing. Vlastimilovi Pomyjemu a jeho kolegům z práce, za čas a ochotu kterou mi věnovali. Velice si cením všech nových a zajímavých informací, poznatků a zkušeností, jenž mi během vypracovávání práce byly poskytnuty. Těž děkuji své rodině za podporu a trpělivost.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SÍTĚ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 SPOLEČNOST E-ON</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 STÁVAJÍCÍ STAV ROZVODEN A TRANSFORMOVEN V OBLASTI ČESKÝCH BUDĚJOVIC</b> .....	<b>11</b>
1.2.1 <i>Přenosová soustava</i> .....	11
1.2.2 <i>Oblast Českých Budějovic</i> .....	12
1.2.3 <i>Velký a malý okruh</i> .....	13
1.2.4 <i>Rozdělení a rozložení elektrických stanic</i> .....	14
1.2.5 <i>Transformace 400 kV</i> .....	15
1.2.6 <i>Transformační stanice VVN/VN</i> .....	18
1.2.7 <i>Rozvedení VN (22kV)</i> .....	24
1.2.8 <i>Transformace 22/0,4 kV</i> .....	29
<b>2 CHARAKTERIZACE HLAVNÍCH TYPŮ ELEKTRICKÝCH STANIC A RŮZNÝCH SYSTÉMŮ PŘÍPOJNIC</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1 ČLENĚNÍ ELEKTRICKÝCH STANIC</b> .....	<b>30</b>
2.1.1 <i>Elektrická stanice jako komplex</i> .....	33
<b>2.2 ELEKTRICKÉ STANICE S RŮZNÝM SYSTÉMEM PŘÍPOJNIC</b> .....	<b>34</b>
<b>2.3 PŘÍPOJNICOVÉ SYSTÉMY</b> .....	<b>35</b>
2.3.1 <i>Přímé přípojnice</i> .....	36
2.3.2 <i>Pomocné přípojnice</i> .....	39
2.3.3 <i>Okružní přípojnice</i> .....	40
2.3.4 <i>Bezpřípojnicové systémy</i> .....	41
2.3.5 <i>Systémy využívající většího počtu vypínačů na jednu odbočku</i> .....	42
<b>3 VÝZBROJ ODBOČEK A PŘÍPOJNIC A ZPŮSOB JEJICH PROVOZU</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ SPÍNACÍ TECHNIKY</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY</b> .....	<b>45</b>
<b>3.3 SPÍNACÍ PŘÍSTROJE</b> .....	<b>46</b>
3.3.1 <i>Odpojovače</i> .....	46
3.3.2 <i>Odpínače</i> .....	48
3.3.3 <i>Vypínače</i> .....	49
<b>3.4 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>52</b>
<b>3.5 JISTÍCÍ PRVKY</b> .....	<b>53</b>
<b>3.6 SCHÉMA ODBOČEK</b> .....	<b>54</b>
<b>3.7 PROVOZNÍ MANIPULACE</b> .....	<b>57</b>
<b>4 POROVNÁNÍ ROZVODEN Z HLEDISKA NÁVRHU VLASTNÍ SPOTŘEBY</b> .....	<b>59</b>
<b>4.1 ZAČLENĚNÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY</b> .....	<b>59</b>
4.1.1 <i>Zařízení pro vlastní spotřebu</i> .....	59
4.1.2 <i>Nejnutnější provoz</i> .....	59
4.1.3 <i>Rozdělení VS</i> .....	60
<b>4.2 POROVNÁNÍ DVOU ROZVODEN</b> .....	<b>61</b>
<b>4.3 ROZVODNÁ DASNÝ</b> .....	<b>61</b>
4.3.1 <i>Popis vlastní spotřeby objektu</i> .....	61



4.3.2	Rozvodna 22 kV a rozvodna 10 kV .....	63
4.3.3	Transformace VN/NN .....	64
4.3.4	Vlastní spotřeba – střídavá .....	64
4.3.5	Vlastní spotřeba - Stejnoseměrná .....	67
4.4	ROZVODNA KŘTĚNOV .....	69
4.4.1	Obecný popis rozvodny .....	69
4.4.2	Popis vlastní spotřeby objektu .....	70
4.4.3	Transformace napětí VN / NN .....	71
4.4.4	Střídavá vlastní spotřeba .....	71
4.4.5	Stejnoseměrná vlastní spotřeba .....	72
	SOUHRN .....	72
5	VÝPOČET ZKRATOVÉHO PROUDU .....	73
5.1	ÚVOD DO OBORU ZKRATŮ .....	73
5.2	ZKRAT V ROZVODNĚ Č.B. MLADÉ .....	73
5.2.1	Postup výpočtu .....	74
5.2.2	Schéma .....	75
5.2.3	Výpočet .....	75
5.2.4	Zhodnocení výsledku .....	77
	ZÁVĚR .....	78
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	80
	PŘÍLOHY .....	1
	Příloha A – Fotografie rozvoden .....	1
	Příloha B – Technická dokumentace .....	9
	Příloha C – Schéma rozvoden .....	11

## Seznam symbolů a zkratek

- *RS* ..... rozvodná stanice
- *SF<sub>6</sub>* ..... fluorid sírový
- *PS* ..... přenosová soustava České republiky
- *MTP* ..... přístrojový transformátor proudu
- *VN* ..... vysoké napětí
- *VVN* ..... velmi vysoké napětí
- *NN* ..... nízké napětí
- *DS* ..... distribuční síť
- *BSP* ..... budova společného provozu
- *ČB* ..... České Budějovice
- *HDO* ..... hromadné dálkové ovládání
- *VE* ..... vodní elektrárna
- *TS* ..... transformační stanice
- *RD* ..... rajónní dispečink
- *CD* ..... centrální dispečink
- *VS* ..... vlastní spotřeba
- *VE* ..... vodní elektrárna
- *JE* ..... jaderná elektrárna
- *T* ..... transformátor
- *f* ..... fáze
- *AC* ..... střídavý proud
- *DC* ..... stejnosměrný proud

Doplňkový seznam symbolů a zkratek určen výhradně pro kapitolu 4. se nachází na str. 62.

## ÚVOD

Popsat kompletní provedení každé rozvodny sloužící k napájení města o rozloze 55,56 km<sup>2</sup> je samozřejmě předmětem velmi obsáhlým a časově náročným. Tato práce pojednává o těchto rozvodnách, avšak pochopitelně nejsou probrána do nejmenších detailů. Zaměřuji se zde především na klíčové body a zařízení charakterizující funkčnost a spolehlivost daných rozvodů. Práce je psána tak, aby čtenář pochopil jaké množství podmínek a úkonů je třeba vykonat pro dodržení spolehlivosti dodávky elektrické energie a to s ohledem pouze na rozvodná zařízení. Zdroje elektrické energie a jejich vedení jsou v této práci opomínány, nezabývám se zde podrobněji manipulačními ani organizačními procesy. Každý čtenář by po přečtení měl být seznámen s tím, jaké druhy elektrických stanic existují a jaké se provozují v oblasti Českých Budějovic.

V první části své bakalářské práce jsem obecně popsal provedení jednotlivých rozvodů v oblasti Českých Budějovic. Další dvě části jsou zaměřeny spíše na teorii, kde jsem teprve charakterizoval hlavní typy elektrických stanic, popsal jsem různé typy přípojnicových systémů, uvedl jsem vybavení odboček a způsoby jejich provozu. Čtvrtou část jsem věnoval porovnání vlastní spotřeby mezi dvěma rozdílnými rozvodnami. Poslední část obsahuje stanovení zkratových proudů a závěr. Detailnější technické informace a fotografie, jenž jsem pořídil při exkurzích, jsem uvedl v příloze.

# 1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SÍTĚ

## 1.1 SPOLEČNOST E-ON

E-ON, jak ho známe dnes, byl založen až roku 2000, a to spojením firem VEBA a VIAG. Ve světě se společnost ujímá napříč Evropou, Ruskem a dokonce i Severní Amerikou. Aktuálně E-ON zásobuje plynem a elektrickou energií zhruba 45 milionů zákazníků a honosí se 61 GW výrobní kapacity. Cílem společnosti je dodávat čistější a lepší energii, všude tam kde působí.

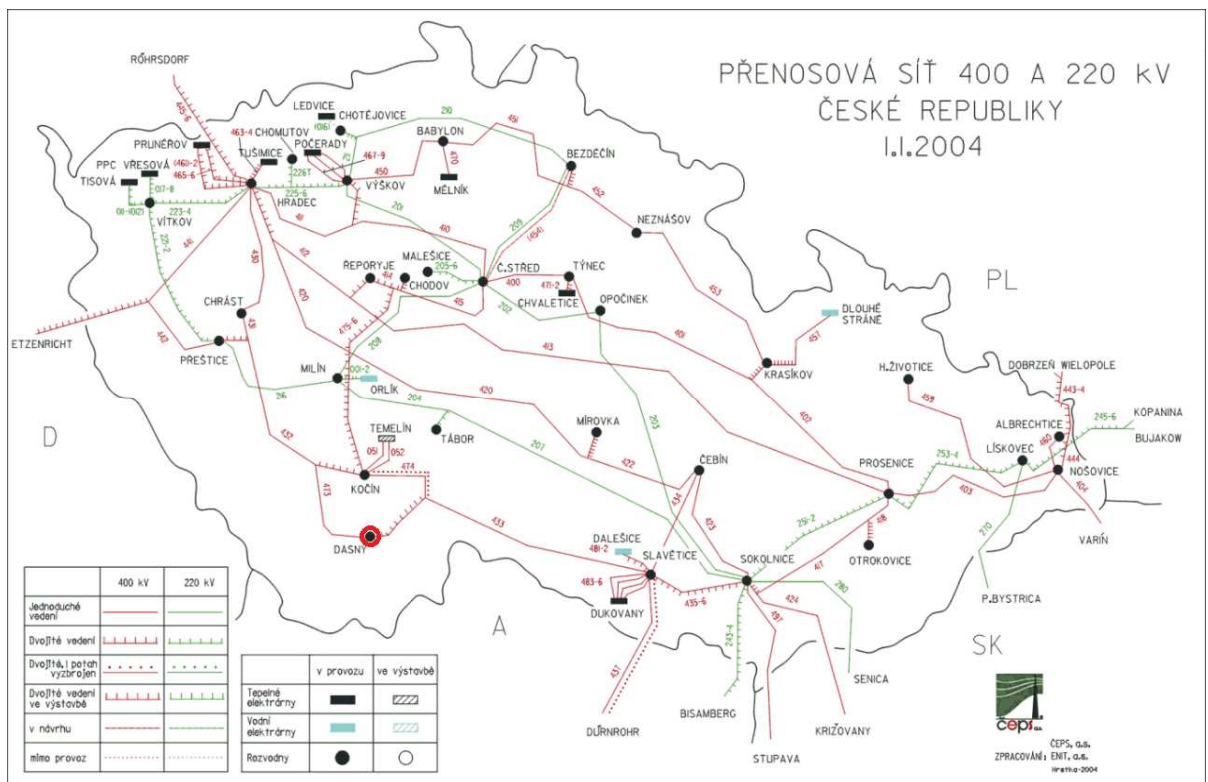
V České republice zaujímá postavení poprvé v roce 2001, kdy vzniká společnost E-ON Czech Holding AG. Za opravdový nástup se dá ovšem považovat až rok 2003, kdy E-ON převzal majoritních podílů akcií JME a JČE. O 3 roky později přejímá podílů v plynárenství (JČP, PP). V dnešních dnech na území České republiky existují výrobní společnosti E-ON Trend - zabývající se především výrobou el. energie. A E-ON Servisní, jenž je zodpovědná za provoz a údržbu distribučních sítí. [16]

## 1.2 Stávající stav rozveden a transformoven v oblasti Českých Budějovic

### 1.2.1 Přenosová soustava

Přenosová soustava rozvádí elektrickou energii z výrobních jednotek do uzlů sítě, odkud je dále vedena distribuční síť. Úkolem přenosové soustavy je rozložit optimálně el. výkon. Vše probíhá na napěťové hladině 400 kV a 220 kV, vzhledem k tomu, že E-ON v oblasti Č.B. vlastní pouze distribuční síť, tudíž od hladiny 110 kV a níž, nespadá tak do vlastnictví žádná z rozveden přenosové soustavy. Výjimku tvoří rozvodna Dasný, jejíž část VVN je majetkem společnosti E-ON.

Pro názornost jsem přiložil mapu přenosové soustavy, v níž je rozvodna Dasný vyznačena.



Obrázek 1: Schéma, Přenosová soustava ČR [Převzato z [1]]

### 1.2.2 Oblast Českých Budějovic

České Budějovice a nejbližší okolí, se s postupem let značně rozrůstá a s tím narůstá i počet obyvatel. V současné době celá oblast přesahuje počet 100 tisíc obyvatel. Takovéto množství lidí je nutno zaopatřit odpovídajícím výkonem s odpovídající bezpečností a spolehlivostí. K dosažení takového cíle bylo nutno vymyslet, naplánovat a nakonec vystavět příslušná zařízení. Jednou z nejdůležitějších součástí tohoto sofistikovaného celku, jsou elektrické stanice a právě o nich pojednává tento práce.

Podstatou celého problému, je dobře rozložený elektrický výkon a zajištěna případná záloha. V mém případě řešení spočívá v zavedení tzv. velkého a malého okruhu. Okružní vedení zajišťuje zálohu z dvou stran, díky čemuž je dosaženo větší spolehlivosti sítě.

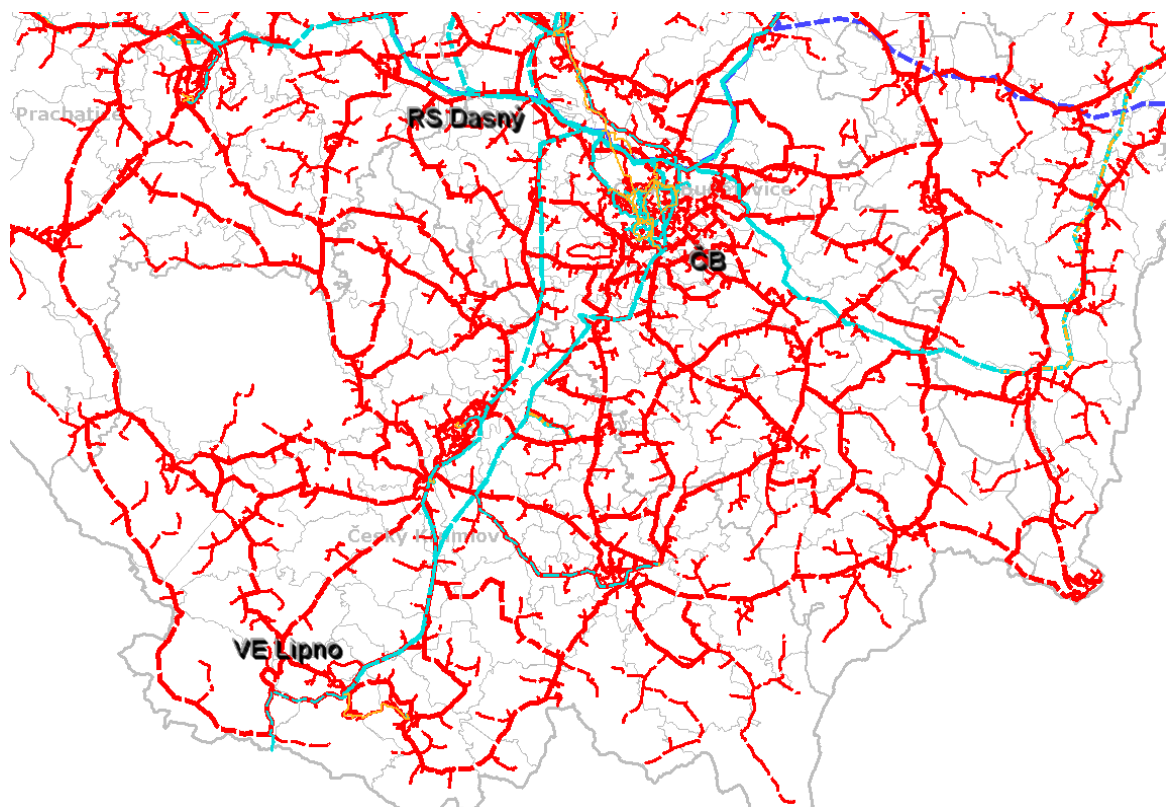
### 1.2.3 Velký a malý okruh

K funkčnímu provozu celé infrastruktury je nutno propojit vhodným způsobem zdroje elektrické energie. K tomuto účelu slouží velký a malý okruh. Jedná se o systém propojení elektráren a elektrických stanic v oblasti Českých Budějovic, tohoto propojení je dosaženo pomocí čtyř linek. Samozřejmě, že z rozvodny Dasný je vyvedeno linek mnohem víc, ovšem ty příliš nezasahují do napájení Českých Budějovic a zabývat se všemi těmito linkami by bylo mimo rozsah této práce. Jako optimální pro tento účel bylo zvoleno samozřejmě vedení na napěťové hladině 110 kV.

-Velký okruh: Velký okruh v podstatě začíná a také končí rozvodnou Dasný. Okruh je veden na jih přes transformovnu Mladé až k VE Lipno, odkud se zas vrací severně přes transformovnu ve Velešíně a následně pokračuje přes dvou přípojnicovou rozvodnu Č.B. Škoda, z tohoto místa se následně vrací zpět do pátevní rozvodny Dasný. Na obr. 2 je znázorněn jako azurová křivka vedena od Dasného k VE Lipnu.

-Malý okruh: Malý okruh je veden také z pátevní rozvodny Dasný, vede do transformovny Č.B. Západ, dále přes rozvodnu Nemanice, následuje rozvodna Č.B. Sever a z této rozvodny vedení dále pokračuje opět do rozvodny Č.B. Škoda. Z rozvodny Č.B. Škoda se vedení znovu vrací do pátevní rozvodny Dasný. Tímto vzniká okružní vedení a celý systém je zálohovaný ze dvou stran. Na obrázku 2 je malý okruh znázorněn kratší azurovou křivkou.

Oba dva okruhy se potkávají ve dvou přípojnicové stanici Č.B. Škoda. Pro zálohování napájení je díky tomu tato rozvodna klíčová.



Obrázek 2: Velký a malý okruh [Převzato s úpravami z [15]]

Zmínil jsem se o rozvodné stanici Velešín, tato rozvodna je sice součástí velkého okruhu, nikoli však součástí napájení Českých Budějovic nebo nejbližšího okolí. Slouží k napájení vlakové dopravy a to až u města Velešín, stejně tak rozvodna Nemanice je určena pro České dráhy, transformace na VN je ve vlastnictví ČD. Napájení vlakové dopravy Českých drah není předmětem této práce a nebudu se tedy více zabývat těmito rozvodnami.

#### 1.2.4 Rozdělení a rozložení elektrických stanic

Dalším důležitým bodem je rozdělení a rozložení elektrických stanic. Rozvodné stanice rozeznáváme podle několika kritérií, jako je například dělení podle funkce, podle způsobů provedení atd. ovšem úplně nejzákladnější je rozdělení dle napěťové hladiny, s nimiž stanice operují. Dělení a provedení elektrických stanic podrobněji popíši až v dalších kapitolách.

V samotném městě je hned několik rozvodů transformujících napětí z 110 kV na 22 kV. Několik spínacích stanic na hladině 22 kV a také samozřejmě nesčetné množství kioskových, věžových a stožárových transformoven 22/0,4 kV.

## 1.2.5 Transformace 400 kV

### Páteřní Transformovna Dasný



Obrázek 3: TS Dasný [Převzato s úpravami z[18]]

Páteřní rozvodnou zodpovídající za dodávku el. energie do Českých Budějovic je transformovna Dasný. Je místem kam je přiváděn ze dvou stran el. výkon. Z jedné strany z JE Temelín a zároveň je také místem propojující jižní a východní Čechy, formou propojení z druhé strany s RS Dalešicemi. Transformovna Dasný je klíčovým bodem nejen pro napájení Č. Budějovic, ale i pro propojení sítě samotné. Je jedním z uzlů elektrizační sítě ČR. **Zvláštností této transformovny je to, že se vlastnictví dělí mezi dva majitele.** První polovina disponuje příkonem o napěťové hladině 400 kV, tato část spadá do vlastnictví



ČEPS, a.s. Druhá polovina je ve vlastnictví Skupiny E-ON, jedná se o distribuční napěťovou hladinu 110kV.

#### Rozvodna 400 kV

Sestává především z transformátorů 400/110/10 kV, ty jsou však od 1. 7. 2011 v plném řízení ČEPS, a.s.

Dělicí místa mezi ČEPS a E.ON jsou na straně 110 kV, svorky klesaček na průchodkách 110 kV transformátorů a na straně 10,5 kV koncovky kabelů 10,5 kV a na odpojovačích v rozvodnách, které jsou v majetku ČEPS, a.s.

Transformovna leží u obce Dasný, přesněji na katastrálním území Bavorovice – Hluboká nad Vltavou. Rozvodna byla zprovozněna již v roce 1978. V letech 2004 až 2006 však proběhla kompletní rekonstrukce rozvodny 110 kV s přechodem na řídicí systém. V roce 2007 byla rekonstrukce ukončena zprovozněním rozdílové ochrany přípojnic. Terén parcely je mírně svažité se sklonem do 3%. Rozvodna se ocitá v nadmořské výšce 383 m. Provoz rozvodny je samozřejmě nepřetržitý a je zajišťován obsluhou v počtu jeden pracovník na směnu.

#### Rozvodna 110 kV

Je řešena elegantním způsobem jako jednořadá se třemi systémy přípojnic hlavních a jednou pomocnou přípojnicí. Všechny přípojnice jsou podélně děleny. Vzájemné propojení přípojnic A, B a C je možné provést pomocí příslušných kombinovaných spínačů přípojnic. Kombinované spínače přípojnic dovolují také propojit přípojnice B či C s pomocnou přípojnicí P. V jiném případě je možné využít pro připojení kterékoliv přípojnice hlavní s pomocnou přípojnicí využitím spínače pomocné přípojnice. Přípojnice jsou provedeny vodiči 2x670 AlFe 8. Celé zapojení sestává z 25 polí, přičemž 14 z těchto polí jsou vývodové odbočky vyvádějící napětí 110 kV.



Obrázek 4: TS Dasný 110 kV

Prostor, ve kterém se nachází přípojnice je zatravněný a volně průchozí, rozměry dokonce dovolovaly zbudovat průjezdní komunikaci. Veškeré přístroje jsou na ocelové konstrukci z materiálu ATOMFIX, hlavní ocelová konstrukce prošla v roce 2003 generální opravou a byla opatřena třívrstevným nátěrem. Pomocná ocelová konstrukce vypínačů a měničů byla pozinkována a natřena.

#### Rozvodna 22 kV

Je rozvodnou pouze pro vlastní spotřebu rozvodny 110 kV (vlastní spotřebě je vyhrazena jedna celá kapitola na stránkách 61-68). Rozvodna je situována v prostorách hlavní budovy a nachází se v 1. patře v místnosti vlastní spotřeby. Skládá se ze čtveřice zapouzdřených řaditelných rozvaděčů na jednoduchém systému přípojnic. Dva z rozvaděčů jsou zde za účelem připojení 22 kV z Mydlovar a transformovny ČB Sever. Třetí rozvaděč je připojen na transformátor T23, transformující napětí z 22 kV na 0,4 kV sloužící dále pro vlastní spotřebu. Poslední z rozvaděčů je připojen k transformátoru 22/0,525 kV tato atypická hodnota slouží k napájení vysílače HDO.

Rozvaděče jsou komplexně vybaveny, mají pevně zabudované vakuové vypínače s pružinovým pohonem natahovaným pomocí elektromotoru, ručně ovládaný odpojovač s uzemňovačem, přístrojové transformátory a zařízení pro kapacitní indikaci napětí. Všechny rozvaděče jsou od roku 2006 připojeny pomocí kabelů s plastovou izolací typu 22\_AXEKVCEY 240 mm<sup>2</sup>.

### Rozvodna 10 kV

Je umístěna ve stejných prostorech jako transformovna 22 kV a je dokonce řešena velmi obdobným způsobem jako rozvodna 22 kV. Základem rozvodny jsou opět rozvaděče, tentokrát je jich 6, řešeny jsou ovšem naprosto stejně, jedná se o zapouzdřené moduly v elektronegativním plynu SF<sub>6</sub>. Rozvaděče jsou opět připojeny k transformátorům sloužícím k napájení vlastní spotřeby, např. pro HDO a k ovládání podélné spojky přípojnic. Dva z rozvaděčů jsou připojeny k přívodu 10,5 kV od terciálního vinutí transformátorů 400 kV společnosti ČEPS. Všechny rozvaděče jsou připojeny pomocí kabelů s plastovou izolací.

#### 1.2.6 Transformační stanice VVN/VN

V Českých Budějovicích se nachází pětice transformoven 110/22 kV. Hlavním účelem těchto transformoven není nic jiného, než snížit napětí na požadovanou hodnotu 22 kV a rozvést je dál. Jedná se o tyto transformovny:

#### Transformační stanice Č.B. - Mladé



Obrázek 5: Letecký snímek TS Mladé [Převzato z [18]]

Transformovna Mladé zde byla vystavěna roku 1960 a od tohoto roku je také v provozu. Vystavěna byla jako rozvodna bezobslužná s občasným dohledem. Slouží k rozvodu

elektrické energie v soustavě a k vyvedení elektrického výkonu z teplárny Č. Budějovice. Je zde transformováno napětí 110 kV na 22 kV, a to je následovně rozvedeno po jižní části Českých Budějovic a jihozápadní přilehlé oblasti.

Rozvodna 110 kV je venkovního provedení na ocelové konstrukci. Plocha pod přístroji je kompletně vybetonována. Přípojnicový systém byl navržen dle charakteristického schématu "zapojení do H". Obsahuje 2 vývodová pole, 2 pole pro transformátory a je zde i příčný spínač přípojníc.

Příslušné transformátory T101 a T102 jsou oba o výkonech 40 MVA, zapojeny jsou v kombinaci Ynyo/d. Transformovna je též vybavena tlumivkami ZT1 a ZT2 každá o výkonu 4000 kVAr, tlumivky je možné zařadit k výše zmíněným transformátorům. Odpor o hodnotě 42 ohm ZR1 je přiřazen k transformátoru T101.

Rozvodna 22 kV je vnitřního provedení, tudíž je zastavěna v cihlové budově, budova má jedno podlaží, kde jsem našel sice starší, ale přehlednější kobkové provedení. Jedná se o dva systémy přípojníc, podélně dělené, obsahující dohromady 30 kobek. Systémem přípojnice ve tvaru "L" je zajištěno odbočení do přístavku.

## Transformační stanice Č.B. Sever



Obrázek 6: Letecký pohled na TS Č.B. Sever [Převzato z [18]]

Transformační stanice s označením Č.B. Sever byla vybudována roku 1968. Rozvodna je od jejího počátku bezobslužná, jen s občasným dohledem. Slouží k transformaci napětí 110 kV na 22 kV, a to dále rozvádí po severní části Č. Budějovic a po přilehlé vesnici Borek, jenž se s postupnou zástavbou připojila k městu.

Rozvodna 110 kV je opět venkovního provedení. Počet odboček nepřesahuje šest, a tak byla rozvodna navržena s jedním systémem přípojníc, v provedení do "H", je zde využito modulů CAIS (dead tank). Zapojení se skládá z 2 polí vývodových, z 2 polí pro transformátory a z podélného dělení přípojnice.

Transformátor T101 disponuje výkonem 40 MVA zatímco tr. T102 má výkon pouze 25 MVA. Oba transformátory jsou zapojeny YNyn0(d). K transformátorům je možné zařadit tlumivky TL1 a TL2, každá o výkonu 4000 kVAr. Rozvodna je též vybavena odporem R1 o 42 ohmech ten lze připojit pouze k většímu transformátoru T101.

Rozvodna 22 kV je opět umístěna v jednopodlažní budově, tudíž se jedná o vnitřní provedení a vzhledem k datu výstavby se opět jedná o kobkové provedení se dvěma systémy přípojnic obsahující v součtu 27 kobek.

### Transformační stanice Č.B. - Škoda



Obrázek 7: TS Škoda z ptáčích perspektivy [Převzato z [18]]

Jedná se o jednu z mladších rozvodů v Českých Budějovicích, vystavěna byla roku 1996. Transformuje napětí na hladině 110 kV na napěťovou hladinu 22 kV a to rozvádí po východní části Č. Budějovic a okolí. Dále byla vystavěna za účelem napájení lokální distribuční soustavy OAZA, pro kterou transformuje napětí na hladinu 22 kV a 6,3 kV, jedná se o slévárnu společnosti Škoda, proto také rozvodna dostala název Č.B. Škoda.

Rozvodna 110 kV je opět venkovního provedení s vybetonovaným prostorem pod příslušnými přístroji, ovšem tentokrát se nejedná o přípojnicový systém "H" nýbrž o dvojitého systém přípojnic. Skládá se z 5 polí vývodových, 4 polí pro transformátory a ze 3 polí pro spínač přípojnic, pole měření a z nevyzbrojené rezervy.

Základem transformovny Škoda jsou dva transformátory T101 a T102 každý o výkonu 25 MVA, zapojeny jsou do Yd1 a YNyn0/d a další dva transformátory T104, T105 o výkonu 25 MVA a 40 MVA zapojeny YNyn0(d). Transformátory T101 a T102 i klesačky jsou v majetku OAZA. Pro transformátory T104 a T105 jsou zde zhášecí tlumivky TL1a TL2, každá o výkonu 4000 kVAr. Transformátor T105 o výkonu 40 MVA je navíc vybaven stavebnicovým uzlovým odporníkem ZR1 s hodnotou odporu 42  $\Omega$ .

Rozvodna 22 kV je vnitřního kobkového provedení. Rozkládá se ve dvoupodlažní budově. Jedná se o rozvod se dvěma systémy přípojnic podélně dělenými a pomocnou přípojnicí podélně dělenou a dohromady obsahuje 31 kobek.

### Transformační stanice Č.B. - Nemanice



Obrázek 8: TS Nemanice [Převzato z [18]]

Celým názvem Transformační stanice Č.B. Nemanice ČD, jak už název napovídá, jedná se o transformační stanici určenou pro České dráhy. Nemanická transformační stanice, jenž je obestavena železnicí byla na svém místě vybudována už v roce 1965. V současné době

transformační stanice neslouží k širšímu užití a je výhradně pro České dráhy, z tohoto důvodu se mi nepodařilo sehnat bližší informace, tudíž nemá větší smysl, abych se o ní více rozepisoval. Byl jsem schopen popsat pouze základní zapojení.

Rozvodna 110 kV i v tomto případě se jedná o venkovní provedení s vybetonovaným podkladem. Vstupní portál spouští své vodiče na charakteristický systém přípojníc ve tvaru "H".

Rozvodna 22 kV Jde o vnitřní provedení kobkové rozvodny.

### Transformační stanice Č.B. - Západ



Obrázek 9: TS Západ - Pohled shora [Převzato z [18]]

Rozvodna má za účel transformovat napětí 110 kV na 22 kV, a to rozvést po západní části Č. Budějovic. Výstavba se datuje k roku 1985 v těchto letech vzrostla na západě Č. Budějovic celá řada panelových domů (sídliště čtyři dvory), jenž si žádají svůj výkon. Celá rozvodna je koncipována jako bezobslužná pouze s občasným dohledem.



Rozvodna 110 kV je klasicky venkovního provedení na ocelové příhradové konstrukci, prostor pod přístroji je vybetonovaný. Jedná se o jeden systém přípojnic v provedení do H. Obsahem zapojení jsou 2 vývodová pole, 2 pole určená pro transformátory a nesmí chybět ani příčný spínač přípojnic. Transformovna se honosí dvojicí dominantních transformátorů T101 a T102 o výkonu 25 MVA každého z nich. Tyto transformátory jsou zapojeny stejně jako naprostá většina transformátorů 110/22 kV odlišují se však od klasických transformátorů svou hlučností, která je zde mnohem nižší, transformovna byla osazena těmito transformátory z prostého důvodu a tím je bezprostřední blízkost bytové oblasti. Tento nadstandard se podepsal na razantně vyšší ceně. Transformovna je vybavena dvojicí zhášecích tlumivek ZT1 a ZT2, každá o výkonu 1250 kVAr. V neposlední řadě je součástí celku i odpor ZR 1 s hodnotou 42  $\Omega$ .

Rozvodna 22 kV je vnitřního provedení, byla vestavěna do dvoupodlažní budovy jako rozvodna kobková se dvěma systémy přípojnic podélně dělenými, uspořádaných do "U". Počet kobek činí 24 ks.

### **Souhrn k provedení rozvodů**

Jak si lze všimnout, všechny uvedené transformační stanice 110 kV jsou venkovního provedení, je to standard výhodný cenově, podobně z praktických důvodů jsou všechny zmíněné transformační stanice 22 kV vnitřního provedení. Avšak transformovny se liší ve způsobu zapojení systému přípojnic, čímž se budu podrobněji zabývat v další kapitole. Každé přípojnicové pole obsahuje mnohé přístroje a zařízení, nazýváme je výzbrojí. Výzbrojí jednotlivých polí se budu taktéž zabývat až v jedné z následujících kapitol.

#### **1.2.7 Rozvedení VN (22kV)**

Je pochopitelné, že pro město s rozsáhlou zástavbou a o rozloze činicí 55,5 km<sup>2</sup> nestačí pro rozvedení VN na potřebná místa, pouze pětice transformačních stanic. Vysoké napětí 22 kV pokračuje do zařízení, které nazýváme spínací stanice, spínací stanice je nazýváme jelikož účelem těchto objektů je pouze rozdělit a rozvést VN na další místa ve městě. Řadí se k tzv. uzlovým elektrickým stanicím.

## Spínací stanice 22 kV

Neboť je distribuční síť napájena částečně z výroben E-ON, závodních elektráren a ostatních místních zdrojů, jako jsou například malé vodní elektrárny (v okolí řek). I z těchto důvodů je zřejmé, že nestačí pouze pětice transformačních stanic, pro praktický a co nejvíce optimalizovaný rozvod elektrické energie, je potřeba stanic, jejichž cílem je pouze vhodně rozdělit a rozvést dané napětí, nikoli transformovat. Za tímto cílem byla vybudována pětice spínacích stanic. Spínací stanice také mohou plnit funkci měření, kde je cílem pomocí usměrňovačů vytvořit stejnosměrné napětí.

## Spínací stanice Č.B. JIH

Spínací stanice JIH byla na svém místě vystavěna v roce 1965. Místo za tuto dlouhou dobu na své důležitosti nepokleslo, avšak samotná rozvodna v průběhu let prošla mnohými změnami, v současné době je zde systém SVS výrobce HOLEC HH. Jde o modulový systém pro použití ve VN do 24 kV. Zapouzdřené skříňové rozvaděče typ SVS INNOVAC 08 jsou složeny z unifikovaných prvků: vakuové vypínače, odpínače, uzemňovací nůž, pojistkové drážky, pole měření, přípojnice a přípojovací místa kabelů. Systém SVS využívá epoxidové izolace.

V rozvodně je 7 kobek určených pro rozvod 22 kV, žádná z nich neztrácí na své důležitosti, pro příklad jedna z kobek zodpovídá za napájení městské vodárny či další je zodpovědná za přívod energie do Roudenské ulice.

### Základní parametry rozvodny:

- Jmenovité napětí 23 kV
- Zkratová tepelná odolnost 16 kA
- Zkratová dynamická odolnost 40 kA
- Jmenovitý provozní proud přípojnic 800 A

## Spínací stanice Č.B. střed

Spínací stanice má za cíl pouze rozvést napětí, nicméně Č.B. Střed není o nic méně důležitá než kterákoliv jiná transformovna napětí. Tato rozvodna neslouží pouze k rozvodu elektrické energie, ale i k vyvedení el. výkonu z Teplárny Č. Budějovice. Rozvodna plní svou funkci již od roku 1965. Rozvádí VN na důležitá místa jako je: nádraží, výrobní společnost TSE či obchodní centrum Prior. Nyní se nachází na pozemku v bezprostřední blízkosti spolu s muzeem energetiky.

Rozvodna 22 kV je vnitřního provedení, dvoupodlažní. V současné době už částečně izolovaná plynem SF<sub>6</sub>, se dvěma systémy přípojníc, které obsahují 18 rozvaděčů. Výhodou této spínací stanice je nízká náročnost na údržbu a též jistě nesporným plusem je úspora prostoru. Všechny výhody zprostředkované moderním provedením zapouzdřené rozvodny byly vykompenzována vyšší cenou. V následujících letech je v plánu předělat do tohoto stylu všechny ostatní spínací stanice a zcela jisté je už to, že každá nová spínací stanice bude také zapouzdřená.



Obrázek 10: Zapouzdřená spínací stanice

Rozvodna má tyto základní parametry :

- Jmenovité napětí 23 kV
- Jmenovitý proud 1250 A
- Zkratová tepelná odolnost 20 kA
- Zkratová dynamická odolnost 50 kA

**Spínací stanice K.I.N.**

Tato spínací stanice je zajímavá především tím, že zprostředkovává dodávku elektrické energie pro slavnou výrobu KOH-I-NOOR HARDTHMUTH a.s. Rozvodna samozřejmě jinak slouží k rozvodu elektrické energie v elektrizační soustavě E-ON. Stanice je v provozu od roku 1972.

Rozvodna 22 kV je vnitřního provedení, jedná se o jednopodlažní kobkovou rozvodnu s jedním systémem přípojníc. Počet kobek činí celkem pouhých 5 kusů. I přes nízký počet kobek, rozvodna rozvádí napětí například na známou frekventovanou Alešovu ulici.

Rozvodna má tyto základní parametry :

- Jmenovité napětí 25 kV
- Zkratová tepelná odolnost 17 kA
- Zkratová dynamická odolnost 29 kA
- Jmenovitý provozní proud přípojníc 1000 A

## Spínací stanice Č.B. Východ

Spínací stanice Východ byla vybudována už roku 1970 a to typicky jako kobková rozvodna vnitřního provedení o dvou podlažích, s dvěma systémy přípojníc a 14 kobkami. Rozvodna je vybavena přípojnicovými odpojovači, vypínači, přístrojovými transformátory napětí a proudu a vývodovými odpojovači. Rozvodna například vyvádí VN vzdušným vedením do Českobudějovické smaltovny, ale také kabelovým vedením odvádí elektrickou energii do mlékárny či velmi frekventované Nádražní ulice.

### Základní parametry vykazují těchto hodnot:

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| • Jmenovité napětí                   | 25 kV  |
| • Zkratová tepelná odolnost          | 16 kA  |
| • Zkratová dynamická odolnost        | 40 kA  |
| • Jmenovitý provozní proud přípojníc | 1000 A |
| • Jmenovitý provozní proud odboček   | 630 A  |

## Spínací stanice Čtyři Dvory

Koncem sedmdesátých let vznikala na západní straně Č.B. čttná řada panelových domů, což si roku 1979 vyžádalo zprovoznění nové spínací stanice Čtyři Dvory. Tato spínací stanice slouží k rozvodu elektrické energie v elektrizační soustavě E-ON. Rozvodna má za účel rozvést napětí 22 kV po západní oblasti Č. Budějovic.

Rozvodna 22 kV vznikla jako rozvodna vnitřního provedení v budově o jednom podlaží, typického kobkového provedení, o 18ti kobkách zapojených v podélně děleném jednom systému přípojníc v uspořádání do "U". Rozvodna je pochopitelně bezobslužná, jen s občasným dohledem.

## Společné zařízení spínacích stanic

Každá ze spínacích stanic samozřejmě zahrnuje mnoho dalších prvků. Každá rozvodna obsahuje, požárně bezpečnostní zařízení, rozvaděč pro vlastní spotřebu, stejnosměrnou vlastní spotřebu formou baterií, usměrňovače, telekomunikační zařízení, telemechaniku, ochranné a pracovní pomůcky. [13]

### 1.2.8 Transformace 22/0,4 kV

Jistě je ve městě a jeho nejbližším okolí mnoho odběrových míst, kam stačilo zavést napětí na hladině 22 kV, jedná se především o větší podniky, ty už dále s napětím operují dle vlastní potřeby. Ovšem, drtivou většinou všech odběrů je běžný spotřebitel využívající napětí 400/230 V. Za účelem transformace na NN jsou zhotovovány stožárové, kioskové a věžové transformovny. Tyto malé trafostanice VN/NN lze nejčastěji najít na hranici obcí, či na kraji větších ulic. Stožárové trafostanice bývají velmi často umístěny na příhradových, či betonových stožárech. Trafostanice mohou být vestavěny přímo v budovách, pokud je však potřeba vystaví se kiosková trafostanice. Kioskové stanice jsou velice často k vidění např. podél železnice.

V celém městě a jeho okolí je transformoven NN nespočetné množství, avšak i tyto malé transformovny se sestávají z mnoha prvků a přináší s sebou mnoho opatření, především s ohledem na bezpečnost. Proto kromě samotného transformátoru musí transformovny obsahovat ochranu vlastní (formou pojistek), tak i ochranu pro okolí. U stožárových a věžových transformoven ochrana často spočívá v ochraně polohou a pro svedení vodiče do země se využívá kabelové izolace a nejrůznějších krytů či plastových trubek. U kioskových transformoven se s ohledem na ochranu spoléhá především na zábrany.

## 2 Charakterizace hlavních typů elektrických stanic a různých systémů přípojnic

Mám-li mluvit o elektrických stanicích, nejdříve bych měl ujasnit jejich začlenění. Elektrizací soustava sloužící k přenosu a rozvodu elektrické energie je propojena větvemi elektrických obvodů, ty se skládají z vedení, transformátorů, tlumivek, kondenzátorů a kompenzátorů. Uzly elektrizační soustavy jsou realizovány právě elektrickými stanicemi. Elektrické stanice zodpovídají za spolehlivý provoz, rozdělují elektrickou energii do jednotlivých větví, slouží k zapínání a vypínání daných větví, též zřizují měření el. veličin a chrání zařízení. Rozvodná zařízení mohou být jednofázová či vícefázová, na střídavé či stejnosměrné napětí. Já však budu pojednávat o převažujících třífázových rozvodných zařízeních.

Elektrické stanice jsou souborem elektrických rozvodných zařízení. V těchto komplexech je následně zabezpečován jejich provoz, který obnáší řízení, ovládání, revize, údržby a další úkony s tím spojené. Tyto funkční celky jsou pak děleny dle jejich účelu na transformovny, spínací stanice, měřírny a kompenzovny. Dle konstrukce jsou pak rozděleny na rozvodny, rozvaděče a rozvodnice. Rozvaděče a rozvodnice jsou menšími celky obsahující přístroje a vodiče upevněné na desce, ve skříni či na rámu. Zpravidla se jedná o zařízení pracující s nízkým napětím, výjimečně s vysokým napětím, protože jde o celky sestavované a odzkoušené ve výrobě, není třeba řešit problematiku přípojnicového systému.

### 2.1 Členění elektrických stanic

Jak už bylo řečeno elektrické stanice můžeme obecně členit podle nejrůznějších faktorů. Pro vypracování správného rozčlenění jsem čerpal převážně z literatury [1], [3] a [5].

#### a) Podle účelu:

Stanice spínací – slouží k rozvedení a spínání elektrické energie o stejné napětíové hladině a neobsahují transformátory určené k další distribuci.

Transformační stanice – obsahuje výkonové transformátory propojující dvě a nebo více sítí s rozdílným napětím. Dochází v ní k transformaci napětí o určité napětíové hladině na napětí o jiné napětíové hladině.

Měničy – pomocí měničů přeměňují střídavý elektrický proud na proud stejnosměrný. V druhém možném případě měnič mění stejnosměrný proud na střídavý. Výsledný proud rozvádí dále do sítě.

Kompenzační stanice – jsou souhrnem zařízení sloužících k vyrovnání jalových složek střídavého proudu, zejména ke kompenzaci jalového výkonu.

#### **b) Podle charakteru stanice:**

Stanice výroby elektrické energie – vyvádí elektrickou energii od generátorů

Rozvodné stanice v přenosové soustavě – jde o spínací a nebo transformační stanice

Elektrické stanice spotřeby – slouží k napájení distribuční soustavy nebo k napájení velkých průmyslových spotřebičů.

#### **c) Podle provedení:**

Venkovní rozvodny: S ohledem na stavební část jsou levnější a bezpečnější v případě poruchy, avšak zabírají větší plochu a často je nutné čištění izolátorů a obnova ochranných nátěrů. Pokud by znečištění bylo neúnosné, musí se volit vnitřní provedení. Zvolené přístroje musejí být dimenzovány proti klimatickým vlivům a znečištění ovzduší. Spadají sem především rozvodny VVN a v řidším zastoupení rozvodny VN. K výhodám řadíme přehlednost, snadnější výměnu přístrojů a kratší dobu montáže.

Úroveň znečištění ovzduší se dělí do čtyř kategorií:

- I. Krajinné oblasti, pastviny a lesy vzdálené od průmyslu a měst.
- II. Okraje průmyslových oblastí a středně velká města.
- III. Průmyslové oblasti, velká města a místa s častým výskytem průmyslové mlhy.
- IV. Bezprostřední okolí zdrojů velkého znečištění.

Rozvodny 110 kV se mohou budovat pouze v oblastech I. až III. V Českých Budějovicích není oblast IV., a tak ani není problém s umístěním rozvodů.



**Provedení:** Řešení venkovní rozvodny vyplývá ze schématu rozvodny a musí být bráno v úvahu rozložení vedení, se kterým je rozvodna spojována. Odbočky jsou rozloženy tak, aby prostor rozvodny byl vždy co nejlépe využit. Podle uspořádání odboček v příčném řezu jsou rozvodná zařízení dělena na: jednořadové, dvouřadové, jednořadové šachovnicové a střídavé. Venkovní rozvodny můžeme dále dělit podle výšky umístění přípojnicových odpojovačů na vysoké, polovysoké a nízké.

**Vnitřní rozvodny:** Díky výstavbě budovy jsou náklady větší, avšak výhodou je menší zastavěná plocha a krytí přístrojů před vnějšími vlivy. Jelikož nedochází ke zvýšenému znečištění, můžeme volit přístroje s nižšími izolačními vlastnostmi než v případě venkovních rozvodů.

### **Provedení:**

**Kobkové** – Jedná se typově o nejstarší druh rozvodů. Každá odbočka je v samostatném prostoru nazývaném kobka. Tyto kobky jsou od sebe vzájemně odděleny protipožární přepážkou a obvykle bývají uspořádány do více podlaží. Mezi výhody tohoto systému patří velké zkratové výkony, přehlednost a také spolehlivost. Nevýhodou jsou velké stavební náklady.

**Skříňové** – Pro každou odbočku je vystavěna oceloplechová skříň stavebnicové konstrukce. Část skříňe bývá obvykle výsuvná a při vysunutí dochází k odpojení, což tvoří konstrukční výhodu formou úspory místa. Stavebnicová konstrukce a úspora místa jsou hlavními přednostmi skříňové rozvodny. Za nevýhody se dá považovat menší přehlednost, nižší zkratové výkony a prostorové problémy v případě dvojitěho systému přípojnic.

**Zapouzdřené** – Vývojově jde o nejnovější technologii využívající elektronegativních vlastností plynu SF<sub>6</sub>. Veškeré vodivé části včetně vypínačů jsou uzavřeny v hermeticky uzavřených přetlakových pouzdrech. Díky stavebnicové konstrukci dostává systém vzhled labyrintu nebo dokonce vodovodního potrubí. Oproti ekvivalentnímu venkovnímu provedení s AlFe lany je zapouzdřená rozvodna až 8x menších rozměrů a celková zastavěná plocha může být až 40x menší. Díky hermetickému uzavření je dosaženo vysoké bezpečnosti, dlouhé životnosti a absolutně minimálnímu servisu. Nevýhodou je určitě vysoká cena a menší přehlednost. Dále může být za nevýhodu považován i samotný plyn SF<sub>6</sub>, který sice není za

normálních okolností jedovatý, ale jedná se o plyn skleníkový, tudíž plyn ohrožující ozonovou vrstvu. Zapouzdřené rozvodny mohou být i venkovního provedení.

#### **d) Podle způsobu provozu**

Každý způsob obsluhy má své výhody i nevýhody. U bezobslužného systému můžeme za výhodu považovat ušetření pracovních sil, ovšem na úkor ztráty komplexního přehledu o skutečném stavu rozvodny.

- S obsluhou – Pro provoz je nezbytně nutné, aby na pracovišti byl trvale jeden nebo více pracovníků.
- S dohledem – Na provoz je dohlíženo z dozorny.
- Bez obsluhy – Bezobslužný systém ke své funkci nevyžaduje lidských sil.
- Dálkově řízené – Řízení je prováděno dálkově z centrály.

#### **e) Podle začlenění v elektrizační soustavě**

- Uzlové – Tvoří uzel nadřazené soustavy.
- Rozvodné – Slouží k rozvodu elektrické energie do určité oblasti.
- Styčné – Jsou umístěny v místě styku dvou či více rozvodných soustav.
- Koncové – Ukončují vedení nadřazenou soustavou.
- Závodní – Zásobují a rozvádějí elektrickou energii v závodě nebo průmyslovém objektu.
- Trakční – Mají za účel zásobovat elektrické trakce (není vyloučeno napájení dalších odběratelů).

### **2.1.1 Elektrická stanice jako komplex**

Každá elektrická stanice může být provozována buď za normálních atmosférických podmínek, při atmosférickém tlaku nebo při zvýšeném atmosférickém tlaku, zapouzdřena v plynu SF<sub>6</sub>. Avšak, každá elektrická stanice je složena ze tří celků:

Stavební část elektrické stanice skládající se z pozemku, budovy či budov, z venkovní i vnitřní stavební konstrukce, oplocení, komunikací, vybetonovaných ploch atd.

Elektrická část stanice se skládá obvykle z rozvodného zařízení, transformátorů, kompenzačních zařízení, měničů, zařízení na omezení zkratových proudů, přepěťových ochran a společných zařízení, která dále obsahují zařízení pro vlastní spotřebu, zařízení pro výrobu a rozvod stlačeného vzduchu, dispečerské dorozumívací zařízení, HDO, zařízení pro měření, sledování a ovládání.

Pomocná část sloužící k zabezpečení provozu a údržby stanice, skládá se z olejového hospodářství, akumulátorovny, vodního hospodářství, skladů, revizní věže administrativy a tak dále.

## 2.2 Elektrické Stanice s různým systémem přípojnic

Bavíme-li se o elektrických stanicích s různým systémem přípojnic, myslíme tím rozvodny. Dle konstrukčního provedení se jedná o nemovité velké zařízení VN a VVN, kde je stavba realizována přímo v místě uživatele. Uvedení do provozu a odzkoušení se provádí taktéž přímo na místě. U rozvodů je základní problematikou způsob zapojení. Zde hovoříme o přípojnicovém systému.

Při návrhu přípojnicového systému je třeba brát v úvahu celou řadu neodmyslitelných faktorů jako například: výkon a počet zdrojů, jejich zkratové poměry a možnost trvalého či krátkodobého paralelního provozu, zkratovou odolnost, charakter odběru, koeficient soudobosti, druh chránění či jištění. Základním hlediskem je důležitost odběru, zapomínat se ale nesmí na další okolnosti, jako jednoduchost a bezpečnost manipulace, možnost revize za provozu, způsob ovládání, měření a také signalizace.

### Přípojnice

V předchozím odstavci jsem zmínil přípojnicový systém. Je to základní prvek rozvodného zařízení a skládá se ze dvou částí, a to z přípojnice a odbočky. Přípojnice jsou od země izolované holé vodiče. Musí odolávat nejrůznějším proudovým zatížením, obstát při

zkratovém namáhání a čelit pevnosti v tahu. Podle těchto kritérií se volí tvar profilu vodiče. Proudové přípojnic jsou normalizovány v řadě od 4 A do 20 kA. Dbát se musí také na prostorové řešení, vždy je usilováno o maximální úsporu místa při zachování požadované bezpečnosti. Vodiče v soustavách NN a VN jsou obvykle pásové s obdélníkovým průřezem, v soustavě VVN se nejčastěji jedná o AlFe lana, případně svazky AlFe lan, trubkové přípojnice či pásové nebo trubkové vodiče v pouzdrech s plynem SF<sub>6</sub>. Elektrickou energii na přípojnice přivádíme přívodními odbočkami a odvádíme ji vývodovými odbočkami.

## Odbočky

Jedná se o soubor zařízení a přístrojů, potřebných k zabezpečení a vybavení každého z vývodů či přívodů rozvodny. Přístroje, jenž odbočka obsahuje, slouží ke spínání, měření, odpojování a ochraně vývodů. Konkrétním vybavením odboček se budu zabývat až v další kapitole.

## 2.3 Přípojnicové systémy

### Dělení přípojnicových systémů

Počet přípojnicových systémů a způsob jejich zapojení je dán provozními požadavky a také stupněm důležitosti napájených spotřebičů.

#### Stupně důležitosti jsou rozděleny do tří skupin:

První stupeň: Je stupeň nejvyšší důležitosti dodávky elektrické energie. Ta musí být zajištěna za každých okolností. Jde o oblasti, kde by přerušení dodávky elektrické energie znamenalo ohrožení lidských životů nebo velké národní hospodářské ztráty. Dodávka energie je zajišťována prostřednictvím dvou nezávislých zdrojů, přičemž každý musí mít výkon zabezpečující spolehlivé napájení všech spotřebičů.

Druhý stupeň: Snažíme se o co nejstabilnější zajištění dodávky elektrické energie, protože její přerušení může znamenat značné omezení nebo dokonce úplné zastavení výroby. Zastavení výroby v mnoha případech představuje obrovské finanční ztráty. Následkem přerušení dodávky však nenastane ohrožení lidských životů. Způsob napájení je řešen individuálně a provádí se se zálohováním.

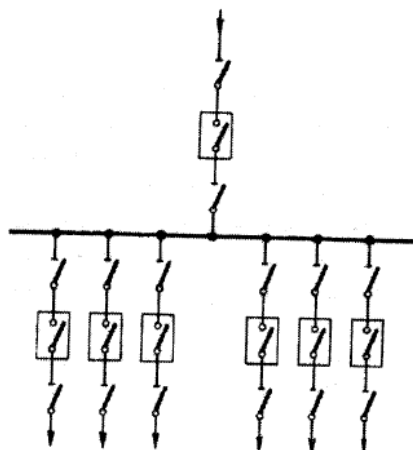
Třetí stupeň: Neklade zvláštní nároky na dodávku elektrické energie, a tak nemusí být nijak zvláštně zabezpečována. Napájení je obvykle provedeno z jednoho zdroje bez zálohy.

## Typy přípojnicových systémů

Přípojnicové systémy můžeme členit hned několika způsoby. Nejzákladnějším rozdílem je však počet přípojnic využitých ve schématu. Takovéto schéma pak můžeme nejrůzněji modifikovat pomocí podélného dělení, příčného spínání atd. Tím se v podstatě řeší způsob zálohování.

### 2.3.1 Přímé přípojnice

Jednoduchý systém přípojnic: Dá se použít pouze u stupně důležitosti III., tudíž tam kde není požadován nepřetržitý provoz. Nespornou výhodou tohoto zapojení je nejnižší cena, ovšem za cenu menší spolehlivosti dodávky. Při potřebě zajistit napájení je možné přípojnice dělit podélně a v případě výpadku je spínán podélný spínač, to je ale možné pouze v případě dvou zdrojů. Jednoduchý systém přípojnic je nejprimitivnějším způsobem a u napěťových hladin 22 kV není už téměř vůbec využíván. Setkat se s touto variantou můžeme na úrovni NN a VN. Někdo by mohl namítat, že je tento systém využíván a to dokonce hojně. Byla by to pravda, pokud bychom sem řadili schéma typu „H“, ovšem osobně bych ho kategorizoval do skupiny rozveden bez přípojnic.



Obrázek 11: Jednoduchý systém přípojnic [Převzato z [8]]

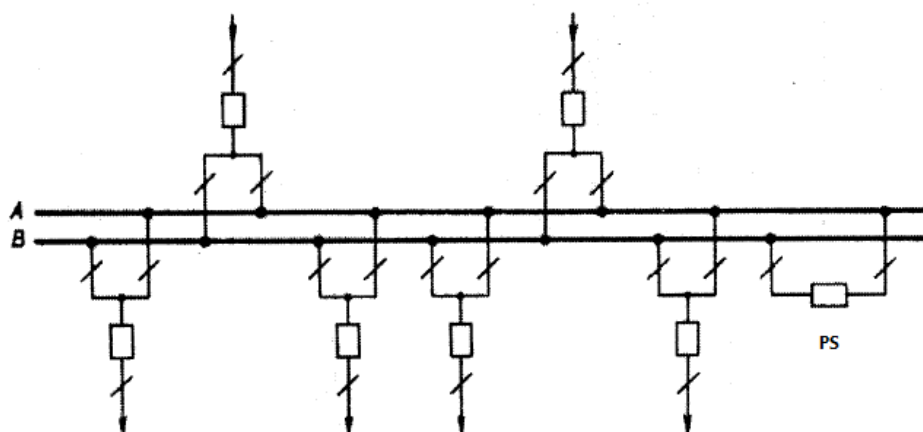
Dvojitý systém přípojníc: Tohoto systému využíváme tam, kde není přípustné ani krátkodobé přerušování dodávky nebo tam kde je nutno rozdělit provoz odboček. Takového požadavku může být vyžadováno z následujících důvodů:

- Současné napájení ze dvou nespolupracujících zdrojů.
- Oddělení zdrojů kolísavého příkonu od spotřebičů vyžadující zdroj tvrdého napětí.
- Rozdělení zdrojů pro omezení zkratových proudů.
- Oddělení kabelové sítě od sítě vedené venkovním vedením.

Zajištění důležitějších odběrů i v případě výpadku některých zdrojů ostatními zbylými zdroji menších výkonů.

#### **Zálohování a způsob provozu:**

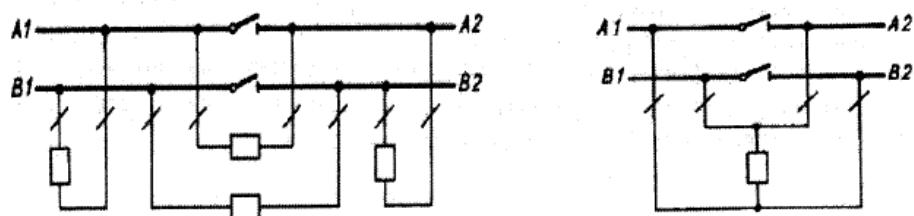
Pro provoz bez přerušování dodávky při přepojování odboček na druhý systém přípojníc musí být každý dvojitý systém přípojníc vybaven příčným spínačem (obr. 12)! Teprve při sepnutém spínači přípojníc lze manipulovat s přípojniovými odpojovacími v sepnutých odbočkách.



**Obrázek 12: Dvojitý systém přípojníc s příčným spínačem (PS) [Převzato z [8]]**

V dvojitých přípojniových systémech podélné dělení zabezpečujeme odpojovacími a v takovém případě je nezbytné, aby jedna přípojnice byla v beznapěťovém stavu. Jedna z variant je znázorněna ve druhém schématu na obrázku 13. Nazývána je jako kombinovaný

spínač přípojnic. Využijeme pouze jediného vypínače, což je hospodárnější než kdybychom přípojnice obvykle podélně dělili. Vznikly by nám rovněž 4 oddělené úseky, ovšem ty by si vyžadovali 4 vypínače a 10 odpojovačů.



Obrázek 13: Porovnání propojení čtyř úseků přípojnic [Převzato z [8]]

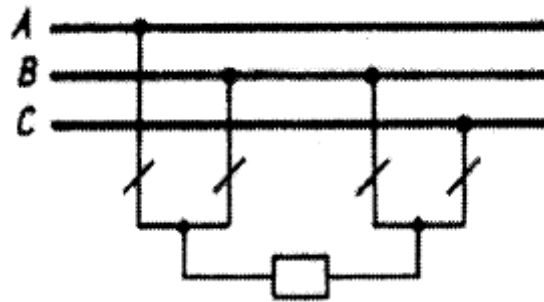
Dvojitého systému přípojnic využíváme u rozvodny Č.B. Škoda. Tato rozvodna napájí lokální část Českých Budějovic a také slévárnu Škoda. Slévárna spínáním velkých výkonů způsobuje kolísání napětí.

Trojitého systému přípojnic: Využívá se u velkých rozveden, kde je potřebné provozovat odděleně několik úseků přípojnic. Jde o nejrozsáhlejší systémy s velkým počtem vývodových i napájecích odboček. Důležitým požadavkem je, aby rozložení napájecích a vývodových odboček bylo rovnoměrné, což se odráží v dimenzování vodičů přípojnic.

Trojitého systému přípojnic využíváme v těchto případech:

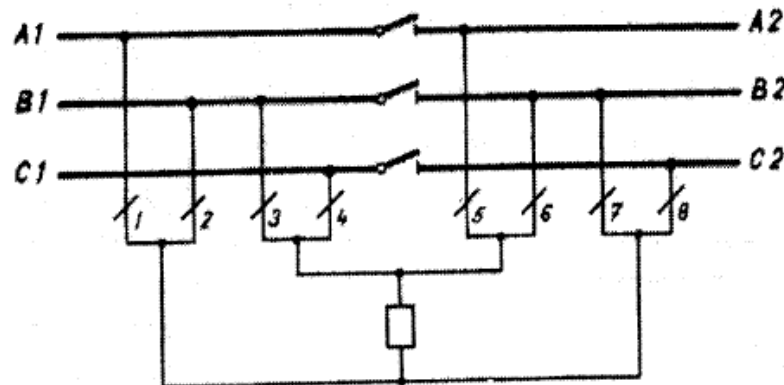
- Za stavu, kdy dvojitý systém přípojnic musí být trvale oddělen a pro revizi není myslitelné ani chvilkové přerušování dodávky.
- Pakliže provoz musí být rozdělen do tří skupin, což může být opodstatněno především omezením velkých zkratových proudů, stejně tak potřebou odděleného provozu sítě stejného napětí nebo z prostého ohledu na důležitost dané sítě.

Ze schématu je zřejmé, že volbu přípojnicového systému zajišťuje trojice přípojnicových odpojovačů v každé odbočce, přičemž v současném chodu může být pouze jedna trojice odpojovačů. Zbylé dvě trojice musí být blokovány. Příčného spojení je dosahováno pomocí trojice příčných spínačů. Úspory může být dosaženo volbou jediného spínače, zapojení je na obrázku 14.



Obrázek 14: Využití jediného spínače [Převzato z [8]]

Při nejvyšších požadavcích na oddělení provozu může být využito podélného dělení přípojnic v kombinaci s příčným spínačem, schéma je na obr. 15. Toto provedení umožňuje dosáhnout velice variabilních kombinací, vypínač však může být použit v daný okamžik pouze na jednu operaci.



Obrázek 15: Kombinovaný spínač trojitých přípojnic [Převzato z [8]]

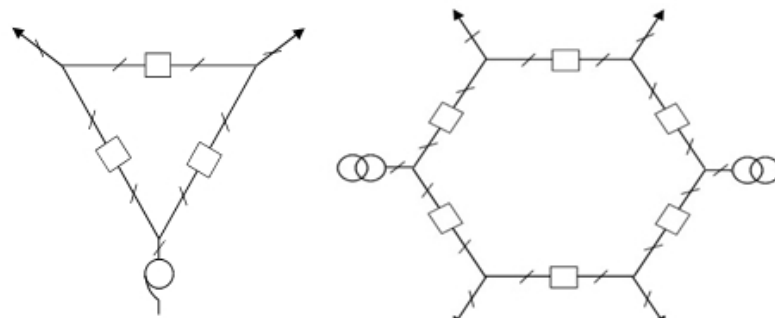
Tímto způsobem je například provedena páteřní rozvodna Dasný, přesněji její 110 kV část. Je to jednořadá rozvodna se třemi systémy hlavních přípojnic a jednou přípojnicí pomocnou. Co je to pomocná přípojnice popíší v následujících odstavcích.

### 2.3.2 Pomocné přípojnice

Doposud popisované přípojnicové systémy představují přípojnice hlavní, tedy přípojnice, do kterých je přiváděna elektrická energie z jednoho či více zdrojů, a po kterých je také energie odváděna na vývodové odbočky. Setkat se ovšem můžeme i s jednou či maximálně dvěma přípojnicemi pomocnými. V situacích, kdy některá z vývodových odboček má své zařízení z nějakých důvodů mimo provoz, ji může zastoupit právě pomocná přípojnice,





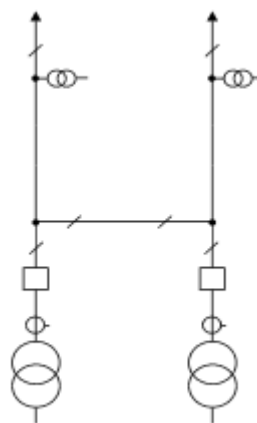


Obrázek 17: Ukázka okružních přípojnic [Převzato z [1]]

### 2.3.4 Bezpřípojnicové systémy

Nejúspornější variantou rozvodných zařízení VVN s malým počtem odboček je zapojení označované „H“. Úspora spočívá v tom, že jeden či dva úseky přípojnic jsou zapojeny jako příčná spojka mezi odbočkami, tímto způsobem je výsledný počet vypínačů nižší než počet odboček. V dnešních dnech už můžeme říct, že pokud se jedná o malý uzlový bod soustavy VVN s maximálním počtem 6 odboček, tak půjde o zapojení systémem „H“. Toto zapojení je jak hospodárné, tak spolehlivé a přitom jednoduché.

Dovoluji si poukázat na významnost zapojení do "H", s ohledem na fakt, že v Českých Budějovicích je ve čtyřech z pěti rozveden právě zapojením "H".



Obrázek 18: Typické zapojení typu "H" [Převzato z [1]]

### 2.3.5 Systémy využívající většího počtu vypínačů na jednu odbočku

Chceme-li dosáhnout nadstandardní ochrany a spolehlivosti, můžeme tak lehce učinit vhodným přidáním vypínačů, avšak musíme samozřejmě také počítat s rychle narůstajícími náklady. V rozvodnách s větším počtem odboček a navíc tam, kde požadujeme značné omezení zkratových následků, je tato volba vhodná. Rozhodneme-li se vybavit jednu odbočku dvěma vypínači, musí se zjevně jednat o odbočku mimořádné důležitosti.

Způsobů zapojení přípojnicových systémů je celá řada, navíc různými kombinacemi lze dosáhnout mnoho transfigurací. V současné době jsou však nejvyužívanějšími tato schémata:

- Dvojitý systém přípojníc
- Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnící
- Trojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnící
- Systém spojení H

### 3 Výzbroj odboček a přípojnic a způsob jejich provozu



Obrázek 19: Přípojnicové pole - Dasný

V předchozích dvou kapitolách jsem provedl seznámení se s rozvodnami a se způsoby jejich zapojení, nyní už tedy nezbývá, než jen popsat jejich vybavení a seznámit se se způsobem provozu těchto rozvodů. K vypracování této kapitoly jsem čerpal převážně z [6], [11] a [13].

#### Vybavení odboček a přípojnic

Vybavení je charakterizováno jako soubor přístrojů zajišťující správnou funkci odboček a přípojnic. Cílem tohoto vybavení je spínání, měření, jistění a ovládání rozvodného zařízení. Proto základní vybavení dělím na:

- Spínací techniku - odpojovače, odpínače, vypínače.
- Měřicí zařízení - měřicí transformátory proudu (MTP), měřicí transformátory napětí (MTN).
- Ochranné a jistící prvky - uzemňovače, zkratovače, svodiče přepětí, koordinační jiskřiště, bleskojistky.

Součástí odboček jsou doplnkově také měřicí a signalizační zařízení, tvořící vlastní měřicí a signalizační obvody, ty jsou dále vyváděny na pulty do řídicích místností.

## Spínací technika

V oboru spínací techniky se odjakživa vede boj mezi izolačními médii. V průběhu let se s rozšiřujícími se technickými možnostmi dospělo k nejrůznějším změnám. V podstatě se od začátku světového rozvoje elektroenergetiky vědci a technici potýkali s nejrůznějšími technickými obtížemi. Od problematiky samotné izolace napětí, přes zkratové proudy, až po živelné vlivy okolí a v posledních letech i s ohledy na ekologičnost. Za tyto dlouhé roky prošly elektrické přístroje mnoha změnami, a tím myslím opravdové změny týkající se samotných principů funkce. Tato problematika je stále řešena i v dnešních dnech, pojednává spíše o idealizaci a vylepšení současných přístrojů. Dnes už jsou přístroje standardizované, avšak zdá se, že po technické stránce jde stále něco vylepšovat.

Při návrhu a nakonec i při výběru vhodného prvku se vždy řeší následující problémy: funkčnost, bezpečnost, spolehlivost, nákladnost, hmotnost, rozměry a odolnost vůči okolním vlivům i při případných poruchách. V posledních letech je zohledňována především ekonomická a ekologická stránka věci, jak dobře víme, málo kdy se nachází řešení, kdy by tyto dva aspekty nešly proti sobě, a proto se snažíme najít kompromisy.

### 3.1 Základní dělení spínací techniky

Protože je v elektrotechnice univerzálnost pouze nedosažitelným pojmem, v oboru spínací techniky je třeba rozlišovat mnoho kritérií a vlastností těchto přístrojů, proto je nutné uvést, podle čeho je dělíme.

#### 1.) Podle jmenovitého napětí

- |                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| a) Zařízení pro vysoké napětí        | 1 kV - 52 kV    |
| b) Zařízení pro velmi vysoké napětí  | 52 kV - 300 kV  |
| c) Zařízení pro zvlášť vysoké napětí | 300 kV - 800 kV |

## 2.) Podle umístění v elektrické soustavě

- a) Přístroje používané ve venkovních rozvodnách.
- b) Přístroje používané ve vnitřních rozvodnách.
- c) Přístroje používané v zapouzdřených systémech.

## 3.) Podle místa použití s ohledy na:

- a) Vnější klimatické vlivy - teplotní změny, působení větru, mlhy, námrazy, atd.
- b) Vnější mechanické namáhání - vibrace, otřesy.
- c) Četnost spínání.
- d) Vnější chemické vlivy.

## 4.) Podle velikosti jmenovitého proudu

## 5.) Podle schopnosti přístroje uhasit elektrický oblouk

- a) Žádná nebo minimální spínací schopnost - odpojovače a úsečníky.
- b) Omezená spínací schopnost - odpínače.
- c) Plná spínací schopnost - výkonové vypínače.

## 3.2 Základní parametry

Jmenovité napětí: Bylo stanoveno jako nejvyšší provozní napětí sítě, což například pro napětí sítě 10kV představuje napětí 12 kV nebo podobně pro 400 kV odpovídá napětí 420 kV.

Jmenovitý proud: Jde opravdu o naprosto základní parametr, udává se efektivní hodnota. Uvedl jsem ho už v základním dělení přístrojů, je to proud, s nímž přístroje běžně pracují.

Jmenovitý krátkodobý proud: Vyjadřuje odolnost přístroje vůči tepelným účinkům zkratového proudu. Je závislý na době vypnutí, proto je také někdy nazýván vypínací proud. Běžně bývá udáván výrobcem jako jednosekundový nebo dvousekundový proud.

Jmenovitý dynamický proud: Poukazuje na odolnost přístroje proti dynamickým účinkům zkratových proudů.

### 3.3 Spínací přístroje

Konečně se dostávám k samotným spínacím přístrojům. V předchozí kapitole, ve které jsem mluvil o odbočkách, jsem zmiňoval především odpojovače a vypínače. Dle četnosti a důležitosti těchto prvků, jsem se rozhodl jako první začít pojednávat o odpojovačích.

#### 3.3.1 Odpojovače



Obrázek 20: Vývodové odpojovače RS Škoda

Jsou spínací přístroje, sloužící ke spínání nezatížených elektrických obvodů. Nejsou tedy ani vybaveny zařízením ke zhašení el. spínacího oblouku. Využívají se především k přepojování schématu sítě. Plní také funkci ochrannou a to tak, že vytvoří dostatečnou viditelnou izolační vzdálenost mezi živou a odpojenou částí obvodu. V případě oprav či revizí je viditelné odpojení velmi vhodné, což vedlo k vytvoření požadavku na toto viditelné odpojení, avšak tento požadavek byl upraven na bezpečnou signalizaci stavu. Na vině jsou zapouzdřené rozvody, kde je viditelné odpojení nedosažitelné. V případě náhodného přepětí, musí odpojovač naprosto striktně vyhovovat požadavku na přeskok proti zemi a nikoliv v odpojovací dráze.

#### **Rozdělení:**

Přípojnicové odpojovače - Zajišťují vnitřní propojení v rozvodně, nebývají vybaveny uzemňovačem.

Vývodové odpojovače - Zajišťují odpojení vývodu od zařízení rozvodny. Jsou vybaveny uzemňovačem, přičemž spínací pohyb uzemňovacího nože nesmí navázat zemního potenciálu dříve, než odpojovač dosáhne plného odpojovacího zdvihu - jedná se o tzv. vzájemnou blokadu.

Odpojovač, tedy především jeho proudová dráha, musí být dostatečně dimenzována, aby snesla namáhání provozními proudy, ale i proudy zkratové. Vlivem působení dynamických sil el. proudu nesmí dojít k rozpojení kontaktů. Rovněž musí vydržet veškeré tepelné namáhání, vyvolané zkratovými proudy.

Podle provedení se odpojovače dále dělí na přístroje vnitřního provedení a přístroje venkovního provedení. Rozdíly jsou zejména v různém řešení izolace, v použitých materiálech, utěsnění ložisek a v protikorozní ochraně.

Pohony odpojovačů zajišťující jejich pohyb bývají obvykle elektromotorické nebo pneumatické. Varianta pneumatického pohonu si žádá nutný zdroj stlačeného vzduchu doplněný o zásobník vzduchu, což je zřejmou nevýhodou. V neposlední řadě se setkáváme s pohonem ručním a to zejména u vnitřního provedení. Ve výjimečných případech se někde může vyskytovat také pohon využívající tlaku kapaliny. [17]

#### **Dle dráhy pohybu kontaktu jsou odpojovače rozděleny na:**

- a) Odpojovače s odpojovací dráhou ve vertikální rovině - výsuvné pantografy, díky jediné podstavě šetří v rozvodně místo.
- b) Odpojovače s odpojovací dráhou v horizontální rovině - klasické dvouramenné odpojovače či odpojovače se středovým otočným ramenem.
- c) Odpojovače se sklápěcím pohybem kontaktu - jedná se o historicky starší model, dnes méně využívaný.

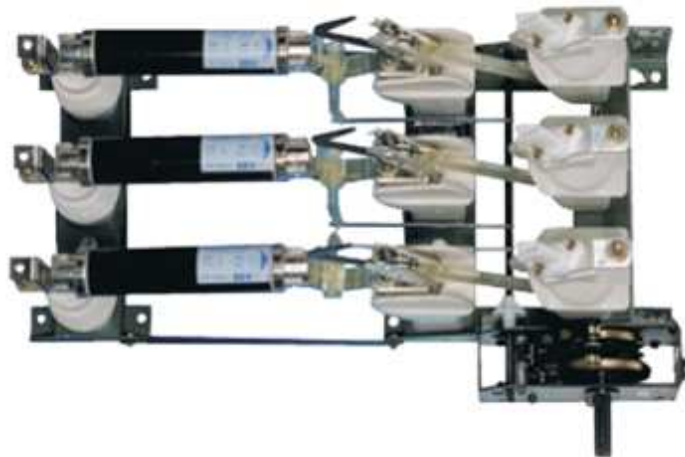
Odpojovače, jenž nacházíme v rozvodných zařízeních nejsou jediným případem odpojovačů, existují i odpojovače úsekové (tzv. úsečníky), také trakční odpojovače a dokonce i odpojovače přímo na vedení.



## Manipulace

Manipulace s odpojovačem je možná pouze v beznapěťovém stavu. Tento fakt vychází už ze samotného principu funkce odpojovače. Tím se rozumí, že pohyb odpojovače trvá řádově v sekundách a odpojovač rovněž není vybaven zhášecím zařízením. Je nutné, aby k odpojení vždy došlo nejdříve prostřednictvím vypínače, který je schopen snášet přechodné stavy resp. zkratové proudy.

### 3.3.2 Odpínače



Obrázek 21: Třífázový odpínač VN s pojistkami [Převzato z [11]]

Odpínače jsou svým provedením velmi podobné již probraným odpojovačům s tím rozdílem, že jsou schopny vypínat provozní proudy. Jsou také vybaveny zhášecím zařízením, tudíž zhášejí spínací oblouk. Pro zhašení oblouku je využíváno stlačeného vzduchu. Systém, jímž odpínač uhasí oblouk, je nazýván autopneumatický systém - požadovaný tlak vzduchu si odpínač vytváří sám při vypnutí, a tak odpadá potřeba kompresoru.

Odpínače se nachází v soustavě vysokého napětí, zde není vyloučeno a dokonce se může naskytnout požadavek na přerušení zkratového proudu. V takovém případě musí být odpínač doplněn pojistkami VN. Mimo jiné odpínač ve vypnuté poloze splňuje podmínky izolační vzdálenosti, které jsou stanoveny pro odpojovače. [6]

Odpínače se rovněž provádí jako vnitřní i venkovní, podle požadavků mívají bohaté příslušenství. Venkovní odpínače mívají dálkové ovládání, není to však pravidlem a k vidění jsou i verze s ovládáním místním.

### 3.3.3 Vypínače



Obrázek 22: Vypínač VVN - RS Škoda

Jako další avšak stejně důležité, ne-li důležitější prvky, jsem se rozhodl rozebrat vypínače. Vypínač je stejně jako odpojovač nedílnou součástí každé rozvodny a nebál bych se říct, že vypínače jsou energetickou kategorií samy o sobě.

Výkonové vypínače mají schopnost spínat všechny druhy zátěže, ale také všechny typy poruch, včetně zkratových proudů.

#### **Rozdělení:**

- Podle velikosti napětí - např. 25 kV, 123 kV, 420 kV.
- Podle druhu napětí - střídavé napětí, stejnosměrné napětí (nachází využití v trakci).
- Podle jmenovitého proudu - velikosti proudu, který musí vypínač trvale snášet.
- Podle jmenovitého vypínacího proudu - jedná se o nejvyšší zkratový proud, který je vypínač schopen vypnout za předepsaných podmínek výrobcem.

**Podle principu funkce - řazeno dle historického vývoje:**

- Jednoduché vypínače - zhášení volně na vzduchu (dnes pouze vypínače NN).
- Olejové vypínače - zhášení probíhalo volně v oleji.
- Maloolejové vypínače - zhášení v malé komoře naplněné olejem.
- Magnetické - využití magnetického vyfukování pomocí magnetického pole (pro DC).
- Expanzní vypínače - zhášení se uskutečňuje v malém množství vody.
- Tlakovzdušné vypínače - zhášení stlačeným vzduchem.
- Tlakoplynové - zhášení v elektronegativním plynu SF<sub>6</sub>.
- Vakuové - zhášení ve vakuu.

Dnes využívané: V soustavě VN se instalují už téměř výhradně vakuové a tlakoplynové vypínače. Na hladinách VVN jsou instalovány tlakoplynové vypínače.

**Vakuový vypínač**

Je oblíbený především pro své výhody. Největší výhodou je vysoká úroveň vakua, která zaručuje výraznou elektrickou pevnost, na základě čehož je možné provádět zdvih kontaktů řádově v milimetrech. Další nespornou výhodou je například malé obloukové napětí, které se pohybuje do 30 V, stejně tak je výhodné že vypínač vypíná v nehořlavém prostředí, tudíž nedochází k vyfukování ionizovaných plynů a plamene.

Naopak nevýhodou je hrozba utržení oblouku před průchodem proudu nulou, v takovém případě dochází ke vzniku přepětí.

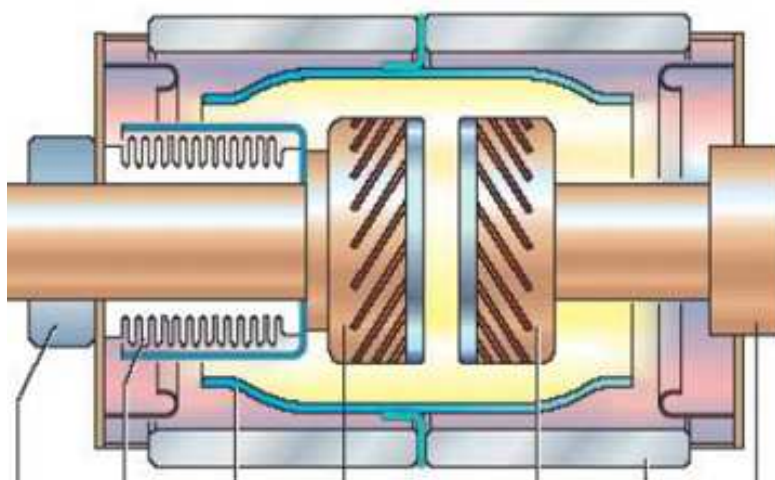
**Tlakoplynový vypínač**

Využívá výhodných vlastností elektronegativního plynu SF<sub>6</sub>, oproti vakuovému vypínači je největší výhodou tlakoplynového to, že plyn SF<sub>6</sub> lépe odvádí teplo a také že plyn se aktivně podílí na uhašení oblouku (po průchodu proudu nulou se rychle snižuje vodivost). Vypínač jsem blíže popsal při vysvětlení principu, viz str. 52.

## Princip vypínačů

Ačkoliv tato práce nepojednává pouze o vypínačích, myslím si, že se jedná o tak významnou součást rozvodných zařízení, že stojí za zmínku princip funkce dvou nejvyužívanějších vypínačů.

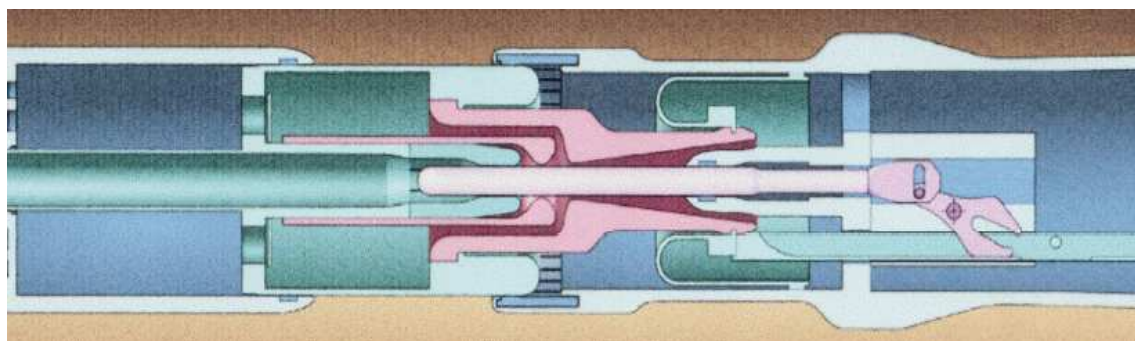
Princip vakuového vypínače: Jak je známo, ve vakuu je jen velmi málo molekul, tedy vodivých částic. Mohu v podstatě tvrdit, že kontakty vypínače jsou umístěny v nevodivém prostředí. Takto nevodivé prostředí nemá téměř možnost se ionizovat, tudíž se vakuum jeví jako výborný izolant.



Obrázek 23: Princip vakuového vypínače [Převzato s úpravami z [9]]

Pohyblivý kontakt se oddálí od pevného a to v řádu milimetrů až centimetrů. Dochází ke zvyšování teploty a následně k odpařování kontaktního kovu. Mezi kontakty tak vzniká oblak vodivých par a zapaluje se oblouk, působením tepla oblouku mají kovové páry velmi vysoký tlak. Když se proud přiblíží průchodu nulou, páry velice snadno expandují do okolního prostoru. Dochází k uhašení oblouku a kovové páry kondenzují na vodivém stínítku obklopující kontaktní prostor, načež je obnovena elektrická pevnost vakua. Rotace oblouku mezi elektrodami zajišťuje rovnoměrné rozložení teplotního zatížení elektrod. [9]

Princip tlakovýho vypínače: Oblouk je uhašen v elektronegativním plynu SF<sub>6</sub>. Pro pochopení principu tlakovýho vypínače je nutné znát vlastnosti plynu SF<sub>6</sub>.



Obrázek 24: Princip tlakovýho vypínače [Převzato s úpravami z [9]]

Vlastnosti tohoto plynu: Jedná se o nejedovatý, nedýchatelný a nehořlavý plyn bez zápachu. Za normálních podmínek je SF<sub>6</sub> 5x těžší než vzduch, má vyšší tepelnou vodivost a do 150°C je chemicky stálý. Nejdůležitějším parametrem je však jeho elektrická pevnost, která dosahuje při tlaku 0,25 MPa zhruba 13 kV/mm. Díky lepšímu odvodu tepla, malému obloukovému napětí a celkově jeho výhodným vlastnostem, zde vzniká velmi malá pravděpodobnost, že po průchodu proudu nulou, dojde k opětovnému zapálení oblouku!

Samotný princip bych popsal asi takto: Za sepnutého stavu jsou tlaky plynu v komorách vyrovnány, nejprve dochází k oddělení hlavních vodivých kontaktů a v tomto okamžiku vedou proud pomocné opalovací kontakty. Při dalším oddalování dochází k rozpojení pomocných kontaktů a následně k zapálení oblouku, působením oblouku naroste tlak a přepouštěcí ventil se uzavře, což umožní plynu SF<sub>6</sub> proudění přes trysku do horní komory. Proces proudění plynu uskutečňuje uhašení oblouku. Po uhašení tlak ve zhášecí komoře klesá, to vede k opětovnému otevření ventilu a dochází k vyrovnání tlaků. [9]

### 3.4 Měřicí zařízení

Samozřejmě potřebujeme znát skutečné provozní hodnoty elektrických veličin v rozvodnách. Nedílnou součástí každé takovéto rozvodny je zařízení zajišťující měření, respektive převod vysokých hodnot proudů a napětí na hodnoty měřitelné. Těmito zařízeními jsou **přístrojové transformátory napětí a proudu či jejich kombinovaná verze**, nebo novějšími tzv. senzory proudu. Dalším důležitým důvodem pro použití přístrojových transformátorů je bezpečnost z hlediska obsluhy i měřicího zařízení. Jelikož se jedná o transformátor, zabezpečení je zajištěno galvanickým oddělením. V neposlední řadě díky

přístrojovým transformátorům může být samotná měřicí technika NN umístěna přímo v dozorně, vzdáleně od vysokého a velmi vysokého napětí. [17]



Obrázek 25: Kombinovaný transformátor proudu a napětí - RS Mladé

Přístrojové transformátory mohou být děleny na měřicí, které slouží k monitoringu veličin a také k obchodnímu měření. Měřicí transformátory musí být přesné především v okolí jmenovité hodnoty. Dále rozeznáváme transformátory jistící, ty se užívají pro napájení ochran. Na rozdíl od měřicích transformátorů musí být jistící transformátory přesné v přechodných stavech resp. při nadproudech a zkratech, které je třeba správně vyhodnotit.

Zapojení: Jak už tomu tak bývá přístrojové transformátory proudu, měří proud, a proto jsou zapojeny v sérii, zatímco napěťové transformátory jsou zapojeny ve větvi odbočky vždy paralelně.

### 3.5 Jistící prvky

Pro maximalizaci bezpečnosti byla zavedena koordinace izolace, což je odstupňování izolačních hladin tak, aby ke svedení vzniklého přepětí došlo ideálně na svodičích. Cílem je ochránění strojů a přístrojů před nedovoleným přepětím. Do souboru zařízení nazývané výzbrojí odbočky spadají i zařízení pro tuto činnost, jsou jimi:

Uzemňovače: Bývají součástí vývodu z el. stanice. Jde o prvek, doplňující vývodový odpojovač. Uzemňovač slouží k propojení odcházejícího vedení se zemním potenciálem. V případě, že by se na vedení dostalo napětí, uzemňovač zabrání, aby se elektrický potenciál dostal dál do rozvodny, čímž ochrání případnou obsluhu při revizi či jiné činnosti v místě přípojnic.

Zkratovače: Jsou v podstatě uzemňovače se schopností zapnutí do zkratu. Proto mají oproti uzemňovačům náležitě vyšší rychlost sepnutí.

Svodiče přepětí: Často se jedná o nelineární odpor typu omezovač. V zásadě se jedná o zařízení, které při překročení maximálního provozního napětí, začne být vodivé. Využívá se vlastností nelineárního odporu v kombinaci s diskovým jiskřištěm, omezovačem s magnetickým vyfukováním a v současnosti nejčastěji varistoru.

Koordinální jiskřiště: Protože svodiče přepětí mohou selhat, a tím může dojít k průrazu, jsou tu pro tyto případy koordinální jiskřiště. Jiskřiště nedělají nic jiného než to, že přes sebe nechají vybit případné přepětí.

Pojistky: Pojistkami bývají doplněny odpínače, důvodem je možnost potřeby vypnout zkratové proudy. V pojistce v případě zkratu dojde k vybavení, následkem čehož je pojistka zničena, ale obvod je přerušen a je zamezeno dalším účinkům zkratového proudu.

Bleskojistky: Jmenovité napětí je položeno nejvyššímu provoznímu napětí soustavy. Ve světle této skutečnosti každé napětí, které přesáhne v libovolném okamžiku svou velikostí amplitudu nejvyššího provozovacího napětí soustavy, je považováno za přepětí. Právě přepětí je stav sítě, kdy je potřeba být vybaven bleskojistkou. Zdroj přepětí v síti může být vnitřní (vyvolaný nějakou poruchou v síti) či vnější, tím je atmosférická činnost (blesk).

Bleskojistek rozeznáváme více druhů. V podstatě nejprimitivnější bleskojistkou je obyčejné jiskřiště, které nám zaručuje, že v případě přepětí bude toto přepětí svedeno k zemi v místě s nejmenšími následky na poškození vybavení. [10]

### 3.6 Schéma odboček

Schéma každé jednotlivé odbočky je tvořeno právě složením jednotlivých zařízení a přístrojů v dané odbočce. Protože se odbočky v základu dělí na hlavní a pomocné a na přívodní a vývodové, stejně tak se liší i jejich výzbroj.

- Odbočka hlavní: Řadí se sem generátorové nebo transformátorové odbočky, přes ně se energie přivádí do přípojníc, anebo vyvádí do venkovního či kabelového vedení.

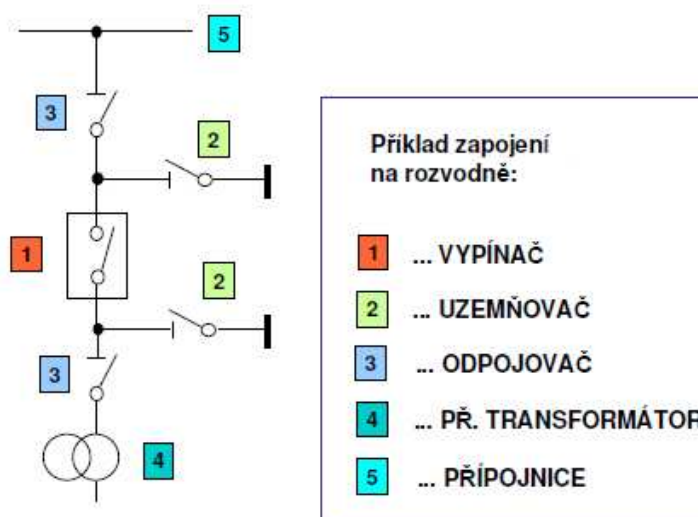
- Odbočky pomocné: Obsahují podélný, příčný nebo kombinovaný spínač hlavních přípojnic.

Odbočka vybavená vypínačem odděleným z obou stran odpojovači se nazývá odbočka s plnou výzbrojí a nejčastěji jsou to tzv. pracovní odbočky, tj. jsou v neustálém provozu.

Odbočka, ve které je vypínač nahrazen jednoduššími spínacími prvky a v případě, že chybí některé odpojovače, se nazývá odbočka se zjednodušenou výzbrojí. Zpravidla jde o revizní odbočky, ovšem i revizní odbočky mohou mít plnou výzbroj, pokud se jedná o důležitý vývod či přívod.

### Schematické znázornění

Dle mého názoru se problematika nejlépe vysvětluje na obrázku, obzvláště pokud se jedná o schematická zapojení. Proto zde uvedu několik typických zapojení využívaných v rozvodných stanicích.

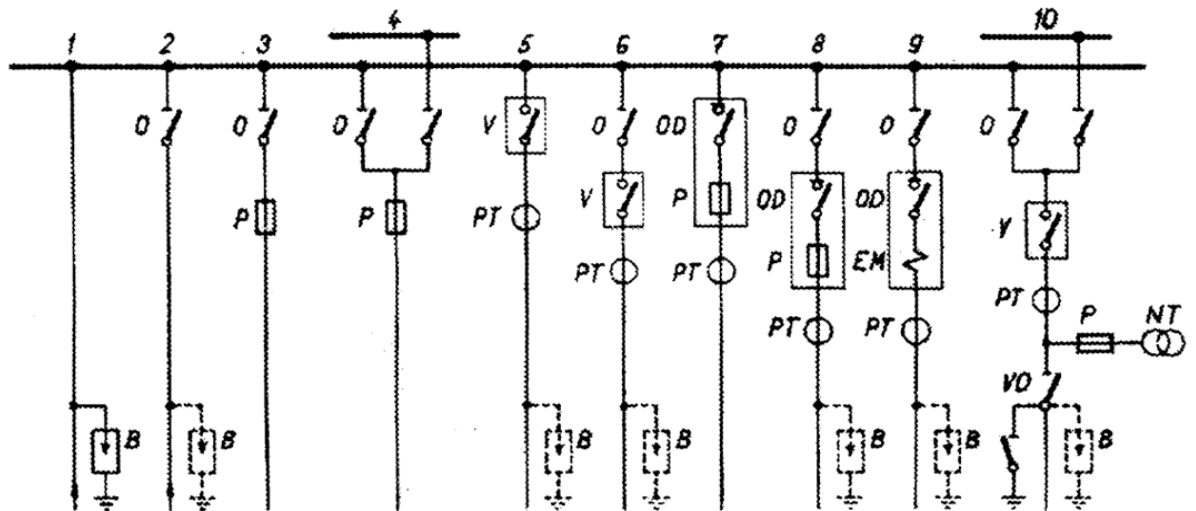


**Obrázek 26:** Zapojení běžné vývodové odbočky s plnou výzbrojí [Převzato s úpravami z [9]]

Konkrétní výzbroj dané odbočky je dána vždy její důležitostí. Provedena může být různými způsoby, musí však splňovat podmínky funkčního, spolehlivého a bezpečného stavu. Zapojení přístrojových transformátorů proudu závisí na požadavku připojení měřících přístrojů a také ochran.



## Odbočky VN



Legenda: **B** - bleskojistka, **O** – odpojovač, **V** – vypínač, **P** – pojistka vn,  
**OD** – odpínač, **PT** – proudový transformátor, **NT** – napěťový transformátor,  
**EM** – elektromagnetický článek, **VO** – vývodový odpojovač se zemnicím nožem

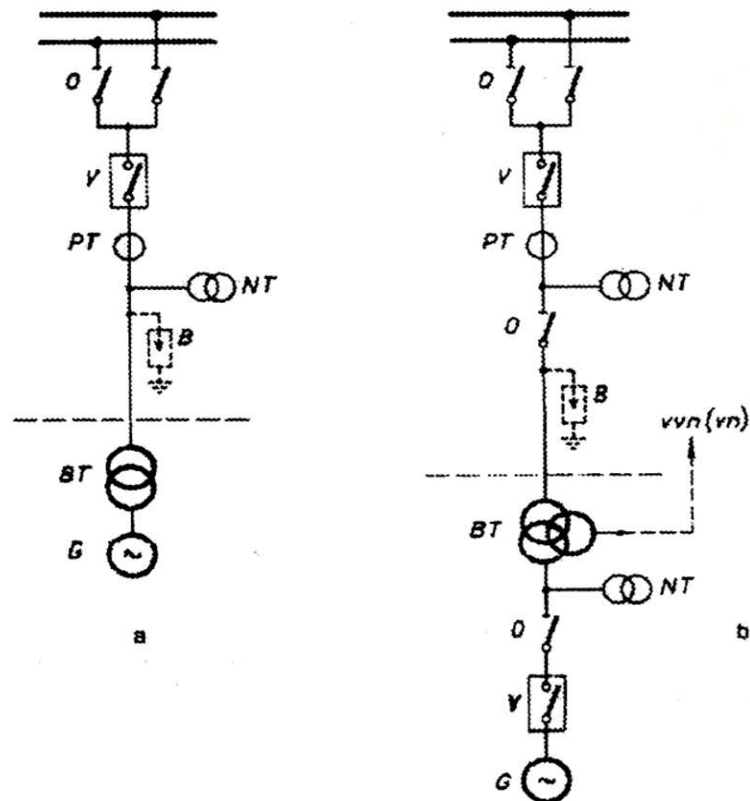
Obrázek 27: Možná zapojení odboček VN [Převzato z [11]]

Popis k obrázku 27:

- Odbočku 1-2 je možné provozovat pouze jako přívodní, jištění mají mimo rozvodnu.
- Odbočka 3-10 může být provozována jako přívodní i vývodní.
- Odbočka číslo 10 demonstruje zapojení v plné výzbroji.

## Odbočky VVN

Odbočky VVN se nikterak zvláště neliší od odboček na vysoké napětí, musejí také splňovat všechny funkční, bezpečnostní a spolehlivostní podmínky. Na obrázku 28. můžeme vidět generátorové hlavní odbočky s dvouvinutovým (a) a s trojvinutovým transformátorem (b).



Obrázek 28: Odbočky VVN [Převzato s úpravami z [11]]

Na obrázku 28:

- Typická odbočka VVN s neúplnou výbavou vyvedená z dvojitého systému přípojníc.
- Typický případ odbočky VVN plné výbavy, za vývodovým odpojovačem se rozděluje elektrárenská část od části vnější rozvodny.

### 3.7 Provozní manipulace

Provozní odbočky, potažmo jejich výzbroj, jsou za normálních okolností v provozním stavu, tedy pod napětím. Ovšem v rozvodnách jsou i odbočky rezervní, pro případ poruchy či nutnosti revize atd. Z uvedeného vyplývá, že v rozvodnách musí docházet ke změnám v provozu. Změny v zapojení, které v rozvodnách běžně nastávají, jsou nazývány provozní manipulace. Ty musejí být prováděny tak, aby nedocházelo k ohrožení osob ani zařízení a pokud to není cílem, aby ani dodávka elektrické energie nebyla přerušena.

Běžnými manipulacemi v rozvodnách jsou:

- a) Zapínání odboček na přípojnicový systém.
- b) Vypínání odboček.
- c) Přepojování odbočky z jednoho systému přípojníc na jiný.
- d) Přepojení odbočky na náhradní provoz.
- e) Vypnutí nebo zrušení náhradního provozu.
- f) Sepnutí či rozepnutí podélných úseků.
- g) Přepnutí do provozu přes záložní vypínač okružních přípojníc (pouze okružní přípojnice)

Při všech manipulacích je zásadní dodržovat určitý postup ovládání přístrojů. V případě opačném může dojít k přerušení dodávky nebo i k rozsáhlým poruchám, v nejhorším případě k destrukci hodnotných zařízení a rozpadu sítě.

Bezchybné manipulace je zajištěno vzájemným blokováním přístrojů. Blokovací podmínky vycházejí z prostých předpokladů:

- Nesmí dojít k manipulaci s odpojovači v okamžik, kdy je na otevřených kontaktech napětí.
- Odpojovačům musí být zamezeno, aby trvale samy spojovaly příčně dělené přípojnice.
- K pomocné přípojnici lze připojit pouze jedinou odbočku.
- Vypínač nesmí být uveden do provozu, pokud odpojovače odbočky jsou v mezipoloze.

Blokování může být z technického hlediska provedeno mechanicky, elektricky, pneumaticky nebo elektromagneticky. V současnosti se blokování přístrojů provádí pomocí programového vybavení řídicího systému, popřípadě pomocí číslicových terminálů sloužících k ochraně, měření i ovládání.

## 4 Porovnání rozvodů z hlediska návrhu vlastní spotřeby

### 4.1 Začlenění vlastní spotřeby

Vlastní spotřeba (dále VS) každé elektrické stanice spadá pod společné provozy, respektive pod společná zařízení elektrické stanice. Společnými zařízeními elektrických stanic jsou zařízení zajišťující spolehlivý chod celé stanice, mezi které řadíme například: akumulátorové baterie, střídače, výroba a rozvod stlačeného vzduchu, nouzové zdroje, měniče frekvence, dozorna, ochrany, měření a signalizace a v neposlední řadě právě zařízení pro VS. Velice zjednodušeně řečeno, vlastní spotřeba je energie, kterou zařízení spotřebuje pro vlastní provoz. [14]

#### 4.1.1 Zařízení pro vlastní spotřebu

Zařízení pro zajištění VS je představováno souborem zdrojů, transformátorů, vedení a rozvodných zařízení, spravujících řádný provoz hlavních rozvodných zařízení a tedy celé elektrické stanice.

#### 4.1.2 Nejnutnější provoz

VS musí při provozu elektrické stanice zajistit vždy napájení těchto nejzásadnějších prvků:

- Ovládání a řízení rozvodných zařízení.
- Elektrické ochrany.
- Osvětlení, větrání, klimatizace.
- Rozvod stlačeného vzduchu (kompresory).
- Pomocná zařízení (olejové hospodářství, sklady, dílny).

Prakticky vzato, jedná se o prvky bezpodmínečně potřebné pro funkční a bezpečný chod. Elektrická stanice se může krátkodobě obejít bez klimatizace či odvětrávání. Ovšem žádná elektrická stanice není schopna trvalého provozu bez možnosti ovládat rozvodná zařízení.

## Provoz zdrojů VS

Pro výše zmíněné účely je nutné navrhnout vhodné zdroje pro zajištění VS ve všech případech níže uvedených:

- Při normálním bezporuchovém provozu elektrické stanice.
- Při poruchovém odstavení části elektrické stanice.
- Za stavu revize, opravy či údržby jako je např. renovace nátěru rozvodných zařízení.
- A také v případě kompletního výpadku z provozu.

Za všech těchto podmínek je nutné, aby zdroje VS vyhověly v napájení a zajištění funkčního provozu.

### 4.1.3 Rozdělení VS

Jak jsem již zmínil, provoz elektrické stanice musí být zajištěn za jakýchkoliv podmínek, a to i za tak nepříznivých podmínek, jako je ztráta vlastního provozního napájení. Proto se VS dělí na:

- a) Pracovní (hlavní) zdroj VS.
- b) Záložní (sekundární) zdroj VS.

V případě poruchy sítě by mohlo dojít k výpadku napájení a následnému odstavení sítě. Takto katastrofálnímu selhání se předchází zajištěním napájení ze dvou nezávislých zdrojů. Rozvodny vlastní spotřeby bývají obvykle na hladině NN, ovšem ve velkých rozvodnách může být třeba zajistit i vlastní spotřebu na úrovni vysokého napětí. [14]

## 4.2 Porovnání dvou rozvodů

### Seznámení se s rozvodnami

Mým úkolem v tomto bodě bylo porovnat dvě libovolné rozvodny. Abych zdůraznil rozdílnost z hlediska vlastní spotřeby, vybral jsem si dvě naprosto rozdílné rozvodny. Jednou z popisovaných rozvodů je páteří rozvodna Dasný. Ta svým rozsahem a důležitostí demonstruje patřičnou složitost zapojení provozní vlastní spotřeby a především její robustní zálohování.

Ačkoliv se nejedná o rozvodnu přímo z oblasti Českých Budějovic, jde o rozvodnu velice blízkou, a to o rozvodnu Křtěnov. Rozvodna Křtěnov se nachází v blízkosti jaderné elektrárny Temelín, což není pouhou náhodou. Rozvodna zde byla zbudována právě za účelem napájení veškeré techniky po čas výstavby JE Temelín. Rozvodna přetrvala a od roku 2000 je v provozu jako rozvodna 110/22 kV. Na první pohled se nezdá ničím zvláštní, ale pro její způsob provedení VS jsem si vybral právě jí.

### 4.3 Rozvodna Dasný

Jak jsem již zmiňoval v úvodní části této práce, rozvodna Dasný je rozvodnou 400/110 kV. Část 110 kV spadá do vlastnictví E-ON. Z tohoto důvodu budu dále psát o vlastní spotřebě právě rozvodny 110 kV.

Rozvodna disponuje čtrnácti aktivními vývody o napětí 110 kV, z tohoto faktu je zřejmá důležitost rozvodny a také jí náleží odpovídající VS, jak rozsahem napájení, tak především jejím zálohováním.

**Pro představu a patřičnou názornost jsem si dovilil do přílohy C (str. 13) zařadit vyfocené kompletní schéma vlastní spotřeby rozvodny 110 kV Dasný. V následujícím textu se budu odkazovat právě na toto schéma.**

#### 4.3.1 Popis vlastní spotřeby objektu

Za běžného provozu je vlastní spotřeba (VS) transformovny zajišťována z terciálního vinutí transformátorů 400/110/10 kV. Rozvodna 10 kV může být napájena z transformátoru T402 nebo z transformátoru T403. V mimořádném případě odstávky obou transformátorů je

zde připraveno napájení po vedeních z rozvodů ČB Sever nebo Mydlovary. Napájení je na napěťové hladině 22 kV. Pro případ nouze a za předpokladu, že by i vnější napájení 22 kV bylo ztraceno, lze nezbytně důležitá zařízení napájet ze záložního zdroje společnosti ČEPS – dieselgenerátoru Caterpillar. V poslední řadě rozvodu 0,4 kV možno napájet přes propojovací vedení z rozvaděče VS ANH 4, jenž je umístěn v centrálním domku rozvodny 400 kV Společnosti ČEPS. Předpokladem je provoz alespoň jednoho transformátoru 400 kV.

Měření vlastní spotřeby celého areálu rozvodny Dasný je na přívozech 10 kV, konkrétně v centrálním domku rozvodny 400 kV.

Rozvodna vlastní spotřeby je situována v prvním podlaží budovy společných provozů (BSP). Celá tato rozvodna obsahuje tyto celky:

- rozvodna 22 kV **AJE**
- rozvodna 10 kV **AKE**
- rozvodna 0,4 kV **ANG**
- rozvaděč 220 Vss **ATJ**
- rozvaděč 60 Vss **ATK**
- usměrňovače 220 V **ATF**
- usměrňovače 60 V **ATG**
- zdroj zajištěného napájení 220 V, 50 Hz **ATU**
- rozvaděč zajištěného napájení 220 V, 50 Hz **ANK**

**Seznam uvedených celků, je zároveň seznamem zkratk používaných pro popis vlastní spotřeby.**

### 4.3.2 Rozvodna 22 kV a rozvodna 10 kV

Provedení rozvodů 22 kV a 10 kV jsem již popsal v úvodní části (str.17- 18.)

Myslím, že v této části zabývající se vlastní spotřebou, stojí za zmínku následující:

Rozvodna 22 kV je vybavena 4 rozvaděči, z čehož dva jsou napojeny k zálohování přivedeného z Rozvodů Mydlovary a Č.B. Sever. Zbývající dva jsou vývodem z transformátorů T21 22/0,4 kV a T24 22/0,525 kV pro napájení HDO.

Rozvodna 10 kV je vybavena šesti rozvaděči osazených takto:

rozvaděč číslo 61 - transformátor 10 / 0,525 kV- **T13** (HDO)

rozvaděč číslo 62 - transformátor 10 / 0,4 kV - **T11** (r 0,4 kV, pole číslo 18)

rozvaděč číslo 63 - přívod 10,5 kV od ČEPS - **AKA 02** (terciál transformátoru T402)

rozvaděč číslo 64 - podélná spojka přípojnic

rozvaděč číslo 65 - přívod 10,5 kV od ČEPS - **AKB 02** (terciál transformátoru T403)

rozvaděč číslo 66 - transformátor 10 / 0,4 kV- **T12** (r 0,4 kV, pole číslo 8)



Obrázek 29: Rozvodné skříň VS - Dasný



### 4.3.3 Transformace VN/NN

Vlastní spotřeba transformovny je zajišťována třemi transformátory umístěnými v zastřešených stáních u severní části BSP, transformátory napájí rozvaděče o standardních 400 V. Krajní transformátory T11 a T12 jsou napájeny z rozvodny 10 kV, prostřední transformátor T21 je napájen z rozvodny 22 kV.

V objektu se dále nachází dva speciální transformátory T13 a T24 s výstupním napětím 3x525 V, přičemž T13 je napájen z rozvodny 10 kV a T24 z rozvodny 22 kV. Oba transformátory slouží k napájení vysílače HDO.

### 4.3.4 Vlastní spotřeba – střídavá

#### Část 3 x 400/230 V, 50 Hz

Napájení je provedeno prostřednictvím střídavého rozvaděče vlastní spotřeby (typ JR-P-J4). Ten je sestaven z celkového počtu 25 samostatných skříní propojených mezi sebou jednou přípojnici. Přípojnice je 2x podélně dělená, což prakticky znamená, že rozvaděč lze rozdělit na 3 samostatné sekce. První a třetí sekce slouží k napájení technologicky důležitých odběrů, takže mají vytvořenou alternativu zásoků. Druhá (prostřední) sekce má připojeny odběry, které mají pouze jedno napájení. Každá sekce může být napájena příslušným transformátorem. Ve schématu se jedná o transformátory T12, T21 a T11, kde je vidět jak jsou vyvedeny do zmíněných sekcí.

Další alternativou pro napájení rozvaděče je záložní zdroj ANH 4 ČEPS. Do jednoho z polí je také zaústěn diesela agregát napájející nezbytně důležité prvky jako je usměrňovač 220 V a jeden usměrňovač 60 V nebo napájení pohonů odpojovačů a vypínačů v rozvodně 110 kV. Technické údaje typického rozvaděče typu JR-P-J4 jsem uvedl v tabulce 1.

Tabulka 1 Rozvaděč typu JR-P-J4

Typ	JR - P - J4
Jmenovité napětí	380 V
Jmenovitý proud	2 300 A
Zkratový proud I peak	90 kA
Krytí	IP 40

### Automatický zások

Při běžném bezporuchovém provozu jsou odpojovače podélného dělení přípojnice sepnuté a celý rozvaděč je napájen jedním transformátorem. Bude-li napětí z tohoto transformátoru ztraceno, je automaticky přepnuto napájení rozvaděče na náhradní zdroj. Automatický zások je přednastaven na několik druhů provozu, druhy provozu jsou vlastně posloupností zálohování spotřeby. Obsluha má v ovládací místnosti přístup k možnosti volby z následujícího výběru:

„0“ - NEZAPÍNAT – REZERVA!

„1“ - ZÁSKOK VYPNUT – OVLÁDÁNÍ MÍSTNĚ

„2“ - T12 – T11 – T21 – ANH (ČEPS) – DG (ČEPS)

„3“ - T11 – T12 – T21 – ANH (ČEPS) – DG (ČEPS)

„4“ - T12 – T21 – ANH (ČEPS) – DG (ČEPS)

„5“ - T11 – T21 – ANH (ČEPS) – DG (ČEPS)

„6“ - T12 – ANH (ČEPS)

„7“ - T11 – ANH (ČEPS)

V bezporuchovém stavu je systém zálohován pěti způsoby, přičemž se jedná o postupnou zálohu ze tří transformátorů VS, poté přes propojovací vedení z transformátoru ANH ČEPS a nakonec dieselgenerátor ČEPS. Princip automatického zásoku je také znázorněn ve schématu VS (v příloze).

### **Část 230 V, 50 Hz**

Zdroj nepřerušitelného napájení ATU1 je řešen formou modulárního systému BFI 220/230/20. Systém je vybaven tzv. elektronickým by-passem, který je v případě poruchy střídače nebo při poklesu napětí na bateriích schopen zajistit přepnutí na napájení rozvaděče zajištěného napájení ANK z rozvaděče ANG16 viz schéma (příloha C, str.13). Mezi ATU1 a ANK je ještě zařazen ATU2-bypass, ten umožňuje ruční přepnutí napájení přímo na ANG2 či ANG24.

Zmíněný modulární systém BFI jsou v podstatě střídače, tedy zdroje jednofázového střídavého napětí, které spolupracují s bateriemi, a tím zajišťují napájení střídavé zátěže až do vyčerpání kapacity připojených baterií.

Rozvaděč ANK je zapojen přes MTP a osazen je přepětovou ochranou, měřením napětí a hlášením jeho ztrát.

### **Náhradní VS 230 V, 50Hz**

V případě potřeby je náhradní napájení zajištěno z dieselagregátu ČEPS (ANA). Napětí je vyváděno do rozvaděče ANG 5, zatímco spouštění dieselagregátu vyhodnocuje automatika v ANG 8. Kontejnerový záložní zdroj 0,4 kV Caterpillar napájí pouze:

- Jeden usměřovač 220 Vss.
- Jeden usměřovač 60 Vss.
- Pohony odpojovačů a vypínačů v rozvodně 110 kV.

#### 4.3.5 Vlastní spotřeba - Stejnoseměrná

Zdrojem stejnosměrného napětí jsou staniční baterie na 220 V a na 60 V. K nabíjení baterií slouží **čtveřice usměrňovačů**.

Dva z usměrňovačů jsou na 220 V<sub>ss</sub>, značeny ATF1 a ATF2 jsou napájeny nezávisle z 3f rozvaděčů ANG2 a ANG24 a napájí nástěnné rozvaděče umístěné přímo u akumulátorovny. Napětí 220 V dále slouží k ovládání silových prvků rozvodů a k napájení výše uvedeného nepřerušitelného zdroje ATU1 230 V 50 Hz.

Další dva usměrňovače vyvádí 60 V<sub>ss</sub> a napájeny jsou také z 3f rozvaděčů ANG2 a ANG24. Rozvaděče jsou označeny jako ATG1 a ATG2 a napájí nástěnné rozvaděče pro baterie 60 V. Toto napětí je využíváno především k signalizaci stavu silových prvků a k napájení řídicího systému.

##### **Rozvaděče pro stejnosměrnou vlastní spotřebu**

Jak si lze všimnout ve schématu jsou také znázorněny rozvaděče ATJ a ATP, napájeny z baterií přes nástěnné rozvaděče a přes usměrňovače.

Rozvaděč 220 V<sub>ss</sub> ATJ: Koncipován jako dvousystémový s podélným dělením. Obsahuje vybíjecí odpor chlazený ventilátorem. Rozvaděč se rozkládá ve čtyřech skříních.

Rozvaděč 60 V<sub>ss</sub> ATP: Též dvousystémový s oddělenými zdroji podélným dělením. Rozvaděč je také vybaven vybíjecím odporem chlazeným ventilátorem

##### **Akumulátorové stanoviště**

Akumulátorovna se nachází v přízemí BSP, v dobře odvětrávané místnosti se zajištěnou (v rámci mezí) konstantní teplotou a minimální vlhkostí. Nacházejí se zde čtyři baterie, dvě o napětí 220 V (ATB1 a ATB2) a další dvě o napětí 60 V (ATD1 a ATD2), přičemž dvojice baterií na 220 V se skládá dohromady z 216 článků a druhá dvojice obsahuje celkem 60 ks článků. Myslím, že za vyzdvižení stojí baterie na úrovni 220 V, jsou totiž spíše výjimkou.



Obrázek 30: Akumulátorové baterie - RS Dasný

Na obrázku č. 30:

V popředí:

**Baterie 220 V – ATB1, ATB2**

- dodavatel: BAE Batterien GmbH, Berlín, Německo
- typové označení: 5 OPzS 350 LA
- počet článků: 2 x 108
- druh provozu: pohotovostní
- v provozu od: prosinec 2011

Na pozadí:

**Baterie 60 V – ATD1, ATD2**

- dodavatel: VARTA CS
- typové označení: 5 OPzS 250
- počet článků: 2 x 30
- druh provozu: pohotovostní
- v provozu od: listopad 2006

## 4.4 Rozvodna Křtěňov

### 4.4.1 Obecný popis rozvodny



Obrázek 31: Letecký snímek rozvodny Křtěňov

#### Rozvodna 110 kV

Jedná se o rozvodnu typu H v rozsahu 6 polí, 2 jsou vývody 110 kV, další 2 pole transformátorové 110/22 kV a poslední dvě pole slouží k podélnému dělení odpojovači. Transformátory jsou o výkonech 16 MVA pro T101 a 25 MVA pro T102.

Vývodová pole jsou vybavena omezovači, vývodovými odpojovači se zemními noži, tlakovými vypínači, kombinovanými měřicími transformátory proudu a napětí a také přípojnicovými odpojovači.

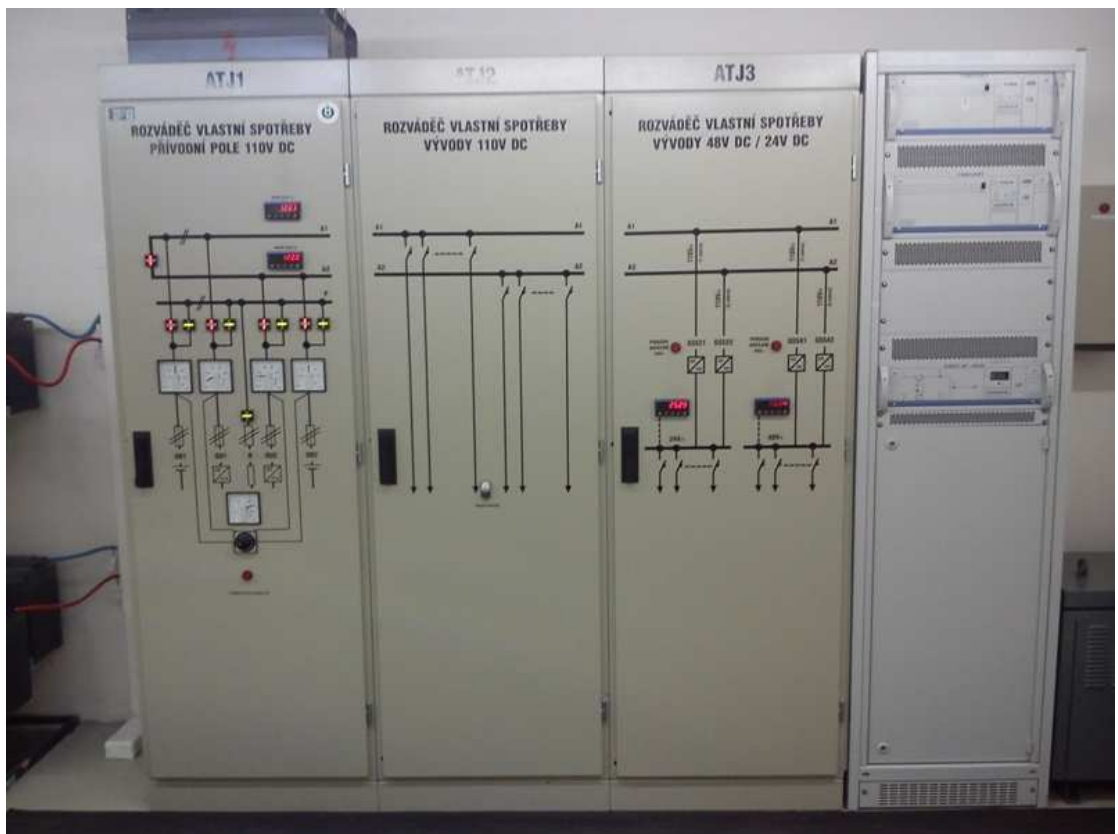
Transformátorové pole obnáší vypínač, přípojnicový odpojovač a měřící transformátor proudu.

Dále jsou pole vybavena řídicími skříněmi pro ovládání vypínačů a odpojovačů, ovládání je však také možné z počítače v dozorně nebo samozřejmě také dálkově z RD a CD.

Ovládací napětí a pohon vypínačů jsou na hladině 110 Vss, pohony odpojovačů na 400 Vstř a signalizace na 24 Vss.

## Rozvodna 22 kV

Je klasicky vnitřního provedení. Provedena jako rozvodna s jedním systémem přípojnic, která je podélně dělena a rozdělena na A1 a A2. Sestává se z 10 skříní typu GMA izolována plynem SF<sub>6</sub>. Řešení je provedeno bez vývodových odpojovačů a propojení mezi transformátorem 110/22 kV a rozvodnou 22 kV je provedeno trojicí jednožilových kabelů 22 kV AXEKVCEY 2x240mm<sup>2</sup>.



Obrázek 32: Rozvodné skříně VS - Křtřenov

### 4.4.2 Popis vlastní spotřeby objektu

Vlastní spotřeba je zajišťována z transformátoru vlastní spotřeby TVS 21. V případě ztráty napětí z tohoto transformátoru se VS zajišťuje využitím venkovní stožárové trafostanice.

#### 4.4.3 Transformace napětí VN / NN

Primární transformátor vlastní spotřeby TVS 21 se nachází v hale rozvodny 22 kV a napájí rozvaděč ANG. Transformátor je o výkonu 100 kVA a konkrétně je vyveden na pole rozvaděče VS ANG1.

Sekundárním zdrojem VS je TVS 22. Jedná se o stožárovou trafostanici umístěnou mimo prostor rozvodny, je totiž součástí linky vedoucí do obce Chrást'any. Transformátor má výkon 250 kVA. Provozní napětí je 22/0,4 kV a sekundární strana 0,4 kV je vedena zemí kabelem AYKY 70 mm<sup>2</sup> přímo do oddělovacího transformátoru TVO T711 16 kVA, jenž se nachází také v místnosti rozvodny 22 kV. Přes oddělovací transformátor TVO je výkon vyveden do rozvaděče VS ANG 4.

#### 4.4.4 Střídavá vlastní spotřeba

##### Část 3x400/230 V

- Základem je rozvaděč ANG skládající se z čtyř skříní.
- ANG 1 je obsazen přívodem od TVS 2.
- ANG 2 zajišťuje především napájení odpojovačů 110 kV.
- ANG 3 zodpovídá za napájení topení, zásuvek, osvětlení atd.
- ANG 4 má přes oddělovací transformátor připojen záložní přívod z venkovní TVS 22.

##### Střídavá část vlastní spotřeby 230 V, 50 Hz

Je vybavena střídači ATG sloužící k napájení řídicího počítače. Samotný střídát ATG je složen ze 2 střídačů (běžících paralelně) a z elektrického přepínače typu static BY-PASS.

Mechanický BY-PASS SBP zde slouží k přepínání mezi zajištěným a nezajištěným napětím.



#### 4.4.5 Stejnoseměrná vlastní spotřeba

Základem stejnosměrného rozvodu jsou usměrňovače GU1 a GU2, usměrňovače převádí AC 400 V na DC 110 V. Napětí je na usměrňovače přiváděno z ANG 2 a usměrněné napětí 110 V je odváděno do rozvaděče ATJ 1.

Nedílnou součástí stejnosměrného rozvodu, jsou kromě usměrňovačů samozřejmě také rozvaděče ATJ. Skládají se ze tří skříní.

- ATJ 1 - Přívodní pole 110 Vss napětí přivedené z baterií a usměrňovačů GU1,2.
- ATJ 2 - Vývodové pole 110 Vss.
- ATJ 3 – Měníče napětí 110/48/24 Vss a následné vývody napětí 48 a 24 Vss.

Stejnoseměrné napětí 110 V má za účel napájet především ochrany, ovládání obvodů a napájení pohonů vypínačů. Napětí o hodnotě 48 V napájí PCM. Nejnižší použité napětí 24 V je využito k napájení RTU, digitálních měřících přístrojů a převodníků dálkového měření.

#### Akumulátorové baterie

Stanoviště baterií je umístěno společně s rozvodnou 22 kV v jedné místnosti. Obsahuje dvojici 110 V baterií, každá z baterií se skládá z 18 článků a každý jednotlivý článek má kapacitu 161 Ah a napětí 6 V.

#### Souhrn

Už při prvním pohledu je zřejmé, že tak rozsáhlá rozvodna jakou je rozvodna Dasný bude mít větší vlastní spotřebu a vzhledem ke své důležitosti i patřičně rozsáhlou formu zálohování. Chtěl jsem však poukázat především na různé možné způsoby řešení vlastní spotřeby. Na případě rozvodny Dasný jsem mohl předvést, jak složitě může být vlastní spotřeba provedena a co vše to obnáší. Na druhou stranu rozvodna Křtěnov zase demonstruje, jak až jednoduchým způsobem může být vlastní spotřeba řešena.

## 5 Výpočet zkratového proudu

Problematika zkratových proudů je věčným problémem pro celou elektrotechniku a energetiku, jedná se o poruchový stav, jenž je samozřejmě nežádoucí. Požadovaným stavem je stav provozní, avšak dimenzování a provedení sítě či obvodů je vždy prováděno s ohledem na stav poruchový, tudíž s ohledem na zkraty a přetížení. Ani u problematiky rozvodných stanic zkratové proudy nelze opomínat. Při návrhu, tedy před výstavbou a uvedením do provozu každé z rozvodných stanic, musí být rozvodná stanice vhodně dimenzována na tzv. rázový zkratový proud, ze kterého je dále možné stanovit dynamické a tepelné účinky. Nic není bezchybné a skutečně i v rozvodné stanici může dojít ke zkratu. Z tohoto důvodu je rozvodna konstruována s jistou zkratovou odolností. Kompozici tohoto problému a jeho řešení nazýváme zkratovými poměry.

### 5.1 Úvod do oboru zkratů

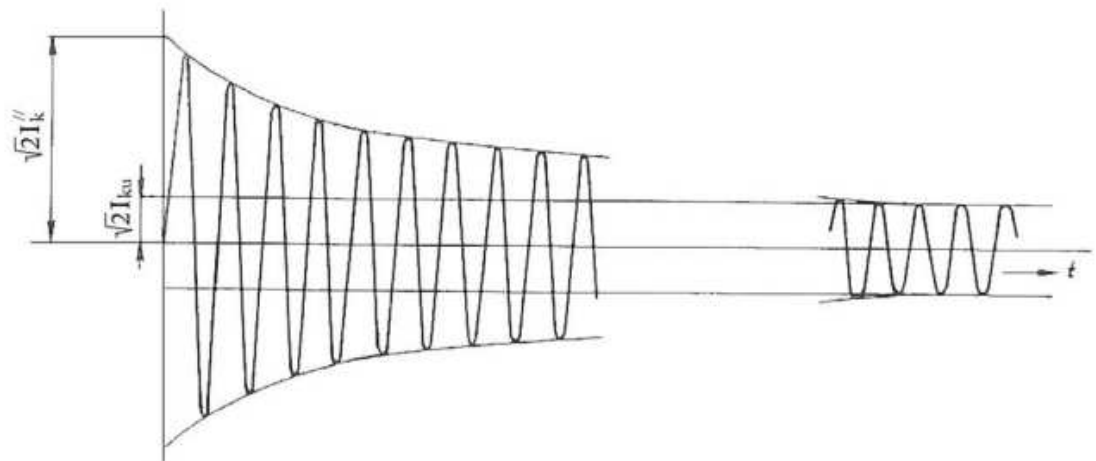
Zkrat vzniká při poruchovém spojení fází navzájem nebo se zemí soustavy s uzemněným uzlem. Obecně jsou zkraty děleny na souměrné a nesouměrné, přičemž souměrný zkrat je vždy způsoben zkratováním všech tří fází, zatímco zkrat nesouměrný vzniká při zkratu jedné či dvou fází nebo při zkratu dvou fází se zemí. [7]

### 5.2 Zkrat v rozvodně Č.B. Mladé

Po konzultaci ve společnosti E-ON jsem se rozhodl učinit výpočet v rozvodné stanici Č.B. Mladé. Výpočet je zaměřen na nejméně příhodný stav, a to na stav při tří fázovém zkratu. K řešení příkladu mi byly poskytnuty skutečné hodnoty reaktancí vedení, zkratový výkon nadřazené soustavy a skutečné výsledky zkratového proudu. Hodnoty jsou vyjmuty z diagnostického programu PAS DAISY BIZON. V programu je namodelována kompletní elektrická síť společnosti E-ON. Program zohledňuje veškeré prvky sítě, tudíž vyhodnocuje zkratové poměry téměř bezchybně. Velikost zkratového proudu, vypočtenou programem jsem použil pro kontrolu.

## Třífázový zkrat

Tří fázový zkrat u venkovního vedení není příliš častým jevem, nastává nejčastěji na vedení kabelovém. Není však nemožné aby nastal na přípojnici v rozvodně. Jak už jsem zmínil, jedná se o souměrný zkrat, i jeho průběh je souměrný, přesněji řečeno spíše symetrický.



Obrázek 33: Souměrný zkratový proud [Převzato z [12]]

$I_k''$  - rázový zkratový proud

$I_{ku}$  - ustálený zkratový proud

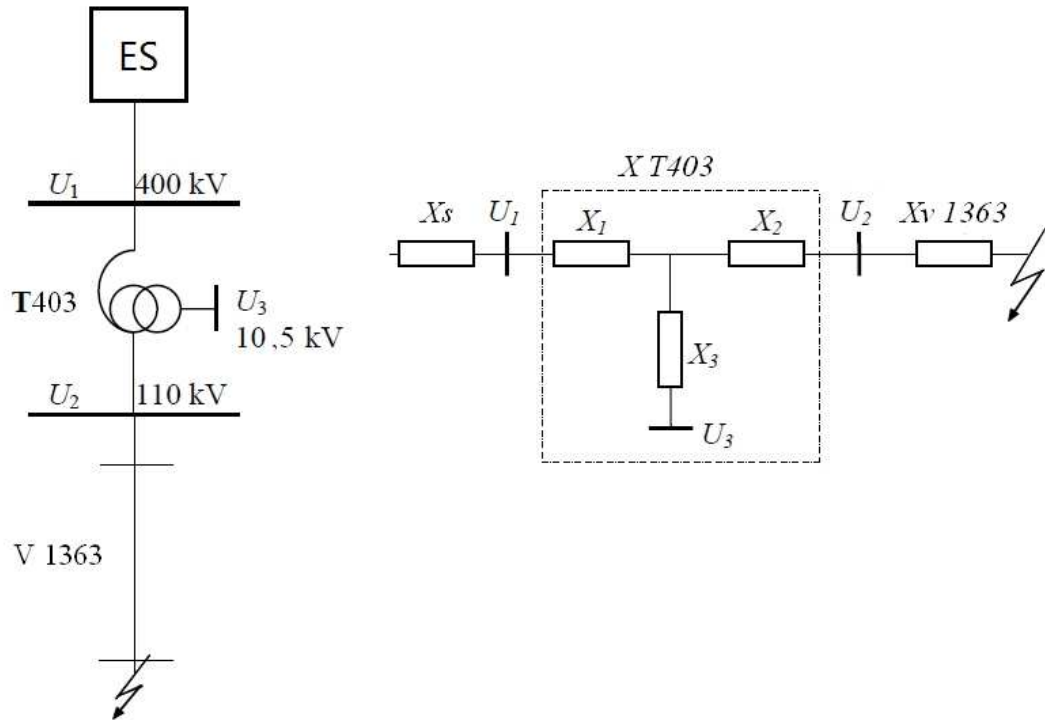
### 5.2.1 Postup výpočtu

Při postupu výpočtu je třeba postupovat následovně:

- Nakreslení schéma sítě
- Výpočet reaktancí a přepočítání na napěťovou hladinu v místě zkratu
- Překreslení náhradního schéma sítě s reaktančními zátěžemi
- Zjednodušení náhradního schématu k místu zkratu
- Výpočet zkratového proudu

### 5.2.2 Schéma

Schéma sítě k místu zkratu počíná nadřazenou elektrickou soustavou, vede přes transformátor 400/110 kV v páteřní rozvodně Dasný a dále pokračuje po vedení 110 kV až k místě zkratu na přípojnici v rozvodně Č.B. Mladé.



Obrázek 34: Skutečné schéma sítě a náhradní schéma se všemi reaktancemi

### 5.2.3 Výpočet

Výpočet reaktance nadřazené elektrické soustavy  $X_s$ :

$$X_s' = \frac{c * U_n^2}{S''_{k3}} = \frac{1,1 * 400\,000^2}{14\,571 * 10^6} = 12,078 \, \Omega$$

$$X_s = X_s' * \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 12,078 * \left(\frac{110}{400}\right)^2 = 0,913 \, \Omega$$

Výpočet reaktance trojvíňového transformátoru  $X_{T403}$ :

$$X_p = 1/2 * (u_{k12} + u_{k13} - u_{k23}) = 0,5 * (13,2 + 33,5 - 18) = 14,35 \%$$

$$X_s = 1/2 * (u_{k12} + u_{k23} - u_{k13}) = 0,5 * (13,2 + 18 - 33,5) = -1,15 \%$$

$$X_t = 1/2 * (u_{k13} + u_{k23} - u_{k12}) = 0,5 * (33,5 + 18 - 13,2) = 19,15 \%$$

$$X_1 = \frac{X_p}{100} * \frac{U_n^2}{S_v} = \frac{14,35}{100} * \frac{U_n^2}{350 * 10^6} = 6,003 \Omega$$

$$X_2 = \frac{X_s}{100} * \frac{U_n^2}{S_v} = \frac{-1,15}{100} * \frac{U_n^2}{350 * 10^6} = -0,481 \Omega$$

$$X_3 = \frac{X_t}{100} * \frac{U_n^2}{S_v} = \frac{19,15}{100} * \frac{U_n^2}{350 * 10^6} = 8,010 \Omega$$

$$X_{T403} = X_1 + X_2 + X_3 = 6,003 - 0,481 + 8,010 = 13,532 \Omega$$

Výpočet reaktance vedení  $X_{V1363}$ :

$$X_{V1363} = X_k * l = 0,418 * 23,319 = 9,75 \Omega$$

Výpočet celkové reaktance  $X_c$ :

$$X_c = X_s + X_{T403} + X_{V1363} = 0,913 + 13,532 + 9,75 = 24,195 \Omega$$

Výpočet rázového zkratového proudu  $I_k''$ :

$$I_k'' = \frac{c * U_n}{X_c} = \frac{1,1 * 110\,000}{24,195} = 5001 \text{ A}$$

Popis použitých veličin při výpočtu:

$X_s'$	- nepřečtená reaktance elektrické soustavy
$c$	- součinitel pro výpočet zkratových proudů
$U_n$	- jmenovité napětí
$S''_{k3}$	- zkratový výkon elektrické soustavy
$X_1, X_2, X_3$	- jednotlivé reaktance transformátoru
$u_k$	- vztažný výkon
$X_k$	- reaktance vedení na kilometr délky
$l$	- délka vedení
$S_v$	- vztažný výkon

**5.2.4 Zhodnocení výsledku**

Rázový zkratový proud dle mého výpočtu vyšel 5001 A, což se může zdát jako reálná hodnota. Při bližším porovnání s hodnotou vyjádřenou pomocí programu BIZON jsem zjistil, že se můj výsledek příliš neliší od skutečnosti. Ta podle programu odpovídá hodnotě 4820 A.

Po konzultaci ve společnosti E-ON v oddělení pro rozvoj sítě mi bylo řečeno, že pro výpočet rázového zkratového proudu, stačí použít program BIZON a následný výsledek je dále zaslán specialistům zabývajících se tepelnými a dynamickými účinky zkratového elektrického proudu. Z předchozího vyplývá a též mi bylo sděleno, že nemusím provádět další výpočty, jelikož rázový zkratový proud je i v praxi tím nejdůležitějším. Zkratová tepelná odolnost po dobu působení 2 sekund odpovídá hodnotě 20 kA a dynamická zkratová odolnost odpovídá 50 kA a těchto hodnot v současné době zkratový proud dosáhnout nemůže.

Rekonstrukce tedy zatím není plánována, ovšem pro zajímavost mi byly prozrazeny výhledové hodnoty změn zkratového proudu a zkratového výkonu v rozvodně Dasný. Při dostavbě JE Temelín by hodnota zkratového 3f proudu vzrostla ze současných 21 kA na hodnotu 30 kA a 3f zkratový výkon by z hodnoty 14 571 MVA narostl na celých 20 831 MVA. Tyto hodnoty jsou pouze výhledové a platí pro případ dostavby bloků ETE34 o výkonu 1700 MW a tomu odpovídající posílení sítě 400 kV. Za těchto předpokladů v Českých Budějovicích přibude minimálně jedna další rozvodna 110 kV.

## Závěr

V této bakalářské práci jsem se snažil nastínit způsob zabezpečení dodávky elektrické energie v oblasti Českých Budějovic. Abych tak mohl učinit, musel jsem se spojit se společností E-ON působící na území Českých Budějovic. Výsledkem vstřícnosti všech zaměstnanců a především s pomocí mého konzultanta Ing. Vlastimila Pomeyeho mi bylo umožněno navštívit všechny elektrické stanice v oblasti Českých Budějovic. Po těchto exkurzích jsem v první části mé bakalářské práce zpracoval přehled současného stavu elektrických stanic v Českých Budějovicích.

První část mé práce se měla zabývat analýzou stavu rozvodných stanic v oblasti Českých Budějovic. Dodávka elektrické energie je zabezpečena z páteřní rozvodny Dasný. Energie je z rozvodny Dasný vyváděna čtyřmi linkami 110 kV, tyto linky jsou konstruovány jako okružní síť, tzv. malý a velký okruh. Velký okruh se uzavírá přes vodní elektrárnu Lipno a spolu s malým okruhem se střetávají v rozvodně České Budějovice - Škoda. Samotné rozdělení a transformace napětí na hladinu 22 kV je prováděno ve čtyřech rozvodnách typu "H" a v jedné rozvodně s dvojitým systémem přípojnic. Dalšího rozdělení vysokého napětí je dosaženo pěticí spínacích stanic. Elektrické stanice jsou průběžně rekonstruovány a udržovány, tímto je dosaženo výborného stavu i přesto, že některé jsou ve funkci již od šedesátých let.

V této chvíli už jsem byl schopen zpracovat podklady, které mi byly poskytnuty a s pomocí skript ([1], [5], [6]) jsem charakterizoval hlavní typy elektrických stanic, způsoby provedení přípojnicových systémů a odboček. S ohledem na praktické využití jsem s jistým omezením zpracoval podobným způsobem i teorii v oboru elektrických přístrojů používaných v rozvodnách. Hlavními typy elektrických stanic, jsou venkovní stanice VVN a vnitřní stanice VN. Menší venkovní stanice jsou často provedeny v zapojení systému přípojnic do "H" a větší stanice jsou provedeny dvojitým či trojitým systémem přípojnic s možností volby přípojnice pomocné. Vnitřní stanice VN jsou provedeny dvojitým nebo jednoduchým systémem přípojnic, podle počtu odboček. Co se týče vybavení odboček, využívá se typických sestav, obvykle dvojice odpojovačů s vypínačem, doplněny o přístrojové transformátory proudu a napětí. Úroveň vybavy vždy odpovídá důležitosti odbočky. Avšak myslím, že není

nejvhodnější pokoušet se do závěru vypsát všemožné kombinace, a proto doporučuji spíše nahlédnout do přílohy A.

Dalším úkolem bylo porovnání dvou vybraných rozvodů z hlediska vlastní spotřeby. V teoretické části tohoto bodu jsem se snažil nastínit, co vlastní spotřeba obnáší a jak je členěna, následně jsem uvedl vybrané rozvodny. Soustředil jsem se na rozvodnu Dasný, kterou jsem v bakalářské práci již uvedl a na rozvodnu Křtěnov. Výsledkem porovnání byla ukázka téměř dokonalého provedení VS a především zálohování v rozvodně Dasný, zatímco v rozvodně Křtěnov je VS provedena tak jednoduše, že pro umožnění bezpečného napájení z venkovní stožárové trafostanice byla rozvodna vybavena oddělovacím transformátorem.

V poslední části mé práce jsem provedl spíše elementární výpočet zkratového proudu v rozvodně České Budějovice - Mladé. V této kapitole jsem také naznačil, jak asi vypadají další výpočty účinků zkratových proudů. Výsledky mého výpočtu jsem porovnal s výsledky simulačního programu Bizon, protože jsem zanedbal činné odpory a vnořené zdroje, mé výsledky se lehce lišily, avšak velice se blížily hodnotám z programu Bizon. Z výsledků je zřejmé, že žádná rekonstrukce není potřeba, a tak jsem alespoň naznačil možné změny přicházející s blížící se dostavbou JE Temelín.

Celá práce mi umožnila poznat a pochopit provoz energetiky v oblasti rozvodu elektrické energie. Vždy mě zajímalo, jak je proveden rozvod pro celé město, navíc pokud se jedná o město, v jehož blízkosti jsem vyrůstal. Po vypracování této práce jsem načerpal znalosti, které mi umožnily pochopit mnohé z mých zvědavých otázek. Zároveň jsem si více uvědomil, jaká je škoda, že většina lidí vidí pouze "dráty" a neesteticky vypadající stožáry či rozvodny. V dnešních dnech naprostá většina lidí bere elektřinu v domácnosti jako samozřejmost a více je nezajímá, proto chovám bláhovou naději, že by někomu má bakalářská práce mohla přijít ve prospěch a po přečtení by si i laik uměl představit, co vše jeho každodenní samozřejmost obnáší. Závěrem si nemohu odpustit mou myšlenku: Elektřina je luxus, který si stále nemůže dovolit každý a ti, co si ho mohou dovolit, si ho mnohdy ani nezaslouží.



## Seznam literatury a informačních zdrojů

### Knihy:

- [1] MERTLOVÁ, Jiřina a KOCMICH, Martin. *Elektrické stanice a vedení*. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1994. ISBN 80-7082-155-8.
- [2] MERTLOVÁ, Jiřina. HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. TAJTL, Tomáš. *Teorie přenosu a rozvodu elektrické energie*. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2008. ISBN 978-80-7043-307-2.
- [3] ŠTROBLOVÁ, Milada a HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. *Elektrické sítě městské a průmyslové*. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1994. ISBN 80-7082-154-X.
- [4] RUSŇÁK, Štěpán a ŘEZÁČEK, Petr. *Elektrické přístroje*. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1996. ISBN 80-7082-285-6.
- [5] MERTLOVÁ, Jiřina a SCHEJBAL, Konstantin. *Rozvodná zařízení*. vyd. Ediční středisko VŠSE, 1990. ISBN 80-7082-017-9.
- [6] BÁRTA, Karel a VOSTRACKÝ, Zdeněk. *Spínací přístroje velmi vysokého napětí*. vyd. Praha: SNTL, 1983. 401 s.
- [7] TROJÁNEK, Zdeněk a CHLADOVÁ, Miloslava. *Přechodné jevy v elektrizačních soustavách*. vyd. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1989. 745 s.

### Internetové odkazy:

- [8] *Elektrické stanice*. PDF, oskenovaný soubor studijních materiálů.[vid. 1.4.2015]. Dostupné z: [www.cesak.com/download.php?id=171](http://www.cesak.com/download.php?id=171)
- [9] *Elektrické přístroje v EE+EPRE*. PDF, studijní materiály, autor: Ing. Jan Sedláček, Ph.D. [vid. 5.1.2015] Dostupné z:<http://home.zcu.cz/~sedlacek/>
- [10] *Energetická selektivita jištění*. odborný článek, autor: Ing. Zdeněk Segeřa, CSc. [vid. 20.5.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/>
- [11] *Elektrotechnika a energetika*. Studijní podklady Střední průmyslové školy strojní a elektrotechnické a Vyšší odborné školy Liberec. [vid. 25.5.2015] Dostupné z: <https://www.pslib.cz/pe/>
- [12] *Výpočet zkratových poměrů v lokální distribuční soustavě*. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. [vid 30.5.2015] Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=40135](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40135)
- [13] *Elektrické stanice*. PDF, Studijní materiál. [vid. 2.4.2015]. Dostupné z: [https://www.powerwiki.cz/attach/EN2/EN2\\_pr11\\_rozvodny.pdf](https://www.powerwiki.cz/attach/EN2/EN2_pr11_rozvodny.pdf)
- [14] *Rekonstrukce rozvodny 22 kV*. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. [vid. 28.3.2015]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/>
- [15] *Interní podklady společnosti E-ON*. Místní provozní předpisi rozveden. Veřejně nepřístupné.
- [16] *E-ON*. oficiální web pro českou komunitu [vid. 30.8.2014]. Dostupné z: <http://www.eon.com/en/about-us/profile/history.html>
- [17] *Rozvodná zařízení*. PDF, kniha volně přístupná pro studenty ZČU. [vid. 10.5.2015] Dostupné z: [http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/RZ\\_2007.pdf](http://home.zcu.cz/~tesarova/PEC/Soubory/RZ_2007.pdf)
- [18] *Mapy*. Internetový server s mapovými podklady. [vid. 1.1.2015]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>

## Přílohy

### Příloha A – Fotografie rozveden

Tato příloha obsahuje vybrané fotografie z rozvodných stanic, jenž se mi podařilo pořídit při exkurzích.



Obrázek 35: Celkový pohled na RS Dasný - rozdělení 400 kV a 110 kV části



Obrázek 36: RS Dasný - pohled na odbočky 110 kV



Obrázek 37: RS Dasný - zařízení hromadného dálkového ovládní (HDO)



Obrázek 38: RS Dasný - jeden z transformátorů VS umístěný v betonové kobce



Obrázek 39: RS Dasný - velín a pohled na informační tabuli



Obrázek 40: RS Dasný - velín a pohled na aktuální stav vlastní spotřeby



Obrázek 41: Větší množství vyřazených měřících transformátorů (Dasný)



Obrázek 42: Detail na horizontální odpojovače 123 kV (Dasný)



Obrázek 43: RS Škoda a pohled na zkratovací soupravu



Obrázek 44: Transformátor v RS Škoda a zrovna probíhající revize



Obrázek 45: Vyvedení výkonu na transformátory slévárny Škoda, sloužící již přes 50 let



Obrázek 46: Provedení vnitřní rozvodny 22 kV - odbelňkové vodiče



Obrázek 47: Provedení rozveden 22 kV - zleva: kobkové, skříňové a zapouzdřené



Obrázek 48: Detailnější pohled na provedení výše zmíněných rozveden 22 kV



Obrázek 49: Suchý transformátor vlastní spotřeby





Obrázek 50: RS Mladé vybavena pantografickými odpojovači



Obrázek 51: RS Mladé - dvojice transformátorů 110 kV a Petersenova zhášecí tlumivka

## Příloha B – Technická dokumentace

Tato příloha obsahuje vybrané technické informace jmenovitých hodnot, typického zařízení nejčastěji využívaného v rozvodných stanicích z oblasti Českých Budějovic. Následující hodnoty jsou převzaty od společnosti E-ON.

**Tabulka 2: Vypínače z přípojnice 110 kV. Typ LTB 145 D1 - ABB**

Typ	LTB 145 D1	LTB 145 D1
Výrobce	ABB - Švédsko	ABB - Švédsko
Rok výroby	do 2001	od 2003
Jmenovité napětí $U_n$	145 kV	145 kV
Jmen. izol. hladina. $U_{STOSS}$	650 kV	650 kV
Jmenovitý proud $I_n$	3150 A	3150 A
Jmenovitý vypínací proud $I_o$	40 kA	40 kA
Jmen. krátkodobý proud / jmenovitá doba zkratu	40 kA/3s	40 kA/3s
Typ pohonu / médium pohonu	střadačový BLK 152 (společný pro 3 fáze) BLK 82 (každá fáze svůj pohon)	střadačový BLK 222 (společný pro 3 pohonový i 1 pohonový vypínač)
Celková doba zapínání (hlavních kontaktů)	max. 40 ms	max. 40 ms
Celková doba vypínání (hlavních kontaktů)	max. 26 ms	max. 26 ms
Jmenovitý spínací sled O = vyp., C = zap	O-0,3s-CO-3min-CO	O-0,3s-CO-3min-CO
Zhášecí a izolační médium hlavních kontaktů	SF <sub>6</sub>	SF <sub>6</sub>
Jmenovitá teplota plnění	20 °C	20 °C
Jmenovitý přetlak SF <sub>6</sub>	Max. 0,9 MPa	Max. 0,9 MPa
-plnění	0,5 MPa	0,5 MPa
-pokles	0,45 MPa	0,45 MPa
-blokování	0,43 MPa	0,43 MPa
Hmotnost SF <sub>6</sub>	5 kg	5 kg (53 l / pól)

**Tabulka 3: Měřicí transformátory napětí**

Typ	VPU - 123	VPU - 123	VPU - 123
Výrobce	Končar - Záhřeb	Končar - Záhřeb	Končar - Záhřeb
	Chorvatsko	Chorvatsko	Chorvatsko
Rok výroby	1994 - 1995	1997	1999, 2000
Primární napětí (kV)	110 000 / $\sqrt{3}$	110 000 / $\sqrt{3}$	110 000 / $\sqrt{3}$
Sekundární napětí (kV)	100 / $\sqrt{3}$ - 100 / 3	100 / $\sqrt{3}$ - 100 / 3	100 / $\sqrt{3}$ - 100 / 3
Výkon jader (VA)	150 - 50	50 - 50	60 - 60
Přesnost	0,2 - 3P	0,2 - 3P	0,5 - 3P
Frekvence (Hz)	50	50	50
Třída izolace	A	A	A
Zkušební napětí (kV)	123 / 230 / 550	123 / 265 / 550	123 / 230 / 550
Vf	1,5 / 30 sec.	1,5 / 30 sec.	1,5 / 30 sec.
Hmotnost (kg)	400	390	385
Váha oleje (kg)	70	70	80
Druh oleje	Technol Y-3000	Technol Y-3000	Technol Y-3000

**Tabulka 4: Typické odpojovače rozvodných stanic - přípojnice 110 kV**

Typ	OT 110 K (OTU 110)	OHT 1220 (OHTU 1220)	ISHT (U2) - 1220
jmenovité napětí	110 kV	110 kV	123 kV
max. provozní napětí		123 kV	
jmenovitý proud	2000 A	2000 A	2000 A
zkušební napětí rázové	550 kV	630 kV	450 kV
krátkodobý proud I sec	39,4 kA	40 kA	40 kA
dynamický proud		100 kA	

**Tabulka 5: Přístrojové transformátory proudu**

Typ	AGU 123	AGU 123	AGU 123	AGU 123	AGU 123	AGU 123
Převod	4×150/4×1A	4×150/4×1A	4×200/3×1A	4×200/3×1A	4×200/3×1A	4×200/4×1A
Rok výroby	1994	1995	2000	2002	2003	2005
Výrobce	Končar-Záhřeb Chorvatsko	Končar-Záhřeb Chorvatsko	Končar-Záhřeb Chorvatsko	Končar-Záhřeb Chorvatsko	Končar-Záhřeb Chorvatsko	Končar-Záhřeb Chorvatsko
Přesnost	1S-0,2 FS 10 2S-0,5 FS 5 3S-5 P 10 4S-10 P 20	1S-0,2 FS 10 2S-0,5 FS 5 3S-5 P 10 4S-10 P 20	1S-0,5 FS 5 2S-10 P 20 3S-10 P 20	1S-0,5 FS 5 2S-10 P 20 3S-10 P 20	1S-0,5 FS 5 2S-5 P 10 3S-10 P 20	1S-0,2 FS 5 2S-0,2 FS 5 3S-5 P 10 4S-10 P 20
Výkon jader (VA)	15 / 30 / 30 / 60	15 / 30 / 60 / 60	30 / 60 / 60	30 / 60 / 60	30/60/60	15 / 30 / 60 / 60
Přetížitelnost Ext. (%)	120 / 120 / - / -	120 / 120 / - / -	120 / - / -	120 / - / -	120 %	120 / 120 / - / -
Napětí (kV)	123 / 230 / 550	123 / 230 / 550	123 / 230 / 550	123 / 230 / 550	123 / 230 / 550	123 / 230 / 550
Třída izolace	A	A	A	A	A	A
Frekvence(Hz)	50	50	50	50	50	50
I th / I dyn (kA)	31,5 / 78,7	40 / 100	20-40-40 / -	20 / 50	20/ 50	20 / 50
I cth (A)	4 x 180	4 x 180	4 x 240	4 x 240		4 x 240
Váha oleje (kg)	120	120	110	110	110	110
Celková (kg)	470	470	450	440	440	410

*Typický Silový transformátor KONČAR používaný v rozvodnách 110 kV*

Olejoový, venkovní provedení

typ TRP 40 000 - 123 F

jmenovitý výkon 40 MVA

vstupní napětí 110000 ± 8 x 2% V

výstupní napětí 23000 V

převod 110/23 kV, 249,9/1004,1 A

spojení Ynyo/d

chlazení ONAN/ONAF - ventilátory

regulace odporová v uzlu vinutí 110 kV

Transformátor je vybaven jednotnou ovládací skříní,

pomocné napětí 110 Vss, napětí pro pohony regulace a ofukování 380 V, 50 Hz.

řízení regulace: a) ručně: z ovládací skříně

z dozorny

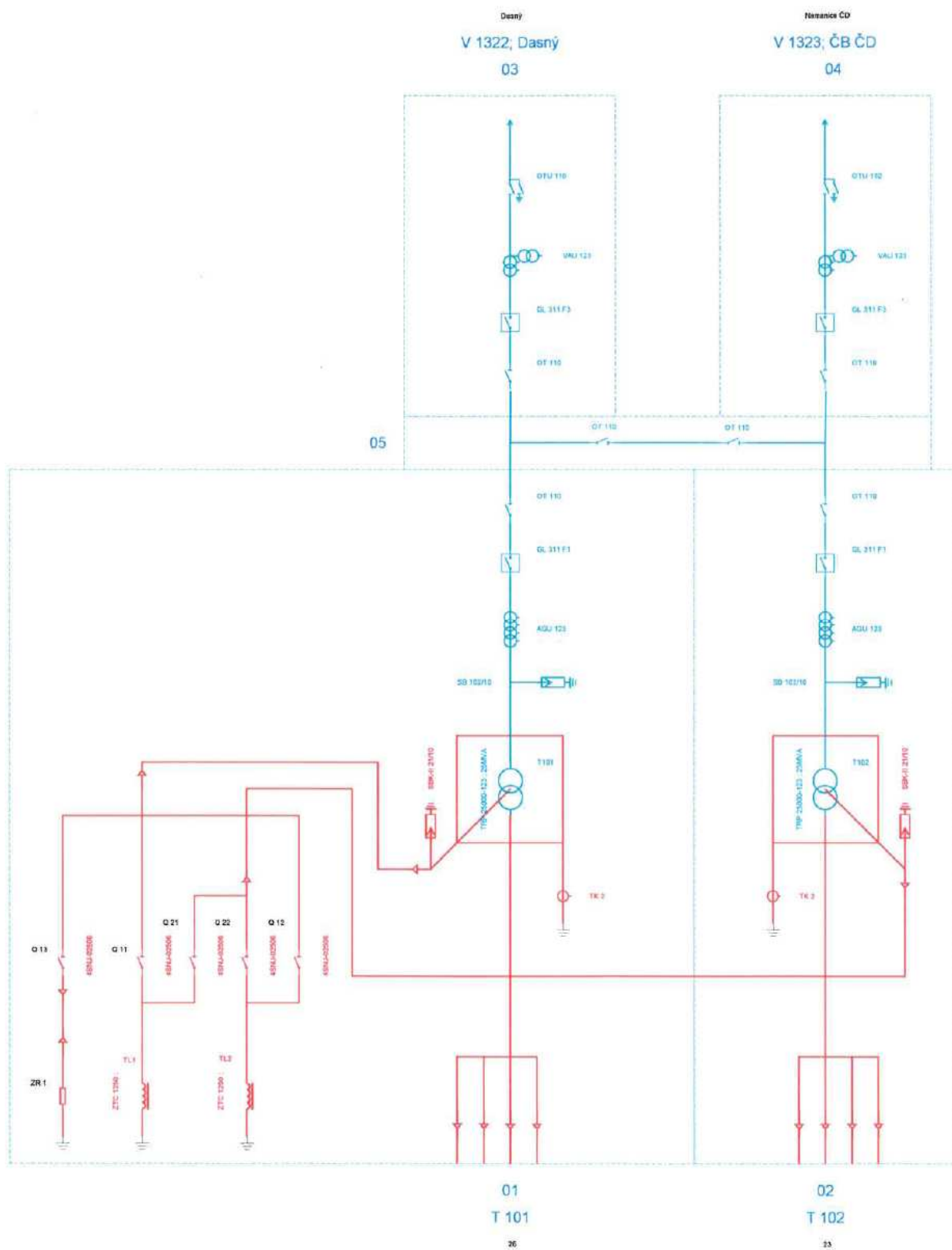
dálkově z RD

b) automaticky

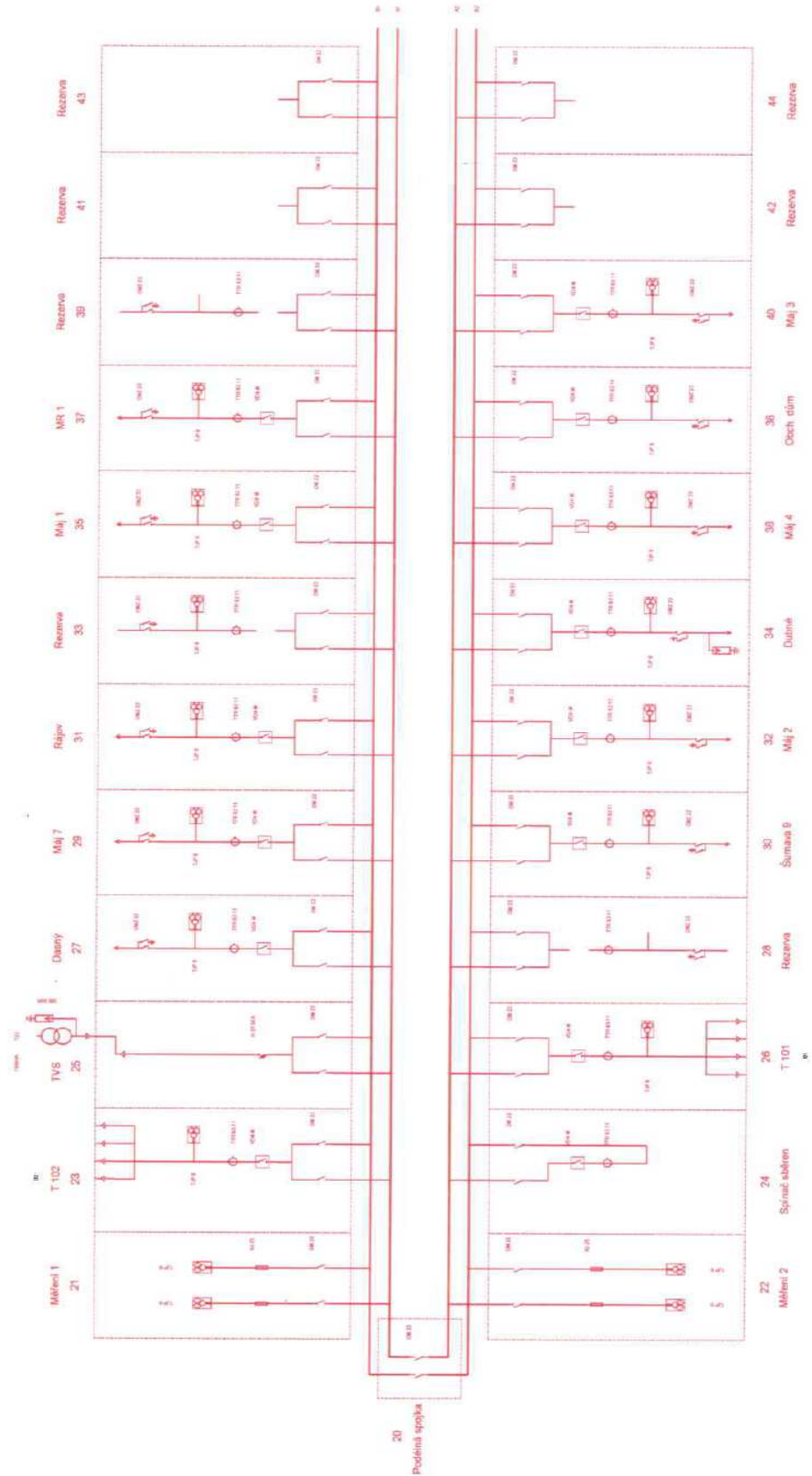
c) nouzové – klikou přímo z transformátoru

### Příloha C – Schéma rozveden

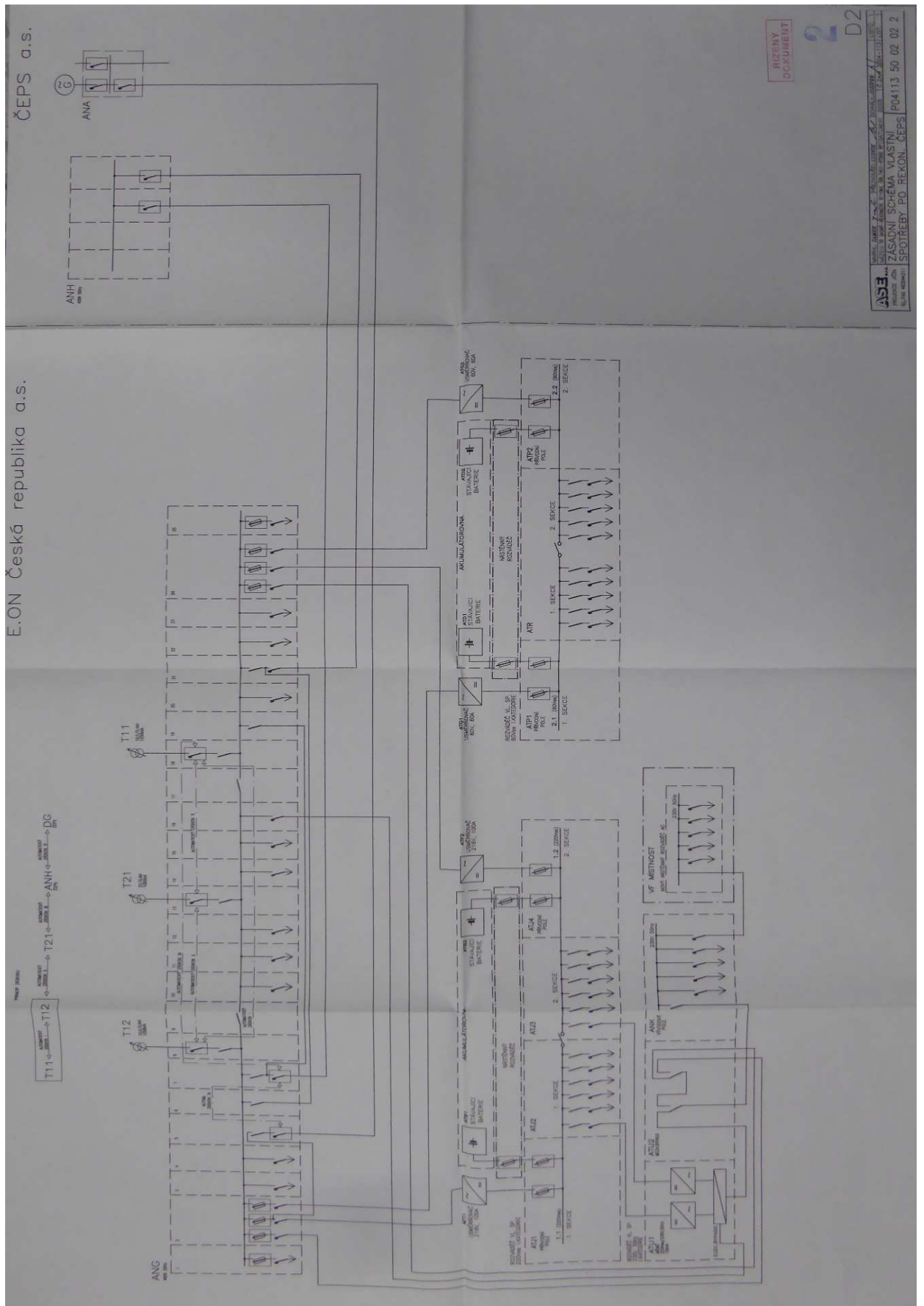
Tato příloha obsahuje vybraná schematická zapojení převzatá od společnosti E-ON.



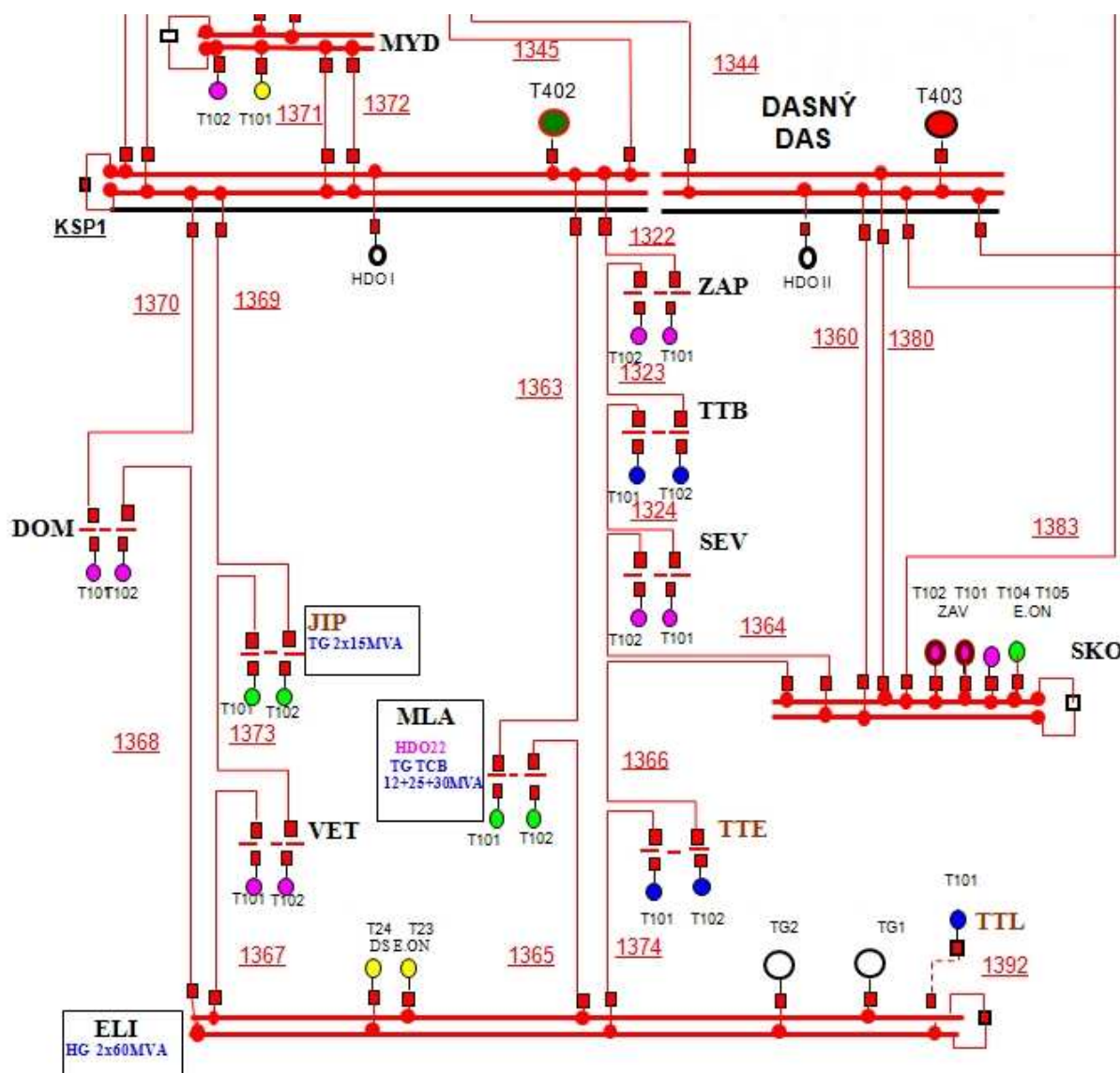
Obrázek 52: Typické zapojení rozvodné stanice v přípojnicovém zapojení do H - strana 110 kV (RS Č.B. Západ)



Obrázek 53: Typický dvojitý systém přípojníc RS Západ ze strany 22 kV



Obrázek 54: Schéma vlastní spotřeby páteřní rozvodny Dasný



Obrázek 55: Schéma rozvodné distribuční sítě pro České Budějovice a nejbližší okolí