

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Pedagogická fakulta**

**Katedra fyziky**

**Bakalářská práce**

**České Budějovice 2009**

**Radek Trnka**

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Pedagogická fakulta**

**Katedra fyziky**

**Elektrická část JE Temelín – napájení důležitých spotřebičů**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: RNDr. František Krejčí**

**Autor: Trnka Radek**

Prohlašuji, že předloženou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

13.11.2009

Touto formou děkuji vedoucímu práce RNDr. Františku Krejčímu a svým konzultantům ing. Miroslavovi Kantorovi a ing. Alešovi Sladkému za cenné rady a připomínky při zpracování mé práce. Poděkování za podporu a toleranci patří též mojí rodině.


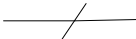
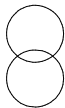
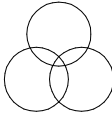





## ***Seznam použitých zkratek***

ADG -	automatika dieselgenerátoru
APS -	automatika postupného spouštění
APV -	automatika podpětového vypínání
ASV -	automatika selhání vypínače
AZR -	automatika záskoku rezervy
AZZ -	automatika zpětného záskoku
BAPP -	budova aktivních pomocných provozů
CAB -	centrální automatika bloku
DGS -	dieselgenerátor
HAZR -	hromadný automatický záskok rezervy
HVB -	hlavní výrobní blok
NN -	nezajištěné napájení
PNVS -	pracovní napájení vlastní spotřeby
PR -	podružný rozváděč
R -	rozváděč
RNVS -	rezervní napájení vlastní spotřeby
SBO -	Station Black Out
TBA -	turboalternátor
UPS -	Uninterruptible Power Supply (Source) – „nepřerušitelný zdroj energie“
ÚR -	úsekový rozváděč
VE -	vodní elektrárna
ZAZR -	zpětná automatika záskoku rezervy

ZN - zajištěné napájení

ZZ - zpětný záskok

## Seznam použitých schématických značek

Vypínač	
Odpojovač	
Transformátor	
Transformátor s dvěma sekundárními odbočkami	
Generátor	
Usměrňovač	
Střídač	
Akubaterie	
Uzemňovač	

## Elektrická část JE Temelín – napájení důležitých spotřebičů

1. Úvod
2. Koncepce elektrického schématu ETE
  - 2.1. Řešení elektrického schématu ETE
  - 2.2. Tvorba elektrického schématu každého bloku
  - 2.3. Stručný popis jednotlivých komponent elektrického schématu bloku
3. Možnosti vzniku poruchových jevů v elektroschématu
  - 3.1. Zkrat
  - 3.2. Zemní spojení
  - 3.3. Přepětí
  - 3.4. Podpětí
  - 3.5. Přetížení
4. Kategorizace zařízení
  - 4.1. Zařízení nezajištěného napájení
  - 4.2. Zařízení bezpečnostních systémů zajištěného napájení
  - 4.3. Zařízení systémů zajištěného napájení
5. Zdroje napájení
  - 5.1. Pracovní zdroje napájení
  - 5.2. Rezervní zdroje napájení
  - 5.3. Havarijní zdroje napájení
    - 5.3.1. Dieselgenerátory
    - 5.3.2. Akubaterie
6. Základní přehled nejdůležitějších automatik v systému zajištěného napájení
7. Obecné řešení poruchových stavů v elektroschématu jednotlivých kategorií zařízení
  - 7.1. Ztráta napájení jedné ze sekcí blokové R 6 kV III. kategorie NN
  - 7.2. Ztráta napájení R 6 kV II. kategorie ZN jednoho bezpečnostního systému bloku
  - 7.3. Ztráta napájení jedné ze sekcí R 6 kV III/II. kategorie ZN
  - 7.4. Individuální ztráta napájení úsekových rozváděčů 0,4 kV
  - 7.5. Úplná ztráta pracovních zdrojů
  - 7.6. Úplná ztráta napájení vlastní spotřeby ETE



- 7.7. STATION BLACK OUT – ztráta pracovních, rezervních i havarijních zdrojů
8. Elektrická porucha v napájení R 6 kV III. kategorie – 1BA/B, včetně návaznosti do systému 1BV. Vývojový diagram působení automatik, dopad do technologie a rozbor řešení zajištění napájení systému 1BV.
  9. Závěr
  10. Seznam použité literatury

## **1. Úvod**

Tato bakalářská práce pojednává o základech problematiky zajištěného napájení důležitých spotřebičů na JE Temelín. Popisuje základní elektrickou koncepci jaderné elektrárny Temelín, možnosti vzniku poruchových stavů, jejich řešení a hlavní elektrické automatiky podílející se na zabezpečení napájení důležitých spotřebičů. Dále popisuje dělení spotřebičů podle jejich důležitosti a nakonec jednotlivé zařízení, které zabezpečují požadované vlastnosti napájení pro důležité spotřebiče.

## 2. Koncepce elektrického schématu ETE

Jaderná elektrárna Temelín má dva reaktorové výrobní bloky. Elektrické schéma je řešeno až na výjimky blokově, tedy každý blok samostatně. Toto řešení maximálně eliminuje přenos poruch v elektrické soustavě mezi jednotlivými bloky. Schéma napájení vlastní spotřeby bloku musí mít v návaznosti na řešení jaderně-tepelné a strojní části vytvořeny tři nezávislé bezpečnostní systémy zajištěného napájení pro elektrické napájení spotřebičů zabezpečující dochlazení reaktoru a lokalizaci poruch v havarijních situacích. Pro zajištění vzájemné nezávislosti bezpečnostních systémů, musí být zařízení příslušné k různým systémům od sebe odděleno elektricky, dispozičně a požárně – z těchto důvodů se neuvažuje ani se vzájemným záskokem zdrojů jednotlivých bezpečnostních systémů.

### ***2.1 Elektrické schéma ETE je řešeno především s ohledem***

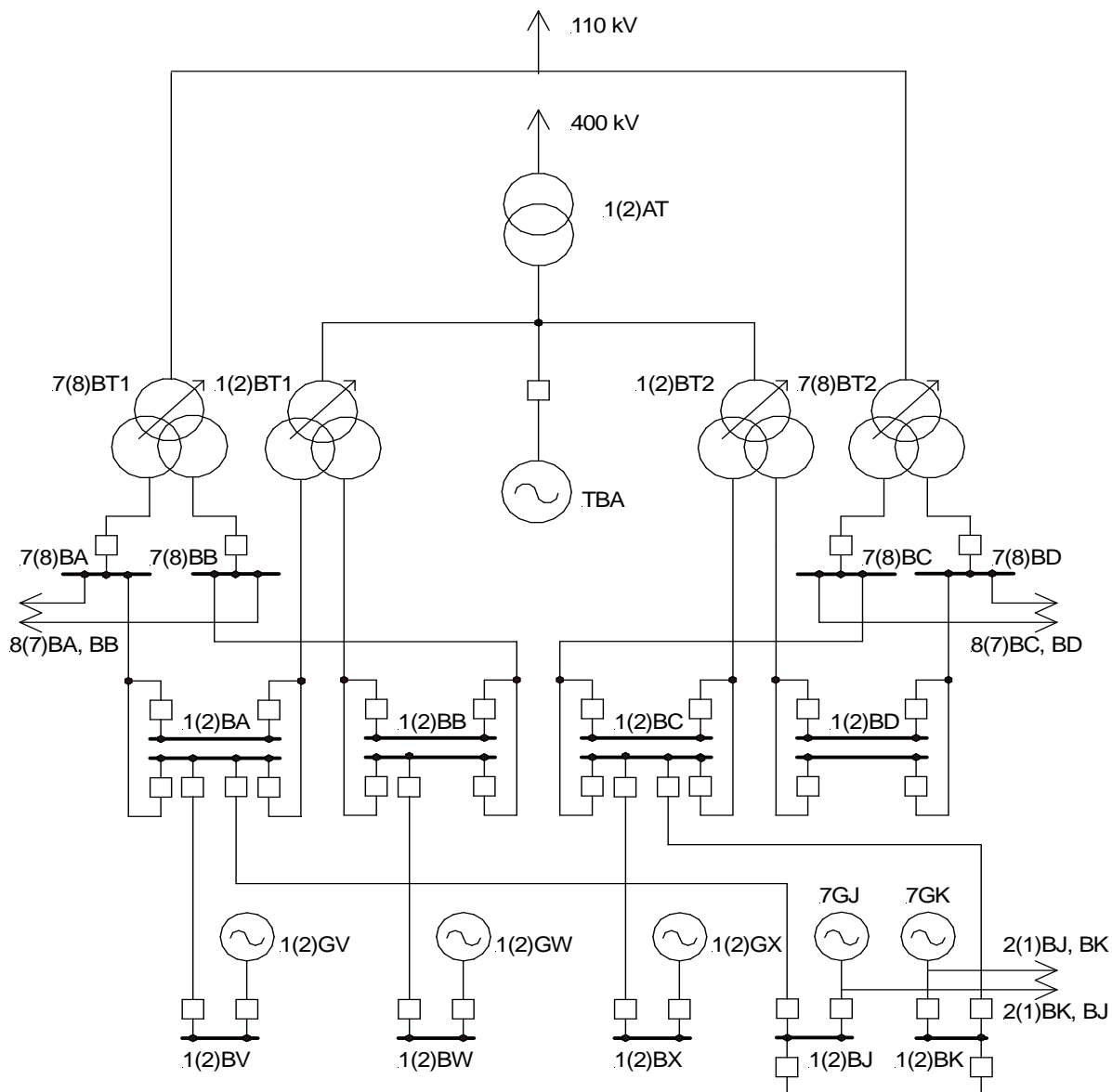
- na zajištění spolehlivosti při vyvedení plného výkonu obou bloků,
- na zajištění napájení vlastní spotřeby bloků v režimech najíždění, provozu a odstavení bloků,
- umožnění nepřetržitého provozu bloků mezi plánovanými odstávkami,
- zabránění současnému výpadku obou bloků,
- v případě elektrické poruchy jednoho z bloků vždy zabezpečit jeho případné odstavení a dochlazení.

### ***2.2 Elektrické schéma každého bloku tvoří***

- turbogenerátor 1000 MWe se svorkovým napětím 24 kV,
- generátorový vypínač, který zajišťuje připojení turbogenerátoru k elektrizační soustavě,
- blokový transformátor s napětovým převodem 400/24 kV,
- linka 400 kV pro vyvedení výkonu bloku do elektrizační soustavy, případně pro napájení vlastní spotřeby bloku při odstaveném bloku,
- odbočka vlastní spotřeby (mezi generátorovým vypínačem a blokovým transformátorem zapouzdrěnými vodiči) a k ní připojenou dvojicí odbočkových transformátorů 1(2)BT1, 1(2)BT2 s napětovým převodem 24/6,3/6,3 kV,

- blokové rozvodny 6 kV 1(2)BA-BD, napájené z odbočkových transformátorů nebo přes rezervní transformátory z rozveden 6 kV RNVS (rezervní napájení VS) – 7(8)BA-BD,
- systém rezervního napájení vlastní spotřeby je tvořen dvojicí rezervních transformátorů 7(8)BT1, 7(8)BT2 s napěťovým převodem 110/6,3/6,3 kV a k nim náležící příslušné rozváděče 6 kV rezervního napájení 7(8)BA-BD,
- elektrozařízení nezajištěného napájení o napěťové úrovni 6 kV a 0,4 kV,
- tři bezpečnostní systémy zajištěného napájení s havarijními zdroji – dieselgenerátory a agregáty nepřetržitého napájení – akubaterie: napěťová úroveň 6 kV, 0,4 kV a 220 Vss,
- systém zajištěného napájení strojovny a počítačového zařízení bloku s nouzovými a havarijními zdroji: napěťová úroveň 6 kV, 0,4 kV a 220 Vss a systém ochrany reaktoru.

Blíže koncepci elektrického schématu ETE znázorňuje následující přehledové schéma



Obr. číslo 1 – Přehledové schéma elektronapájení ETE

**Legenda k přehledovému schématu:**

- TBA – turboalternátor 1000 MW
- 110 kV – vedení 110 kV rezervního napájení
- 400 kV – vedení 400 kV pro vyvedení výkonu
- 1(2)AT – transformátor 24/400 kV

1(2)BT1,2 – transformátory 24/6 kV pro napájení vlastní spotřeby  
7(8)BT1,2 – rezervní transformátory 110/6 kV pro napájení rozvoden rezervního napájení  
7(8)BA, BB, BC, BD – rozvodny 6 kV rezervního napájení vlastní spotřeby  
1(2)BA, BB, BC, BD – rozvodny 6 kV pracovního napájení vlastní spotřeby  
1(2)GV, GW, GX – systémové dieselgenerátory pro zajištění napájení bezpečnostních systémů  
1(2)BV, BW, BX – systémové rozvodny 6 kV pro napájení bezpečnostních systémů  
7(8)GJ, BK – nesystémové dieselgenerátory  
1(2)BJ, BK – rozvodny 6kV pro zajištěné napájení ostatních důležitých spotřebičů

Označení 1(2), 7(8) rozlišuje zařízení prvního výrobního bloku a druhého výrobního bloku, v případě 7(8) označení rozlišuje zařízení rezervního napájení daného bloku. Tedy v případě zařízení s označením 1, či 7 se jedná o zařízení související s HVB 1, zařízení s označením 2 a 8 má přímou souvislost s HVB 2.

### **2.3 Stručný popis jednotlivých komponent elektrického schématu bloku**

**Turbogenerátor 1000 MW** - turbogenerátor je točivý elektrický stroj, který mění mechanickou energii parní turbíny na elektrickou energii. Jeho činný výkon je 1000 MW, zdánlivý výkon 1111 MVA, účinník ( $\cos \Phi$ ) 0,9.

**Generátorový vypínač** - generátorový vypínač je určen k připojení TBA na síť, nebo jeho odpojení od sítě. Jedná se o tlakovzdušný výkonový vypínač s kombinovaným chlazením (vodním chlazením a přirozeným prouděním vzduchu).

**Blokový transformátor** - transformátor transformuje napětí 24 kV ze svorek turboalternátoru 1111 MVA (dále TBA) na napětí 400kV elektrizační soustavy. Při odstaveném turboalternátoru transformuje napětí sítě 400kV na napětí 24 kV pro napájení odbočkových transformátorů a následně vlastní spotřeby daného bloku.

**Odbočkové transformátory** - transformátory 1(2)BT1,2 jsou určeny pro PNVS (pracovní napájení vlastní spotřeby) rozvoden 6,3 kV. Transformují napětí 24kV ze zapouzdřených vodičů na napětí 6,3 kV a pomocí regulace napětí udržují požadovanou napěťovou hladinu v blokových rozvodnách 6 kV.

**Rezervní transformátory** - transformátory 7BT1, 2, (8BT1, 2) jsou určeny pro RNVS (rezervní napájení vlastní spotřeby) rozvoden 6,3 kV. Transformují napětí 110kV z vedení V9001, (V9002) na napětí 6,3 kV a pomocí regulace napětí udržují požadovanou napěťovou hladinu. Transformátory napájí rozvodny 6kV 7,(8)BA - 7,(8)BD. Z uvedených rozvoden je napájena vlastní spotřeba HVB 1 a HVB 2 při ztrátě pracovního napájení z transformátorů 1,(2)BT1, 2.

**Vedení 400kV** - vedení V051, V052 jsou určeny pro vyvedení výkonu TBA do transformovny Kočín a případné napájení blokové vlastní spotřeby HVB 1 a HVB 2 v režimu nepřifázovaného turboalternátoru.

**Vedení 110kV** - přívody VVN 110kV jsou určeny pro napájení rezervních transformátorů 7(8)BT1, 2 a rezervních rozvoden 6kV 7(8)BA – BD.

### **3. Možnosti vzniku poruchových stavů v elektroschématu**

Poruchové stavy elektrozařízení na ETE mohou vznikat od vlastního zařízení elektrárny, případně od poruch přenesených z přenosové soustavy. Nejčastější poruchy vyskytující se v elektroschématu jsou: zkrat, zemní spojení, přepětí, podpětí a přetížení. Na všechny tyto poruchy je třeba reagovat a zamezit jejich případnému šíření – toto je zabezpečeno souborem ochran a automatik. Ty mají za úkol v případě potřeby vypnout postižené zařízení (úsek – rozvodna, případně její část) a zabezpečit napájení navazujícího zařízení.

#### **3.1 Zkrat**

Je způsoben spojením dvou nebo více fází mezi sebou, popřípadě s uzlem sítě. Impedance zkratové smyčky od zdroje do místa zkratu prudce poklesne a následkem toho se prudce zvýší průtok proudu do místa poruchy. Na velikost zkratového proudu má vliv „tvrdosti“ napětí zdroje, velikost impedance zkratové smyčky, okamžik vzniku zkratu, poměr R/L zkratové smyčky, typ zkratu. Zkraty způsobují poškození dielektrik, izolátorů a proudovodičů vlivem mechanických sil a tepelných účinků.

#### **3.2 Zemní spojení**

Je způsobené spojením jedné fáze se zemí v sítích, které jsou provozovány s izolovaným nebo kompenzovaným uzlem. Na velikost poruchového proudu má vliv kapacitní rozlehlost a způsob provozu uzlu sítě, místo a typ poruchy. Způsobuje nebezpečná přepětí v nepostižených fázích a pokud je zemní spojení doprovázeno hořením oblouku tak i přepětím několikanásobně větším amplitudy než je jmenovitá hodnota napětí postižené sítě.

#### **3.3 Přepětí**

Je zvýšení napětí nad dovolenou mez. Může být způsobené atmosférickými vlivy a provozními vlivy (spínací přepětí, rezonanční a ferorezonanční přepětí). Způsobuje poškození izolačních systémů zařízení, zejména elektrických strojů a má



obvykle za následek vznik zkratu respektive zemních spojení, zejména pak v sítích s nedokonalou izolací při nedostatečných vzduchových vzdálenostech nebo v prostorách se ztíženými klimatickými podmínkami.

### **3.4 Podpětí**

Je způsobeno především nedostatečnou kompenzací, přetěžováním zdrojů a poruchami regulace napětí těchto zdrojů. Vzniká také vlivem zkratu. Podpětí má za následek především následné proudové přetěžování, odebírá-li připojené zařízení konstantní výkon.

### **3.5 Přetížení**

Je děj, kdy zařízením prochází příliš velké množství energie. K přetížení dochází při výpadku velkého zdroje nebo v důsledku zkratu v systému. Nejčastěji je způsobeno nedostatkem instalovaného činného výkonu, který neodpovídá okamžité spotřebě. Způsobuje především tepelná poškození a podstatně urychluje stárnutí izolace. Z hlediska tepelného namáhání je nebezpečnější dlouhodobé působení malých nadproudů než krátkodobé působení velkých proudů vznikajících při zkratu.

## 4. Kategorizace zařízení

Veškeré zařízení ve vlastní spotřebě je klasifikováno a rozděleno na zařízení důležité (bezpečnostní a související s bezpečností) a zařízení nedůležité. Elektrické spotřebiče ve vlastní spotřebě ETE jsou rozděleny podle důležitosti jejich funkce z hlediska účasti na nouzovém dochlazování bloku, podle jejich vlivu na technologický proces a podle jejich nároků na spolehlivost elektrického napájení. Takto rozdělené spotřebiče jsou zařazeny do skupin, kterým jsou přiřazeny systémy elektrického napájení.

### 4.1 Zařízení nezajištěného napájení

- **Zařízení III. kategorie** - zařízení, které se nepodílí na havarijním dochlazení bloku, nevyžaduje zajištění napájení – přerušení trvá až do okamžiku obnovení pracovních nebo rezervních zdrojů. Označuje se jako zařízení NN III. kategorie.

### 4.2 Zařízení bezpečnostních systémů zajištěného napájení (1, 2, 3 systém)

- **Zařízení II. kategorie** - zařízení, které se podílí na havarijním dochlazování postiženého bloku. U tohoto zařízení se připouští přerušení napájení do max. 10 sekund. Toto přerušení trvá do okamžiku startu havarijních zdrojů (dieselgenerátory) a jejich připravenosti převzít zátěž těchto zařízení. Označuje se také jako zařízení ZN II. Do této kategorie jsou zařazeny spotřebiče bezpečnostních systémů nebo systémů souvisejících s JB, a to i větších výkonů (až do 835 kW) - např. čerpadla systému TQ (havarijní dochlazování, havarijní vstřik bóru, sprchová čerpadla), čerpadla TVD (technická voda důležitá) apod.
- **Zařízení I. kategorie** - zařízení, které se podílí na havarijním dochlazování postiženého bloku. U tohoto zařízení se připouští přerušení napájení na maximálně zlomky sekund. Napájení těchto spotřebičů je realizováno z části pomocí dieselgenerátorů ZN II. a z části pomocí systému AKU baterií, které zajišťují provoz do startu DG ZN II. Označuje se také jako zařízení ZN I. Do této kategorie patří například elektrické spotřebiče bezpečnostních systémů

a systémů souvisejících s JB, armatury PSA a RČA (přepouštěcí stanice do atmosféry a rychločinné armatury) a osvětlení obslužných prostor – jedná se o výkonově nenáročné zařízení.

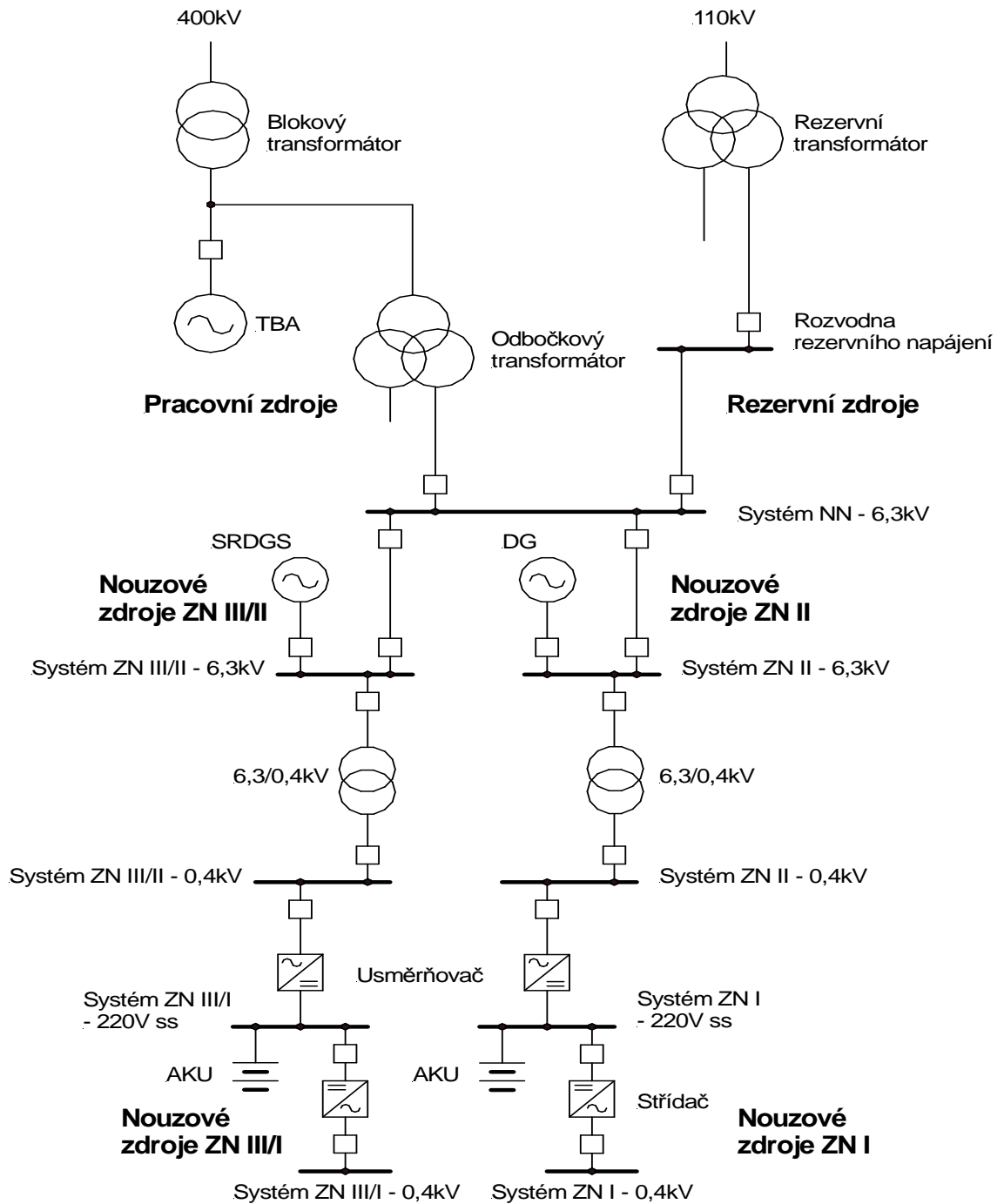
#### **4.3 Zařízení systémů zajištěného napájení (4 a 5 systém) – zařízení strojovny, informačních a výpočetních systémů**

- **Zařízení III/II. kategorie** - zařízení, které se nepodílí na havarijním dochlazování postiženého bloku. Jedná se o zařízení, které se nepodílí na dochlazování bloku, ale je nutno zabezpečit jeho napájení z důvodu bezpečnosti osob případně ekonomicky náročného zařízení. U tohoto zařízení se připouští přerušení napájení od 10s do 10 min – toto přerušení trvá do okamžiku připojení havarijních zdrojů (společných dieselgenerátorů 7(8)GJ, GK). Označuje se také jako zařízení ZN III/II. Patří sem např. pohony čerpadel požární vody, čerpadla pro doplňování kondenzátního okruhu, pohony čerpadel mazacího a zvedacího oleje turbosoustrojí apod.
- **Zařízení III/I. kategorie** - zařízení, které se nepodílí na havarijním dochlazování postiženého bloku. Jedná se o spotřebiče systémů ASŘTP sekundárního okruhu, SKŘ elektro, spotřebiče tzv. „non safety“ systémů primárního okruhu, řídicí počítač apod. U těchto zařízení se připouští přerušení napájení na maximálně zlomky sekund. Napájení do připojení dieselgenerátorů ZN III/II. zajišťují AKU baterie. Označuje se také jako zařízení ZN III/I. Patří sem spotřebiče systémů ASŘTP sekundárního okruhu, SKŘ elektro, spotřebiče tzv. „non safety“ systémů primárního okruhu, řídicí počítač apod.

## 5. Zdroje napájení

Elektrické zdroje napájení jsou rozděleny do následujících skupin

- pracovní zdroje napájení
- rezervní zdroje napájení
- havarijní zdroje napájení



Obr. číslo 2 – Rozdělení zdrojů napájení a jejich vzájemná návaznost

### **5.1 Pracovní zdroje napájení**

Pracovními zdroji napájení vlastní spotřeby jsou odbočkové transformátory 1(2)BT1,2, které mohou být napájeny buď z generátorového vypínače výkonem TG, případně z vedení 400 kV z transformovny Kočín. Při přirázovaném bloku je tedy malá část výkonu spotřebována pro napájení vlastní spotřeby bloku a podstatná část výkonu TG je vyváděna linkou 400 kV do transformovny Kočín, odkud je dále rozváděn do elektrizační soustavy. Pracovní zdroje každého z obou výrobních bloků musí splňovat tyto požadavky:

- zajistit spolehlivý chod technologických okruhů bloku při normálním provozu, tj. při najíždění, jmenovitém zatížení a plánovaném odstavení bloku,
- zajistit spolehlivý chod technologických okruhů bloku při abnormálním provozu a to v případě výpadku turbosoustrojí nebo při poruše vyvedení výkonu bloku,
- dimenzování musí vyhovět i požadavkům v režimech spouštění největších spotřebičů vlastní spotřeby při normálním chodu bloku (hlavní cirkulační čerpadla, čerpadla chladicí cirkulační vody).

### **5.2 Rezervní zdroje napájení**

rezervními zdroji napájení jsou rezervní transformátory 7(8)BT1,2, napájené z vedení 110 kV z transformovny Kočín. Rezervní linka nikdy neslouží pro vyvedení výkonu bloku, není k tomu parametrově uzpůsobena. Rezervní zdroje napájení musí splňovat tyto základní požadavky:

- musí být nezávislé na pracovních zdrojích bloku (z pohledu funkceschopnosti),
- musí převzít napájení blokových sekcí 6kV vlastní spotřeby v případě výpadku jejich pracovních zdrojů v režimu individuálních i hromadné ztráty

pracovních zdrojů bloku, které je zajišťováno prostřednictvím automatiky zásroku rezervy,

- dimenzování musí vyhovět i požadavkům v režimu hromadného samonajždění pohonů vlastní spotřeby po ztrátě pracovních zdrojů bloku a v režimech spouštění největších spotřebičů vlastní spotřeby při normálním chodu bloku (hlavní cirkulační čerpadla, čerpadla chladicí cirkulační vody) v případě, že bloková vlastní spotřeba je automaticky převedena prostřednictvím automatiky zásroku rezervy na rezervní napájení.

### **5.3 Havarijní zdroje napájení**

Havarijní zdroje každého z obou HVB jsou rychle startující dieselgenerátory, staniční akumulátorové baterie a agregáty nepřerušovaného napájení, jejichž funkceschopnost nezávisí na stavu pracovních a rezervních zdrojů ani na stavu vnější elektrické sítě. Tím je zcela zajištěno autonomní napájení systémů důležitých pro bezpečnost bezpečnostních systémů a systémů souvisejících s jadernou bezpečností. Tyto zdroje v návaznosti na řešení jaderně-tepelné části, musí zajistit napájení pohonů, spotřebičů zabezpečujících lokalizaci technologických poruch a dochlazování reaktoru i v režimech úplné ztráty napájení vlastní spotřeby.

#### **5.3.1 Dieselgenerátory**

Dieselgenerátory bezpečnostních systémů jsou nouzovým zdrojem elektrické energie pro napájení elektrických spotřebičů bezpečnostních systémů, systémů odvodu zbytkového tepla a systému ochranné obálky ze systémů zajištěného napájení ZN II. v případě „úplné ztráty napájení VS bloku“ nebo „ztráty napětí na sekci 6 kV ZN II“.

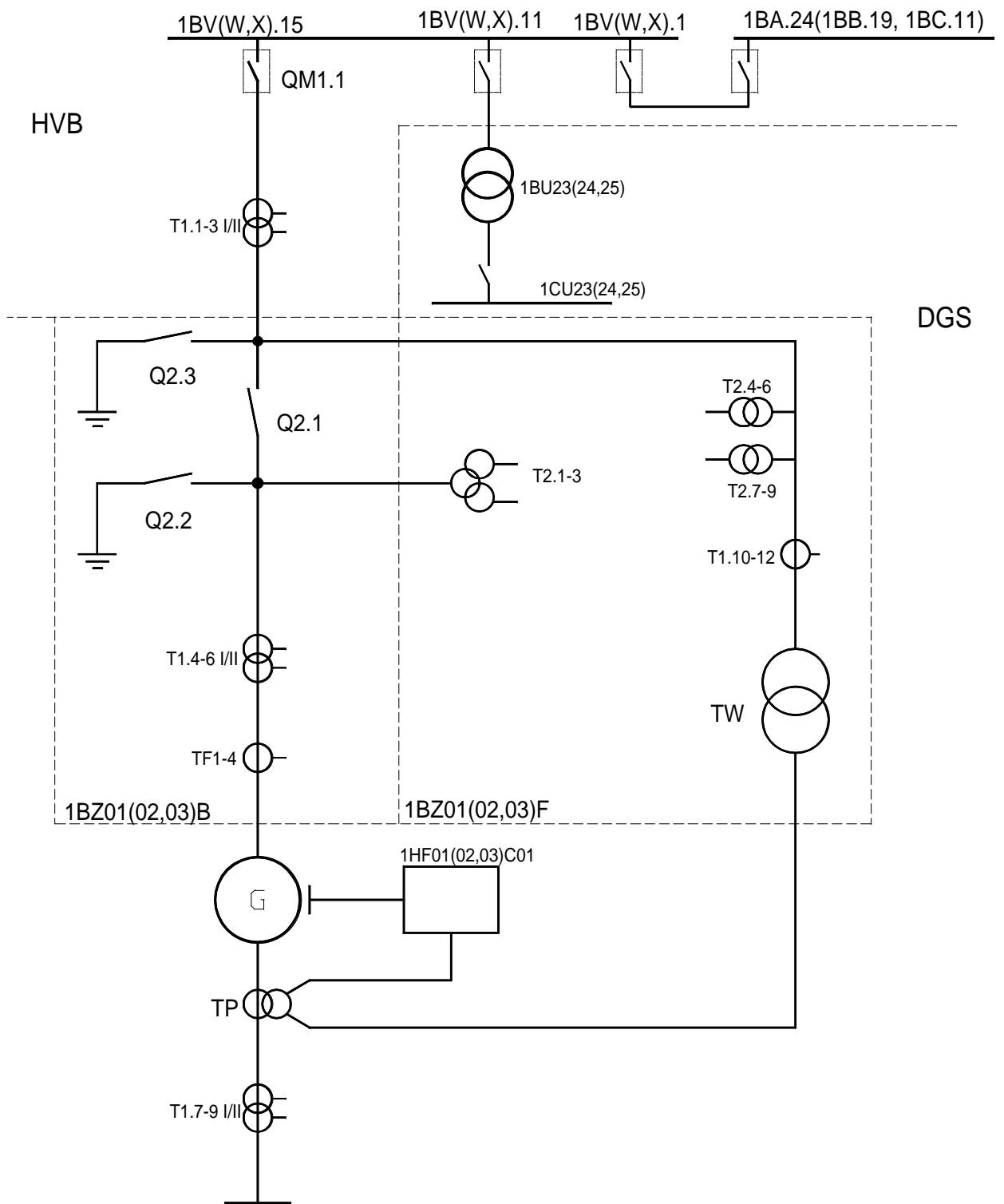
Pro nouzové napájení spotřebičů důležitých z hlediska bezpečnosti osob nebo drahých zařízení z rozvodu systému ZN III/II. slouží dva další dieselgenerátory instalované ve společné dieselgenerátorové stanici (SRDGS).

**Dieselgenerátory bezpečnostních systémů:** na ETE jsou pro každý reaktorový blok vytvořeny tři nezávislé bezpečnostní systémy zajištěného napájení II. a I. kategorie, které napájí spotřebiče zabezpečující dochlazení reaktoru a lokalizaci poruchy v havarijních situacích. Každý z těchto systémů je schopen v případě havárie zajistit jadernou bezpečnost bloku. Systémy jsou samostatné bez vzájemných vazeb v části technologické, elektrické a SKŘ. Dieselgenerátory jsou umístěny v samostatných seismicky odolných buňkách. Každý systém ZN II. 6 kV může být v případě úplné ztráty napájení ve vlastní spotřebě napájen ze systémového dieselgenerátoru 1(2)GV, 1(2)GW, 1(2)GX. Dieselgenerátor je tvořen spalovacím naftovým motorem a synchronním generátorem.

Motor DG je naftový dvanáctiválec ZGODA se jmenovitým výkonem 6,6 MW při 600 ot/min.

Synchronní generátor DOLMEL je třífázový stroj se jmenovitým výkonem 6,3 MW při svorkovém napětí 6,3 kV. Je chlazen cirkulujícím vzduchem ochlazovaným ve dvou vodních chladičích.

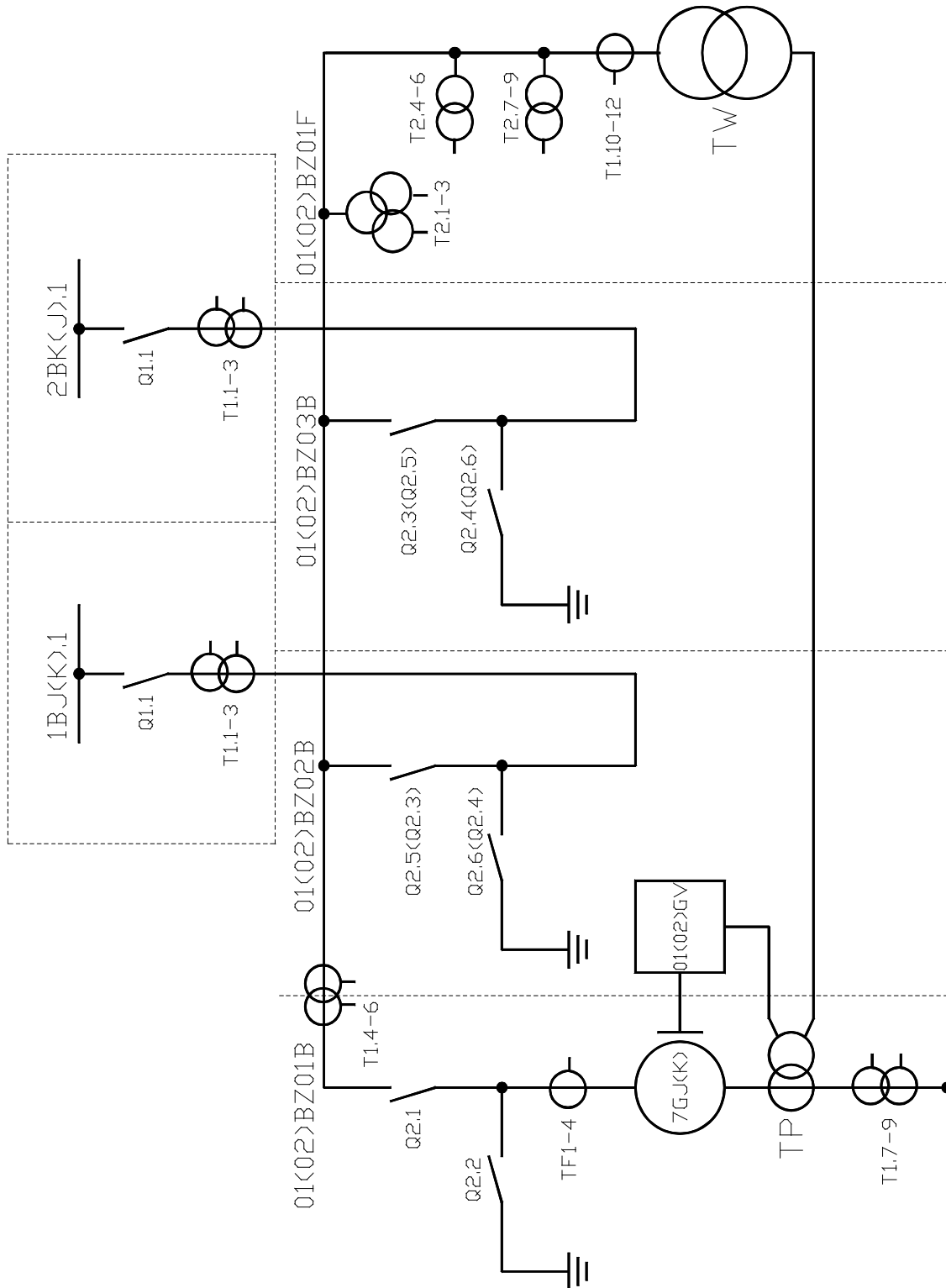
Každý dieselgenerátor má v budově provozní nádrž 12 m<sup>3</sup>, která postačí na 7 hodin provozu. Ta může být doplňována z podzemní vnější skladovací nádrže 100 m<sup>3</sup>, umístěné vedle objektu DGS. Obsahy obou nádrží vystačí na 48 hodin provozu stroje. Je-li nezbytné provozovat DG déle, musí být nafta doplněna z centrálního palivového hospodářství. Automatický start dieselgenerátoru zajišťuje automatika postupného spouštění (APS1, APS2, APS3). Tato automatika zajistí také připojení DG k odlehčenému systému ZN II. a koordinuje jeho bezpečné postupné zatěžování.



Obr. číslo 3 - Jednopolové schéma vyvedení výkonu DG ze systémových DGS



**Dieselgenerátory ve společné dieselgenerátorové stanici** - ve společné rezervní dieselgenerátorové stanici (SRDGS) jsou instalovány dva dieselgenerátory (7GJ, 7GK) zajišťující nouzové napájení systémů ZN III/II. obou výrobních bloků ETE. Každé soustrojí je včetně palivového hospodářství plně autonomní. V případě ztráty pracovního napájení rozveden 6 kV ZN III/II. musí být DG schopny zajistit jejich nouzové napájení. Pro splnění tohoto úkolu dieselgenerátory vzájemně spolupracují. Jeden DG v SRDGS je schopen zabezpečit napájení všech subsystémů 4. a 5. systému ZN III/II. obou HVB. Stanice je osazena dieselgenerátory stejného typu a shodných parametrů, jaké jsou instalovány v dieselgenerátorových stanicích bezpečnostních systémů. Každý dieselgenerátor má vlastní provozní nádrž nafty o objemu 16 m<sup>3</sup>, která postačí na 10 hodin provozu. Provozní nádrž se doplňuje potrubím z centrálního skladu nafty. Automatický start DG zajišťuje automatika postupného spouštění. Automatika APS 5.1 je instalována na rozvodnách 1(2)BJ a automatika APS 5.2 na rozvodnách 1(2)BK. Automatika zajistí start DG, připojení DG k odlehčenému systému ZN III/II. a poté základním programem koordinuje bezpečné postupné zatěžování DG potřebnými spotřebiči. V případě poruchy jednoho DG v SRDGS přebírá druhé soustrojí na sebe povinnost zajistit nouzové napájení všech potřebných zátěží. Automatiky jsou vybaveny záložními programy, které tyto funkce umožňují a dieselgenerátory jsou výkonově schopny tuto úlohu splnit.



Obr. číslo 4 - Jednopolové schéma vyvedení výkonu DG ze SRDGS

### 5.3.2 Akumulátorové baterie

Akumulátorové baterie jsou autonomním nouzovým zdrojem el. energie pro zajištění nepřetržitého napájení systémů zajištěného napájení I. kat. (bezpečnostní systémy) a systémů zajištěného napájení III/I. kat. (systémy související s bezpečností) v případě ztráty jejich pracovního napájení ze systému ZN II. kat. nebo ZN III/II. kategorie.

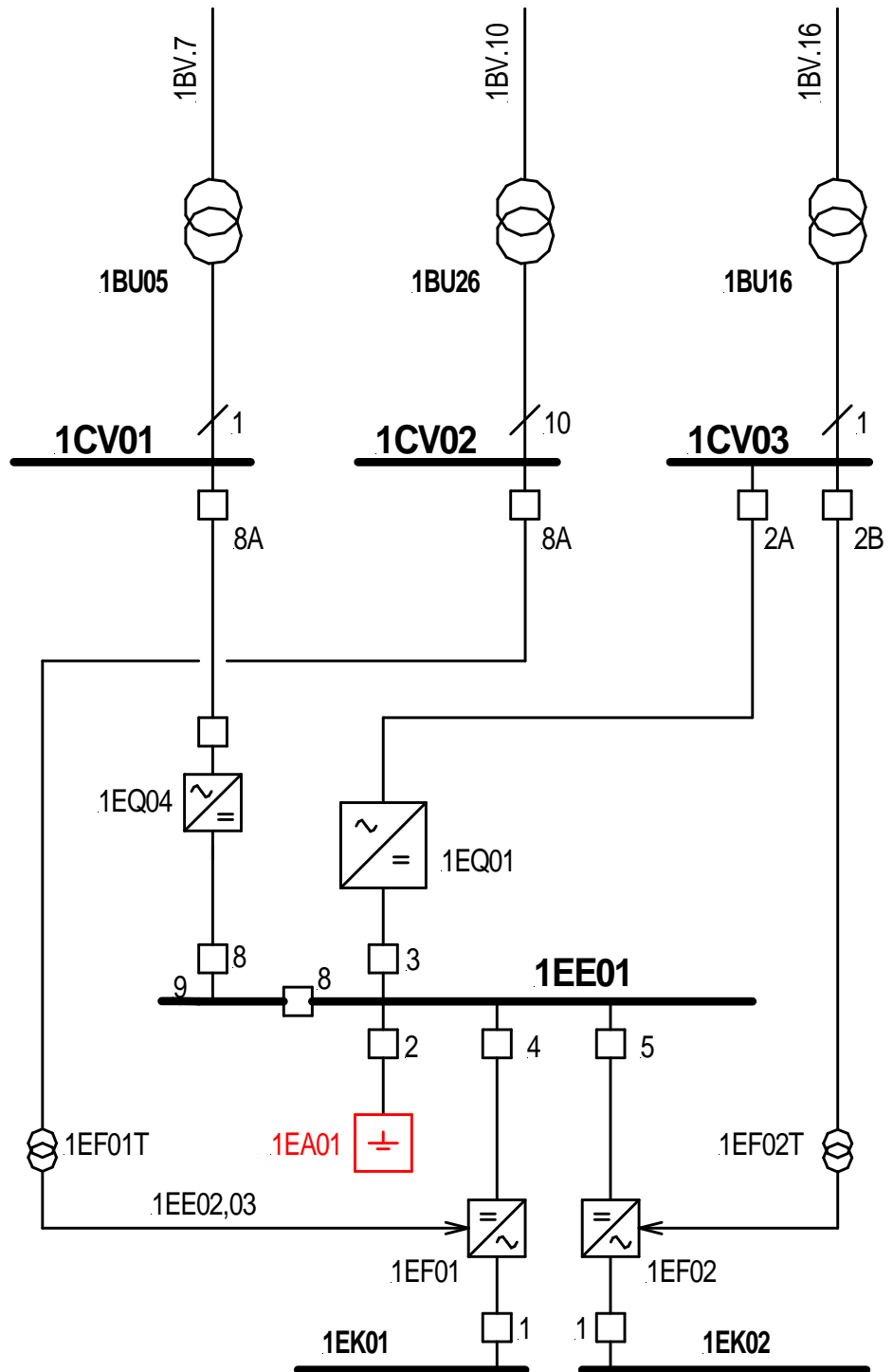
Rozvodny systémů nepřetržitého napájení ZN I a ZN III/I mají napětí 220 V ss. Nouzový zdroj je složen z olověno-kyselinových článků baterie typu „Varta bloc“.

Akumulátorové baterie Varta - bloc slouží pro universální použití s vysokými bezpečnostními požadavky. Svou konstrukcí jsou vhodné pro krátké doby vybíjení vysokým proudem i pro kapacitní vybíjení pro delší dobu. Jsou proto vhodné jako náhradní zdroje elektrického napájení v jaderných elektrárnách.

Každý olověný akumulátor sestává z nádoby na články naplněné kyselinou sírovou a sady kladných a záporných elektrod. V člancích jsou použity tyčové kladné elektrody se selenovou slitinou a záporné mřížkové desky z tvrdého olova.

Hlavními přednostmi baterií Varta - bloc jsou provozně osvědčený bezpečnostní pól, těsný proti průniku elektrolytu, bezpečnostní zátky zabraňující průniku plamene a bezúdržbový pohotovostní provoz více než 5 let.

# 1.SYSTEM



Obr. číslo 5 - Připojení akumulátorové baterie do systému ZN I.

Stejným způsobem jsou řešeny druhý a třetí systém.

Přechod mezi jednotlivými zdroji napájení a jejich případné zatěžování zabezpečují automatiky – CAB (centrální automatika bloku), HAZR (hromadný automatický záskok rezervy), AZR (automatický záskok rezervy), APS (automatika postupného spouštění).

## 6. Základní přehled nejdůležitějších automatik v systému zajištěného napájení

Automatika je soubor zařízení, nebo jednotlivých prvků, řízených vnitřními či vnějšími podněty na jejichž základě vykonávají určitou funkci podle daného (předem učeného) algoritmu (programu, zadaného sledu úkolů).

Automatiky jsou využívány pro řešení poruchových stavů, jejich likvidaci a zamezení jejich rozšíření do dalších nepostižených celků. Prvotní dělení je na technologické a elektrické automatiky. Technologické automatiky řeší poruchové stavy pouze na technologii, elektrické poruchy v elektrickém schématu elektrárny. Dále se dělí podle důležitosti zařízení nebo celku, na němž je automatika realizována, ne všechny automatiky jsou realizovány na veškerém zařízení. Lišit se mohou rozdílnými hodnotami při kterých působí, dobou působení a rozsahem působení.

Problematika automatik je natolik rozsáhlá, že překračuje rámec této práce, proto následuje pouze jejich stručný popis. Součástí této kapitoly jsou ukázky průběhu řešení některých poruchových stavů.

**CAB** - centrální automatika bloku. Vyhodnocuje režim „Ztráta pracovních zdrojů bloku“ a „Odpojení od soustavy a generátor neschopný napájet vlastní spotřebu“, inicializuje HAZR (hromadný automatický záskok rezervy). Tato automatika je nadřazena automatickému zásoků rezervy jednotlivých sekcí R 6kV nezajištěného napájení.

**HAZR** - hromadný automatický záskok rezervy. Je inicializován automatikou CAB, při splnění daných podmínek jsou vypnuty pracovní přívody R 6kV III. kategorie a zapnuty jejich rezervní přívody. Tomu předchází působení automatiky APV – automatika podpětového vypínání (z důvodu ochrany rezervního zdroje před přetížením). Po zapůsobení automatiky HAZR je vlastní spotřeba bloku napájena z rezervního zdroje (vedení 110 kV).

**AZR** - automatika zapínání rezervy. Tato automatika je nejrozšířenější automatikou používanou v blokové i neblokované vlastní spotřebě. Aktivačním vstupem této automatiky je vypnutý stav příslušného pracovního přívodu rozváděče. V případě splněných podmínek tato automatika vygeneruje signál pro zapnutí rezervního přívodu rozváděče. Mezi hlavní podmínky této automatiky patří:

- napětí rezervního zdroje má hodnotu minimálně  $0,9 U_n$ ,
- automatika je navolena,
- nepůsobí žádná blokáda této automatiky (mimo jiné je to působení zkratových ochran pracovního přívodu, působení havarijní zábleskové

ochrany, vypnutí pracovního přívodu z místa, působení automatiky selhání vypínače a další).

**APV** - automatika podpětového vypínání. Působení této automatiky se rozděluje na dva druhy podpětového vypínání podle objektu, na který signál podpětového vypínání působí, a to na podpětové vypínání pohonů a spotřebičů a podpětové vypínání přívodů. Podpětové vypínání pohonů a spotřebičů zajišťuje redukci předem určené zátěže daného rozváděče před jeho automatickým přechodem na rezervní napájení (pomocí AZR). Důvodem této redukce je snaha snížit proudový ráz a tím i úbytek napětí na rezervním zdroji, který je způsobený samonajížděním zátěže (především pohonů) po zapnutí rezervního napájení. Po dobu působení podpětového vypínání je zajištěno, že daný spotřebič nelze zapnout ani ručně dálkově ani automaticky. Pohony a spotřebiče jsou rozděleny podle stupně důležitosti do několika stupňů lišících se hodnotou poklesu napětí pracovního přívodu a dobou jeho trvání. Podpětové vypínání pracovních přívodů rozveden 6 kV a úsekových rozváděčů 0,4 kV zajišťuje vypnutí pracovního přívodu od podpětí a následné působení automatiky AZR (pokud je realizována a jsou splněny podmínky působení). Podpětové vypínání není podmíněno navolením automatiky AZR ani odpovídající velikostí napětí rezervního zdroje a působí pokud verifikované podpětí překročí nastavenou hodnotu.

**APS** - automatika postupného spouštění. Zajišťuje přechody napájení R 6 kV II. kategorie na nouzový zdroj (dieselgenerátor) poté, co vyhodnotí ztrátu napájení této rozvodny z nadřazených rozveden 6 kV III. kategorie. Inicializační signály se tvoří dvěma způsoby a to od podmínek, které vyjadřují ztrátu napájení rozveden 6 kV II. kategorie – jsou jimi ztráta napětí sekce II. kategorie a neúspěšný AZR sekce III. kategorie.

APS je rozdělena do tří částí a to:

- odstavovací část APS,
- najížděcí část APS,
- konec programu zatěžování a konec APS.

V odstavovací části jsou působením podpětového vypínání odlehčí rozvodna před připojením jejího nouzového zdroje a zabrání se tím jeho přetížení a následnému výpadku. Pokud dojde ke splnění podmínek pro připojení nouzového zdroje (DG) aktivuje se program zatěžování připojeného DG. Tento program zabezpečuje postupné zatěžování DG, tak aby v žádném z jeho stupňů nedošlo k jeho přetížení. Pokud jsou splněny podmínky pro obnovu napájení z nadřazené rozvodny 6 kV III. kategorie následuje konec APS a přechod na napájení z nadřazených rozveden 6 kV III. kategorie pomocí automatiky ZAZR.

**ZAZR** - tato automatika zabezpečuje po ukončení APS obnovu napájení rozvoden 6 kV II. kategorie z nadřazených rozvoden 6 kV III. kategorie. Po ukončení APS generuje povel na:

- vypnutí dieselgenerátorového vypínače,
- zapnutí obou vypínačů sekční spojky,
- aktivaci automatiky podpětového vypínání R 6 kV II. kategorie.

Přechod je realizován dvěma způsoby. Vypnutím dieselgenerátorového vypínače čímž vznikne na rozvodně 6 kV II. kategorie podpětí a je inicializován přechod na napájení z nadřazené rozvodny 6 kV III. kategorie (zapnutím pracovního přívodu), dieselgenerátor zreguluje otáčky na chod naprázdno. Druhou možností působení ZAZR je automaticky při poruše dieselgenerátoru.

**AZZ** - automatika zpětného zásoku. Nejedná se o automatiku zajišťující napájení spotřebičů či rozvoden v pravém slova smyslu – tato automatika umožňuje přechod napájení rozvoden ZN III/II. kategorie zpět na pracovní napájení ze systému nezajištěného napájení. Automatika nejprve zajistí podpětové vypnutí rezervního přívodu nebo přívodu od nouzového zdroje a při splněných podmínkách je následně vydán pokyn na zapnutí pracovního přívodu.

**ADG** - automatika ADG je souborem technologických automatik zajišťujících především chod dieselgenerátoru v „horké rezervě“ pro jejich start a práci dle potřeb příslušné divize. Dieselgenerátor musí být na jmenovitých parametrech 100% jmenovitého napětí (6 kV) a 95% jmenovité frekvence (50 Hz) nejpozději do 10 s. Pokud tomu tak není je start DG vyhodnocen jako neúspěšný.

**ASV** - automatika selhání vypínačů. V zásadě se rozlišují dva typy této automatiky – ASV generátorového vypínače a ASV vývodů blokových a neblokovaných rozvoden 6 kV. Kromě těchto dvou typů této automatiky existuje ještě ASV vypínačů blokového vedení 400 kV a vedení rezervního napájení 110 kV – ty však nejsou součástí automatik ETE, mají však přímou vazbu na pracovní a rezervní napájení vlastní spotřeby.

**ASV generátorového vypínače** - zajišťuje tzv. „tvrdé“ odstavení turbosoustrojí a vypnutí všech zkratových příspěvků, které mohou v případě selhání generátorového vypínače téct do místa zkratu. Selhání vypínače je vyhodnocováno na základě dvou kritérií- stavové a proudové kritérium. Pokud jsou splněny podmínky pro vypnutí generátorového vypínače a do 300 ms nedojde k jeho vypnutí je generován povel na rychlé odbuzení generátoru odbuzovačem, povel na odstavení turbíny rychlozávěrným



ventilem, povel na vypnutí blokové linky, povel na vypnutí pracovních přívodů všech blokových sekcí rozveden 6 kV III. kategorie (BA, BB, BC, BD) a povel na vypnutí generátorového vypínače do sousedního vypínacího okruhu (tzv. funkce „RETRIP“).

**ASV vývodových vypínačů rozveden 6 kV** - touto automatikou jsou vybaveny všechny blokové sekce R 6 kV III. kategorie, R 6 kV III. kategorie venkovních objektů, R 6 kV III/II. kategorie a R 6 kV II. kategorie. ASV těchto rozveden zajišťuje rychlé záložní vypínání zkratů ve vývodech při selhání vývodových vypínačů 6 kV. Jestliže základní nebo záložní ochrany vývodu působí déle než (200 ms) než je doba vypnutí jejich vývodového vypínače a vypínač zůstal stále zapnut, ASV nadřazeně vypíná všechny možné zkratové příspěvky do rozvodny. Působení (vypínání příspěvků) není pro výše uvedené rozvodny stejné. Rozlišuje se působení ASV vývodových vypínačů:

**ASV blokových sekcí R 6 kV III. kategorie**

- vypíná a blokuje zapnutí pracovního přívodu,
- vypíná a blokuje zapnutí rezervního přívodu,
- blokuje automatiku AZR,
- vypíná systémový vypínač sekční spojky na R 6 kV III/II. kategorie,
- vypíná systémový vypínač sekční spojky na R 6 kV II. kategorie.

**ASV R 6 kV III. kategorie venkovních objektů**

- vypíná a blokuje zapnutí pracovního přívodu – tj. vypínač sekční spojky na straně venkovních objektů,
- blokuje zapnutí vypínače na straně sekční spojky na straně R 6 kV III. kategorie,
- vypíná a blokuje zapnutí vypínače podélné spojky R 6 kV III. kategorie venkovních objektů.

**ASV R 6 kV III/II. kategorie**

- vypíná nesystémový vypínač sekční spojky,
- vypíná a blokuje zapnutí systémového vypínače sekční spojky,
- vypíná a blokuje zapnutí vypínače DG svého subsystému,
- vypíná a blokuje zapnutí vypínače podélné spojky mezi oběma subsystémy

### **ASV R 6 kV II. kategorie**

- vypíná nesystémový vypínač sekční spojky,
- vypíná a blokuje zapnutí systémového vypínače sekční spojky,
- blokuje zapnutí vypínače DG svého subsystému.

Vypnutý stav vývodových vypínačů se v ASV nevyhodnocuje stavovým kritériem, ale využívá se pouze proudového kritéria. Proudové kritérium se zajišťuje v každém vývodu samostatnou proudovou ochranou označovanou jako „proudová ASV“. Výjimkou jsou R 6 kV venkovních objektů, kde je vedle proudového kritéria použito i stavové kritérium (stav vypínače se vyhodnocuje z jeho kontroléru).

## **7. Řešení poruchových stavů v elektroschématu jednotlivých kategorií zařízení**

### **7.1 Ztráta napájení jedné ze sekcí blokové R 6 kV III. kategorie NN**

V případě této poruchy záleží na tom, zda se jedná o sekci, ze které je napájeno jedno z HCČ či nikoli. V případě, že se jedná o sekci, ze které je jedno z HCČ napájeno následuje:

- automatika podpětového vypínání provede ještě před vlastním automatickým zapnutím rezervního napájení vypnutí pohonů a příslušných vývodů, které jsou zařazeny do příslušného podpětového vypínání, vývody na zbývající pohony a vývody na podružné rozváděče 0,4 kV a smyčky podružných rozváděčů 0,4 kV zůstávají zapnuty,
- po ztrátě napájení některé ze sekcí R 6 kV III. kategorie NN a předpokladu splnění vstupních kritérií pro úspěšný AZR dochází k automatickému záskoku rezervy na postiženou sekci,
- po ztrátě napájení některé ze sekcí R 6 kV III. kategorie NN a neúspěšném AZR na příslušné sekci nedojde k zapnutí rezervního přívodu a dochází ke ztrátě napájení na příslušné sekci R 6 kV III. kategorie a tím i ztrátě napájení příslušných úsekových rozváděčů, které jsou z této sekce napájeny – na těchto

úsekových rozváděčích proběhne AZR na rezervní přívody. Zároveň pokud se jedná o sekci, která napájí HCČ (hlavní cirkulační čerpadlo), dojde k působení limitačního systému a tím k snížení výkonu reaktoru na požadovanou úroveň (je nutné zachovat rovnováhu mezi odvodem a produkcí tepla v aktivní zóně). V případě výpadku jednoho HCČ ze čtyř pracujících limitační systém sníží výkon na 75% nominálního výkonu reaktoru.

V případě poruchy na sekci, ze které není napájeno HCČ dochází k:

- k oddělení elektrochémý II. kategorie zajištěného napájení od elektroschémy III. kategorie NN a tím k provozu v režimu ztráty napájení jednoho bezpečnostního systému R 6 kV II kategorie.
- k oddělení elektroschémy III/II. kategorie ZN od elektroschémy III. kategorie NN a tím i k provozu v režimu ztráty napájení jednoho subsystému R 6 kV III/II. kategorie ZN. Následuje aktivace automatiky vypnutí sekčních vypínačů, působení logiky AZR příslušných úsekových rozváděčů 0,4 kV, působení do logiky APS,
- ztráta napájení jedné sekce R 6 kV venkovních objektů a automatický přechod na rezervní napájení příslušných úsekových rozváděčů.

## **7.2 Ztráta napájení R 6 kV II. kategorie ZN jednoho bezpečnostního systému bloku**

- dochází okamžitě k aktivaci automatiky START DG (GV, GW, GX), protože R 6 kV II. kategorie nemají rezervní zdroj napájení
- je aktivována automatika sekčních spojek, jimiž jsou odděleny rozvodny 6 kV II. kategorie ZN od rozvodny 6 kV III. kategorie
- dále se aktivuje odstavovací část automatik postupného zatěžování DG, které ještě před připojením DG, odpojují vybrané vývody sekcí R 6 kV II. kategorie ZN. Automatika v případě, že jsou splněny veškeré podmínky připojuje DG k příslušné rozvodně do 10 sekund. V časovém úseku od ztráty napájení na R 6 kV ZN II. kategorie přecházejí akubaterie 220 V<sub>ss</sub> postižených systémů do režimu vybíjení a napájí spotřebu bezpečnostních systémů až do přifázování DG. Tyto akubaterie jsou schopny zajistit napájení spotřeb těchto systémů na dobu nejméně ½ hodiny. Po připojení DG dojde

k aktivaci zatěžovací části automatiky postupného zatěžování DG. Chod dieselgenerátorů bezpečnostních systémů trvá minimálně 20 minut, maximální doba není v podstatě omezena - tedy do obnovení normálního napájení na příslušné rozvodně 6 kV II. kategorie

### **7.3 Ztráta napájení jedné ze sekcí R 6 kV III/II. kategorie ZN**

- k individuální ztrátě napájení jedné R 6 kV III/II. kategorie může dojít vlivem ztráty napětí na příslušné napájecí sekci R 6 kV III. kategorie NN nebo vlivem poruchy na sekčních spojkách mezi R 6 kV III. kategorie NN a R 6kV III/II. kategorie. Dochází k:

- vypnutí sekčních vypínačů spojky ( BJ->BA nebo BK->BC)
- následnému částečnému odlehčení příslušné postižené rozvodny od zátěží vypnutím pracovních přívodů úsekových rozváděčů 0,4 kV
- automatickému přechodu na napájení ze sousední R 6 kV III/II. kategorie (BJ->BK, respektive BK->BJ)
- blokádě startu DG

### **7.4 Individuální ztráta napájení úsekových rozváděčů 0,4 kV**

- po ztrátě napájení úsekových rozváděčů 0,4 kV dochází před AZR k vypnutí pohonů zařazených do příslušného podpětového vypínání, vývody na ostatní pohony, podružné rozváděče a smyčky podružných rozváděčů 0,4 kV zůstávají zapnuty
- po ztrátě napájení úsekových rozváděčů 0,4 kV pro osvětlení nedochází před AZR k redukci vlivem působení podpětového vypínání
- napájení je obnoveno působením automatiky AZR přechodem na rezervní napájení (při splnění předem daných podmínek). V případě neúspěšného přechodu na rezervní napájení zůstává postižená rozvodna bez napájení.

### **7.5 Úplná ztráta pracovních zdrojů**

- tato porucha je charakterizována ztrátou napájení všech blokových sekcí 6 kV NN současně. Vlivem odpojení bloku od nadřazené soustavy 400 kV dochází k aktivaci centrální automatiky bloku (CAB), která následně vyvolá: urychlení procesu

podpětového vypínání a rozšíření počtu vypínaných spotřebičů vlivem rychlého podpětového vypínání, působení do obvodů blokády regulace rezervních transformátorů, vypnutí vypínačů pracovních přívodů všech sekcí rozveden 6 kV III. kategorie NN bloku, aktivuje se HAZR na všech sekcích 6 kV III. kategorie NN a v případě, že jsou splněny veškeré podmínky dojde k úspěšnému přechodu na napájení ze sítě RNVS

- při úspěšném hromadném zásroku nedochází k žádnému rozsáhlejšímu dělení elektroschématu, dojde pouze k vypnutí vývodů na venkovní rozvodny 6 kV
- při neúspěšném hromadném zásroku dochází na postižených sekcích R 6 kV III. kategorie NN ke ztrátě napětí a tím i poruše – úplná ztráta zdrojů bloku

#### **7.6 Úplná ztráta napájení vlastní spotřeby ETE**

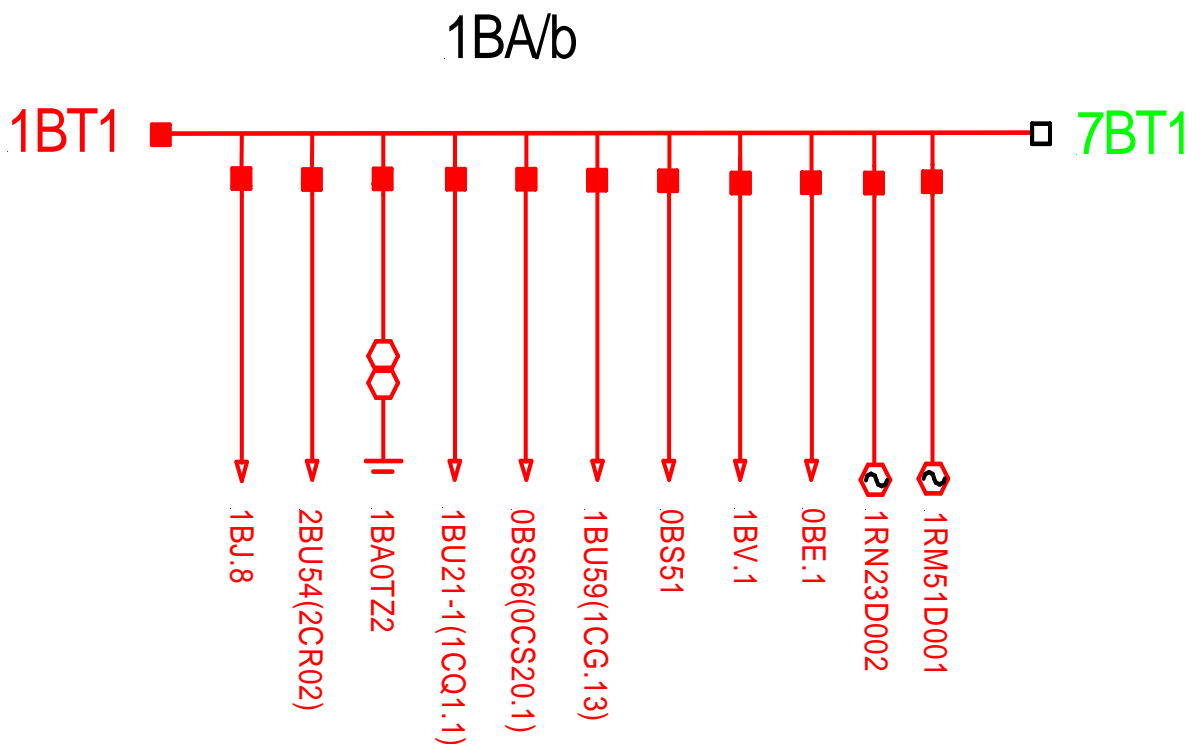
- z hlediska požadavků na zdroje napájení se jedná o největší projektovou havárii, která by mohla postihnout elektročást JETE. V režimu úplné ztráty napájení dochází ke ztrátě pracovních i rezervních zdrojů a následně k aktivaci startu havarijních zdrojů
- následně dochází k rozepnutí sekčních spojek oddělujících systémy NN od ZN, spuštění odstavovací části automatik APS a po připojení DG spuštění zatěžovací části APS
- všechny sekce R 6 kV III. kategorie NN zůstávají bez napájení, vývody na neblokové společné rozvodny a venkovní objekty jsou vypnuty.
- akubaterie II. a III/II. kategorie ZN přecházejí do režimu vybíjení. Do doby připojení DG a následného obnovení napětí na rozvodnách ZN napájí akubaterie příslušné úsekové rozváděče 220 Vss
- chod DG bezpečnostních systémů je zabezpečen na minimální dobu 20 minut, chod DG systémů III/II. kategorie trvá minimálně 10 minut (tedy do obnovení pracovních či rezervních zdrojů).

## 7.7 Station Black Out (SBO) – ztráta pracovních, rezervních i havarijních zdrojů

- tato porucha je prakticky nejsložitějším provozním režimem, který je v elektročásti JETE předpokládán.
- nejpravděpodobnějším mechanismem vzniku SBO jsou systémové poruchy v ES (blízké zkraty včetně selhání ochran a vypínačů ve vnější síti) kumulované s poruchami uvnitř elektrárny (selhání havarijních zdrojů vlivem el. nebo technologických prvopříčin) Je definován jako souhrnná ztráta pracovních, rezervních i havarijních zdrojů.
- během probíhajícího režimu „Black Out“ jsou v činnosti pouze příslušné zdroje (akumulátorové baterie) I. kategorie ZN, respektive III/I. kategorie které zajišťují napájení příslušných rozvodů I. a III/I. kategorie. Akumulátorové baterie 220 V ss, 110 V ss a 24 V ss pro napájení systému ochrany reaktoru (SOR), střídačů a systémů UPS. Tyto zdroje jsou schopny zabezpečit napájení nejdůležitějších systémů ASŘTP, SKŘ a vybraných spotřebičů bezpečnostních systémů do určitého časového limitu. Akubaterie systémů III/I. kategorie ZN na dobu 1 hodiny s kompletní stejnosměrnou zátěží celého systému v režimu minimálního vybíjení. Akubaterie I. kategorie ZN bezpečnostních systémů pak po dobu 1 hodiny kompletní zátěž celého bezpečnostního systému.
- nejdůležitějším procesem, který je nutno v tomto režimu zajistit je dochlazení bloku, které probíhá přes pojišťovací ventily parogenerátoru.
- pro řešení SBO se v podmínkách JE Temelín počítá se třemi zdroji. Pořadí a způsob jejich využití závisí na okamžitém stavu sousedního bloku, stavu společných DG a nadřazené vnější sítě:
  - R 6 kV III. kategorie sousedního bloku, který zreguloval na VS - lze využít pouze za předpokladu, že rezervní rozvodny 7BA a 8BA nebo 7BC a 8BC bude možné vzájemně propojit podélnou spojkou RNVS 1 a RNVS 2.
  - DG SRDGS 7GJ, 7GK - lze je využít za předpokladu, že nebyly vyřazeny z horké rezervy poruchou ze společné příčiny, která mohla postihnout a vyřadit DG BS bloku postiženého SBO.
  - VE Lipno - lze využít za podmínky, že RNVS postiženého bloku je provozuschopné, trasa a distribuční linky 110 kV budou provozuschopné a VE bude schopna startovat „ze tmy“ (start bez podpory vnějšího napájení). Vodní elektrárna Lipno má dvě Francisovy turbíny po 70MVA řízené přímo z ÚD ČEPS.

**8. Elektrická porucha v napájení R 6 kV III. kategorie – 1BA/b, včetně návaznosti do systému 1BV. Vývojový diagram působení automatik, dopad do technologie a rozbor řešení zajištění napájení systému 1BV.**

Rozvodna 1BA/b je rozvodnou nezajištěného napájení III. kategorie, ze které je kromě velkých pohonů (1RN23D002 - podávací čerpadlo nízkotlakého ohřevu, 1RM51D001 - kondenzátní čerpadlo) zajištěno v nominálním provozu napájení rozveden 6 kV 1BV, 1BJ a jedné poloviny rozvodny 6 kV OBE. Dále zajišťuje napájení úsekových rozváděčů 0,4 kV 1CG, 1CQ, 2CR02, OCS51 a OCS20 – napětí je transformováno pomocí suchých transformátorů 6/0,4 kV. V nominálním stavu je rozvodna napájena z pracovního zdroje – odbočkového transformátoru 1BT1. Rezervním zdrojem pro tuto rozvodnu je rezervní transformátor 7BT1.



Obr. číslo 6 - Schéma napájení rozvodny 1BA/b

V případě elektrické poruchy na pracovním přívodu rozvodny 1BA/B dojde k podpětovému vypnutí rozvodny, které působí při poklesu napětí pod hodnotu  $0,6U_n$  trvající po dobu  $0,5\text{sec}$ . V případě že jsou splněné podmínky pro působení automatiky AZR dojde k jeho aktivaci. Blokády pro nepůsobení automatiky AZR na této sekci jsou:

- napětí před rezervním přívodem je nižší než  $0,8U_n$
- ručnímu vypnutí pracovního nebo rezervního přívodu
- působení zkratových ochran pracovního přívodu
- popud zkratových ochran pracovního přívodu
- působení ASV

Na této sekci je automatika AZR dvoukanálová: AZR „U“ a AZR „T“. AZR-U (tzv. podpětový) po vypnutí pracovního přívodu od APV ( $0,6U_n/0,5\text{sec}$ .) resp. od jiné příčiny je vygenerován povel na zapnutí vypínače rezervního přívodu. AZR-T (tzv. časový) tento kanál slouží jako záložní a k zapnutí rezervního přívodu dochází  $700\text{ms}$  po vypnutí vypínače pracovního přívodu. Jako první tedy po splnění podmínek působí AZR „U“ a v případě, že je jeho působení neúspěšné dojde k působení AZR „T“.

Pokud proběhne AZR „U“ zůstává podřízená elektroschéma nezměněná, pokud působí záložní AZR „T“ předchází mu příslušné podpětové vypínání spotřebičů a tím i odlehčení rozvody.

V případě, že se jedná o takovou poruchu, při které nejsou splněny podmínky pro automatiku AZR, zůstává rozvodna 1BA/B bez napájení. Proběhne oddělení elektroschémy systémů II. a III/II (1BV a 1BJ) od elektroschémy III. kategorie NN. Rozvodna 1BJ přechází při splněných podmínkách automatikou AZR na napájení z rozvodny 1BK – pokud je AZR na 1BK neúspěšný dochází k APS a tím i startu SRDGS.

Rozvodna 6 kV OBE slouží pro napájení venkovních objektů a je dispozičně rozdělena na dvě poloviny, jedna je napájena z HVB 1 a druhá polovina je napájena z HVB 2. Vzhledem k tomu, že na rozvodnách 6 kV venkovních objektů není realizována automatika AZR zůstává tato polosekce bez napájení.



Vývod 6 kV na 1BA0TZ2 je vývod pro uzemňovací transformátor, který slouží pro správnou funkci a selektivitu elektrických ochran a v případě výpadku napájení zůstává bez napájení.

Úsekové rozvodny 0,4 kV přechází automatikou AZR na napájení ze svých rezervních zdrojů. Rozvodna 1CG slouží hlavně k napájení řídicích skříní odbočkových, blokových a rezervních transformátorů a jejím rezervní přívod je napájen z rozvodny 1CR01 (napájená z HVB 2). Rozvodna 1CQ1 slouží například pro napájení elektroohříváků kompenzátoru objemu, čerpadla olejového hospodářství HCČ a její rezervní přívod je napájen z 1CQ2 (napájená z 1BC/A). Rozvodna 2CR02 je fyzicky umístěna na HVB 2 a slouží jako rezervní rozvodna pro úsekové rozváděče sekundárního okruhu HVB 2 – v případě výpadku pracovního přívodu zůstává bez napětí. Rozvodna OCS51 je rozvodnou pro napájení spotřebičů a podružných rozváděčů na BAPP (budova aktivních pomocných provozů). V případě výpadku pracovního napájení přechází na svůj rezervní přívod z rozváděče OCS19 (napájen z 2BA/B). Rozvodna OCS20 je rozvodnou pro zajištění rezervního napájení pro úsekové rozváděče na BAPP a zůstává v případě výpadku pracovního napájení bez napájení.

Následující vývojový diagram zobrazuje vývoj poruchy na napájení R 6 kV 1BA/B s jejím promítnutím do systému 1BV. Ve výchozím stavu je rozvodna napájena přes odbočkové transformátory a tedy buď z generátorového vypínače nebo z linky 400 kV. V případě poruchy pracovního napájení záleží zda je či není v provozu rezervní zdroj linka 110 kV. Pokud je tato linka v provozu a jsou splněny přesně dané podmínky dojde působením automatiky AZR k přechodu pracovního na rezervní napájení. Mezi hlavní podmínky působení této automatiky patří:

- napětí rezervního zdroje má hodnotu minimálně  $0,9 U_n$
- automatika je navolena
- nepůsobí žádná blokáda této automatiky (mimo jiné je to působení zkratových ochran pracovního přívodu, působení havarijní zábleskové ochrany, vypnutí

pracovního přívodu z místa, působení automatiky selhání vypínače, napětí před rezervním přívodem je nižší než  $0,8 U_n$  a další)

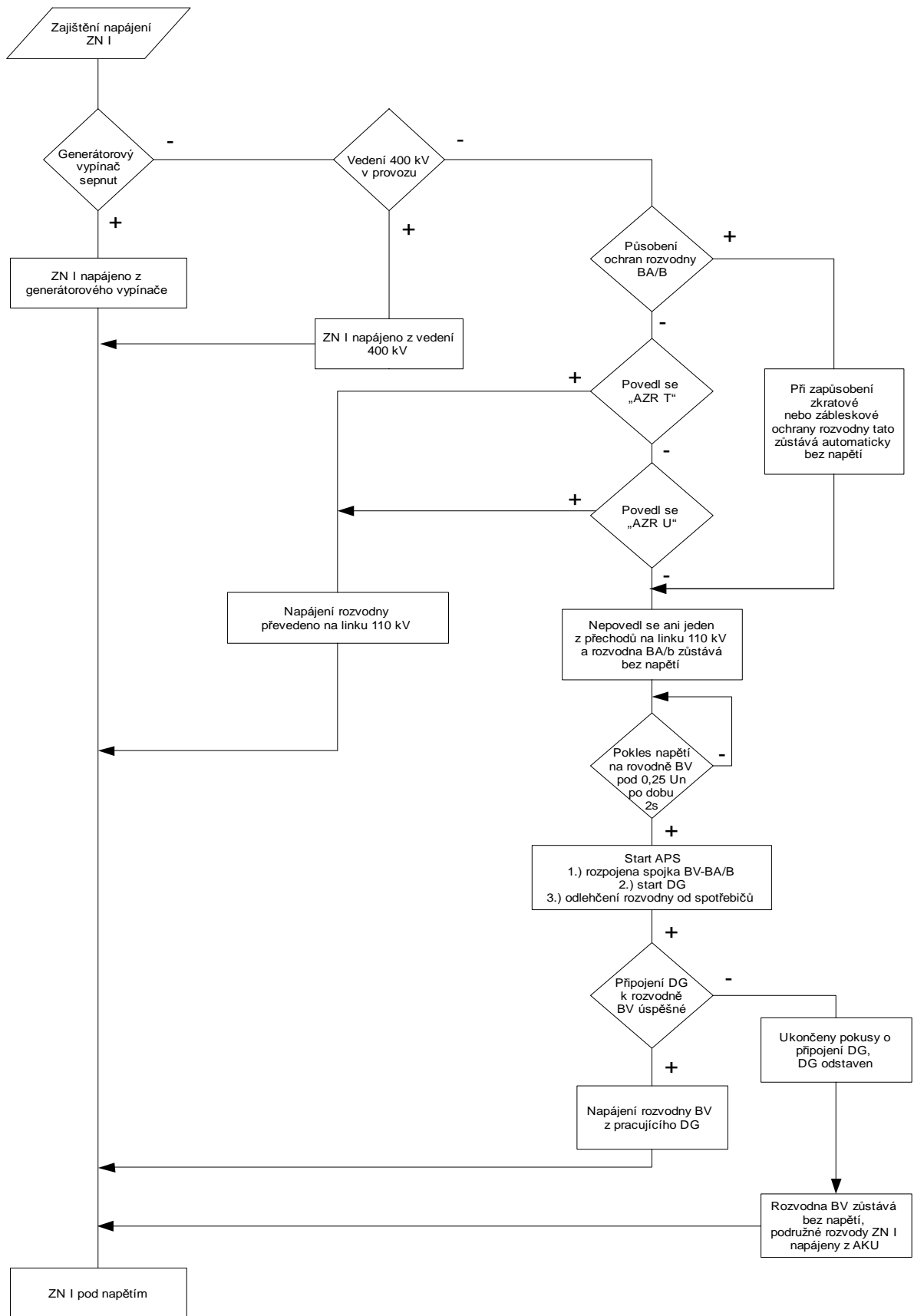
Na této rozvodně je automatika AZR ve dvojím provedení. Jako hlavní je instalován AZR „U“ – tzv. podpětový (působí při poklesu napětí pracovního přívodu pod hodnotu  $0,6 U_n$  trvající po dobu  $0,5$  s). Jako záložní je instalován AZR „T“ – tzv. časový (působí  $700$  ms po vypnutí vypínače pracovního přívodu). Výsledkem působení obou typů této automatiky je přechod na napájení rozvodny z rezervního zdroje. V případě, že zapůsobil AZR „U“ nedochází k žádnému odlehčení rozvodny. V případě působení automatiky AZR „T“ již dochází k podpětovému vypínání spotřebičů a tím k odlehčení rozvodny.

Pokud se nepovede z nějakého důvodu přechod na napájení rozvodny na rezervní zdroj zůstává rozvodna 1BA/B bez napětí. Dojde k podpětovému vypnutí spotřebičů (podávacího čerpadla nízkotlakého ohřevu a kondenzátního čerpadla) a na úsekových rozváděcích proběhne automatikou AZR přechod na napájení z rezervních zdrojů, pouze rozvodna OCS20 zůstává bez napětí až do obnovení napájení na rozvodně 1BA/B.

Na rozvodně 1BV dojde k podpětí a působením podpětového vypínání i k oddělení od systému NN III. kategorie. V případě splnění podmínky, že pokles napětí je pod  $0,25 U_n$  po dobu  $2$  s je generován signál ke startu APS.

V odstavovací části APS se aktivuje část automatik postupného zatěžování DG, které ještě před připojením DG, odpojí vybrané vývody sekcí R 6 kV II. kategorie ZN. Automatika v případě, že jsou splněny veškeré podmínky připojuje DG k příslušné rozvodně do  $10$  sekund. V časovém úseku od ztráty napájení na R 6 kV ZN II. kategorie přecházejí akubaterie  $220$  Vss postižených systémů do režimu vybíjení a napájí spotřebu bezpečnostních systémů až do přifázování DG. Tyto akubaterie jsou schopny zajistit napájení spotřeb těchto systémů na dobu nejméně  $\frac{1}{2}$  hodiny. Po připojení DG

dojde k aktivaci zatěžovací části automatiky postupného zatěžování DG. Chod dieselgenerátorů bezpečnostních systémů trvá minimálně 20 minut, maximální doba není v podstatě omezena - tedy do obnovení pracovního napájení na rozvodně 6 kV II. kategorie. Pokud proběhne automatika APS v pořádku je rozvodna 1BV napájena z pracujícího dieselgenrátoru. Pokud se ve stanoveném čase (max. 10 sekund) nepodaří DG k rozvodně přifázovat jsou pokusy o přifázování DG ukončeny a rozvodna 1BV zůstává bez napájení. Podružné rozvody ZN I. kategorie jsou napájeny z akubaterií, jejichž kapacita vystačí pro uvedení bloku do bezpečného stavu, případně jeho odstavení a dochlazení.



Obr. číslo 7 Vývojový diagram poruchy R 6 kV III. kategorie – 1BA/a

## **9. Závěr**

Obsahem této práce bylo základní seznámení s problematikou zajištění napájení důležitých spotřebičů na jaderné elektrárně Temelín. Byla popsána základní koncepce elektrického schématu, možnosti vzniku poruchových jevů v elektronapájení, elektrické zdroje s různými způsoby napájení a nejdůležitější automatiky spolupracující na řešení poruchových jevů a v závěru bylo nastíněno řešení poruch jednotlivých kategorií zařízení.

## 10. Seznam použité literatury

- 1) Pavel Kout, Roman Hájek: Elektrická část JE VVER 1000 I. a II. Část, 1996
- 2) Jiří Hledík: Elektrická část JE VVER 1000 – Automatiky a ochrany ETE, 2003
- 3) Gabriela Tichá: Elektrická část JE VVER 1000 – Automatiky v elektrickém schématu ETE, 2003
- 4) Provozní režimy sítí vlastní spotřeby jaderné elektrárny Temelín, 1995
- 5) Roman Hájek: Elektrická část JE VVER pro specializace provozní režimy a jaderná bezpečnost, 1996