

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Elektrická část JE Temelín – vlastní spotřeba JE

Vypracoval: Michal Rotbauer

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Jiříčková, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ROTBAUER**
Osobní číslo: **E09B0079P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Elektrická část JE Temelín - vlastní spotřeba JE.**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Popište elektrické schéma JE Temelín.
2. Proveďte popis provozního a nouzového zdroje pro napájení vlastní spotřeby, nezajištěné/zajištěné napájení, bezpečnostní systémy zajištěného napájení.
3. Popište normativní požadavky na elektrickou část vlastní spotřeby tepelných elektráren dle ČSN 38 1120 a porovnejte skutečnou realizaci v JETE.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. ČSN 38 1120 Vlastní spotřeba tepelných elektráren a tepláren

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Jiříčková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


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




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni, dne

.....

Podpis

Anotace:

Předmětem bakalářské práce je rozbor elektrické části jaderné elektrárny Temelín. V práci jsou popsány hlavní části vlastní spotřeby a provozní stavy, při kterých je blok jaderné elektrárny provozován. Velká pozornost je věnována nouzovým a rezervním systémům napájení i nouzovým a rezervním zdrojům napájení. Realizace vlastní spotřeby v JE Temelín je pak ve výsledku porovnána s normou ČSN 38 1120.

Klíčová slova:

Základní elektrické schéma, vlastní spotřeba, rezervní napájení, nouzové napájení, systémy zajištěného napájení, systémy nezajištěného napájení, jaderná elektrárna Temelín, turbogenerátor, transformátor, dieselgenerátor, ČSN 38 1120, spotřebiče 1., 2. a 3. kategorie, ztráta napájení.

Annotation:

The subject of this thesis is the analysis of own consumption of nuclear power plant Temelín. The thesis describes the main parts of the own consumption and operating modes in which is the own consumption operated. Great attention is paid to emergency and reserve power systems and emergency and reserve power sources. Implementation of the own consumption in nuclear power plant Temelin is finally compared with the czech standard ČSN 38 1120.

Key words:

Basic electric scheme of nuclear power plant, own consumption, reserve power systems, emergency power systems, emergency and reserve power sources, nuclear power plant Temelín, turbogenerator, transformer, diesel generator, ČSN 38 1120, appliances of the 1st, 2nd and 3rd category, the loss of power.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří se podíleli na mém odborném vzdělávání v průběhu studia na ZČU. Zvláštní dík pak patří vedoucí této bakalářské práce Ing. Janě Jiříčkové Ph.D., za vstřícnou a profesionální spolupráci při psaní práce. Za podporu a shovívavost během studia děkuji celé své rodině.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	10
ÚVOD	11
1. VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRÁRNY	12
1.1. VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRÁRNY	12
1.2. ZÁKLADNÍ ELEKTROTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ	13
1.2.1. <i>Zdroje VS</i>	13
1.2.2. <i>Rozvodny</i>	13
1.2.3. <i>Spotřebiče</i>	14
1.3. JADERNÁ BEZPEČNOST	15
1.4. ZNAČENÍ ELEKTROTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ V JETE	16
1.5. SYSTÉMY NAPÁJENÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY	17
1.5.1. <i>Systém nezajištěného napájení NN III. kat</i>	18
1.5.2. <i>Systém zajištěného napájení ZN II. a I. kat</i>	19
1.5.3. <i>Systém zajištěného napájení ZN III/II. a III/I. kat</i>	21
1.5.4. <i>Systém odstavení reaktoru (SOR)</i>	22
1.5.5. <i>Napájení vnějších objektů</i>	23
1.6. PROVOZNÍ REŽIMY JETE	23
2. VLASTNOSTI HLAVNÍCH ELEKTROTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ	25
2.1. TURBOGENERÁTOR	25
2.2. BLOKOVÝ TRANSFORMÁTOR	26
2.3. ODBOČKOVÝ TRANSFORMÁTOR	27
2.4. REZERVNÍ TRANSFORMÁTOR	28
2.5. ÚSEKOVÝ TRANSFORMÁTOR	30
2.6. ZAPOUZDŘENÉ VODIČE	30
2.7. DIESELGENERÁTOR	31
2.8. AKUMULÁTOROVÉ BATERIE	33
2.9. VYPÍNAČE	33
2.10. JISTIČE	34
2.11. SPOTŘEBIČE	35
3. NORMA ČSN 38 1120	37
3.1. POROVNÁNÍ TEPLÁRNY A JADERNÉ ELEKTRÁRNY Z HLEDISKA VLASTNÍ SPOTŘEBY	37

3.2. NORMATIVNÍ SROVNÁNÍ ČSN 38 1120 S REALIZACÍ V JETE.....	38
4. ZÁVĚR.....	42
5. SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	43
6. SEZNAM PŘÍLOH.....	44

Seznam použitých zkratk:

AC	Střídavá síť
DC	Stejnoseměrná síť
DS	Dieselgenerátor
I.O.	Primární okruh
II.O.	Sekundární okruh
JE	Jaderná elektrárna
JETE	Jaderná elektrárna Temelín
LKP	Lineárně krokové pohony
NN	Nezajištěné napájení
PUP	Ukazatelé polohy
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
SOR	Systém odstavení reaktoru
SRDGS	Společný rezervní dieselgenerátor
TG	Turbogenerátor
TST	Teplárna Strakonice
VS	Vlastní spotřeba
ZN	Zajištěné napájení

Seznam obrázků a tabulek:

- Obr. 1.1 Základní schéma vlastní spotřeby*
Obr. 1.5 Přehled systémů napájení ve vlastní spotřebě
Obr. 1.5.1 Přehledové schéma systémů NN
Obr. 1.5.2 Přehledové schéma systémů ZN
Obr. 1.5.3 Přehledové schéma systémů ZN III.kat
Obr. 1.5.4 Přehledové schéma systémů SOR
Obr. 2.1 Turbogenerátor
Obr. 2.2 Blokovaný transformátor
Obr. 2.3 Odbočkový transformátor
Obr. 2.4 Rezervní transformátor
Obr. 2.6 Zapouzdržené vodiče
Obr. 2.7 DG bezpečnostních systémů
Obr. 2.8 Společný rezervní DG
Tab. 2.1 Parametry turbogenerátoru
Tab. 2.2 Parametry blokovaného transformátoru
Tab. 2.3 Parametry odbočkového transformátoru
Tab. 2.4 Parametry rezervního transformátoru
Tab. 2.5 Parametry úsekového transformátoru
Tab. 2.7 Parametry dieselgenerátoru
Tab. 2.7 Parametry mobilního dieselgenerátoru

Úvod:

Vzhledem ke globálnímu nárůstu závislosti na energii se jaderná energetika stává nepostradatelnou součástí energetického mixu na celém světě. Její ohromný energetický potenciál doposud nebyl žádnými jinými zdroji překonán. Vysoká koncentrace energie v tak malém místě s sebou ale přináší mnoho rizik a problémů. Jen stěží se dá tvrdit, zda naše zkušenosti a znalosti v oboru jaderné energetiky jsou schopny těmto rizikům stoprocentně předejít.

Strach z následků selhání a havárie jaderné elektrárny je jedním z největších problémů jaderné energetiky. Je zapotřebí vynaložit spoustu úsilí na zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti jaderné energetiky. S tím souvisí i zavedení přísnějších bezpečnostních testů a opatření. Na každou část JE jsou tak kladeny obrovské bezpečnostní požadavky. Každá část musí zajišťovat bezpečný provoz JE i její bezpečné odstavení.

V dnešní době jsou téměř všechny systémy jaderných elektráren závislé na dodávce elektrické energie. Bez ní může dojít k selhání některých důležitých bezpečnostních částí JE, následně k materiálním škodám, a v konečné fázi až k haváriím s radičním dopadem. Dne 11. března 2011 došlo na japonské jaderné elektrárně Fukushima Dai-ichi k havárii, která byla přímým důsledkem ztráty elektrického napájení. V závislosti na této nehodě byly zpřísněny požadavky na bezpečnost dodávky energie a na vlastní spotřebu JE jako takovou. Zkušenost a ponaučení z této havárie na japonské jaderné elektrárně vede všechny jaderné elektrárny na světě ke znovu prověření svých systémů vlastní spotřeby. Současně je nutí k zajištění napájení bezpečnostních systémů, aby byly zvládnuty veškeré havarijní situace, které v dané lokalitě a typu elektrárny mohou vzniknout.

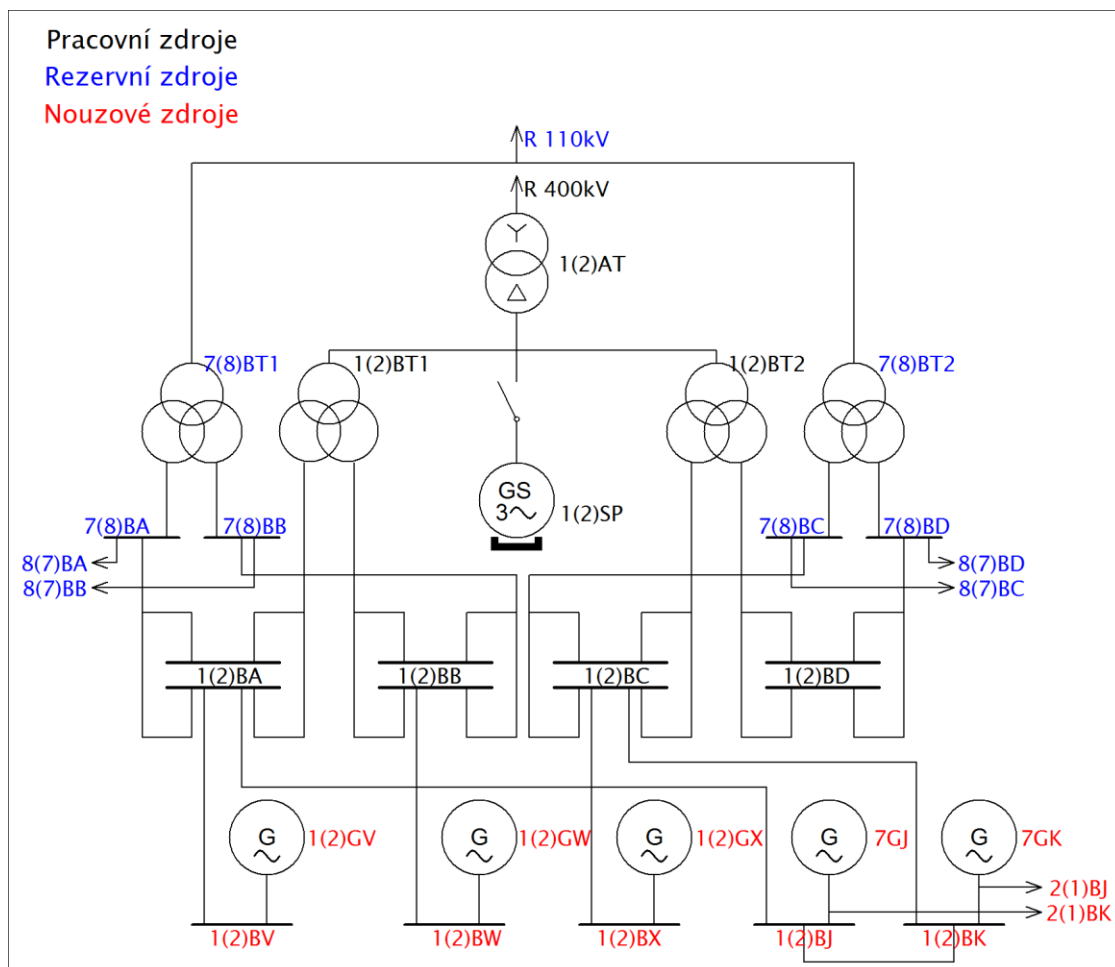
V této práci se budu věnovat právě jednotlivým částem vlastní spotřeby JE Temelín, jejím normovaným požadavkům na bezpečnost a jejím bezpečnostním systémům. Popíši zde schéma vlastní spotřeby a její hlavní zařízení.

1. VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRÁRNY

1.1. Vlastní spotřeba elektrárny

Vlastní spotřeba elektrárny je tvořena systémem el. zdrojů, rozvodů a spotřebičů, který má zajistit dodávku el. energie do všech elektrických zařízení. Tato energie je primárně určena k běžnému provozu jaderné elektrárny. Velmi důležitou úlohu ale zastává při neplánovaném stavu elektrárny, kdy napájí systémy, které se snaží udržet elektrárnu v chodu, popřípadě ji odstaví a nepřetržitě napájí dochlazování reaktoru. [5]

V normálním provozu je elektrická energie VS odebrána z celkové vyrobené elektřiny JE a pohybuje se do 8% celkového vyrobeného výkonu. U obou bloků JE Temelín se běžně pohybuje do 5 % (tj. cca 50 MW / blok) [1]. V případě rezervních a nouzových režimů je tato energie dodávána z okolních zdrojů. Elektrárna má tedy více zdrojů napájení VS. Vzhledem k tomu, že chod elektrárny je zcela závislý na el. energii, jsou na vlastní spotřebu kladeny vysoké bezpečnostní nároky.



Obr. 1.1 Základní schéma vlastní spotřeby JE Temelín (1 blok) [1] [8]

1.2. Základní elektrotechnická zařízení

1.2.1. Zdroje VS:

El. zdroje přivádějí energii do systémů vlastní spotřeby. U některých systémů musí zajistit nepřetržité napájení. Z tohoto důvodu je v JETE několik různých zdrojů, které jsou zapínány v závislosti na aktuálním provozním režimu elektrárny.

a) Pracovní zdroje:

Zdroje určené k napájení vlastní spotřeby za provozu, najíždění a doběhu:

- Odbočkové transformátory 1(2)BT1, 1(2)BT2
- napájeny z turbogenerátoru TG 1000 MW
- napájeny ze sítě 400 kV (rozvodna Kočín)

b) Rezervní zdroje:

Zdroje určené pro napájení vlastní spotřeby nebo její části pro případ poruchy na pracovním zdroji:

- Transformátory rezervního napájení 7(8)BT, 7(8)BT2
- napájeny ze sítě 110 kV (rozvodna Kočín)

c) Nouzové zdroje:

Zdroje určené pro napájení spotřebičů zajišťujících odstavení a chlazení reaktoru, odvrácení vážného ohrožení osob, uchování důležitých informací a ovládání důležitých částí elektrárny:

- Dieselgenerátory 1(2)GV, 1(2)GW, 1(2)GX, společné dieselgenerátory 7GJ, 7GK
- Akumulátorové baterie 220 V DC + střídače

1.2.2. Rozvodny:

Rozvodná zařízení slouží k napájení jednotlivých spotřebičů. Rozdělují napájecí systémy na různé napěťové hladiny.

a) Blokové rozvodny 6 kV 1(2)BA, 1(2)BB, 1(2)BC, 1(2)BD

Zajišťují dodávku a rozvod elektrické energie systémům nezajištěného napájení.

- napájeny z odbočkových transformátorů 1(2)BT1, 1(2)BT2
- napájeny z transformátorů rezervního napájení 7(8)BT, 7(8)BT2

b) Rozvodny rezervního napájení 6 kV 7(8)BA, 7(8)BB, 7(8)BC, 7(8)BD

Při ztrátě napájení blokové rozvodny z odbočkových transformátorů 1(2)BT1, 1(2)BT2 automaticky přebírají napájení blokových rozvodů.

- napájeny z rezervních transformátorů 7(8)BT, 7(8)BT2
- napájeny ve zvláštních případech podélnou spojkou ze sousedních 8(7)BA, 8(7)BB, 8(7)BC, 8(7)BD. (2. blok)

c) Rozvodny nouzového napájení 6 kV 1(2)BV, 1(2)BW, 1(2)BX

Napájí systémy zajištěného napájení ZN II. a I. kat.

- napájeny z blokových rozvodů 1(2)BA, 1(2)BB, 1(2)BC
- napájeny z dieselgenerátorů 1(2)GV, 1(2)GW, 1(2)GX

d) Rozvodny nouzového napájení 6 kV 1(2)BJ, 1(2)BK

Napájí systémy zajištěného napájení ZN III. kat.

- napájeny z dieselgenerátorů 7GJ, 7GK

e) Úsekové rozvodny 0,4 kV

Přímo napájí spotřebiče s výkony nad 50 - 200 kW a podružné rozvaděče.

- napájeny ze vzduchem chlazených transformátorů 6/0,4 kV (ze systémů NN i ZN)

f) Podružné rozvaděče

Přímo napájí jednotlivé spotřebiče s výkonem do 50 kW

1.2.3. Spotřebiče:

a) Spotřebiče I. kategorie:

Spotřebiče, u nichž jsou kladeny zvýšené požadavky na spolehlivost napájení.

Přímo se podílejí na jaderné bezpečnosti a přerušení napájení na dobu delší než zlomky sekund je nepřijatelné.

- napájeny jsou ze zdrojů provozních, rezervních i nouzových (dieselgenerátory+baterie)

b) Spotřebiče II.kategorie:

Spotřebiče, u nichž jsou kladeny zvýšené požadavky na spolehlivost napájení.

Přímo se podílejí na jaderné bezpečnosti, ale je přípustné přerušení napájení v řádu desítek sekund až 10 minut. (rozběh dieselgenerátorů).

- napájeny jsou ze zdrojů provozních, rezervních i nouzových (jen dieselgenerátory)

c) Spotřebiče III. kategorie:

Nepodílejí se přímo na jaderné bezpečnosti, ale mohou ovlivňovat spolehlivý provoz bloku.

Z hlediska jaderné bezpečnosti je u nich přípustné přerušení napájení.

- napájeny z provozních a rezervních zdrojů

d) Spotřebiče III/I. kategorie:

Nepodílejí se na jaderné bezpečnosti, ale podílejí se na bezpečnosti drahých zařízení a osob.

Přerušení napájení na dobu delší než zlomky sekund je nepřípustné.

- napájeny jsou ze zdrojů provozních, rezervních i nouzových (společné dieselgenerátory + baterie)

e) Spotřebiče III/II. kategorie:

Nepodílejí se na jaderné bezpečnosti, ale podílejí se na bezpečnosti drahých zařízení a osob.

Ztráta napájení povolena jen do 10 minut (rozběh dieselgenerátoru).

- napájeny jsou ze zdrojů provozních, rezervních i nouzových (jen společné dieselgenerátory 7GJ,7GK)

1.3. Jaderná bezpečnost

Pro zajištění jaderné bezpečnosti je důležitá schopnost zabránit nekontrolovanému rozvoji štěpné řetězové reakce a nedovoleným únikům radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí. Cílem je za všech okolností chránit veřejné zdraví a životní prostředí zamezováním šíření nebezpečně vysokého množství radioaktivních látek, předcházet poruchám a nehodám a minimalizovat jejich případné následky.

Jaderné zařízení musí být schopno za každých okolností odstavit reaktor a zajistit účinné ochlazování i odvádění tepla z aktivní zóny, následně pak omezování úniku radiace a jeho následků. [6] [7]

Všeobecný rámec pro jadernou bezpečnost je obsažen v zákoně č.18/1997 Sb. O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření.

1.4. Značení elektrotechnických zařízení v JE Temelín [1]

Vzhledem k velkému počtu elektrotechnických zařízení ve vlastní spotřebě bylo zavedeno speciální značení, které má zajistit přehlednost a rychlou orientaci. Každé zařízení je značeno 3-12 ti místnou kombinací číslic a písmen, které nám vyhrazují konkrétní zařízení a zároveň podávají základní informaci o typu, určení a poloze zařízení.

1(2)BT1 1(2)EE04 7(8)BA

- **první číslice** podávají informaci o umístění zařízení v konkrétním bloku.

Protože jsou schémata VS v obou blocích stejná, platí značení zařízení v jednom bloku i pro zařízení v druhém bloku, pouze se zamění první číslice. Pro přehlednost se toto číslo zapisuje do závorky.

0- zařízení neblokované

1-zařízení v 1. bloku

2-zařízení v 2. bloku

7-rezervní zařízení v 1. bloku

8-rezervní zařízení v 2. bloku

- **dvě písmena** udávají napěťovou hladinu a typ zařízení
(A – vv, B – vn, C – nn, E – nn DC)
- **dvě číslice** odlišují jedno zařízení ze skupiny více stejných zařízení
- další charakteristické informace o zařízení

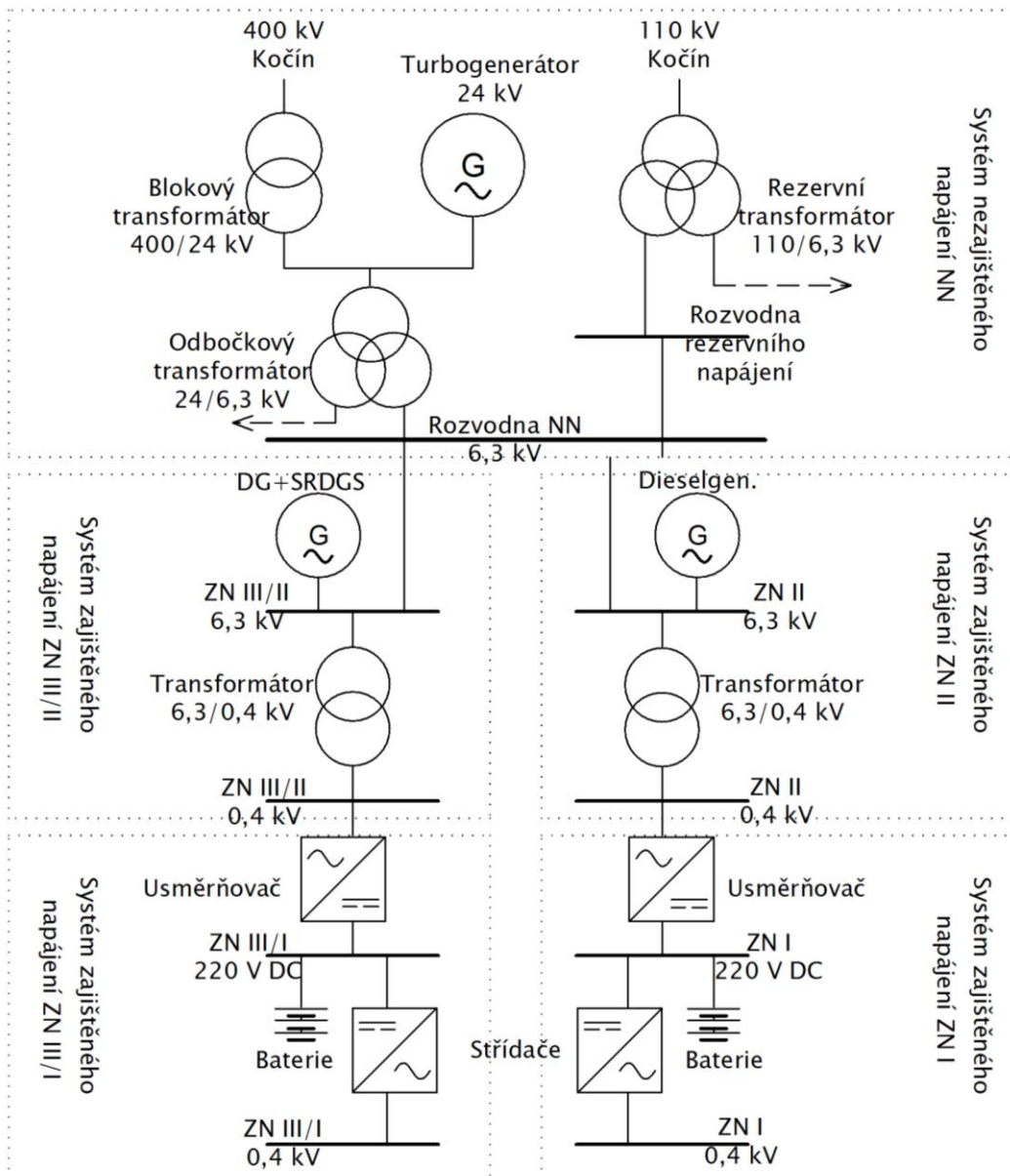
Příklady:

1(2)BT1- první odbočkový transformátor 1. bloku. Takto je značen i první odbočkový transformátor 2. bloku (viz. závorka).

7(8)BA- rozvodna 6 kV rezervního napájení pro 1. blok (2.blok)

1(2)EE04- rozvodna č. 4 220 V DC pro 1.blok (2.blok)

1.5. Systémy napájení vlastní spotřeby



Obr. 1.5 Přehled systémů napájení ve vlastní spotřebě [8]

Systém napájení VS je soubor zdrojů, sítí, rozveden a usměrňovačů, který zajišťuje dodávku k jednotlivým spotřebičům VS. Důležitost dodávky pro konkrétní zařízení je různá, proto hlavním kritériem pro rozdělení systémů napájení je bezpečnost dodávky. Dalším rozdělovacím kritériem může být provozní napětí daného systému.

Z hlediska bezpečnosti:

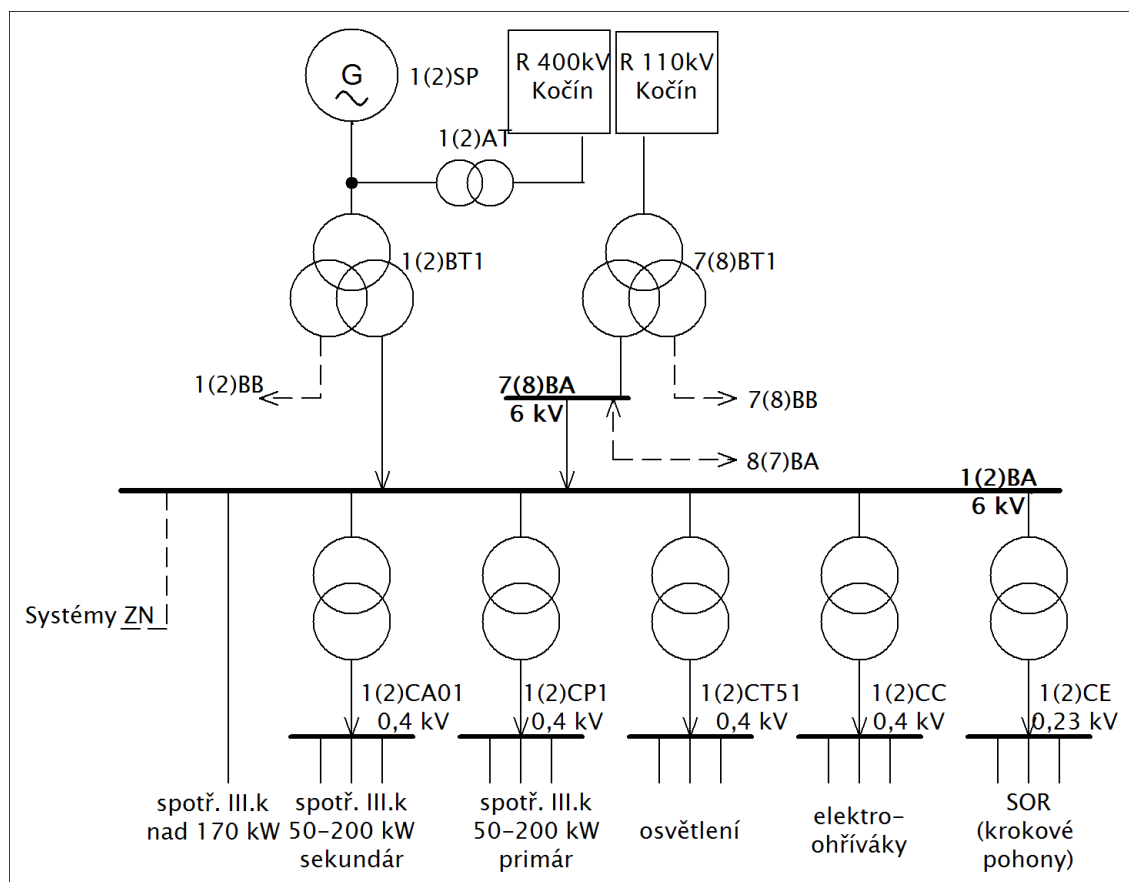
- Systém nezajištěného napájení
- Systém zajištěného napájení

Z hlediska napěťových hladin:

- Systém AC – 6,3 kV, 0,4 kV
- Systém DC – 220 V, 110 V, 24 V

Vzhledem k velkému množství spotřebičů VS u každého bloku, je napájecí systém velice rozsáhlý. Pro zjednodušení a názorné vysvětlení budu tedy popisovat jen některé jeho základní části. Od začátku se zaměřím podrobně pouze na systémy, vycházející z blokové rozvodny 1(2)BA. Systémy ostatních rozvodn jsou obdobné.

1.5.1. Systém nezajištěného napájení NN III. kategorie



Obr. 1.5.1 Přehledové schéma systémů NN [8]

Systém nezajištěného napájení přímo napájí spotřebiče III. kategorie nepodílející se na jaderné bezpečnosti. Zároveň v provozním stavu napájí jako pracovní zdroj zajištěné systémy.

Hlavním prvkem systému NN jsou 4 blokové rozvodny **1(2)BA**, 1(2)BB, 1(2)BC, 1(2)BD. Každá rozvodna je tvořena dvěma samostatnými sekcemi, kvůli snížení napájecích proudů spotřebičů. Ty jsou na sekce rozděleny rovnoměrně. Spotřebiče, které jsou napájeny

jednotlivými blokovými rozvodnami, nemusí být na každé rozvodně stejné. Vzhledem k tomu, že nejde o spotřebiče ovlivňující jadernou bezpečnost, není nutné, aby byly napájeny z více rozvoden současně. Blokované rozvodny pracují na napěťové hladině 6 kV.

Rozvodny jsou napájeny ze dvou pracovních zdrojů **1(2)BT1**, **1(2)BT2** a ze dvou rezervních zdrojů **7(8)BT1**, **7(8)BT2** přes rezervní přípojnice **7(8)B A-D** viz. obr..1.5.1. Z toho vyplývá, že systém NN napájí spotřebiče jen v pracovním nebo rezervním režimu. Při výpadku pracovních zdrojů napájení přebírají rezervní zdroje. Při selhání rezervních zdrojů lze systém ještě napájet z rezervních zdrojů sousedního bloku **8(7)BT1**, **8(7)BT2**, čehož dosáhneme propojením rezervních rozvoden **7(8)BA** a **8(7)BA** podélnými spojkami.

Přímo z blokované rozvodny jsou napájeny spotřebiče III. kategorie s výkonem nad 170 kW. Ostatní spotřebiče jsou napájeny z úsekových rozvoden (rozvaděčů) 0,4 kV, které jsou k blokované rozvodně připojeny přes vzduchem chlazené transformátory 6/0,4 kV. U blokované rozvodny **1(2)BA** jsou to úsekové rozvaděče **1(2)CA01** napájející technologické spotřebiče sekundárního okruhu 50-200 kW. Tyto rozvaděče dále mohou být napájeny z rezervních přívodů sousedních rozvaděčů nebo z mobilního dieselgenerátoru 200 kVA. Na úsekový rozvaděč **1(2)CP1** jsou připojeny technologické spotřebiče III. kategorie primárního okruhu 50-200 kW. I zde je možné napájení z rezervních přívodů. Rozvaděč **1(2)CT51** je zdrojem osvětlení pro blok. Rozvaděč **1(2)CC** napájí elektroohřev v kompenzátoru objemu. Rozvaděč **1(2)CE 230V AC** napájí rozvodné sítě SOR.

Blokovaná rozvodna **1(2)BA** také představuje pracovní zdroj systémů zajištěného napájení.

1.5.2. Systém zajištěného napájení II. a I. kategorie

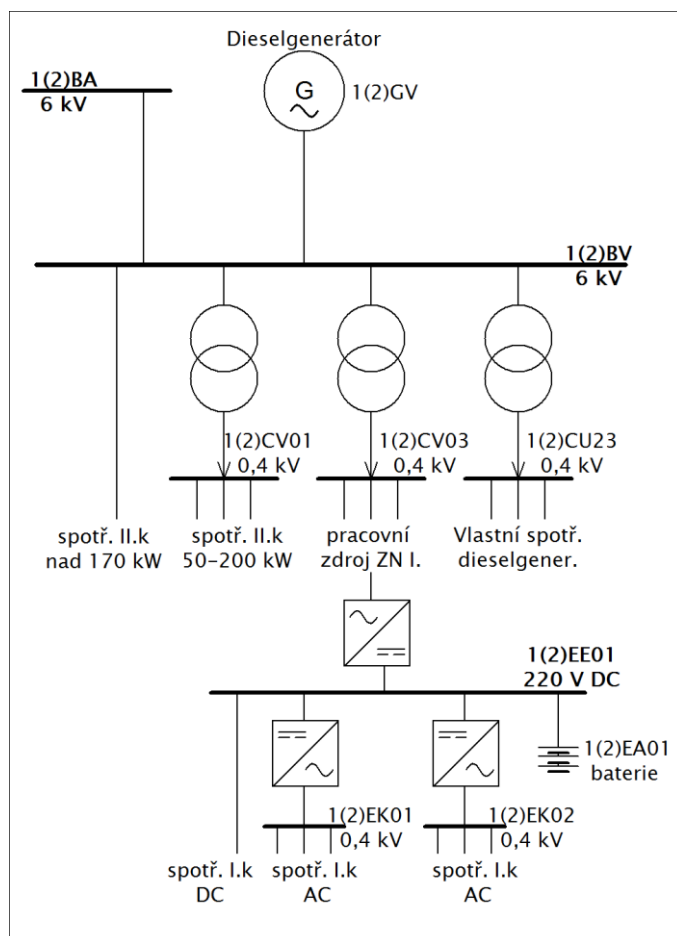
Systémy zajištěného napájení II. a I. kategorie napájí spotřebiče II. a I kategorie. Jsou zde kladeny vysoké nároky na zajištění dodávky elektrické energie.

Hlavním prvkem jsou zde rozvodny **1(2)BV**, **1(2)BW** a **1(2)BX** 6 kV. Ty napájí tři totožné systémy, které jsou vzájemně oddělené. Tím se velice zvyšuje bezpečnost napájení systémů ZN (200% záloha).

Tyto rozvodny jsou v provozním a rezervním stavu napájeny ze systémů NN, tedy z blokovaných rozvoden **1(2)BA-BC**. V nouzovém režimu pak napájení přebírají dieselgenerátory **1(2)GV**, **1(2)GW**, **1(2)GX** o výkonu 6,3 kVA a **baterie 220 V DC**.

Při ztrátě napájení ze systému NN **1(2)BA** dochází k rozběhu dieselgenerátoru **1(2)GV**, který je v „horké rezervě“ a je schopen napájet systém ZN II. kategorie do několika sekund.

V této době jsou spotřebiče II. kategorie bez napětí. Napájení systému ZN I. kategorie, tedy životně důležitých spotřebičů I. kategorie, mezitím zajišťují **DC baterie**.

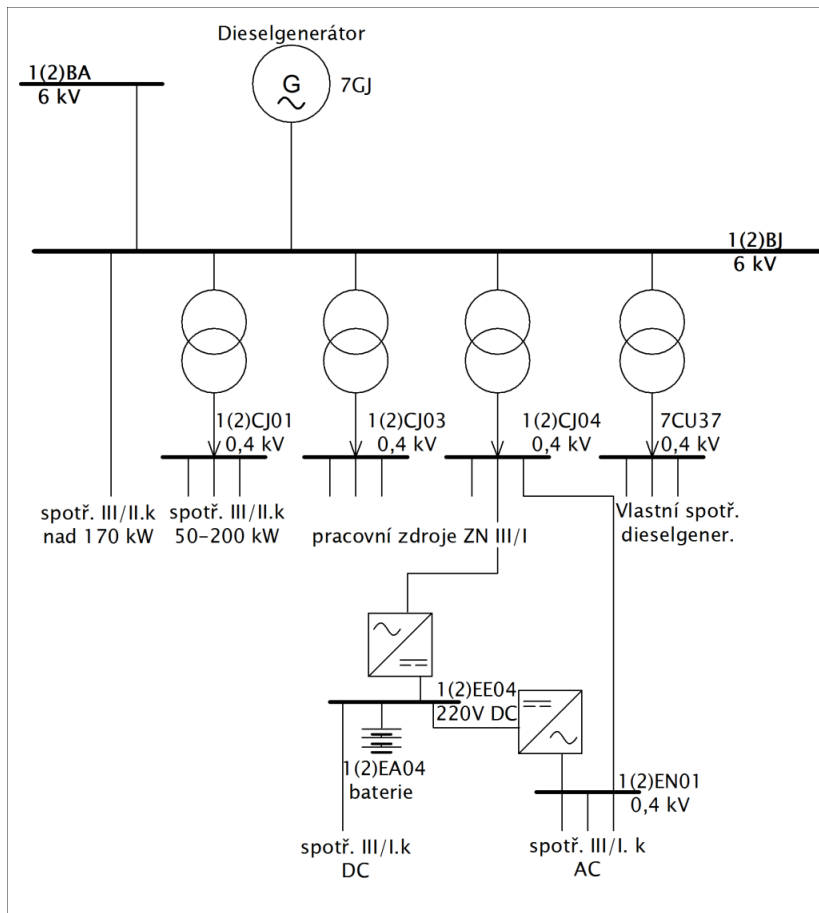


Obr. 1.5.2 Přehledové schéma systémů ZN [8]

Rozvodna 1(2)BV napájí přímo spotřebiče II. kategorie s výkonem nad 170 kW. Ostatní spotřebiče jsou napájeny z úsekových rozveden (rozvaděčů) 0,4 kV, které jsou k rozvodně 1(2)BV připojeny přes vzduchem chlazené transformátory 6/0,4 kV. U rozvodny 1(2)BV jsou přes úsekové rozvaděče **1(2)CV01** napájeny technologické spotřebiče s výkonem 50-200kW. Rozvaděč **1(2)CU23** zajišťuje napájení vlastní spotřeby dieselgenerátoru 1(2)GV.

Rozvaděč **1(2)CV03** představuje pracovní a nouzový zdroj systému ZN I. kategorie. Napětí 0,4 kV AC je přes usměrňovač převedeno na 220 V DC a přivedeno na úsekový rozvaděč **1(2)EE01**. Ten tvoří hlavní prvek systému ZN I. Zároveň je na něj přivedeno napětí z DC akumulátorových baterií **1(2)EA01** 1500 Ah. Rozvaděč 1(2)EE01 napájí stejnosměrné spotřebiče I. kategorie a dále pak přes střídače spotřebiče I. kategorie (rozvaděče EK01, EK02) na napětí 0,4 kV AC.

1.5.3. Systém zajištěného napájení III/II. a III/I. kategorie



Obr. 1.5.3 Přehledové schéma systémů ZN III.kat [8]

Systém III/II. a III/I kategorie napájí spotřebiče III/II. a III/I. kategorie, tedy spotřebiče podílející se na bezpečnosti osob a drahých zařízení. Proto jsou zde zvýšené nároky na zajištění napájení. Je tvořen dvěma na sobě nezávislými systémy, které jsou totožné (100% záloha).

Hlavním prvkem systému jsou rozvodny **1(2)BJ** a **1(2)BK**. V provozním a rezervním režimu jsou tyto rozvodny napájeny ze systému NN, k napájení v nouzovém režimu pak slouží dva společné dieselgenerátory **7GJ** a **7GK**. Ty jsou společné pro oba bloky elektrárny. Jejich naběhnutí z „horké rezervy“ trvá řádově několik sekund. Po tuto dobu jsou zařízení III/II. kategorie bez napájení. Nepřetržitě napájení spotřebičů III/I. kategorie pak zajišťují akumulátorové baterie 220 V DC **1(2)EA04**.

Z rozvodny **1(2)BJ** jsou přímo napájeny technologické spotřebiče III/II. kategorie s výkonem nad 170 kW, ostatní jsou napájeny z úsekových rozvodů (rozvaděčů) 0,4 kV, které jsou k rozvodně **1(2)BJ** připojeny přes vzduchem chlazené transformátory 6/0,4 kV. U rozvodny **1(2)BJ** je to úsekový rozvaděč **1(2)CJ01**, který napájí technologické spotřebiče III/II. kategorie s výkonem 50-200 kW a úsekový rozvaděč **7CU37**, napájející vlastní

spotřebu dieselgenerátoru 7GJ. Úsekové rozvaděče **1(2)CJ03** a **1(2)CJ04** slouží jako pracovní zdroje napájení systémů zajištěného napětí III/I. kategorie.

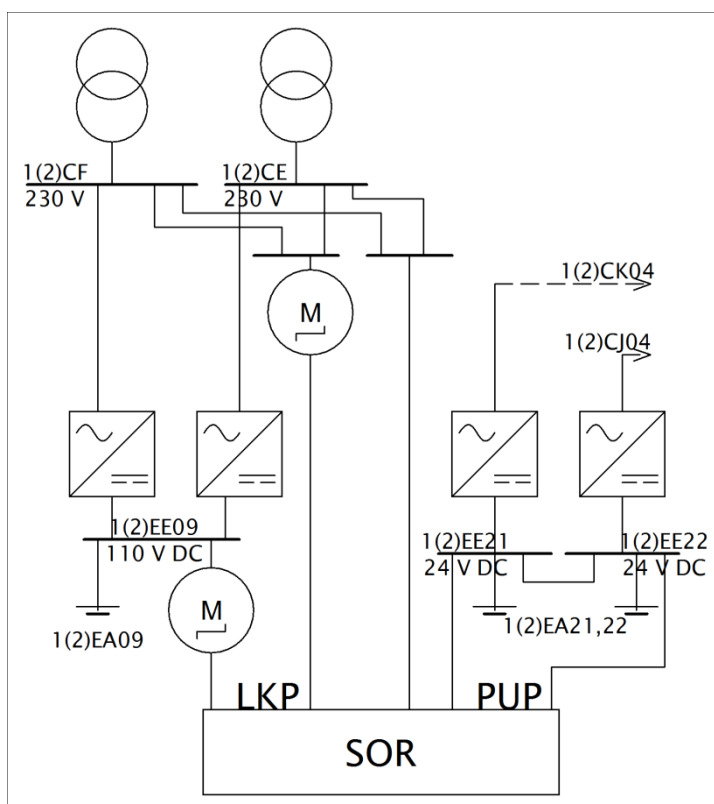
Systém ZN III/I. kategorie je tvořen rozvodnami **1(2)EE04** a **1(2)EE51**, na které je přiváděno usměrněné napětí DC 220V z rozvaděčů **1(2)CJ04** a **1(2)CJ03**. V nouzovém režimu jsou pak rozvodny napájeny z baterií 220 V DC **1(2)EA04** a **1(2)EA51**. Oba systémy jsou totožné.

Rozvodna **1(2)EE04** přímo napájí stejnosměrné spotřebiče III/I. kategorie. Přes střídač pak napájí rozvaděč **1(2)EN01**, na který jsou připojeny střídavé spotřebiče III/I. kategorie.

1.5.4. Systém odstavení reaktoru (SOR)

Do tohoto systému spadají zařízení pro kontrolu parametrů reaktoru, regulaci neutronového a tepelného výkonu a řízení reakce.

Hlavní zdrojem jsou dvě úsekové rozvodny **1(2)CE** a **1(2)CF**. Ty jsou přes vzduchem chlazené transformátory napájeny ze systému NN a jsou na hladině 230 V AC. Tyto rozvodny zajišťují napájení přídržných elektromagnetů **krokových pohonů**. Zároveň jsou napájeny přes usměrňovače rozvaděčem stejnosměrného napětí **1(2)EE09** 110 V DC. Tento systém napájí lineárně krokové pohony **LKP**, které regulují polohu regulačních tyčí.



Obr. 1.5.4 Přehledové schéma systémů SOR [8]

Při ztrátě napájení ze systému NN je možno elektromagnety udržovat pod napětím pomocí akumulátorových baterií. Po jejich vybití, popřípadě odpojení z dozorny dojde k samovolnému zasunutí regulačních tyčí a k ukončení jaderné reakce v reaktoru.

Ze systému ZN III/II jsou přes usměrňovače napájeny rozvodny **1(2)EE21** a **1(2)EE22** 24 V DC, které napájí **PUP**, ukazatele polohy regulačních tyčí.

Všechny tyto systémy je možno nouzově napájet z **DC baterií**.

1.5.5. Napájení vnějších objektů

Jedná se o neblokovanou vlastní spotřebu. Její napájení je zajištěno přímo z blokových rozvodů NN nebo z nouzové rozvodny 1(2)BJ (ZN III. kat).

Na hladině 6 kV jsou takto napájeny rozvodny **0BG** - rozvodna nízkotlaké kompresorové stanice a stanice zdroje chladu, a **0BK** - rozvodna výměňkové neblokované stanice (ta zajišťuje teplofikaci elektrárny a Týna nad Vltavou).

Na hladině 0,4 kV je napájena budova aktivních pomocných provozů BAPP a chemická úprava vody CHUV. Napájení ostatních neblokovaných budov JETE zajišťuje pomocná rozvodna 6 kV (**0BE**, **0BF**).

1.6. Provozní stavy JETE

RE1- Nominální provozní režim

Je to nejčastější režim provozu JETE. Vlastní spotřebu elektrárny napájí pracovní zdroje, tedy odbočkové transformátory. Výkon je odebírán z celkového výkonu vyrobeného blokovým turbogenerátorem. Zajištěno je nepřetržité napájení všech systémů.

RE2- Napájení VS při najíždění a odstavení bloku

Z hlediska zařízení vlastní spotřeby se jedná o stejný režim jako u RE1, protože pracovními zdroji jsou opět odbočkové transformátory. Ty jsou ale tentokrát napájeny ze sítě 400 kV (Kočín) přes blokový transformátor. Tento režim nastává pouze při najíždění nebo odstavení bloku. Zajištěno je nepřetržité napájení všech systémů.

RE3- Napájení VS z rezervních zdrojů

Tento režim nastává v situacích, kdy nemůžeme zajistit napájení VS ani z turbogenerátoru, ani ze sítě 400 kV. Jde tedy o ztrátu pracovních zdrojů a napájení VS musí zajistit rezervní zdroje. Těmi jsou rezervní transformátory, napájené ze sítě 110 kV (Kočín),

kteří hromadně automaticky přeberou zátěž na blokových rozvodnách. Zajištěno je nepřetržité napájení všech systémů.

RE4- Napájení VS z nouzových zdrojů 1. fáze

Nastává stav úplné ztráty napájení. Nemůžeme zajistit napájení z pracovních ani rezervních zdrojů vlastní spotřeby. Jde o nejkritičtější režim napájení vlastní spotřeby. Nastává trvalá ztráta napájení systémů nezajištěného napájení a dočasná ztráta napájení systémů ZN II. a III/II.

Dochází ke startu dieselgenerátorů. Napájení nejdůležitějších systému přebírají akumulátorové baterie.

RE5- Napájení VS z nouzových zdrojů 2. fáze

Jedná se o režim následující krátce po úplné ztrátě napájení (RE4). Napájení systémů ZN přebírají již rozběhlé dieselgenerátory a bez napájení tak zůstávají jen systémy NN. Doba provozu v tomto režimu je závislá na množství paliva pro dieselgenerátory, minimálně však musí vydržet déle než 48 hodin.

2. VLASTNOSTI HLAVNÍCH ELEKTROTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ JETE

2.1. Turbogenerátor

Turbogenerátor TG 1000 MW je hlavním pracovním zdrojem vlastní spotřeby JETE. S výkonem 1111 MVA jde o největší synchronní stroj v ČR. V letech 1980 – 1990 byly firmou ŠKODA vyrobeny 2 tyto stroje (3 rotory). Nyní je spravuje firma BRUSH. [6]



Obr. 2.1 Turbogenerátor

TG 1000 MW je dvou pólový třífázový synchronní generátor s kombinovaným chlazením (demivoda/vodík/vzduch). Dosahuje synchronních otáček 3000 ot/min. Pracuje na napětí 24 kV, účinník 0,9 (-). **Rotor** je masivní jednodílný výkovek dlouhý 14,8 m o hmotnosti 90 t. V drážkách rotoru je uloženo vinutí rotoru, které je tvořeno měděnými lichoběžníkovými pásy, jejichž vnitřní dutinou cirkuluje vodíkové chladící médium. V dalších drážkách je uloženo vinutí nakrátko, které plní úlohu tlumiče kývání. Všechna vinutí jsou stažena ocelovými obručemi na okrajích rotoru. Vzhledem k přítomnosti vodíku musí být zajištěno bezpečné olejové těsnění v ložiskách stroje.

Magnetický obvod **statoru** je tvořen izolovanými orientovanými plechy kruhového tvaru. Z vnější strany jsou pevně staženy ocelovými deskami, na vnitřní straně je v drážkách uloženo třífázové vinutí posunuté o 120° elektrických spojené do hvězdy. Magnetický obvod je chlazen vodíkem. Vinutí statoru je tvořeno pro každou fázi dvěma paralelními měděnými tyčemi protékanými demineralizovanou vodou. Uzel cívek je uzemněn přes měřicí transformátor napětí. Třífázové vývody cívek musí opět bezpečně zamezit úniku vodíku. Za plynotěsnými průchodkami přechází v zapouzdržené vodiče.

Budič turbogenerátoru je třífázový synchronní generátor, jehož rotor je spojen pevně s rotorem generátoru. Magnetické točivé pole vytváří rotorové vinutí budiče, které je samonapájeno ze statoru budiče přes transformátor. K třífázovým vývodům na statoru budiče jsou připojeny tyristorové usměrňovače, které usměrňují střídavé napětí a přivádějí ho na kartáče sběracího ústrojí turbogenerátoru. Tím je na rotor turbogenerátoru přiváděno stejnosměrné napětí o dvou polaritách, které vytváří točivé elektromagnetické pole

synchronního stroje. Regulace budícího proudu je prováděna pomocí tyristorových usměrňovačů.

Činný výkon	1000 MW	Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Zdánlivý výkon	1111 MVA	Jmenovitý proud statoru	26,73 kA
Účinník	0,9	Jmenovité budící napětí	513 V DC
Jmenovité napětí	24 kV	Jmenovitý budící proud	7280 A
Jmenovité otáčky	3000 ot/min		

Tab. 2.1 Parametry turbogenerátoru [1]

2.2. Blokový transformátor

Blokový transformátor primárně zastává úlohu vyvedení vyrobeného výkonu do sítě 400 kV (Kočín). Při vypnutém generátorovém vypínači, tj. při stojícím turbogenerátoru ale plní roli hlavního zdroje vlastní spotřeby 24 kV. V běžném provozu je blokový transformátor zatížen pod napětím.



Obr. 2.2 Blokový transformátor

Blokový transformátor je skupina třech vzájemně oddělených olejových jednofázových transformátorů, společně spojených jako YN/d1 420/24 kV. Blokový transformátor je umístěn ve venkovní rozvodně 400 kV.

Na straně vedení jsou vývody každé fáze vyvedeny přes průchodky 500 kV a napojeny na vedení 400 kV. Opačné konce fází jsou vyvedeny průchodkami 110 kV, spojeny do uzlu a trvale uzemněny.

Na straně vlastní spotřeby dva vývody každé fáze přecházejí v zapouzdržené vodiče a jsou spojeny do trojúhelníka.

Nádoba blokového transformátoru zvonového provedení je izolovaně uložena na kolejnicovém podvozku. Je utěsněna proti úniku oleje, který tvoří hlavní chladicí médium magnetického obvodu. Magnetický obvod je plášťový a je složen z orientovaných izolovaných plechů. Od nádoby je zcela odizolován.

Cirkulaci oleje zajišťuje 7 čerpadel (jedno je rezervní), chlazení oleje je prováděno 14-ti radiátorovými chladiči ofukovanými ventilátorem. Čistotu oleje zlepšuje olejový a absorpční filtr.

Objem oleje v nádobě se může v závislosti na teplotě měnit. Proto je nádoba opatřena dilatační nádobou, která objem oleje kompenzuje a na ukazateli stavu hladiny oleje ukazuje jeho aktuální množství. Na sledování množství oleje v dilatační nádobě jsou také založeny ochrany proti úniku oleje. Potrubí mezi dilatační nádobou a nádobou transformátoru je opatřeno plynovým relé, které sleduje stav hladiny a rychlost průtoku oleje. Při prudkém poklesu hladiny oleje (například výpar oleje při zkratu nebo únik z nádoby) dává plynové relé signál o poruše a transformátor vypíná. Uniklý olej z 20% pojme záchytná vana pod podvozkem transformátoru, v horším případě je olej sveden do havarijní jímky (objem 280 m³) společné pro všechny olejové transformátory.

Při nadměrné teplotě na povrchu transformátoru dávají tepelná čidla signál o poruše a automatika spouští stabilní hasicí zařízení (SHZ). SHZ při požáru vytvoří vodní mlhu, která hasí a ochlazuje transformátor. Ostatní transformátory jsou při požáru chráněny protipožární nehořlavou bariérou. [1]

Jmenovitý výkon	3x400 MVA	Napětí nakrátko	14% ± 10%
Převod napětí	24/420 kV	Ztráty nakrátko	750 kW + 10%
Převod proudu	16666/1650 A	Ztráty naprázdno	240 kW + 15 %
Spojení vinutí	YNd1		

Tab. 2.2 Parametry blokového transformátoru [1]

2.3. Odbočkový transformátor

Odbočkový transformátor je hlavním pracovním zdrojem vlastní spotřeby. Přímou napájí blokové rozvodny 6 kV. V běžném provozu je odbočkový transformátor zatížen pod napětím.

Jedná se o olejový třífázový transformátor 24/6,3 kV. Je proveden s třemi vinutími. Jedno vinutí má primární 24 kV a dvě sekundární 6,3 kV. Vývody na obou stranách přecházejí v zapouzdřené vodiče, na primární straně vodiče 6 kA/24 kV, na sekundární straně vodiče 4 kA/10 kV.



Obr. 2.3 Odbočkový transformátor

Nádoba zvonového provedení je izolovaně uložena na kolejnicovém podvozku. Je utěsněna proti úniku oleje, který tvoří hlavní chladicí médium magnetického obvodu.

Magnetický obvod je plášťový a je složen z orientovaných izolovaných plechů. Od nádoby je zcela odizolován.

Cirkulaci oleje zajišťují 4 čerpadla, chlazení oleje je prováděno 8-mi radiátorovými chladiči ofukovanými ventilátorem. Čistotu oleje zlepšuje olejový a absorpční filtr.

Objem oleje v nádobě se může v závislosti na teplotě měnit. Proto je nádoba opatřena dilatační nádobou, která objem oleje kompenzuje a na ukazateli stavu hladiny oleje ukazuje jeho aktuální množství. Druhá dilatační nádoba kompenzuje množství oleje na přepínači odboček. Na sledování množství oleje v dilatační nádobě jsou také založeny ochrany proti úniku oleje. Potrubí mezi dilatační nádobou a nádobou transformátoru je opatřeno plynovým relé (dvoustupňovým), které sleduje stav hladiny a rychlost průtoku oleje. Při prudkém poklesu hladiny oleje (například výpar oleje při zkratu nebo únik z nádoby) dává plynové relé signál o poruše a transformátor vypíná. Na rychlý průtok oleje v přepínači odboček reaguje ochranné relé (jednostupňové), vypíná transformátor a spouští SHZ. Uniklý olej z 20% pojme záchytná vana pod podvozkem transformátoru, v horším případě je olej sveden do havarijní jímky (objem 280 m³) společné pro všechny olejové transformátory.

Proti přetlaku nad 55±5 kPa v nádobě transformátoru slouží pojistný tlakový ventil, který po svém zapůsobení transformátor zároveň vypíná.

Při nadměrné teplotě na povrchu transformátoru dávají tepelná čidla signál o poruše a automatika spouští stabilní hasicí zařízení (SHZ). SHZ při požáru vytvoří vodní mlhu, která hasí a ochlazuje transformátor. Ostatní transformátory jsou při požáru chráněny protipožární nehořlavou bariérou.

Regulaci v rozmezí ±4x4 % umožňuje 9-ti stupňový odporový přepínač odboček ELIN, který je umístěn na primárním vinutí 24 kV.

Jmenovitý výkon	63/31,5/31,5 MVA	Napětí nakrátko	9%/9%/18%
Převod napětí	24/6,3/6,3 kV	Ztráty nakrátko	230 kW + 15%
Převod proudu	1516/2887/2887 A	Ztráty naprázdno	47 kW + 15 %
Spojení vinutí	Dd0d0		

Tab. 2.3 Parametry odbočkového transformátoru [1]

2.4. Rezervní transformátor

Rezervním transformátor tvoří zálohu odbočkového transformátoru. Napájí rozvodnu rezervního napájení, která při výpadku odbočkových transformátorů přebírá napájení blokové

rozvodny. V běžném provozu je rezervní transformátor pod napětím naprázdno. Zatížen může být postupně nebo skokově.

Rezervní transformátor je trojvinut'ový. Primární vinutí je napájeno ze sítě 110 kV (Kočín), obě sekundární vinutí 6,3 kV přechází v zapouzdřené vodiče a napájí rozvodnu rezervního napájení.



Nádoba zvonového provedení je izolovaně uložena na kolejnicovém podvozku. Je utěsněna proti úniku oleje, který tvoří hlavní chladicí médium magnetického obvodu. Magnetický obvod je plášťový a je složen z orientovaných izolovaných plechů. Od nádoby je zcela odizolován.

Cirkulaci oleje zajišťují 4 čerpadla, chlazení oleje je prováděno 8-mi radiátorovými chladiči ofukovanými ventilátorem.

Objem oleje v nádobě se může v závislosti na teplotě měnit. Proto je nádoba opatřena dilatační nádobou, která objem oleje kompenzuje a na ukazateli stavu hladiny oleje ukazuje jeho aktuální množství. Druhá dilatační nádoba kompenzuje množství oleje na přepínači odboček. Na sledování množství oleje v dilatační nádobě jsou také založeny ochrany proti úniku oleje. Potrubí mezi dilatační nádobou a nádobou transformátoru je opatřeno plynovým relém (dvoustupňovým), které sleduje stav hladiny a rychlost průtoku oleje. Při prudkém poklesu hladiny oleje (například výpar oleje při zkratu nebo únik z nádoby) dává plynové relé signál o poruše a transformátor vypíná. Na rychlý průtok oleje v přepínači odboček reaguje ochranné relé (jednostupňové), vypíná transformátor a spouští SHZ. Uniklý olej z 20% pojme záchytná vana pod podvozkem transformátoru, v horším případě je olej sveden do havarijní jímky (objem 280 m³) společné pro všechny olejové transformátory.

Proti přetlaku nad 55±5 kPa v nádobě transformátoru slouží pojistný tlakový ventil, který po svém zapůsobení transformátor zároveň vypíná.

Při nadměrné teplotě na povrchu transformátoru dávají tepelná čidla signál o poruše a automatika spouští stabilní hasicí zařízení (SHZ). SHZ při požáru vytvoří vodní mlhu, která hasí a ochlazuje transformátor. Ostatní transformátory jsou při požáru chráněny protipožární nehořlavou bariérou.

Regulaci v rozmezí ±4x4 % umožňuje 9-ti stupňový odporový přepínač odboček Reinhausen, který je umístěn na primárním vinutí 110 kV. [1]

Jmenovitý výkon	63/31,5/31,5 MVA	Napětí nakrátko	9%/9%/18%
Převod napětí	110/6,3/6,3 kV	Ztráty nakrátko	254 kW + 15%
Převod proudu	331/2887/2887 A	Ztráty naprázdno	54 kW + 15 %
Spojení vinutí	YNd1d1		

Tab. 2.4 Parametry rezervního transformátoru [1]

2.5. Úsekový transformátor

V JETE jsou úsekové transformátory o výkonech 0,4 MVA a 1 MVA. Pracují na hladinách 6,3/0,4 kV a 6,3/0,23 kV. Napájí přímo malé spotřebiče do 200 kW nebo úsekové rozvaděče.

Jsou to třífázové vzduchové transformátory skříňového provedení s přirozenou cirkulací vzduchu. Regulace na straně vyššího napětí je možná pouze ve vypnutém stavu. [1]

Jmenovitý výkon	1 MVA, 0,4 MVA
Převod napětí	6±2,5% / 0,4 kV , 6±2,5% / 0,23 kV
Spojení vinutí	Dyn11

Tab. 2.5 Parametry úsekového transformátoru [1]

2.6. Zapouzdřené vodiče

V JETE zajišťují zapouzdřené vodiče rozvod všech sítí vlastní spotřeby nad 6 kV.

V důsledku velkých protékajících proudů (řádově až desítky kA) musí být zajištěna elektromagnetická i elektromechanická odolnost. Fázové vodiče musí být od sebe bezpečně odizolovány a pouzdra musí být uzemněna.

Zapouzdřený vodič se skládá ze samotného fázového vodiče, který je veden středem koaxiálního hliníkového pouzdra. Mechanické a izolační podpěry mezi vodičem a pouzdrem tvoří keramické izolátory. Průměry pouzder se pohybují od 200 mm do 1500 mm čímž zajišťují vysokou izolační vzdálenost. Zapouzdřené vodiče jsou samonosné až na několik metrů. Pouzdra všech třech fází jsou na koncích spojena a uzemněna. Jednotlivé části pouzder jsou k sobě výhradně svařované, šroubové spoje se vyskytují jen u připojení k zařízení (generátor, transformátor,...).



Obr. 2.6 Zapouzdřené vodiče

U zapouzdřených vodičů 28 kA/24 kV (vyvedení výkonu) je zajištěno chlazení pomocí demivody, která protéká chladicími kanály. Svislé části vodiče 28 kA/24 kV jsou chlazeny jen prouděním vzduchu. Ostatní zapouzdřené vodiče 18 kA/24 kV, 6 kA/24 kV a 4 kA/10 kV jsou chlazeny přirozenou cirkulací vzduchu. Zapouzdřené vodiče jsou opatřeny tepelnými čidly.

2.7. Dieselgenerátor

a) Dieselgenerátor bezpečnostních systémů

Je to nouzový zdroj systémů zajištěného napájení ZN II a I. Každý reaktorový blok má k dispozici tři dieselgenerátorové stanice GV, GW, GX, které napájejí tři nezávislé systémy ZN I. a II., přičemž k dodržení jaderné bezpečnosti stačí pouze jeden z dieselgenerátorů.

Součástí každé dieselgenerátorové stanice je dieselgenerátor 6,3 MW, vysokotlaký kompresor, čerpací stanice technické vody, rozvodna stanice, strojovna, technologická příslušenství DG, vzduchotechnika a palivová nádrž. Dieselgenerátor je skupina naftového motoru (Dolmel - 6,6 MW, 6,3 kV, 600 ot/min), synchronního generátoru 6,3 kV a závislého budiče.



Obr. 2.7 DG bezpečnostních systémů

Běžný provozní stav dieselgenerátoru je v režimu „horké rezervy“. V tomto režimu je DG připraven k okamžitému startu. Motor a generátor jsou předehřívány na optimální teplotu, je zajištěno mazání. Horká rezerva je napájena z vlastní spotřeby elektrárny. Start dieselgenerátoru je plně automatizován, lze ho spustit i ručně z dozorny. Dieselgenerátor musí být schopen převzít napájení rozvoden ZN do 10 sec od povelu ke startu. V první fázi dochází k roztočení motoru na 90 ot/min pomocí stlačeného vzduchu. Poté následuje vstřík paliva a samotný start motoru. Automatika odpojí systémy horké rezervy a připojí generátor. Počáteční nabuzení generátoru je napájeno z rozvaděče 24 kV DC (baterie 24 V, 250 Ah), po částečném nabuzení na napětí 60% U_n převezme napájení buzení samotný dieselgenerátor (závislé buzení). Napětí z vývodů dieselgenerátoru je přes kompaundní transformátor 6/0,23 kV přivedeno na tyristorový měnič a regulátor napětí, poté přes sběrací ústrojí přivedeno na rotor. Dieselgenerátor je roztočen na synchronní otáčky. Připojení dieselgenerátoru na síť má na starost automatika postupného zatížení. Ve stavu zatížení je

dieselgenerátor schopen napájet systém ZN 250 hodin bez obsluhy. Motor dieselgenerátoru čerpá 7 hodin naftu z vlastní nádrže (12 m³), poté z podzemní nádrže (100 m³). Po vyčerpání obou nádrží musí obsluha zajistit přísun nového paliva. [1]

Jmen. zdánlivý výkon	7,875 MVA	Kmitočet	50 Hz
Jmen. činný výkon	6,3 MW	Budící napětí	145 V
Jmenovitý proud	720 A	Budící proud	280 A
Účinník	0,8	Jmenovité otáčky	600 ot/min
Svorkové napětí	6,3 kV		

Tab. 2.7 Parametry dieselgenerátoru [1]

b) Společné rezervní dieselgenerátory

Jedná se o nouzový zdroj systémů zajištěného napájení ZN III/II. Pro oba bloky jsou společně 2 SRDGS v jedné dieselgenerátorové stanici. Jsou na sobě zcela nezávislé.

Principiálně i technicky jde o stejné zařízení jako u dieselgenerátorů bezpečnostních systémů. Zařízení stanic jsou obdobná. Napájení signalizace a počáteční nabuzení je zajištěno z rozvaděče 24 kV DC (baterie 24 V, 250 Ah), poté je buzení samostatné, závislé. Vlastní nádrž má kapacitu 16 m³ (10 hodin provozu). Dále je možno čerpat z podzemní nádrže (100 m³). [1]



Obr. 2.8 Společný rezervní DG

c) Mobilní dieselgenerátor

Jedná se o nouzový zdroj, který zajišťuje napájení olejových mazacích čerpadel turbosoustrojí při výpadku společných DG 7GJ nebo 7GK, tedy při ztrátě zajištěného napájení ZN III/II. Mobilní dieselgenerátor pak musí zajišťovat napájení mazacích čerpadel po celou dobu doběhu turbíny. K tomu je zapotřebí napájení minimálně 2 čerpadel.

Jmen. zdánlivý výkon	200 kVA	Jmenovité otáčky	1000 ot/min
Jmen. činný výkon	160 kW	Svorkové napětí	0,4 kV

Tab. 2.7 Parametry mobilního dieselgenerátoru [1]

2.8. Akumulátorové baterie

Akumulátorové baterie jsou hlavním nouzovým zdrojem systémů zajištěného napájení ZN III/I a ZN I. Za každých okolností musí zajistit nepřetržité napájení spotřebičů I. a III/I. kategorie. Jedná se o spotřebiče, které přímo ovlivňují jadernou bezpečnost.

Akumulátory jsou olověné, naplněné kyselinou sírovou. Nádobu je utěsněná a odolná proti ohni. V normálním stavu jsou baterie nabitě a jsou v režimu trvalého dobíjení. V tomto stavu má baterie nejdelší životnost. Bez údržby se dá provozovat až 5 let. Při ztrátě napájení přejde baterie do režimu vybíjení, kdy je schopna zajistit po krátkou dobu velmi vysoký proud při napětí 2 V na každý článek. Jednotlivé články jsou propojeny sériově, čímž vytváří výstupní napětí na hladinách 216, 108 a 24 V DC. Po vybití musí baterie okamžitě přejít do režimu znovunabíjení, aby se předešlo sulfizaci desek článku.

Akumulátorové baterie 1(2)EA01 – EA05 jsou nouzové zdroje spotřebičů I. a III/I. kategorie; 108 sériově propojených článků dává na výstupu napětí 216 V DC. Kapacita baterií se pohybuje od 1500 do 2400 Ah.

Baterie 1(2)EA21, 1(2)EA22 napájí ukazatele polohy systému SOR; 12 článků má výstupní napětí 24 V DC a kapacitu 600 Ah.

Baterie 1(2)EA09 napájí lineární krokové pohony SOR. Je tvořena 54-mi články, které vytváří výstupní napětí 108 V DC; kapacita je 1200 Ah.

2.9. Vypínače

a) Generátorový vypínač

Je to tlakovzdušný výkonový vypínač s kombinovaným chlazením. Tři fáze vypínače jsou provedeny jako jednofázové, na sobě nezávislé. Synchronizaci fází zajišťuje automatika Sychrotact 4.

Stlačený vzduch zastává úlohu zhašecího média i pohonu kontaktů. Generátorový vypínač je vybaven kompresorovou stanicí, kde se vyrábí stlačený vzduch 20 MPa, a dvanácti zásobníky vzduchu, ve kterém je udržován stlačený vzduch pod tlakem 15 MPa. Zároveň je doplněn chladicí stanicí, která zajišťuje chlazení výkonových částí demivodou.

Vypínač je vybaven zhašecím odporem se dvěma zhašecími komorami, který je paralelně připojen k vypínací komoře. V sérii k vypínači je připojen odpojovač.

Generátorový vypínač je určen k vypínání provozních a zkratových proudů.

b) Maloolejové vypínače HG 3-8, VM 488

Jsou to vypínače skříňového provedení určené k vypínání jmenovitého proudu 4000 A, 2500 A a 1250 A. Jako zhašecí médium se využívá olej. Vypínače mají 3 póly hlavní, se společným pružinovým střadačovým pohonem. Ten je buď napínán elektromotorem nebo ručně. Vypínač je na podvozku a dá se od silového obvodu zcela odpojit (viditelné odpojení nahrazuje funkci odpojovače).

c) Vakuové vypínače VD4

Jsou to vypínače skříňového provedení určené k vypínání jmenovitého proudu 4000 A, 2500 A. Jako zhašecí médium využívají vakuum. Vypínače mají 3 póly, se společným pružinovým střadačovým pohonem. Ten je buď napínán elektromotorem nebo ručně. Vypínač je na podvozku a dá se od silového obvodu zcela odpojit (viditelné odpojení nahrazuje funkci odpojovače).

d) Plynové vypínače VF

Jsou to vypínače skříňového provedení určené k vypínání jmenovitého proudu 1250 A. Jako zhašecí médium využívají plyn SF₆ pod tlakem 0,5 MPa. Vypínače mají 3 póly, se společným pružinovým střadačovým pohonem. Ten je buď napínán elektromotorem nebo ručně. Vypínač je na podvozku a dá se od silového obvodu zcela odpojit (viditelné odpojení nahrazuje funkci odpojovače).

2.10. Jističe

Vzduchové jističe jsou určeny k jištění obvodů proti nadproudům, zkratům a podpětím na hladině nn.

a) Silové jističe Masterpact

- jištění přívodů úsekových rozvaděčů 0,4 kV AC- 800 – 6300 A
- jištění přívodů úsekových rozvaděčů 220 V DC- 1000 – 8000 A
- jističe ve výsuvném provedení – pracovní, testovací a revizní poloha

b) Silové jističe Compact

- jištění vývodů úsekových a podružných rozvaděčů- 100 – 630 A
- jističe ve výsuvném provedení – pracovní, testovací a revizní poloha

c) Jističe ARV -přívody úsekových rozvaděčů- 1000 - 2500 A

d) Jističe J2UX -vývody úsekových rozvaděčů- 63 - 630 A

2.11. Spotřebiče

Většinu spotřebičů vlastní spotřeby tvoří elektromotory velkých i malých výkonů. Nejčastěji zastávají úlohu čerpadel, kompresorů a ventilátorů. Mezi menší spotřebiče pak patří různé servopohony ventilů, signalizace a osvětlení.

Všechny spotřebiče jsou děleny z hlediska vlivu na jadernou bezpečnost (viz. kapitola 1.2.3.) a z hlediska napájecího napětí.

Motory velkých výkonů (170-8000 kW) jsou připojeny přímo na hlavní rozvodny 6 kV.

Motory menších výkonů (50-200 kW) jsou připojeny na rozvodny 0,4 kV, popřípadě 0,23 kV AC.

Nejmenší motory jsou napájeny ze systémů 230 AC, 220, 110, 24 V DC.

a) Spotřebiče III. kategorie [1]

Spotřebiče nejvyšších výkonů jsou připojeny na hlavní rozvodny 1(2)BA – 1(2)BD. Při ztrátě pracovního a rezervního napájení jsou tato zařízení mimo provoz.

- Hlavní cirkulační čerpadlo 8 MW- 4 hlavní čerpadla vody v aktivní zóně reaktoru. Pohání vodu z parogenerátoru do reaktoru.
- Kondenzační čerpadlo 2 MW- 4 hlavní čerpadla zkondenzované vody, pohání vodu z kondenzátoru do systémů odplynování.
- Čerpadla chladicí cirkulační vody 7 MW- 2 čerpadla vody v sekundární zóně
- Elektroohříváky kompenzátoru objemu 2,5 MW
- Doplnovací čerpadla I.O. 800 kW
- Podávací čerpadla
- Čerpadla technické vody nedůležité
- Čerpadla vývěv
- Oběhová čerpadla statorové vody generátoru
- Čerpadlo chlazení generátoru
-

b) Spotřebiče II. kategorie [1]

Tyto spotřebiče jsou připojeny na rozvodny zajištěného napájení 6 kV 1(2)BV - BX. Při ztrátě napájení jsou tyto rozvodny po dobu rozběhu DG bez napětí.

- Čerpadla sprchového havarijního systému 500 kW- zajišťují snížení tlaku v hermetické zóně a zabraňuje úniku radioaktivních plynů

- Čerpadla havarijního dochlazování 800 kW
- Čerpadla vysokotlakého havarijního doplňovacího systému
- Čerpadla vysokotlakého havarijního vstřikovacího systému
- Čerpadla havarijního napájení parogenerátoru
- Čerpadla technické vody důležité
-

c) Spotřebiče III/II. kategorie [1]

Tyto spotřebiče jsou připojeny na rozvodny zajištěného napájení 6 kV 1(2)BJ a 1(2)BK. Při ztrátě napájení jsou tyto rozvodny po dobu rozběhu SRDGS bez napětí.

- Doplňovací čerpadla I.O.
- Čerpadlo tech. vody nedůležité pro chlazení SRDGS
- Pomocné kondenzační čerpadlo
- Pomocné napájecí čerpadlo
-

d) Spotřebiče I.kategorie [1]

Tyto spotřebiče jsou napájeny ze systémů nepřetržitého napájení. Při ztrátě napájení jsou tyto rozvodny napájeny akumulátorových baterií do rozběhu DG.

- Magnetický ventil odlehčovacího ventilu
- Impulzní řídicí ventil
- Šoupátko SAOZ
- Regulační ventil v parogenerátoru
- Pohon ventilu PSA
-

e) Spotřebiče III/I. kategorie [1]

Tyto spotřebiče jsou napájeny ze systémů nepřetržitého napájení. Při ztrátě napájení jsou tyto rozvodny napájeny akumulátorových baterií do rozběhu DG.

- Systémy řízení a kontroly reaktoru

3. NORMA ČSN 38 1120

3.1. Porovnání teplárny a jaderné elektrárny z hlediska vlastní spotřeby

Norma ČSN 38 1120 je základní normou, stanovující hlavní prvky vlastní spotřeby tepelných elektráren a tepláren. Vzhledem k této skutečnosti jsem navštívil Teplárnu Strakonice a.s., kde jsem se seznámil s vlastní spotřebou TST, abych ji mohl porovnat s normou a zároveň nalézt rozdíly, které má vlastní spotřeba teplárny oproti jaderné elektrárně.

Hlavním zásadním rozdílem vlastní spotřeby TST a JETE je, že TST téměř nemá systémy nepřetržitého napájení. Požadavky na tyto systémy nejsou blíže kladeny ani normou ČSN 38 1120. Tento rozdíl je dán tím, že teplárny ani tepelné elektrárny nemají prakticky žádné spotřebiče I. kategorie, tedy spotřebiče, které přímo ovlivňují („jadernou“) bezpečnost a bezpečnost osob a zařízení. Na rozdíl od JE Temelín, kde tyto spotřebiče zastávají velice důležitou úlohu dochlazování reaktoru.

Při ztrátě odběru ze sítě může tedy tepelná elektrárna či teplárna postupně, zcela bezpečně ukončit výrobu a provoz bez ohrožení zdraví osob a životního prostředí. Je zde však také možné udržet teplárnu v ostrovním režimu. Toho je částečně využito i v Teplárně Strakonice. Při výpadku sítě 22 kV je TST schopna přejít do ostrovního režimu, kdy stáhne výkon hlavního generátoru na cca 10% (2 MW) a napájí tak svou vlastní spotřebu a udržuje elektrárnu v omezeném provozu.

Zde je jistá podobnost se systémy zajištěného napájení III/II. kategorie, kdy JETE přechází do ostrovního režimu, aby napájela svou vlastní spotřebu, která je nutná k dochlazení reaktoru. Napájení zde ale nemůže zajišťovat turbogenerátor, neboť snížení výkonu na 5% (VS JETE) není u jaderného reaktoru na rozdíl od kotle možné. Napájení tak zajišťují dieselgenerátory, které v TST není nutné zřizovat.

V TST jsou i některé „spotřebiče III/I. kategorie“, které vyžadují neustále napájení. Jsou to převážně mazací čerpadla, která jsou napájena ze samostatných akumulátorových baterií. Takto napájené jsou i informační systémy a osvětlení. Zajímavým nouzovým zdrojem TST je turbonapajčka, která díky zbytkovému tlaku páry v kotli sama žene oběh vody na chlazení kotle. Zde se ale jedná o samodochlazování, zcela nezávislé na napájení z vlastní spotřeby.

Tímto jsem chtěl dát najevo, že norma ČSN 38 1120 nepředepisuje konkrétní požadavky na bezpečnostní a nouzové systémy. Má spíše technologický charakter, kdy předepisuje základní zařízení a systémy vlastní spotřeby nutné k provozu teplárny či tepelné

elektrárny. Ostatní nouzové a bezpečnostní systémy jsou u tepelných elektráren, jaderných elektráren či tepláren předepisovány jinými normami, eventuelně místními provozními předpisy.

JE Temelín z konstrukčního hlediska splňuje požadavky normy ČSN 38 1120 a ve většině parametrů normu přesahuje. Mnoho systémů, které jsou v JETE použity, norma ČSN 38 1120 vůbec nezahrnuje. Tyto systémy jsou ale také normativně či interními předpisy požadovány. Dalšími normami a předpisy na vlastní spotřebu JETE jsou například [7]:

- Požadavky SÚJB "Limity a podmínky"
- Revizní řád ČEZ_ME_684
- Systémové provozní předpisy
- Místní provozní a bezpečnostní instrukce elektro a SKŘ

3.2. Normativní srovnání ČSN 38 1120 s realizací v JETE

Předmět normy

Norma stanovuje požadavky na elektrickou část vlastní spotřeby tepelných elektráren a tepláren o výkonu od 1 MW.

Všeobecné zásady, uvedené v této normě, lze uplatnit pro jaderné elektrárny, pokud zvláštní předpisy nestanoví jinak. [2]

Norma ČSN 38 1120 popisuje základní elektrotechnické části vlastní spotřeby, definuje požadavky pro výběr spotřebičů a určuje základní postupy v ovládání a měření vlastní spotřeby. Definuje zásady při výběru spínačů, jisticích přístrojů a zdrojů. Všechny tyto požadavky jsou v JETE naplňovány. Navíc jsou zde však systémy na zajištění jaderné bezpečnosti z důvodu možných úniků radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí.

a) Všeobecně:

Norma definuje pracovní, rezervní a nouzové zdroje, popisuje základní strukturu a rozdělení rozvodných zařízení a stanovuje základní postupy při posuzování spolehlivosti dodávky elektrické energie pro vlastní spotřebu. Dále popisuje rozdělení napěťových hladin a charakterizuje základní provozní stavy elektráren.

Realizace v JETE:

JETE má všechny uvedené zdroje vlastní spotřeby a to hned několikrát (viz. kap. 1.2.1). Elektrické schéma je rozděleno podle napěťových hladin a různých typů rozvodů. Síťová rozvodna (mimo VS) pracuje na hladině 400 kV. Hlavní rozvodny jsou připojeny na napětí 6 kV, úsekové rozvodny na napětí 0,4 kV nebo 0,23 kV a podružné rozvaděče na napětí 0,4 kV, či stejnosměrné 220, 110 nebo 24 V. Na elektrárně se vyskytuje střídavá síť 6; 0,4; 0,23 kV o frekvenci 50 Hz a stejnosměrná síť 220, 110, 24 V. Provozní stavy jsou podrobně rozebrány v kapitole 1.6.

b) Napěťové a zkratové poměry:

Norma určuje tolerance napětí v síti VS v provozních i přechodných stavech. Definiuje limity regulačních systémů při přechodových stavech, tj. převážně při rozbězích elektromotorů. Určuje zásady pro omezování vyšších harmonických u silové elektroniky. Dále odkazuje na normu ČSN 33 3020, kde jsou shrnuty zásady pro výpočet zkratových proudů.

Realizace v JETE:

Dovolené odchylky napětí el. soustav na střídavý proud:

- $\pm 5\% U_n$ normální odchylka
- $+ 10\% U_n - 5\% U_n$ krajní odchylka (dle ČSN 381120/1994)

Toleranční pásmo nn 361 – 418 V / 209 – 240 V.

Toleranční pásmo vn 6 – 6,3 kV

Regulace napětí rozvodů 6 kV zajišťuje přepínač odboček vinutí odbočkového transformátoru (ELIN). Ten dokáže regulovat napětí v rozmezí 90 - 110 % U_n . Přepínač automaticky udržuje hodnotu napětí v tolerančním pásmu 6 – 6,3 kV.

Hodnota napětí nn se pohybuje v tolerančním pásmu 380-418 V / 219-231 V. To je dáno převážně automatickou regulací napětí transformátorů v nadřazené soustavě vn.

Na JETE jsou zkratové poměry řešeny v Projektu selektivity. Jedná se o databázi jednotlivých uzlů v napájecí soustavě (vývody na spotřebiče, rozvodny,...), pro které jsou spočítány složky zkratových proudů. Databáze obsahuje i všechny údaje o zařízeních potřebné pro výpočty zkratových poměrů. Z této databáze se vychází při konfiguraci jednotlivých ochran a při návrhu selektivity jištění.

c) Zásady volby elektromotorů:

Norma definuje hlavní typy elektromotorů a pohonů ve vlastní spotřebě a rozděluje je dle použití a výkonu. Jsou zde uvedeny požadavky na spouštěcí a regulační zařízení.

Realizace v JETE:

Nejvíce zařízení v JETE je poháněno třífázovými asynchronními motory různých výkonů. Menší zařízení jsou poháněna stejnosměrnými motory a servopohony.

Napájecí hladiny motorů jsou obecně rozděleny takto:

6 kV- výkony 170 – 8000 kW

0,4 kV - výkony 50 – 200 kW

220 V DC - malé výkony

Výtah ze seznamu elektromotorů JETE viz. kapitola 2.10.

d) Zásady ovládání:

Norma rozděluje typy ovládání vlastní spotřeby, definuje podmínky pro použití ovládání zařízení z místa. V normě jsou dále popsány metody měření místa, kde se měření vyžaduje.

Realizace v JETE:

Každý blok JETE má svou blokovou dozornu a ústřední elektrickou dozornu, odkud je možné ovládat ručně všechna zařízení vlastní spotřeby. Obě dozorny mají vyhrazena pole působnosti, ústřední elektrická dozorna řídí převážně neblokovanou vlastní spotřebu a systémy rezervního napájení. Převážnou část řízení vlastní spotřeby obstarávají automatické systémy. Do dozoren jsou vyvedeny všechny signalizační a měřicí systémy. Jednotlivá zařízení lze ovládat i z místa, popřípadě z rozvodny, to se však provádí jen za zvláštních okolností.

Každá sekce rozvoden má vlastní automatiky, ochrany a měření. Vypínače nebo jističe všech rozvoden je možno ovládat ručně nebo elektricky z místa, elektricky dálkově z blokové dozorny nebo působením automatických systémů. Signalizace o stavu rozvodny je vyvedena na dveře rozvaděčů a do blokové dozorny.

e) Zásady volby spínacích a jisticích přístrojů:

Norma stanovuje podmínky pro užití různých spínacích a jisticích přístrojů a odkazuje na podrobnější normy ČSN 34 1020 a ČSN 33 3051.

Realizace v JETE:

Vývod z turbogenerátoru je vybaven vypínačem 24 kV a odpojovačem. Přívody do rozvoden a spotřebičů o velkých výkonech jsou opatřeny vypínači (maloolejové, vakuové,

plynové), viz kapitola 2.9. Malé spotřebiče a ostatní zařízení na hladině nn jsou opatřeny silovými jističi (Masterpact, Compact, ARV, J2UX) viz. kapitola 2.10.

f) Zásady volby zdrojů a schéma vlastní spotřeby

Norma stanovuje podmínky provozu napájecích zdrojů v závislosti na daných provozních režimech. Rozděluje je tak na pracovní zdroje, najížděcí a doběhové zdroje, rezervní a nouzové zdroje. Definiuje konkrétní typy zařízení, které plní funkci zdrojů ve vlastní spotřebě. Norma dále popisuje základní strukturu elektrického schéma VS.

Realizace v JETE:

V JE Temelín plní funkci pracovního, najížděcího a doběhového zdroje odbočkový transformátor, který je napájen z turbogenerátoru, popřípadě ze sítě 400 kV. Rezervním zdrojem jsou rezervní transformátory, napájené ze sítě 110 kV. Nouzové napájení zajišťují dieselgenerátory a akumulátorové baterie. Látka je podrobněji rozebrána v kapitole 1.2.1

Elektrické schéma JE Temelín je rozděleno blokově, tj. na dva vzájemně nezávislé hlavní výrobní bloky 1.HVB a 2. HVB. Každý blok má tak své nouzové a rezervní systémy. Výjimkou je SRDGS, která je pro oba bloky společná. Elektrické schéma vlastní spotřeby JETE je rozděleno do třech nezávislých systémů podle typu napájení – pracovní, rezervní a nouzové systémy. Rozvodná zařízení vlastní spotřeby jsou řazena podle napěťových hladin.

4. ZÁVĚR

Elektrická energie představuje pro jadernou elektrárnu nepostradatelnou složku, bez které nemůže být uvedena do provozu. Většina zařízení nutných pro provoz a odstavení elektrárny je závislá na dodávce elektrické energie. Nepřetržitá dodávka elektřiny je tedy jedním z hlavních a nejdůležitějších požadavků pro chod elektrárny.

V této bakalářské práci jsem popsal základní schéma vlastní spotřeby JE Temelín a jeho hlavní elektrotechnická zařízení. Je patrné, že v jaderné elektrárně Temelín byl vytvořen důmyslný systém zdrojů a rozvodů, který v každém případě zajišťuje bezpečný provoz elektrárny. Skládá se ze systémů nepřetržitého napájení, zajištěného napájení a nezajištěného napájení. Největší výkon pro vlastní spotřebu JETE pokrývá systém nezajištěného napájení, jakožto systém napájení pro největší spotřebiče nutné k provozu elektrárny. Systém zajištěného a nepřetržitého napájení pak dodává elektřinu jen pro ty nejdůležitější zařízení z hlediska bezpečnosti a to převážně jen v abnormálních nebo havarijních situacích. Jejich jednotlivé autonomní zdroje musí být však pravidelně kontrolovány a připraveny být kdykoliv uvedeny do provozu.

Ze srovnání požadavků daných normou ČSN 38 1120, stanovující základní podobu schéma vlastní spotřeby, se skutečnou realizací vlastní spotřeby JETE, mohu potvrdit, že jaderná elektrárna Temelín této normě vyhovuje a splňuje všechny podmínky v této normě uvedené. Vzhledem k tomu, že se ale jedná o jadernou elektrárnu, musí splňovat mnoho dalších státních i mezinárodních norem a nařízení, a podléhá Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost.

Nový trend při provozování výrobních bloků jaderných elektráren vede k co největšímu odstranění závislosti bezpečnostních systémů na elektrické energii. Vývoj nových pasivních systémů v jaderných elektrárnách III. generace začíná stavět svou bezpečnost na prostých a spolehlivých fyzikálních zákonech, čímž dále zvyšuje bezpečnost jaderných elektráren.

5. Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Ing. Gabriela Tichá: *Učební texty pro přípravu personálu JE*, ČEZ a.s. 2007
- [2] ČSN 38 1120.: *Vlastní spotřeba tepelných elektráren a tepláren*,
Český normalizační institut 1993
- [3] Ing. Gabriela Tichá: *Automatiky v elektrickém schématu bloku 1000 MW*, ČEZ a.s. 2008
- [4] Prof. Ing. Zbyněk Ibler, DrCs, Ing. Miloš Beran, CSc : *Elektrárny II*, VŠSE Plzeň 1982
- [5] Ing. Miloš Beran, CSc : *Elektrická zařízení tepelných elektráren*, VŠSE Plzeň 1988
- [6] ČEZ, a.s. [on line]. 2012, <http://www.cez.cz>
- [7] SÚJB [on line]. 2012, <http://www.sujb.cz>
- [8] Program ProfiCAD 6.7.2 Pro domácnost, Copyright 2001-2012

6. Seznam příloh

Příloha 1: Přehledové schéma napájení VS

Příloha 2: Tabulka hlavních spotřebičů blokové rozvodny

Příloha 3: Tabulka hlavních spotřebičů rozvodny ZN II 1BV

Příloha 4: Tabulka hlavních spotřebičů rozvodny ZN III/II 1BK a 1BJ

Příloha 5: Tabulka základních technických údajů zapouzdřených vodičů 24 kV

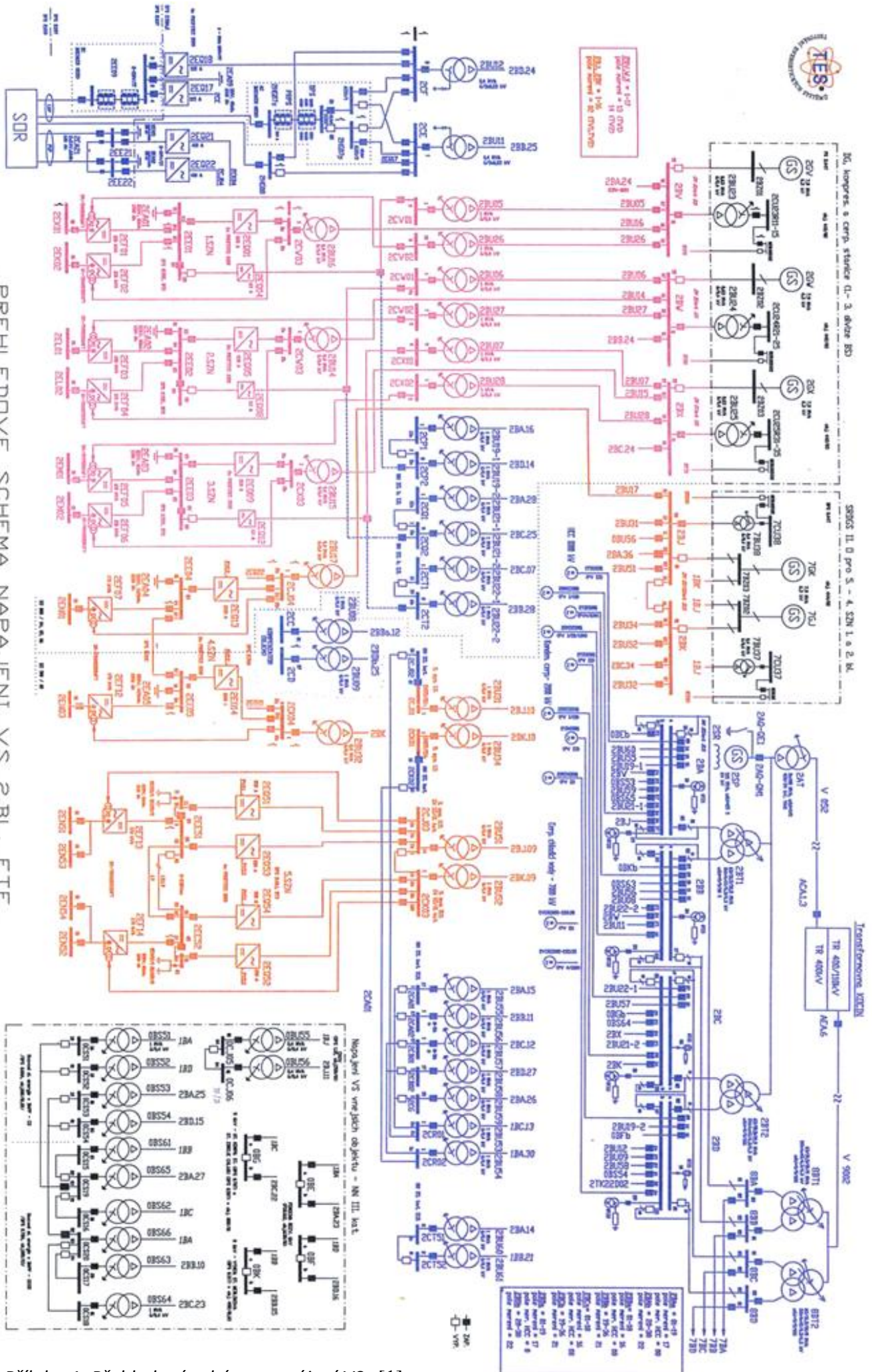
Příloha 6: Rezervní rozvodna 6 kV 7BB

Příloha 7: Blokovaná rozvodna 6 kV 2BC

Příloha 8: Generátorový vypínač 24 kV

Příloha 9: Plynový vypínač VF 6kV

Příloha 10: Maloolejový vypínač HG 6kV



PREHLEDOVÉ SCHEMA NAPAĚENÍ VS 2.BL. ETE

R6kV	Název pohonu	Označení	Příkon [kW]
1BA	Kondenzátní čerpadlo	1RM51D001	2000
1BA	Vodoproudá vývěva	1SD11D001	250
1BA	Hlavní cirkulační čerpadlo	1YD10D01	8000
1BA	Čerpadlo TVN	1VB01D001	680
1BA	Podávací čerpadlo u NTO2 – 1.NT díl	1RN21D001	315
1BA	Podávací čerpadlo u NTO2 – 3.NT díl	1RN23D002	315
1BA	Kondenzátní čerpadlo č. 1 BVS	1UP10D001	200
1BA	Podávací čerpadlo separ. kondenzátu	1RB51D001	200
1BB	Kondenzátní čerpadlo	1RM52D001	2000
1BB	Hlavní cirkulační čerpadlo	1YD20D01	8000
1BB	Podávací čerpadlo u NTO2 – 2.NT díl	1RN22D001	315
1BB	Kondenzátní čerpadlo č. 2 BVS	1UO10D002	200
1BB	Čerpadlo cirkulační chladicí vody	1VC01D01	7000
1BC	Kondenzátní čerpadlo	1RM53D001	2000
1BC	Vodoproudá vývěva	1SD12D001	250
1BC	Hlavní cirkulační čerpadlo	1YD30D01	8000
1BC	Čerpadlo TVN	1VB01D002	680
1BC	Kondenzátní čerpadlo č.4 BVS	1UP10D004	200
1BC	Podávací čerpadlo u NTO2 – 2.NT díl	1RN22D002	315
1BD	Doplňovací čerpadlo	1TK22D02	800
1BD	Kondenzátní čerpadlo	1RM54D001	2000
1BD	Vodoproudá vývěva	1SD13D001	250
1BD	Hlavní cirkulační čerpadlo	1YD40D01	8000
1BD	Podávací čerpadlo u NTO2 – 1.NT díl	1RN21D002	315
1BD	Podávací čerpadlo u NTO2 – 3.NT díl	1RN23D001	315
1BD	Kondenzátní čerpadlo č.3 BVS	1UP10D003	200
1BD	Podávací čerpadlo separ. kondenzátu	1RB51D002	200
1BD	Čerpadlo cirkulační chladicí vody	1VC01D002	7000

Příloha 2: Tabulka hlavních spotřebičů blokové rozvodny [1]

R6kV	Systém	Označení čerpadla	Příkon čerpadla (kW)
1BV	Havarijní napájení parogenerátoru	1TX10D01	800
1BV	VT systém havarijního doplňování I.O	1TQ13D01	835
1BV	NT systém havarijního doplňování I.O	1TQ12D01	800
1BV	Systém sprchování kontejmentu	1TQ11D01	500
1BV	Systém TVD	1TF10D01	680
1BV	Systém TVD	1TF10D02	680

Příloha 3: Tabulka hlavních spotřebičů rozvodny ZN II 1BV [1]

R6kV	Název pohonu	Označení	Příkon (kW)
1BJ	Čerpadlo pro SRDGS	7QF41D01	250
1BJ	Pomocné napájecí čerpadlo	1RL16D001	650
1BJ	Čerpadlo doplňování I.O.	1TK21D02	800
1BJ	Doplňování kondenzátního okruhu	1RM55D001	200
1BK	Čerpadlo pro SRDGS	7QF41D02	250
1BK	Pomocné napájecí čerpadlo	1RL17D001	650
1BK	Čerpadlo doplňování I.O.	1TK23D02	800
1BK	Doplňování kondenzátního okruhu	1RM55D002	200

Příloha 4: Tabulka hlavních spotřebičů rozvodny ZN III/II 1BK a 1BJ [1]

Označení, název		Parametry		
Jmenovitý proud	kA	28	18	6
Jmenovité napětí	kV	24	24	24
Vodič průřez	mm ²	39271	27070	9020
Průřez a tloušťka trubkového vodiče	mm	810/16	580/16	264/12
Průřez a tloušťka pouzdra	mm	1300/12	1050/8	730/6
Teplota vodiče bez ochlazení (při teplotě okolí 40°C a In)	°C	105	91	72
Teplota pouzdra bez ochlazení (při teplotě okolí 40°C a In)	°C	75	65	48
Max. teplota vodiče s vodním chlazením	°C	90		
Max. teplota pouzdra s vodním chlazením	°C	70		

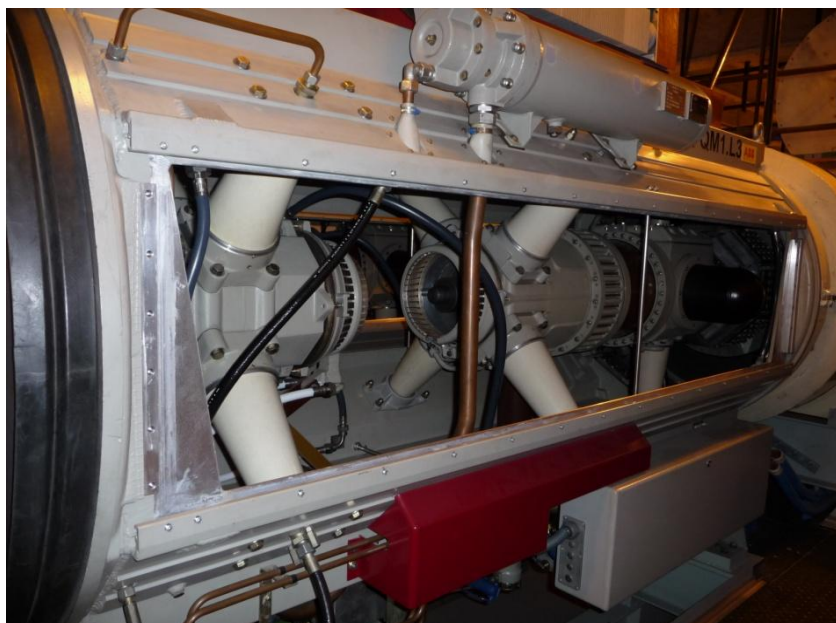
Příloha 5: Tabulka základních technických údajů zapouzdřených vodičů 24 kV [1]



Příloha 6: Rezervní rozvodna 6 kV 7BB



Příloha 7: Blokovaná rozvodna 6 kV 2BC



Příloha 8: Generátorový vypínač 24 kV



Příloha 9: Plynový vypínač VF 6kV



Příloha 10: Maloolejový vypínač HG 6kV