

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza dopadu STRESS testů na NJZ Temelín

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je analýza dopadu STRESS testů na NJZ Temelín.

V práci je popsána problematika STRESS testů. Velká pozornost je věnována hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv. V závěru práce je pak proveden návrh rezervního napájení s ohledem na STRESS testy.

Klíčová slova

Jaderná elektrárny Temelín, Stress test, nový jaderný zdroj, zemětřesení, záplavy, hodnocení bezpečnosti, havarijní stav, těžká havárie, rezervní napájení, ztráta napájení, rezervní vedení.

Abstract

The topic of this bachelor thesis is the analysis of the impact of STRESS tests on the New Nuclear Source in Temelín. The issues of STRESS tests are described in this thesis. It is focused on the evaluation of safety and safety margins. In the conclusion there is a proposal of spare power supply in view of the STRESS tests.

Key words

Nuclear power plant Temelín, Stress test, a new nuclear source, earthquake, floods, safety assessment, disrepair, severe accident, reserve power, loss of power, reserve wires-guided.

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/diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 6.6.2013

Jméno příjmení

.....

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. Děkuji také celé své rodině za podporu a shovívavost během studia.

Obsah

OBSAH	7
1. SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	8
2. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	9
3. ÚVOD.....	10
4. PROBLEMATIKA STRESS TESTŮ	11
4.1 CO TO JSOU STRESS TESTY	11
4.2 CHARAKTERISTIKA LOKALITY	12
5. HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI A BEZPEČNOSTNÍCH REZERV	13
5.1 HODNOCENÍ ODOLNOSTI VŮČI ZEMĚTŘESENÍ.....	13
5.2 HODNOCENÍ ODOLNOSTI VŮČI ZÁPLAVÁM	14
5.3 HODNOCENÍ ODOLNOSTI VŮČI EXTRÉMNÍM KLIMATICKÝM PODMÍNKÁM.....	14
5.4 HODNOCENÍ ODOLNOSTI VŮČI ZTRÁTĚ ELEKTRICKÉHO NAPÁJENÍ.....	15
5.5 HODNOCENÍ ODOLNOSTI VŮČI ZTRÁTĚ ODVODU TEPLA DO KONCOVÉHO JÍMAČE.....	15
5.6 HODNOCENÍ OPATŘENÍ PRO ZVLÁDÁNÍ TĚŽKÝCH HAVÁRIÍ	15
5.7 ZÁVĚRY Z HODNOCENÍ	16
6. TECHNICKÉ POŽADAVKY NA PROJEKTY NJZ V SOUVISLOSTI SE STRESS TESTY	17
6.1 ZEMĚTŘESENÍ.....	17
6.2 ZÁPLAVY	18
6.3 ZTRÁTA ELEKTRICKÉHO NAPÁJENÍ A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA.....	18
6.4 ZVLÁDÁNÍ TĚŽKÝCH HAVÁRIÍ (SAM)	20
7. NÁVRH REZERVNÍHO NAPÁJENÍ NJZ S OHLEDEM NA STRESS TESTY	22
7.1 NOVÝ JADERNÝ ZDROJ ELEKTRÁRNY TEMELÍN	22
7.2 REZERVNÍ ZDROJ NAPÁJENÍ	24
7.3 REZERVNÍ VEDENÍ 110kV	24
7.4 ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE V ETE	25
7.5 ELEKTRICKÁ KONCEPCE STÁVAJÍCÍHO SYSTÉMU VVER 1000 NA JE TEMELÍN	26
7.6 ELEKTRICKÁ KONCEPCE SYSTÉMU MIR-1200	27
7.7 ELEKTRICKÁ KONCEPCE SYSTÉMU AP1000.....	28
7.8 POROVNÁNÍ MOŽNÝCH ŘEŠENÍ NOVÝCH BLOKŮ SE STÁVAJÍCÍMI A MEZI SEBOU	29
7.9 NÁVRH REZERVNÍHO NAPÁJENÍ	29
8. ZÁVĚR.....	30
9. SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	31

1. Seznam symbolů a zkratek

<i>NJZ</i>	nový jaderný zdroj
<i>JE</i>	jaderná elektrárna
<i>DiD</i>	ochrana do hloubky
<i>SVJP</i>	sklad vyhořelého jaderného paliva
<i>ENWSREG</i>	The European Nuclear Safety Regulators Group
<i>TVD</i>	technická voda důležitá
<i>CHNR</i>	chladicí nádrže s rozstříkem
<i>EOPs</i>	havarijní postupy
<i>AZ</i>	aktivní zóna
<i>SAMG</i>	návody na řízení těžkých havárií pro odstavené stavy
<i>HZSp</i>	hasičský záchranný sbor podniku
<i>PGA</i>	Maximální hodnota zrychlení v hor. a vert. směru v úrovni terénu
<i>SÚJB</i>	Státní úřad pro atomovou energii
<i>DG</i>	Dieselgenerátor
<i>EDU</i>	Jaderná elektrárny Dukovany
<i>DBE</i>	Projektové zemětřesení
<i>SSK</i>	Systemy, konstrukce a komponenty
<i>DBF</i>	Projektové záplavy
<i>SZB</i>	System zajištění bezpečnosti
<i>SSB</i>	Systemy související s jadernou bezpečností
<i>SNB</i>	Systemy nedůležité z hlediska jaderné bezpečnosti
<i>IAEA</i>	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
<i>TG</i>	Turbogenerátor
<i>SZN</i>	System zajištěného napájení
<i>SKK</i>	Systemy, konstrukce a komponenty
<i>MSK</i>	Stupnice makroseismické intenzity zemětřesení

2. Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Lokalita JE Temelín

Obrázek 2 – Seismické otřesy na území ČR

Obrázek 3 – Vodní nádrž Hněvkovice

Obrázek 4 – Predikce spotřeby elektrické energie v ČR

Obrázek 5 – Ilustrativní obrázek designu MIR-1200

Obrázek 6 – Ilustrativní obrázek designu AP1000

Obrázek 7 – Rezervní transformátor

Obrázek 8 – Schéma systému rezervního napájení

Obrázek 9 – Základní schéma vlastní spotřeby JE Temelín

Obrázek 10 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku VVER 1000

Obrázek 11 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku MIR-1200

Obrázek 12 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku AP1000

Tabulka 1 – Srovnání jaderných bloků

3. Úvod

Na světě je v provozu 436 jaderných elektráren, s 372 686 MWe. V ČR jsou provozovány dvě jaderné elektrárny, JE Temelín a JE Dukovany, které jsou součástí vyváženého energetického mixu. Státní energetická koncepce s ohledem na energetickou bezpečnost ČR předpokládá jistou podporu jaderné energetiky, tedy i nových jaderných zdrojů.

Havárie, která nastala 11. března 2011 na japonské jaderné elektrárně Fukushima Dai-ichi, měla velký vliv na vývoj energetiky nejen v Japonsku, ale dotkla se jaderných zdrojů provozovaných po celém světě. Tato havárie se stala poplašným signálem v jaderné energetice. V jejích důsledcích došlo k zpřísnění požadavků na jadernou bezpečnost a přehodnocení bezpečnostních rezerv jaderných elektráren. Byly tak spuštěny zátěžové zkoušky, tj. STRESS testy.

Veřejné mínění v řadě zemí světa (Německo, Itálie, Belgie...) se rozhodlo postupně utlumit jadernou energetiku. Jaderné elektrárny procházely přehodnocením, tedy zhodnocením odezvy elektrárny na extrémní situace. Jsou kontrolovány jednak výše zmíněné Stress testy, tak i preventivní opatření zvolená na základě principu ochrany do hloubky.

Každá část JE musí projít nejpřísnějším hodnocením. Posouzení stress testy přináší informace o každé posuzované elektrárně, o její odezvě a účinnosti preventivních opatření. Stress testy upozorňují na případná slabá místa a možné mezní podmínky. Zátěžové zkoušky přináší informace o robustnosti jednotlivých projektů jaderných elektráren a přináší i podklady pro další vylepšení jaderné bezpečnosti.

V této práci se budu věnovat právě zpřísnujícím balíkům požadavků na bezpečnost označovaných jako STRESS testy.



4. Problematika STRESS testů

4.1 Co to jsou STRESS testy

Téměř ihned po nehodě v JE Fukušima začaly rozhovory představitelů Evropské komise s národními jadernými dozory zemí EU a rovněž v rámci Asociace západoevropských jaderných dozorů (WENRA) a Vysoké skupiny pro jadernou bezpečnost (ENSREG) o nutnosti znovu zhodnotit odolnost evropských jaderných elektráren vůči extrémním externím vlivům. Po několikátýdenním vyjednávání s provozovateli jaderných zařízení se rozeběhl program zátěžových testů zaměřený na velmi výjimečné potenciální příčiny havárií - jako zemětřesení a záplavy, a na analýzy jejich důsledků, které by mohly vést až k úplné ztrátě bezpečnostních funkcí. [3]

Dne 13.5.2011 se ENSREG a EK dohodly, že provozovatelé jaderných elektráren v členských zemích EU budou vyzváni, aby provedli hodnocení odolnosti svých zařízení vůči externím vlivům. Ihned měla začít hodnocení rizik vyvolaných přírodními jevy, které provedou provozovatelé JE pod dohledem národních orgánů dozoru, zatímco hodnocení rizika, které je vyvoláno lidskou činností (terorismus, pád letadel) bude provedeno kompetentními orgány v této oblasti a požadavky na obsah a rozsah testů budou stanoveny EK později. Základním cílem zátěžových testů je pomoci nalézt odpovědi na následující otázky:

- Nemůže být bezpečnost našich jaderných elektráren ovlivněna chybami v projektu či umístění?
- Jsou dostatečně odolné vůči extrémním přírodním událostem (zemětřesení, záplavy...), a to i takovým, které se za dobu provádění záznamů na našem území nevyskytly, ale teoreticky se vyskytnout můžou?
- Jaké jsou jejich rezervy do maximální myslitelné havárie (ztrátě všech bezpečnostních funkcí) vynucené i kombinacemi nepříznivých událostí?
- Existují rozumně aplikovatelná opatření (technická a organizační) pro zvýšení těchto rezerv bezpečnosti vůči maximální myslitelné havárii? [1]

Testy se tedy zaměřily na opětovné hodnocení lokality, kde jaderné elektrárny pracují, a nalezení i velmi málo pravděpodobných scénářů, které by mohly bezpečnost jaderné elektrárny ohrozit. Poté byl znovu zhodnocen projekt jaderné elektrárny a jeho modifikace z pohledu schopnosti na výše uvedené události adekvátně reagovat a zvládnout je bez významného úniku radiace mimo areál elektrárny. Hodnocení počítá se ztrátou jedné, více, nebo dokonce všech úrovní hloubkové ochrany (Defense in Depth - DiD). **Při hodnocení se nebere ohled na jakkoli nízkou pravděpodobnost výskytu události**, hledá se pro případ extrémních přírodních událostí naprosto nejhorší scénář podle hesla „**cokoli je fyzikálně možné, může se stát**“. Tento přístup je velmi výjimečný, protože jaderné elektrárny jsou projektovány, stavěny a provozovány tak, aby se jednotlivé úrovně ochrany do hloubky za všech myslitelných okolností udržely. V rámci zátěžových testů bylo provedeno zhodnocení odolnosti jaderných elektráren dané projektem a fyzikálními zákony, proti extrémním událostem vedoucím k těžké havárii při postupném vyřazování všech stávajících projektových obranných mechanismů zařízení. Pracovalo se se scénáři jejich postupného selhávání, které vedlo zařízení záměrně do nejtěžší havárie. Analýzy v rámci zátěžových testů zahrnují i úvahy o tzv. cliff-edge effects tj. bodech zvratu, kdy se situace náhle v důsledku i poměrně

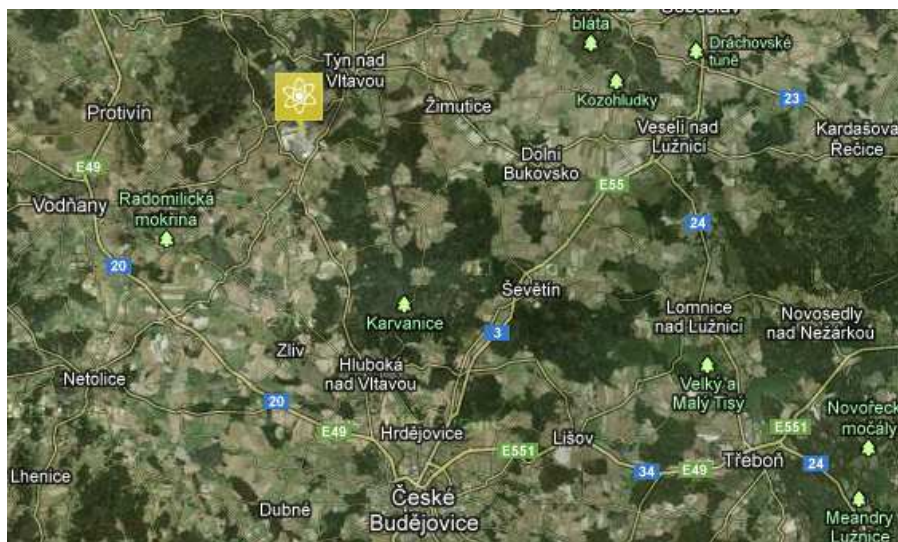
jednoduchého selhání zásadně zhorší (např. vyčerpání kapacity baterií, zatopení překročí určitou hladinu, která znamená skokovou ztrátu funkce významného zařízení).

Vzhledem k velmi krátkému času, který mohl být provedení zátěžových testů věnován, bylo výhodou, že mohli být použity existující analýzy a také možnost využít zkušenosti s provozem. Hodnocení bylo doplněno fyzickou prohlídkou konkrétních zařízení (walk down).

Zátěžové testy, tak jak byly navrženy, doplňují stávající robustní systém procesů hodnocení a analýz prováděných průběžně na národní úrovni. Nelze rovněž opomenout rozsáhlou mezinárodní spolupráci, která má přispívat a přispívá k neustálému zvyšování úrovně jaderné bezpečnosti. Bezpečnost českých jaderných elektráren je neustále hodnocena a kontrolována národním jaderným dozorem (SÚJB), přesně podle zásad a požadavků dobré mezinárodní praxe. Hodnocen a kontrolován je soulad s požadavky mezinárodních úmluv a s legislativou ČR (Atomový zákon, vyhlášky SÚJB, nařízení vlády). [1]

4.2 Charakteristika lokality

Jaderná elektrárna Temelín (ETE) je umístěna v jižních Čechách asi 25 km severně od Českých Budějovic v nadmořské výšce 510 m n.m. Do vzdálenosti 10 km od lokality se nevyskytují žádné výrazné výškové body. Směrem severozápadu se rozprostírá rozsáhlý komplex lesů. Nejbližším městem je Týn nad Vltavou ležící 5 km severovýchodně od elektrárny. Elektrárna čerpá vodu pro technologické účely z přehradní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě (cca 5 km východně od lokality). Přílehlé území, nacházející se na obou březích přehradní nádrže, je převážně zalesněno. Elektrárna je vzdálena 45-50 km od státních hranic s Rakouskem a se SRN.



Obrázek 1 - Umístění JE Temelín

Jaderná elektrárna je tvořena jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory. Koncovým jímáčem tepla je atmosféra. V lokalitě ETE je umístěn jednak sklad čerstvého jaderného paliva, tak i klad vyhořelého jaderného paliva. Vyhořelé jaderné palivo je skladováno v obalových souborech typu CASTOR chlazených přirozenou cirkulací vzduchu v SVJP. Vzhledem k pasivnímu principu chlazení obalových souborů nehrozí ztráta schopnosti plnit bezpečnostní funkci po vzniku iniciační události a tudíž SVJP není předmětem hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv. S vnější elektrickou sítí je lokalita spojena dvěma linkami 400 kV a dvěma linkami 110 kV přes rozvodnu Kočín.

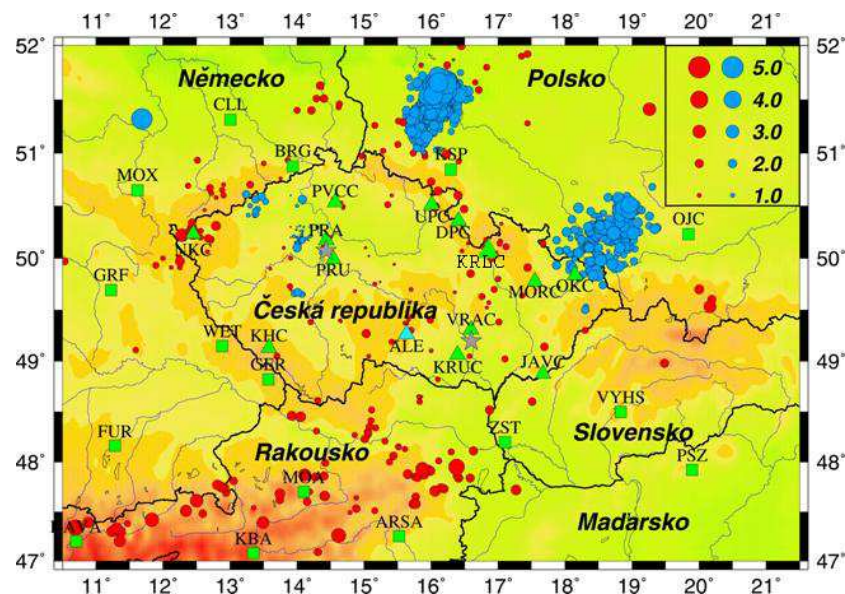
Držitelem povolení k provozu všech jaderných zařízení umístěných v lokalitě je ČEZ a.s. Aktuálně platná povolení k provozu byla vydána pro první blok dne 4.10.2010, pro druhý blok dne 11.9.2004. Platnost obou povolení je na 10 let. [4]

5. Hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv

Zpráva hodnotí charakteristiku projektu JE Temelín a její lokality na základě znalostí, které vyplývají z bezpečnostních studií, analýz, průzkumů a inženýrského odhadu. Ty se týkají současného výskytu několika neočekávaných (nadprojektových) a nepravděpodobných situací a poruch, nebo kombinací které vedou k hypotetickému havarijnímu stavu bloku. Předpokládaná četnost výskytu je jedenkrát za 1 000 000 let provozu JE nebo ještě menší.

5.1 Hodnocení odolnosti vůči zemětřesení

Výsledky ze sítě detailního seismického rajónování dokládají, že celkové seismické hodnocení lokality ETE je správné. Bloky JE Temelín jsou vybaveny seismickým monitorovacím systémem. V lokalitě ETE nemůže s 95 % pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5°MSK-64 ($PGA_{hor} = 0,08 g$). SKK důležité z hlediska plnění bezpečnostních funkcí jsou odolné minimálně do hodnoty 7°MSK-64 ($PGA_{hor} = 0,1 g$), takže existuje dostatečná bezpečnostní rezerva. Jak historická data, tak i dlouhodobé monitorování ukazuje, že **lokality ETE je seismicky velmi klidná**. [4]



Obrázek 2 - nejčastější otřesy v ČR

5.2 Hodnocení odolnosti vůči záplavám

Lokalita ETE nikdy nebyla a ani v současné době není ohrožena záplavami z vodních toků. Hlavní objekty ETE jsou umístěny na kótě 507,30 m n.m, což je 135m nad hladinou nejbližšího vodního díla Hněvkovice na řece Vltavě.

Pro ETE bylo provedeno hodnocení bezpečnosti i s ohledem na potenciální protržení hrází vodních nádrží na horním toku Vltavy (Lipno I na Vltavě a Římov na Malši). V profilu Hněvkovice bude v případě poškození nádrže Lipno I průtok cca 10 000 leté vody, která způsobí zatopení převážné části čerpací stanice pro doplňování surové vody do ETE, což znemožní standardní provoz zásobování surovou vodou ETE a bude nutné odstavení obou bloků ETE. Na lokalitě jsou však dostatečné zásobní objemy vody pro vychlazení bloků do studeného stavu.

Zatopení objektů důležitých pro bezpečnost dešťovou vodou není vzhledem k pravidelné údržbě kanalizačního systému možné ani při výskytu extrémních srážek. ETE je z hlediska odtoku zastavěna kaskádovitě, kde důležité objekty jsou umístěny na nejvyšší kótě s klesající tendencí až k okraji lokality, která umožňuje přirozený gravitační odtok i při výpadku dešťového kanalizačního systému. Při úplném vyřazení kanalizačního systému jsou stavební objekty ETE projektovány na max. jednodenní srážkový úhrn, tj. když hladina vystoupá do výšky 88,1 mm. [4]



Obrázek 3 - Vodní nádrž Hněvkovice

5.3 Hodnocení odolnosti vůči extrémním klimatickým podmínkám

Zatížení přírodními jevy vychází ze statistického zpracování minimálně 30-ti letého období měření těchto událostí v oblasti ETE nebo v oblasti s obdobným rázem krajiny. Reálné odolnosti důležitých objektů jsou vyšší než vypočítané hodnoty odolnosti pro extrémní zatížení v důsledku extrémních klimatických podmínek.

5.4 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě elektrického napájení

Zdroje elektrického napájení ETE zajišťují dostatečnou míru zajištění bezpečnosti při vnější ztrátě elektrického napájení. Pracovní a rezervní zdroje vlastní spotřeby jsou vzájemně nezávislé. Bezpečnostně významné systémy a komponenty a disponují vlastními nouzovými zdroji (DG a akubaterie).

Napájení vlastní spotřeby je řešeno blokově, čímž je uvnitř ETE zabráněno šíření elektrických poruch. Při provozu bloku je projektová odolnost vůči ztrátě elektrického napájení vyšší než při odstávce na výměnu paliva. Nejhorším případem z hlediska zajištění bezpečnosti je ztráta elektrického napájení na obou blocích současně.

Na ETE je k dispozici celkem 8 nouzových zdrojů střídavého napájení (3 bezpečnostní DG pro každý blok a 2 společné DG pro oba bloky).

Při ztrátě vnějšího napájení mohou být bloky ETE dlouhodobě udržovány v bezpečném stavu, dochlazeny do studeného stavu nebo bezpečně udržovány v režimu odstávky při startu alespoň jednoho z těchto DG na každém bloku. Pro každý z DG je k dispozici zásoba nafty na více než 2 až 3 dny bez nutnosti vnějšího doplňování paliva. Na ETE je k dispozici dodatečná zásoba nafty, k mnohonásobnému prodloužení provozu DG.

Provozu schopnost bezpečnostních systémů zajišťují akubaterie. Doba do vybití akubaterií bezpečnostních systémů bez dobíjení je v závislosti na zatížení v řádu jednotek hodin. [4]

5.5 Hodnocení odolnosti vůči ztrátě odvodu tepla do koncového jímače

Koncový jímač tepla tvoří u bloků ETE okolní atmosféra. Nezužitkované teplo při výkonovém provozu bloku, resp. zbytkové teplo po odstavení reaktoru lze do koncového jímače tepla – atmosféry odvádět několika způsoby. Přenos tepla mezi zdroji tepla důležitými z hlediska bezpečnosti a atmosférou zabezpečuje systém TVD prostřednictvím CHNR.

Na ETE je k dispozici zásoba vody v CHNR, postačující pro cca 30 dnů provozu odvodu zbytkového tepla z odstavených reaktorů bez externího doplňování vody do systému TVD.

Na jeden blok je k dispozici celkem 6 čerpadel TVD. Vzhledem k rozmištění systémů a čerpadel, nezávislosti elektrického napájení a dalších podpurných systémů je současná neprovozní schopnost všech čerpadel TVD extrémně nepravděpodobná.

I při provozu pouze jednoho čerpadla v jedné divizi systému TVD lze zajistit plnění základních bezpečnostních funkcí. [4]

5.6 Hodnocení opatření pro zvládnání těžkých havárií

V ETE je implementován systém zvládnání těžkých havárií 4. úrovně ochrany do hloubky a systém havarijní připravenosti pro zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky. Systém zvládnání havárií a havarijní připravenosti je zabezpečen robustním souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru.

V personální oblasti zajišťuje činnost jednotlivých funkcí během havárie tzv. organizace havarijní odezvy.

Administrativní oblast zajišťuje plnění příslušných postupů, návodů a instrukcí s využitím kapacit technických podpurných středisek.

V technické oblasti se jedná o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu.

Vznik mimořádné události je v první fázi zabezpečován personálem nepřetržitého směnového provozu. Pokud směnový provoz tohle nevyřeší, začíná druhá fáze, kdy je aktivována organizace havarijní činnosti. V tomto případě přebírá odpovědnost za řízení zásahů havarijní štáb EDU s podporou technického podpurného střediska. Všechny nezbytné činnosti by v případě vzniku mimořádné události byly řízeny a prováděny z chráněných míst.

To jsou zabezpečená pracoviště s možností obyvatelnosti i v případě úniku radioaktivity do ovzduší. Pro řešení technologických havárií jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v EOPs, jejichž hlavní prioritou je obnovení odvodu tepla z AZ a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů. Pro zmírnění následků těžkých havárií jsou zpracovány další strategie, jejichž hlavní prioritou je zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment) která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou.

EOPs a SAMG jsou pravidelně aktualizovány a doplňovány z poznatků z jejich použití na simulátoru při havarijních cvičení. Organizační způsob zvládnání mimořádných událostí je na elektrárně stanoven v tzv. havarijních plánech schválených SÚJB. Na lokalitě ETE je k dispozici jednotka hasičského HZSp, která disponuje odpovídající požární technikou a je vycvičena k zásahu v kterémkoliv místě lokality.

Program zvládnání havárií na ETE je analyticky podporován. Analytická podpora je založena na přístupu, který spočívá ve výběru nepravděpodobnějších havarijních scénářů vedoucích k těžkým haváriím a následně jejich deterministické analýze pomocí integrálních výpočetních kódů. Výsledkem podpory je souhrn poznatků, spočívající v porozumění jevům při těžkých haváriích a jejich časování, identifikaci možných slabých stránek projektu a určení činností pro zmírnění následků těžkých havárií. K dispozici je rovněž simulační nástroj pro zobrazování jevů při konkrétních scénářích těžkých havárií. [2],[4]

5.7 Závěry z hodnocení

Výsledky hodnocení zátěžových zkoušek potvrdily existenci bezpečnostních a časových rezerv a vysokou odolnost ETE proti extrémním vnějším vlivům. Ve vztahu k seismickému riziku se potvrdila správnost dříve přijatých rozhodnutí k dodání opatření k zodolnění původních projektů elektrárny. Na ETE nebyl indikován žádný problém, který je nutné bez prodlení řešit. ETE je schopna bezpečně zvládnout i vysoce nepravděpodobné extrémní havarijní stavy, aniž by došlo k ohrožení jejího okolí. Přes výše uvedené konstatování zátěžové zkoušky identifikovaly možnosti dalšího zlepšení odolnosti elektrárny vůči extrémním vnějším vlivům.

6. Technické požadavky na projekty NJZ v souvislosti se STRESS testy

6.1 Zemětřesení

I. Projektové zásady (DB)

- a) úroveň zemětřesení, na kterou je elektrárna projektována (DBE) vyjádřená, jako maximální zrychlení podloží a důvody této volby. Je třeba uvést původní DBE, pokud je rozdílná od stávající.
- metodiku hodnocení DBE (perioda a opakování, poslední uvažované události a důvod výběru, dodatečné rezervy), validitu časových údajů
 - závěry týkající se dostatečnosti DB
- b) opatření na JE k ochraně proti DBE
- stanovení klíčových staveb, systémů a komponent (SSK), které jsou potřeba pro dosažení stavu bezpečného odstavení a předpokládá se o nich, že budou k dispozici po zemětřesení
 - hlavní provozní opatření (včetně havarijních provozních předpisů, mobilního zařízení) k zabránění poškození paliva v reaktoru nebo vyhořelého paliva po zemětřesení
 - kdy byly nepřímé účinky zemětřesení vzaty v úvahu včetně
 - poškození SSK, které nejsou projektovány na odolnost vůči DBE a ty jejichž ztráta integrity by mohla způsobit následné poškození SSK, které musí být k dispozici (např. úniky nebo porušení neseismického potrubí na lokalitě nebo v budovách, které mohou být zdrojem záplav a jejich potenciální následky)
 - ztráty vnějšího zdroje elektrického napájení
 - situace mimo JE, včetně znemožnění nebo zpoždění přístupu pracovníků a zařízení na lokalitu
- c) soulad JE se současnou DB
- přístup držitele souhlasu k zajištění souladu (např. periodická údržba, inspekce, zkoušky)
 - přístup držitele souhlasu k zajištění mobilních zařízení/ dodávek uvažovaných v havarijních předpisech jako zajištění a připravení pro funkci
 - známé odchylky a důsledky těchto odchylek pro bezpečnost a plánovaná nápravná opatření
 - zvláštní kontroly souladu, které byly iniciovány držitelem souhlasu po havárii ve Fukushima [5]

6.2 Záplavy

(zkrácená verze s ohledem na lokalitu JE Temelín)

I. Projektové základy

- a) záplavy proti kterým je JE projektována (DBF)
- b) opatření k ochraně proti DBF
- c) soulad elektrárny se současnou DB
- d) na základě dostupných informací uvést jaké úrovni záplav elektrárna odolá bez poškození paliva (v AZ a skladovacím bazénu)
 - uvést čas mezi varováním a vlastní povodní
 - uvést slabá místa a body zvratu

6.3 Ztráta elektrického napájení a konečného odvodu tepla

Zdroje střídavého napájení jsou

- vnější elektrická síť
- elektrické generátory na JE
- nouzové zdroje (diesely, plynové turbíny)
- jiné nouzové zdroje

Konečný odvod tepla je medium, kam se zbytkové teplo z reaktoru odvádí. V některých případech má JE primární odvod tepla (moře, řeka) a náhradní systém odvodu tepla (jezero, vodní hladina nebo atmosféra).

a) *ztráta napájení z vnější sítě*

- popsat situace uvažované v projektu a popsat, které vnitřní nouzové zdroje jsou určeny v projektu, aby situaci zvládly
- označit, jak dlouho mohou být vnitřní zdroje v provozu bez podpory
- určit opatření k prodloužení času vnitřních zdrojů (doplnění paliva dieselů)
- určit plánovaná opatření ke zvýšení robustnosti elektrárny (úpravy hardwaru a předpisů, organizační opatření)

Pozn.

Systémy, jako čerpadla poháněná párou, systémy se skladovanou energií v plynu apod. jsou považovány za funkční, pokud nejsou závislé na zdroji elektřiny a pokud jsou projektovány tak, aby odolaly iniciační události tj. zemětřesení, záplavy.

b) ztráta napájení z vnější sítě a nouzových náhradních zdrojů (blackout)

- ztráta vnější sítě a ztráta normálních nouzových zdrojů
- dtto a ztráta diversifikovaných nouzových zdrojů

Pro tyto situace

- poskytnout informace o kapacitě a době vybití baterií
- poskytnout informace o projekčních opatřeních pro tyto situace
- uvést jak dlouho lokalita vydrží blackout bez podpory z vnějšku, než se vážné poškození paliva stane nevyhnutelným
- uvést, které vnější akce se plánují k zabránění poškození paliva tj.
 - zařízení k dispozici na lokalitě např. zařízení z jiného bloku,
 - za předpokladu, že všechny reaktory jsou na lokalitě stejně poškozeny
 - dostupné mimo lokalitu
 - elektrárny poblíž (vodní elektrárna, plynová turbína), které mohou být připojeny a poskytnout elektřinu pomocí určeného přímého spojení
 - potřebný čas k provozu výše uvedených možností
 - dostupnost kvalifikovaných pracovníků, pro provedení mimořádných propojení
 - uvést body zvratu a kdy k nim dojde
 uvést předpokládaná opatření k zabránění bodu zvratu nebo zvýšení robustnosti elektrárny (úpravy zařízení a předpisů, organizační opatření [4],[5])

c) ztráta primárního odvodu tepla (POT)

- popsat opatření v projektu určená k zabránění ztráty POT (např. různé přívody/ vtoky) pro POT na různých místech, alternativní POT)

Musí být analyzovány dvě situace

- ztráta POT tj. přístupu k vodě z řeky nebo moře
- ztráta POT a alternativního POT

Pro každou z těchto situací

- uvést, jak dlouho lokalita může vydržet v bez vnější pomoci, než se stane poškození paliva nevyhnutelným uvést opatření v projektu pro tyto situace
- určit, které akce se předpokládají pro zabránění poškození paliva tj.:
 - zařízení, které je již na lokalitě např. zařízení jiného reaktoru
 - za předpokladu, že všechny reaktory na lokalitě jsou stejně poškozeny, uvést zařízení mimo lokalitu
 - potřebný čas k uvedení těchto systémů do provozu
 - dostupnost kvalifikovaných pracovníků
 - uvedení bodu zvratu a kdy k němu dojde
- uvést předpokládaná opatření k zabránění bodu zvratu nebo zvýšení robustnosti elektrárny (úpravy hardwaru a předpisů, organizační opatření). [5]

6.4 Zvládání těžkých havárií (SAM)

Jedná se o zmírnění těžkých havárií. Přestože je jejich pravděpodobnost velmi malá, je nutné vyhodnotit prostředky pro ochranu kontejnmentu od zatížení, které by mohlo ohrozit jeho integritu. Zvládání těžkých havárií (SAM) tvoří poslední hladinu hloubkové ochrany a mělo by být v souladu s opatřením pro prevenci poškození aktivní zóny a s celkovým bezpečnostním řešením bloku.

- a) je potřebné popsat opatření SAM, která jsou normálně k dispozici v různých fázích ztráty chlazení aktivní zóny:
 - před poškozením paliva v reaktorové nádobě reaktoru
 - jako poslední opatření k zabránění poškození paliva
 - vyloučení možnosti poškození paliva za vysokého tlaku v primárním okruhu
 - po poškození paliva v tlakové nádobě reaktoru
- b) popsat opatření SAM a projektové charakteristiky elektrárny pro zajištění celistvosti kontejnmentu po poškození paliva tj.
 - zabránění vodíku nebo výbuchu vodíku (inertní atmosféra, nebo spalovače) s uvážením možnosti ventilace
 - zabránění přetlakování kontejnmentu, pokud je k zabránění přetlakování kontejnmentu nutno použít výpustě do okolí, je nutno uvážit zda výpustě musí být filtrovány. V tomto případě je třeba popsat dostupnost prostředků pro hodnocení množství uvolněného radioaktivního materiálu do okolí
 - zabránění opakování kritičnosti
 - zabránění poškození základové desky
 - potřeba dodávky střídavého a stejnoměrného proudu a stlačeného vzduchu po zařízení použité pro zajištění ochrany integrity kontejnmentu [5]
- c) popsat opatření SAM, které jsou nyní k dispozici ke zmírnění následků ztráty integrity kontejnmentu
- d) popsat opatření SAM, které jsou k dispozici v různých fázích scénáře ztráty chlazení bazénů vyhořelého paliva
 - před a po ztrátě dostatečného stínění před zářením
 - před a po odhalení vrchní části paliva v bazénu
 - před a po degradaci paliva (rychlá oxidace pokrytí s vývinem vodíku) ve skladovacím bazénu

Pro b) – d) v každé fázi

- určit body zvratu a vyhodnotit čas než k nim dojde
- vyhodnotit dostatečnost opatření SAM včetně návodu, jak postupovat při těžké havárii a vyhodnotit možná dodatečná opatření. Zejména provozovatel musí uvážit

- vhodnost a dostupnost požadovaného přístrojového vybavení
- obyvatelnost a přístupnost důležitých prostor elektrárny (bloková dozorna, zařízení pro havarijní odezvu, místní řízení, odběrová místa, možnosti oprav)
- možnost hromadění vodíku v jiných budovách než je kontejnment

Musí být uvážena následující hlediska

- organizace provozovatele pro řízení včetně

- počtu pracovníků, zdrojů a řízení směn
- využití externí technické podpory řízení havárie a ochrany (a náhrady pokud není k dispozici)
- předpisy, výcvik a cvičení

- možnost použití existujícího vybavení

- opatření pro využití mobilních prostředků (dostupnost těchto prostředků, čas potřebný k jejich dopravě na lokalitu a k uvedení do provozu, přístupnost lokality)
- opatření pro řízení dodávek (paliv pro diesely, vody apod.)
- řízení radioaktivních výpustí k opatření k jejich omezení
- komunikační a informační systémy (vnitřní, vnější) - Dlouhodobé pohavarijní činnosti.

Uvažovaná opatření SAM budou vyhodnocena s uvážením toho, jaká by mohla být situace na lokalitě:

- rozsáhlé zničení infrastruktury v okolí elektrárny včetně komunikačního zařízení (pro technický a podpůrný personál z vnějšku těžko dostupné),
- zhoršení výkonu práce (včetně vlivu na přístupnost a obyvatelnost blokové a náhradní blokové dozorny a krizového štábu) v důsledku velkých dávkových příkonů, radioaktivní kontaminace a zničení některých zařízení,
- proveditelnost a účinnost opatření SAM za podmínek rizika zemětřesení a povodní,
- nedostupnost elektrického napájení,
- možné selhání měřících přístrojů,
- možnost negativních účinků okolních bloků na lokalitě.

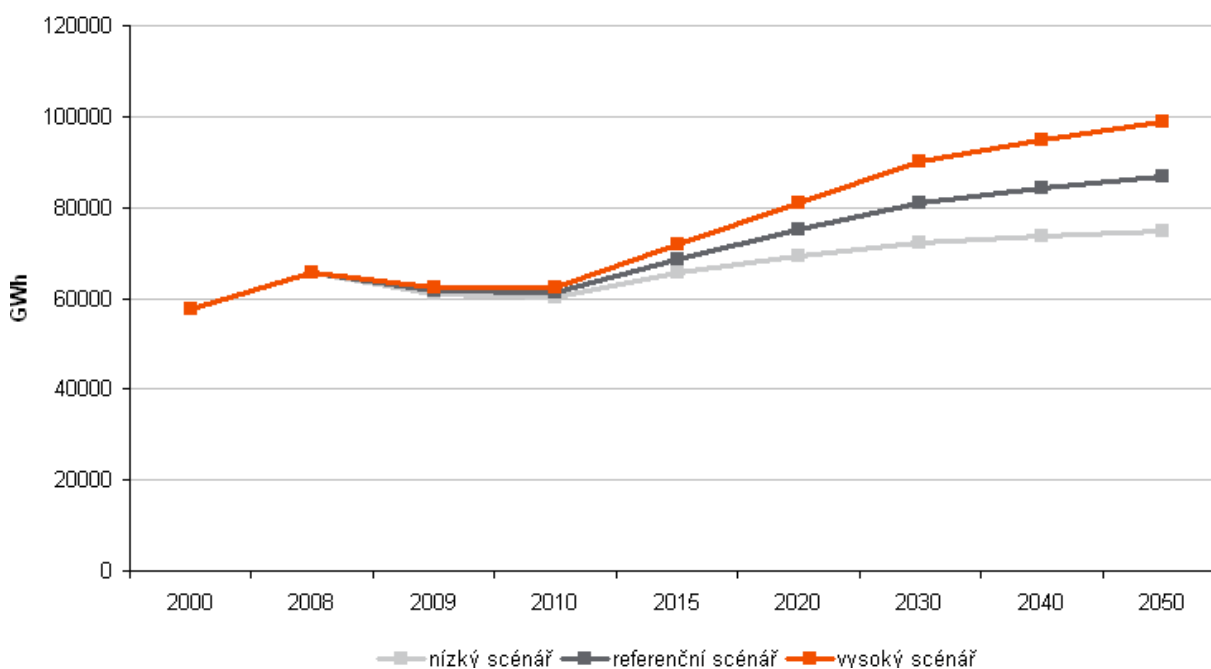
Provozovatel určí, které podmínky by mohly pracovníkům bránit v práci na blokové a náhradní blokové dozory vně a v havarijním centru a jaká opatření by měla těmto podmínkám zabránit. [5]

7. Návrh rezervního napájení NJZ s ohledem na STRESS testy

7.1 Nový jaderný zdroj elektrárny Temelín

Výstavba 3. a 4. bloku JE Temelín zaručuje spolehlivé pokrytí rostoucí spotřeby elektřiny v ČR po roce 2020 a vytvoření dostatečné rezervy pro bezpečnost a stabilitu energetické soustavy při minimálním vypouštění skleníkových plynů. Lokalita JE Temelín byla projektována pro výstavbu čtyř jaderných bloků, bohužel po listopadu 1989 došlo k přehodnocení, převážně z politických a ekonomických důvodů a projekt byl zúžen pouze na dva bloky VVER 1000.

Od té doby však v celém světě, tedy i v Evropě (a ČR), dochází dlouhodobě k nárůstu spotřeby elektřiny a i přes aktuální meziroční pokles spotřeby elektřiny způsobený globální ekonomickou krizí je očekáván opětovný nárůst poptávky po elektrické energii. [6]



Obrázek 4 - Predikce spotřeby elektrické energie v ČR do r. 2050

Z tohoto důvodu se začala zvažovat dostavba 3. a 4. bloku.

V dnešní době už jsou známy dvě firmy, které se do soutěže o dostavbu ETE přihlásily.

[2]

AES 2006-MIR 1200

Projekt licencovaný v Rusku pod označením AES 2006 (nyní MIR 1200), je projektem odvozeným od reaktorů typu VVER 1000. Tento projekt využívá tlakovodní reaktor, vyvinutý firmami Atomstroyexport a Gidropress. Projekt disponuje elektrickým výkonem 1068 MW a vlastní spotřebou 7,26% [2]



Obrázek 5 - Ilustrativní obrázek designu AES 2006 – MIR 1200 [7]

Westinghouse AP1000

Projekt licencovaný v USA a v Číně pod označením AP1000 vychází z technologií ověřených 50 ti lety provozu a zkušeností firmy Westinghouse. Projekt využívá též tlakovodní reaktor a disponuje výkonem 1200MW a vlastní spotřebou 6,99% [2]



Obrázek 6 - Ilustrativní obrázek designu AP1000[8]

7.2 Rezervní zdroj napájení

Rezervním zdrojem napájení je pro každý blok dvojice rezervních transformátorů, které jsou napájeny z rozvodny Kočín 110 kV pomocí jedné linky 110 kV (celkem 2 linky 110 kV pro oba bloky). Síť 110 kV může být v rozvodně Kočín napájena z více směrů a uzlů elektrizační soustavy. Rezervní transformátory jsou přes rezervní přípojnice připojeny k blokovým rozvodnám 6 kV nezajištěného napájení. Rezervní zdroje se využívají při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách při částečné nebo úplné ztrátě pracovních zdrojů. Rezervní zdroje obou bloků se vzájemně zálohují pomocí ručně spínatelné spojky.

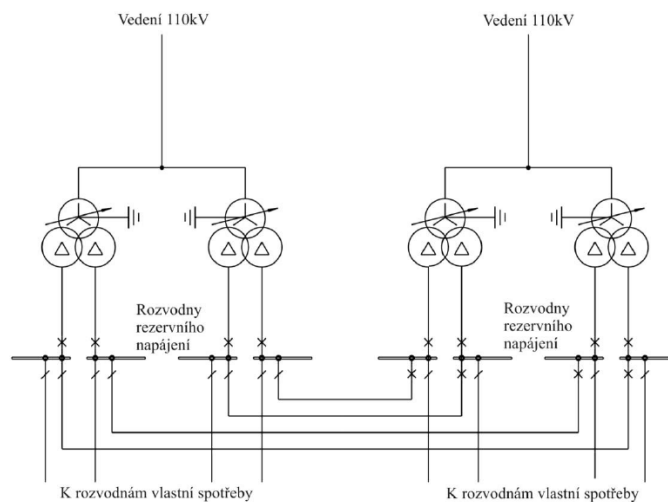


Obrázek 7 - Rezervní transformátor

Rezervní zdroj je schopen zaskočit za pracovní zdroje jednoho bloku i při částečném zatížení od sousedního bloku. Rezervním zdrojem napájení je, jak už bylo zmíněno rezervní transformátor. Ten je proveden třífázově s olejovým chlazením. Transformuje napětí 110 kV na VN a napájí rezervní rozvodny vlastní spotřeby. Je umístěn venku před budovou hlavního výrobního bloku v rozvodně 110 kV. [18]

7.3 Rezervní vedení 110kV

Toto vedení je využíváno k napájení vlastní spotřeby při výpadku pracovního zdroje, nebo během odstávky při práci vyžadující vypnutí vedení 400 kV. Vedení 110 kV je přiváděno z rozvodny Kočín ke dvěma třívínutovým transformátorům rezervního napájení. Z transformátorů jsou zapouzdřenými vodiči napájeny rozvodny vysokého napětí vlastní spotřeby. Významným provozním i bezpečnostním prvkem je vzájemné propojení rozveden vysokého napětí vlastní spotřeby mezi bloky. [18], [19]

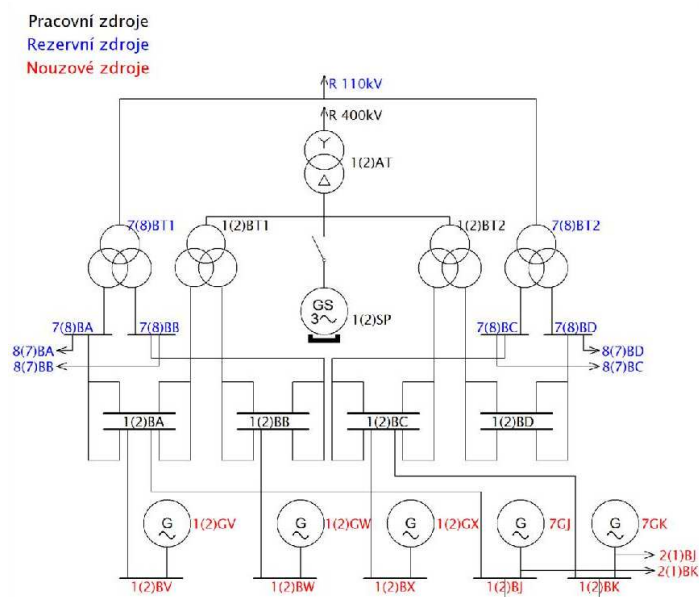


Obrázek 8 - Schéma systému rezervního napájení [18]

7.4 Rozvod elektrické energie v ETE

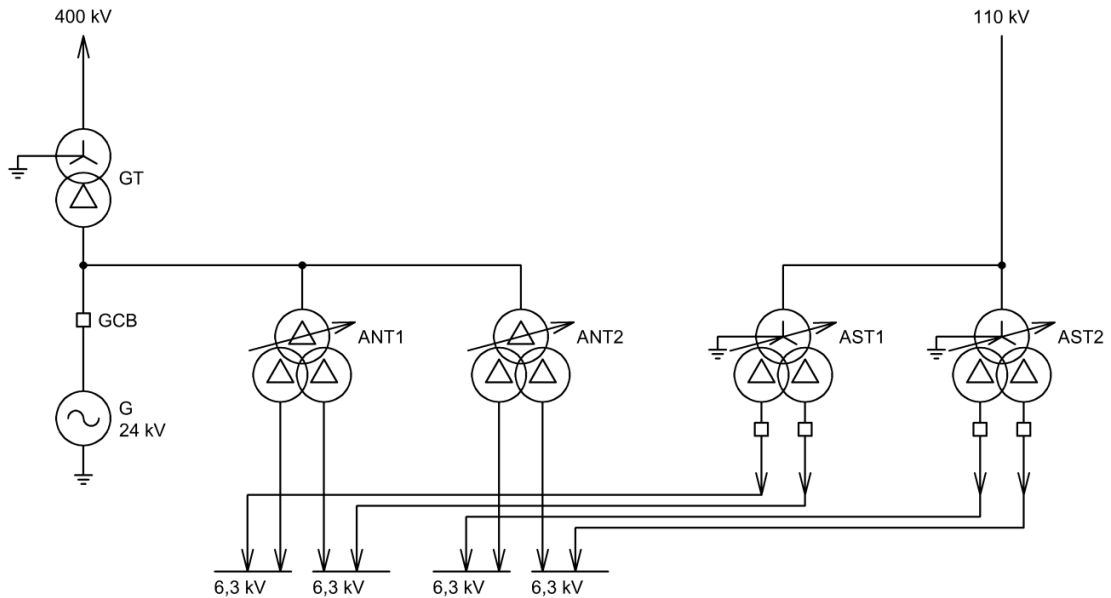
Napájení elektrických spotřebičů vlastní spotřeby je rozděleno na více rozveden, napájecích systémů a zdrojů, které se zálohují (na substitučním nebo redundantním principu). Tím se omezují důsledky poruch těchto systémů na provoz reaktoru a bloku. Elektrické spotřebiče jsou rozděleny do skupin podle jejich důležitosti a podle toho jsou napájeny ze zdrojů a sítí odpovídající kategorie zajištěnosti napájení. Důležitost spotřebiče zahrnuje kritérium (bezpečnostní) funkce spotřebiče a přípustnou dobu přerušení napájení. Funkce spotřebiče je klasifikována podle standardů IAEA na bezpečnostní (BS), související s bezpečností (SSB) a nedůležitou z hlediska bezpečnosti (SNB). Vlastní spotřeba každého z bloků JE Temelín má k dispozici:

- **Pracovní zdroje**, tj. odbočkové transformátory s regulací napětí (napájené z TG 1000MW a/nebo ze sítě 400kV). Pracovní zdroje mají čistě blokový charakter.
- **Rezervní zdroje**, tj. rezervní transformátory s regulací napětí (napájené ze sítě 110 kV). Rezervní transformátory jsou blokové, ale mohou být zálohovány ze sousedního bloku. Rezervní transformátory jsou schopny zajistit odstavení jednoho bloku při ztrátě jeho pracovního napájení, při předběžném zatížení spotřebiči druhého bloku.
- **Nouzové zdroje**, které napájí systémy zajištěného napájení (SZN). Nouzové zdroje jsou tvořeny dieselgenerátory, akumulátorovými bateriemi a agregáty nepřerušeného napájení (usměrňovače, střídače). Jsou instalovány v areálu ETE, dimenzovány podle požadavků napájených zátěží a jejich funkceschopnost nezávisí na stavu pracovních a rezervních zdrojů ani vnější sítě. Každý z bloků ETE je vybaven 3 redundantními SZN klasifikovanými jako BS (každý z nich je podpůrným systémem pro svoji divizi BS) a dvěma SZN pro napájení spotřebičů SSB a SNB. [4]



Obrázek 9 - Základní schéma vlastní spotřeby JE Temelín (1 blok) [9] [11]

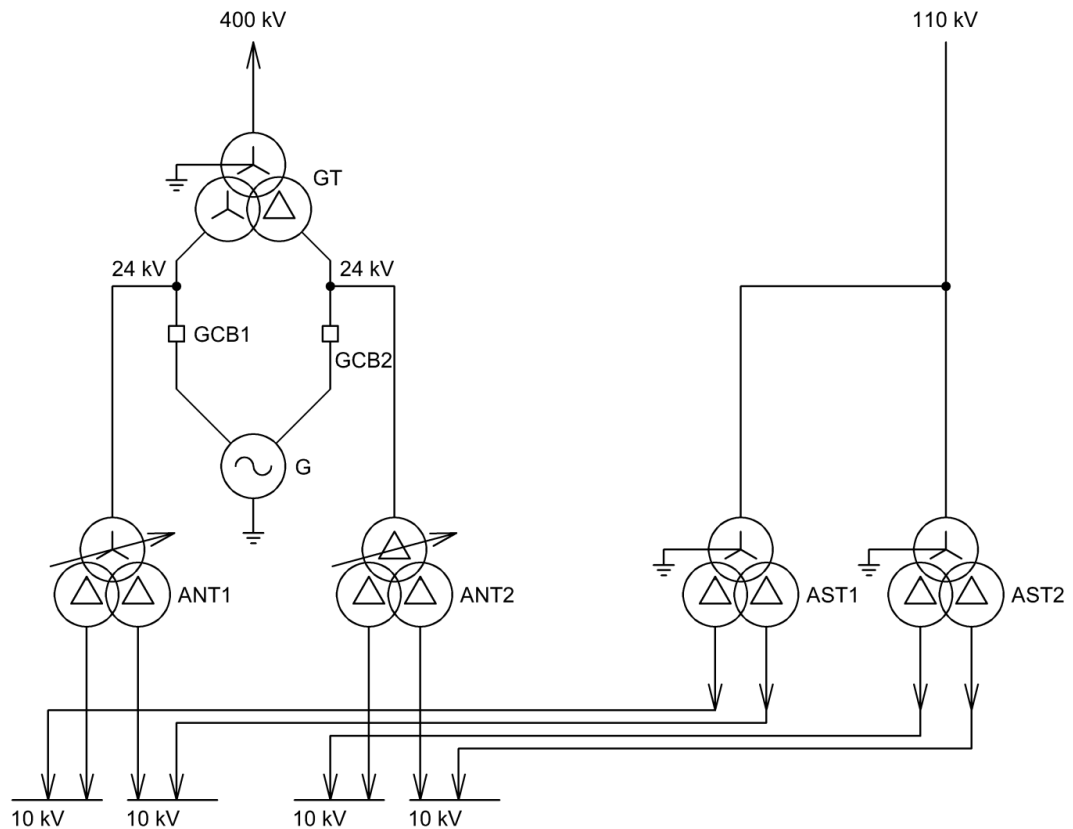
7.5 Elektrická koncepce stávajícího systému VVER 1000 na JE Temelín



Obrázek 10 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku VVER 1000 realizovaného na JE Temelín [16]

Výstupní napětí turbogenerátoru (G) 24kV. Za turbogenerátorem následuje generátorový vypínač (GCB) za kterým je odbočka pro napájení vlastní spotřeby. Za odbočkou je umístěn blokový transformátor (GT), který transformuje výstupní napětí turbogenerátoru na zvn 400kV. To je pak odváděno venkovním lanovým vedením do rozvodny Kočín. Rozvodny pro vlastní spotřebu využívají napěťové úrovně 6,3 kV. Napájení vlastní spotřeby zajišťují dva odbočkové transformátory 24/6,3 kV (ANT1,2). V případě poruchy, nebo odstávky zajišťuje napájení vlastní spotřeby dvojice rezervních transformátorů 110/6,3 kV (AST1,2), elektrická energie je v takovém případě přivedena venkovním vedením 110 kV z rozvodny Kočín. Zjednodušené schéma vyvedení výkonu a zajištění vlastní spotřeby stávajících bloků VVER 1000 je znázorněno na obrázku 10. [16], [17]

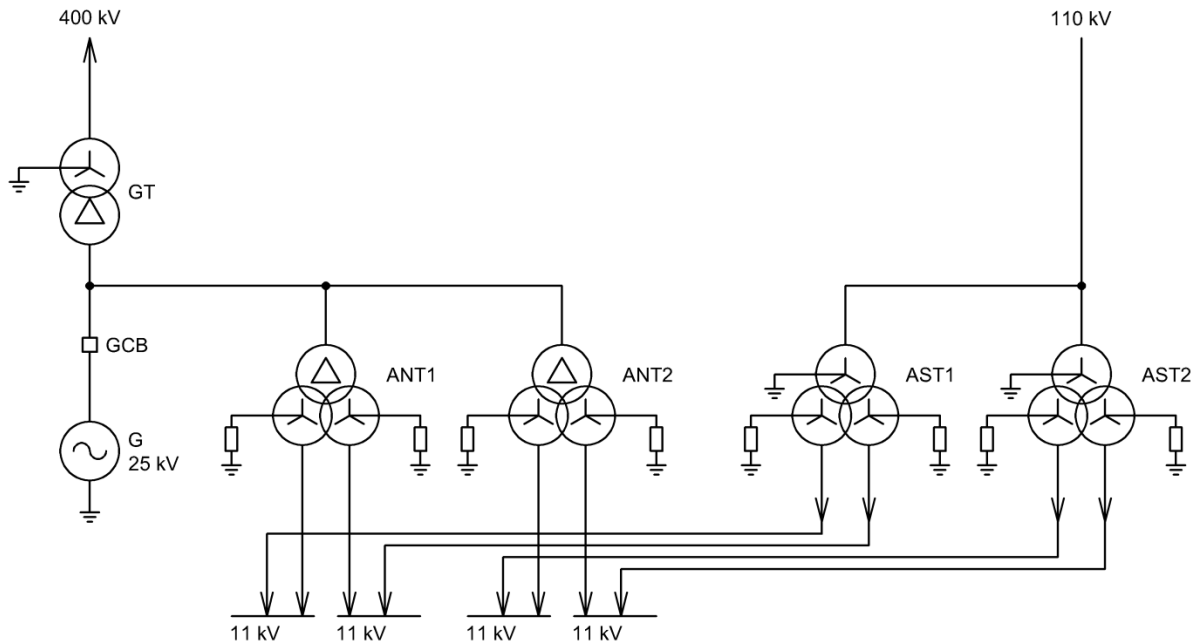
7.6 Elektrická koncepce systému MIR-1200



Obrázek 11 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku MIR-1200
(Napěťové úrovně s nadřazených soustav upraveny pro lokalitu Temelín)[16]

U projektu MIR-1200 je výstupní napětí turbogenerátoru (G) 24kV. Od turbogenerátoru je vedeno dvěma větvemi k blokovému transformátoru (GT) o výkonu 1 200MW, který transformuje výstupní napětí turbogenerátoru na zvn 400kV. To je pak odváděno venkovním lanovým vedením do rozvodny Kočín. Každá z větví obsahuje jeden generátorový vypínač (GCB) a následnou odbočku pro napájení vlastní spotřeby. Rozvodny pro napájení vlastní spotřeby pracují s napěťovou úrovní 10kV. Napájení vlastní spotřeby zajišťují dva odbočkové transformátory 24/10 kV (ANT1,2). V případě poruchy, nebo odstávky zajišťuje napájení vlastní spotřeby dvojice rezervních transformátorů 110/10 kV (AST1,2), elektrická energie je v takovém případě přivedena venkovním vedením 110 kV z rozvodny Kočín. Zjednodušené schéma vyvedení výkonu a zajištění vlastní spotřeby bloku MIR-1200 je znázorněno na obrázku 11. [16],[17]

7.7 Elektrická koncepce systému AP1000



Obrázek 12 – Zjednodušené schéma vyvedení výkonu bloku AP1000
(Napěťové úrovně s nadřazených soustav upraveny pro lokalitu Temelín)[14]

U projektu AP1000 je výstupní napětí turbogenerátoru (G) 25kV. Za generátorovým vypínačem (GCB) je umístěna odbočka pro napájení vlastní spotřeby. Za odbočkou následuje blokový transformátor (GT) o výkonu 1380 MVA, který transformuje výstupní napětí turbogenerátoru na zvn 400kV. To je pak odváděno venkovním lanovým vedením do rozvodny Kočín. Za běžného provozu je napájení vlastní spotřeby zajištěno třemi odbočkovými transformátory 25/11 kV (ANT1,2). V případě poruchy, nebo odstávky zajišťuje napájení vlastní spotřeby dvojice rezervních transformátorů 110/11 kV (AST1,2), elektrická energie je v takovém případě přivedena venkovním vedením 110 kV z rozvodny Kočín. Zjednodušené schéma vyvedení výkonu a zajištění vlastní spotřeby bloku AP1000 je znázorněno na obrázku 12. [14], [15]

7.8 Porovnání možných řešení nových bloků se stávajícími a mezi sebou

V zásadě se jednotlivé nabízené řešení pro 3. a 4. blok JE Temelín moc neliší. Ke stávajícím blokům ETE 1. a 2. má nejbližší má nejbližší projekt MIR-1200. To se dalo očekávat, neboť VVER-1000 je předchůdcem MIR-1200. Oba dva účastníci výběrového řízení na dostavbu ETE 3. a 4. shodně garantují projektovou životnost svých navrhovaných reaktorových bloků na 60. let. Tepelné i elektrické výkony projektů AP1000 a MIR-1200 jsou srovnatelné. Obě koncepce jsou srovnatelné i z hlediska zajištění napájení vlastní spotřeby, neboť stejně jako stávající bloky disponují dvěma rezervními transformátory.

Projekt	VVER-1000	AP1000	MIR-1200
Výstupní napětí TG [kV]	24	25	24
Elektrický výkon TG [MW]	cca. 1000	1 237,5	1 158
Čistý elektrický výkon bloku [MW]	cca. 950	1 117	1 078
Napětí rozvoden VS [kV]	6,3	11	10
Odbočkové transformátory	2x 24/6,3 kV	2x 25/11 kV	2x 24/10 kV
Rezervní transformátory	2x 110/6,3 kV	2x 110/11 kV	2x 110/10 kV

Tabulka 1 – Srovnání jaderných bloků nabízených pro dostavbu JE Temelín se stávajícími

7.9 Návrh rezervního napájení

Rezervní napájení nových bloků ETE3,4 bude realizováno venkovními vedeními 110kV z rozvodny Kočín a bude ve společném koridoru s vyvedením výkonu 400kV. Pro každý blok bude instalována samostatná linka rezervního napájení 110kV. Rezervní napájení bude řešeno blokově a bude zajišťovat potřebnou míru funkční nezávislosti na pracovním napájení VS. Zdroj rezervního napájení vlastní spotřeby obou nových bloků ETE3,4 bude rozvodna 110kV Kočín, která je rovněž zdrojem rezervního napájení vlastní spotřeby stávajících bloků ETE1,2. Realizace ETE3,4 si vyžádá rekonstrukci rozvodny Kočín, posílení vnějších vazeb rozvodny 400kV i 110kV a případně i úpravy na přenosových profilech mimo rozvodnu. Rozsah navrhovaných úprav se liší podle výkonových variant ETE3,4. Rezervní zdroje budou využívány při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách v případě částečné, nebo úplné ztráty pracovního napájení. Zdrojem rezervního napájení v elektrárně bude rezervní transformátor, popřípadě transformátory s regulací napětí pod zatížením. Transformátor bude připojen k distribuční síti 110kV. Na rezervní napájení bude blok přecházet v případě částečné, nebo úplné ztráty pracovních zdrojů. Přepnutí bude iniciováno prioritně automaticky s možností ručního přepnutí. V rámci aplikace principu ochrany do hloubky pro elektrické systémy bude rezervní napájení poskytovat částečnou náhradu pracovního napájení v takovém rozsahu, aby nebyla nutná aktivace nouzových zdrojů.

Podle které koncepce se přivedení rezervního napájení bude realizovat, ukáže až to, která ze dvou výše zmiňovaných společností vyhraje soutěž o dostavbu bloků ETE3,4.

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření uceleného textu v oblasti jaderné energetiky, konkrétně problematiky STRESS testů. Práce je dle zadání rozdělena do čtyř hlavních částí.

V první části je popsána problematika STRESS testů jako taková. Je zde stručně popsáno Co to STRESS testy jsou, co řeší, a je zde také uvedená stručná charakteristika lokality ETE. Druhá část je zaměřena na hodnocení bezpečnosti a bezpečnostních rezerv ETE. Zde jsem popsal odolnost elektrárny vůči zemětřesení, záplavám, nebo třeba ztrátě elektrického napájení. Dále je zde popsán postup pro zvládnutí těžkých havárií a v závěru je vyhodnocení všech zátěžových zkoušek. Ve třetí části se řeší technické požadavky na projekty NJZ v souvislosti se STRESS testy. V této části je popsáno, co by měly nové projekty splňovat, nebo jaké informace musí být o nových projektech poskytnuty.

Ve čtvrté, poslední části je řešen návrh rezervního napájení NJZ. Návrh je daný dokumentací dvou možných kandidátů usilujících o dostavbu ETE3,4. Tato kapitola dokládá provedení rezervního napájení v projektu AP1000 a projektu MIR-1200. Obě řešení jsou zhodnocena a porovnána s ohledem na požadavky provozovatele.

Je zřejmé, že po provedení zátěžových zkoušek, nebo opakovaném přezkoumání bezpečnosti jaderných elektráren bude mít populace i nadále strach z jaderné havárie. Tato práce by měla potencionálním pesimistům, nebo odpůrcům JE Temelín ukázat, jaká nová přezkoumání byla na elektrárně provedena, jak důsledně byly jednotlivé testy provedeny, nebo jejich výsledky. Měla by taktéž dokázat, že při dodržení všech bezpečnostních pravidel jaderné elektrárny Temelín jaderná havárie nehrozí.

9. Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] STRESSTEST [on line]. 2013, <http://www.stresstest.cz>
- [2] Technologie [online], [cit. 2013-03-27], Dostupné z: www.cez.cz
- [3] final_draft_2 [online], [cit. 2013-04-13], Dostupné z: www.sujb.cz
- [4] Závěrečná zpráva z ETE [online], [cit. 2013-04-20], Dostupné z: www.cez.cz
- [5] Pokyny k provedení [online], [cit. 2013-05-01], Dostupné z: www.stresstest.cz
- [6] Dostavba ETE [online], [cit. 2013-05-012], Dostupné z: www.cez.cz
- [7] Novovroněžská elektrárna [online], [cit. 2013-05-14], Dostupné z: www.aep.ru
- [8] Westinghouse AP1000 [online], [cit. 2013-05-14], Dostupné z: www.atomic-energy.ru
- [9] Ing.Gabriela Tichá: *Učební texty pro přípravu personálu JE*, ČEZ a.s. 2007
- [11] Program ProfiCAD 6.7.2 Pro domácnost, Copyright 2001-2012
- [13] ČEZ (firma). Přehled zvažovaných nejmodernějších jaderných reaktorů [online], [cit. 2013-05-18] Dostupné z: www.cez.cz
- [14] WESTINGHOUSE (firma). AP1000 Reaktor [online], [cit. 2013-05-18] Dostupné z: www.ap1000.westinghousenuclear.cz
- [15] WESTINGHOUSE (firma). AP1000 European DCD – Chapter 8 Section 8.3 Electric power [online]. [cit. 2013-05-18] Dostupné z: www.ukap1000aplication.com
- [16] ATOMENERGOPROJEKT (firma). Design AES-2006 [online], [cit. 2013-05-18] Dostupné z: www.rosatom.ru
- [17] ZDEBOR, R. Projekt MIR.1200 a aktuální požadavky na bezpečnost jaderných elektráren (prezentace), [cit. 2013-05-18] Dostupné z: www.allforpower.cz
- [18] Přehledové schéma zapojení do elektrizační soustavy. Dostupné z: interních zdrojů ČEZ a.s.
- [19] Tichá, G.:Elektrická část JE VVER 1000 I. část, 2002