

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.06 Elektrické napájanie

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

		LC					
SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	II	SEC. INDEX / INDEX utajenia
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:		Approval / Schválenie	x	Information Only / Len na informáciu
			The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.				
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 10		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361073		A4	9.4	RS	Z
				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne
				1	106		Component / Komponent

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436107310_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 03.09.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvár	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0540	• 03.09.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•	•	•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0520	• 03.09.2019	•	
	•	•	•	•	•	•	
	•	•	•	•	•	•	
Verified by / Overil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0720	• 03.09.2019	•	
Approved by / Schválil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 1703	• 03.09.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 06.06 Elektrické napájanie	• PNM3436107310_S_C00_V	• 10
2.	• Kapitola 06.06 Elektrické napájanie	• PNM3436107310_S_C01_V	• 10
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	8
ÚVOD	12
6.6 Elektrické napájanie	13
6.6.1 Vonkajšie elektrické systémy	17
6.6.1.1 Účel vonkajších elektrických systémov	17
6.6.1.2 Popis projektového riešenia	17
6.6.1.3 Systém vyvedenia výkonu	18
6.6.1.3.1 Projektové požiadavky na vyvedenie výkonu	18
6.6.1.3.2 Opis systému	19
6.6.1.3.2.1 Prevádzkové režimy	19
6.6.1.3.3 Technické zhodnotenie Systému vyvedenia výkonu	21
6.6.1.3.3.1 Zhodnotenie schémy a návrhu Systému vyvedenia výkonu	21
6.6.1.3.3.2 Regulačné schopnosti generátorov na EMO 3,4	22
6.6.1.3.3.3 Skratové výpočty v Systéme vyvedenia výkonu	26
6.6.1.3.3.4 Kontrola dimenzovania blokového transformátora (GT)	26
6.6.1.3.3.5 Kontrola dimenzovania zapúzdrených vodičov (IPBD)	27
6.6.1.3.3.6 Štúdie prenosovej siete	27
6.6.1.3.3.7 Konceptia ochrán Systému vyvedenia výkonu	28
6.6.1.3.3.8 Záver technického zhodnotenia	29
6.6.1.4 Systém rezervného napájania vlastnej spotreby	30
6.6.1.4.1 Projektové požiadavky na RNVS	30
6.6.1.4.2 Technické zhodnotenie RNVS	32
6.6.1.4.2.1 Zhodnotenie schémy a návrhu RNVS	32
6.6.1.4.2.2 Analýza a výpočty VVN vedenia	33
6.6.1.4.2.3 Kontrola automatického nábehu po AZR	33
6.6.1.4.2.4 Skratové výpočty v RNVS	34
6.6.1.4.2.5 Kontrola dimenzovania rezervného transformátora AST	35
6.6.1.4.2.6 Kontrola zapúzdrených vodičov (IPBD) VN	35
6.6.1.4.2.7 Záver technického odôvodnenia RNVS	36
6.6.2 Vnútné elektrické systémy	38
6.6.2.1 Účel vnútorných elektrických systémov	38
6.6.2.2 Popis projektového riešenia	38
6.6.2.2.1 Požiadavky spotrebičov na elektrické napájanie	38
6.6.2.2.1.1 Požiadavky na DUL-T	39
6.6.2.2.1.2 Požiadavky na bezpečnostné funkcie „BTnap“ (elektrické napájanie)	40
6.6.2.2.2 Zdroje elektrického napájania z hľadiska vnútorných elektrických systémov	40
6.6.2.2.3 Napäťové sústavy vo vnútri elektrárne	41
6.6.2.2.4 Napájacie siete v elektrárni	41
6.6.2.3 Projektové požiadavky na návrh systému VS	42
6.6.2.3.1 Spoločné požiadavky	43
6.6.2.3.2 Požiadavky na systémy normálneho napájania	43
6.6.2.3.3 Požiadavky na systémy zaisteného napájania	44

6.6.2.4	Systém napájania III. kategórie (pracovné napájanie)	45
6.6.2.4.1	Opis systému	45
6.6.2.4.1.1	Sieť VN III. kategórie	45
6.6.2.4.1.2	Sieť 230/400 V III. kategórie	46
6.6.2.4.2	Prevádzkové režimy	47
6.6.2.4.2.1	Prevádzkové režimy PNVS	47
6.6.2.4.2.2	Prevádzkové režimy rezervného napájania ÚR 0,4 kV	48
6.6.2.4.3	Režimové automatiky siete III. kategórie	48
6.6.2.4.3.1	Automatika AZR	48
6.6.2.4.3.2	Automatika podpäťového vypínania - APV	49
6.6.2.4.3.3	Automatika odpojenia blokového vypínača	50
6.6.2.4.4	Technické zhodnotenie	50
6.6.2.4.4.1	Bilancie výkonov	50
6.6.2.4.4.2	Dimenzovanie transformátora vlastnej spotreby	50
6.6.2.4.4.3	Skratové výpočty v sieti III. kategórie	50
6.6.2.4.4.4	Systém ochrán napájania VS (III. kategória)	50
6.6.2.4.4.5	Dimenzovanie káblov	51
6.6.2.4.4.6	Dimenzovanie zapúzdrených vodičov	51
6.6.2.4.4.7	Kontrola automatického samonábehu - nízke napätie	51
6.6.2.4.4.8	Dimenzovanie VN/NN transformátorov vlastnej spotreby	51
6.6.2.4.4.9	Napäťové a výkonové pomery	52
6.6.2.4.4.10	Záver	52
6.6.2.5	Systémy zaisteného napájania 1,2,3	54
6.6.2.5.1	Popis systému	54
6.6.2.5.1.1	Sieť II. kategórie zaisteného napájania	54
6.6.2.5.1.2	Sieť I. kategórie zaisteného napájania	54
6.6.2.5.2	Prevádzkové režimy	56
6.6.2.5.2.1	Sieť II. kategórie zaisteného napájania	56
6.6.2.5.2.2	Sieť I. kategórie zaisteného napájania	60
6.6.2.5.3	Technické zhodnotenie	61
6.6.2.5.3.1	Bilancie záťaží II. kategórie	61
6.6.2.5.3.2	Bilancie záťaží I. kategórie	61
6.6.2.5.3.3	Kontrola dimenzovania DG	61
6.6.2.5.3.4	Kontrola dimenzovania akumulátorových batérií	62
6.6.2.5.3.5	Kontrola dimenzovania usmerňovačov a striedačov	63
6.6.2.5.3.6	Dimenzovanie ASDT II. kategórie	64
6.6.2.5.3.7	Ochranný systém v SZN 1 (2,3)	65
6.6.2.5.3.8	Dimenzovanie káblov	65
6.6.2.5.3.9	Záver	65
6.6.2.6	Popis DG pre SZN 1,2,3	67
6.6.2.6.1	Požiadavky na funkčnú a záťažovú schopnosť	67
6.6.2.6.2	Dispozičné riešenie DGS	67
6.6.2.6.3	Podmienky automatického štartu DG	67
6.6.2.6.4	Algoritmus štartu DG	67
6.6.2.6.5	Kvalifikované systémy a komponenty DG a DGS	67

6.6.2.6.5.1	Technologické ochrany DG.....	67
6.6.2.6.5.2	Elektrické ochrany DG.....	68
6.6.2.6.5.3	Napájanie bezpečnostných systémov DG elektrickou energiou.....	68
6.6.2.6.5.4	Regulátor motora DG	69
6.6.2.6.5.5	Systém merania otáčok DG.....	69
6.6.2.6.5.6	Systém štartovacieho vzduchu DG	69
6.6.2.6.5.7	Systém prívodu spaľovacieho vzduchu a odvodu spalín DG	69
6.6.2.6.5.8	Predhrievanie motora DG	70
6.6.2.6.5.9	Palivový systém DG	70
6.6.2.6.5.10	Olejový systém DG a DGS	71
6.6.2.6.5.11	Chladiaci systém DG.....	72
6.6.2.6.5.12	Budenie generátora a regulácia napätia.....	72
6.6.2.6.5.13	Rozvádzače striedavého prúdu 400V/50Hz	73
6.6.2.6.5.14	VN rozvádzač DGS	74
6.6.2.6.5.15	Vypínač VN DG	75
6.6.2.6.5.16	Systém kontroly a riadenia (SKR) pre DG.....	75
6.6.2.6.5.17	Požiadavky na riadiaci systém DG a vlastnú spotrebu DGS.....	75
6.6.2.6.6	Väzby DG k dozorniam a na iné systémy.....	76
6.6.2.6.7	Spoľahlivosť	77
6.6.2.6.8	Zásahy obsluhy	77
6.6.2.6.9	Technické zhodnotenie.....	77
6.6.2.6.10	Požiadavky na zabezpečenie bezpečnosti a spoľahlivosti DG.....	78
6.6.2.7	Systémy zaisteného napájania 4,5	80
6.6.2.7.1	Popis systému.....	80
6.6.2.7.1.1	Sieť III/II. kategórie zaisteného napájania	80
6.6.2.7.1.2	Sieť III/I. kategórie zaisteného napájania	80
6.6.2.7.2	Prevádzkové režimy	81
6.6.2.7.2.1	Sieť III/II. kategórie zaisteného napájania	81
6.6.2.7.2.2	Sieť III/I. kategórie zaisteného napájania	81
6.6.2.7.3	Technické zhodnotenie.....	82
6.6.2.7.3.1	Bilancie výkonu III/I. kategórie	82
6.6.2.7.3.2	Bilancie výkonu III/II. kategórie	82
6.6.2.7.3.3	Dimenzovanie ASDT III/II. kategórie	82
6.6.2.7.3.4	Ochranný systém v SZN 4,5.....	82
6.6.2.7.3.5	Dimenzovanie káblov	82
6.6.2.7.3.6	Záver.....	83
6.6.2.8	Systém zaisteného napájania 6	84
6.6.2.8.1	Technické zhodnotenie.....	84
6.6.3	Opatrenia proti BDBA v elektrických systémoch	85
6.6.3.1	Sieť AAC.....	86
6.6.3.1.1	Spoločný SZN S.....	86
6.6.3.1.1.1	Prevádzkové režimy SZN S.....	86
6.6.3.1.2	SZN T	87
6.6.3.1.3	Technické zhodnotenie AAC siete	87

6.6.3.1.3.1	Bilancie záťaže II. a III/II. kategórie zaisteného napájania v režime SBO	87
6.6.3.1.3.2	Kontroly záťažovania spoločného DG	87
6.6.3.1.3.3	Dimenzovanie nového mobilného DG	87
6.6.3.1.3.4	Záver.....	88
6.6.4	Napájanie systémov kontroly a riadenia.....	89
6.6.5	Hlavné zásady riadenia, signalizácie a merania elektrických systémov	89
6.6.5.1	Ovládanie schém elektrických systémov JE.....	89
6.6.5.1.1	Systémy SKR používané pre ovládanie elektrických aktuátorov	90
6.6.5.1.2	Elektrické automatiky používané pre ovládanie elektrických aktuátorov	91
6.6.5.2	Meranie a signalizácia	92
6.6.5.3	Diagnostické systémy elektrickej časti	92
6.6.6	Uzemnenie a ochrana pred prepätím.....	93
6.6.6.1	Hlavná uzemňovacia sieť	93
6.6.6.2	Uzemnenia budov	94
6.6.6.3	Vnútorne ekvipotenciálne uzemnenia v budovách.....	94
6.6.6.4	Špeciálna sieť uzemnenia	94
6.6.6.5	Uzemnenie rozvodní ZVN a VVN.....	94
6.6.6.6	Ochrana proti bleskom a prepätiam	95
6.6.7	Kabeláž.....	95
6.6.7.1	Typy kabeláže používané na EMO 3,4 z hľadiska požiarnej ochrany	96
6.6.7.2	Výber káblov podľa environmentálnych podmienok	96
6.6.7.3	Seizmická odolnosť káblových trás.....	96
6.6.8	Bezpečnostné zhodnotenie elektrickej časti.....	97
LITERATÚRA.....		101
ZOZNAM TABULIEK.....		106

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

AAC	Alternatívna sieť napájania striedavým prúdom
AC	Striedavý prúd
ADG	Automatika dieselgenerátora
ANN	Automat neprerušovaného napájania
ANT	Odbočkový transformátor
APS	Automatika postupného spúšťania
APV	Automatika podpäťového vypínania
ASDT	Transformátor vlastnej spotreby
AST	Rezervný transformátor
AT	Autotransformátor
AVR	Automatický regulátor napätia
AZR	Automatický záskok rezervy
AZV	Automatika zlyhania vypínača
BD	Bloková dozorňa
BDA, dÚP	Dodatok úvodného projektu
BDBA	Nadprojektová havária
BF	Bezpečnostná funkcia
BS, SS	Bezpečnostný systém (safety system)
BT	Bezpečnostná trieda
CAB	Centrálne automatiky bloku
CCT	Kritický čas odstránenia skratu
CED	Centrálny energetický dispečing Mochovce
CR	Výpočtová správa
DBC	Podmienky z projektových východísk
DC	Jednosmerný prúd
DD	Vykonávací projekt
DG	Dieselgenerátor
DGS	Dieselgenerátorová stanica
DID	Ochrana do hĺbky
DRN	Diaľková regulácia napätia

DSE	Diagnostický systém elektro
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EMO	Elektrárň Mochovce
ENTSO-E	Európska sieť prevádzkovateľov prenosových sústav pre elektrinu
ES	Elektrizačná sústava
ESFAS	Bezpečnostný systém
FMEA	Analýza porúch a ich dopadov
GCB	Generátorový vypínač
GIS	Zapúzdrená rozvodňa plnená SF ₆ plynom
GT	Blokový transformátor
HAZR	Hromadný automatický záskok rezervy
HSCHAZ	Havarijný systém chladenia aktívnej zóny
HVAC	Systém vzduchotechniky
HVB	Hlavný výrobný blok
IAZR	Individuálny automatický záskok rezervy
IPBD	Prípojnice zapúzdrených vodičov
JE, NPP	Jadrová elektrárň
LaP	Limity a podmienky bezpečnej prevádzky
LOCA	Havária so stratou chladiva
LOP	Strata napájania
LOPM	Pamäť straty napájania
LPL	Úroveň ochrany pred bleskom
LPS	Systém ochrany pred bleskom
MAAE, IAEA	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MLS	Manuálne zaťažovanie
MO34	Mochovce, blok 3. a 4.
ND, ECR	Núdzová dozorňa
NLTC	Prepínač odbočiek bez zaťaženia
NN	Nízke napätie
NS	Nedôležitý systém
OCB	Vývodový vypínač 400 kV
OF	Ochranná funkcia

OZ	Opätovné zapnutie
PAMS	Pohavarijný systém monitorovania
PAS	Systém automatiky procesu
PICS	Informačný a riadiaci systém elektrárne
PNVS	Pracovné napájanie vlastnej spotreby
PBS	Predbežná bezpečnostná správa
PpBS	Predprevádzková bezpečnostná správa
PSS	Systémový stabilizátor automatického regulátora napätia generátora
PV	Podpäťové vypínanie
RBT	Spätný skok
REAZN	Režimové automatiky zaisteného napájania
RLS	Limitačný systém reaktora
RNVS	Rezervné napájanie vlastnej spotreby
RRCS	Systém regulovania reaktorových tyčí
RTS	Systém havarijnej ochrany reaktora
SAMS	Systém riadenia ťažkej havárie
SD, CCR	Spoločná dozorňa
SBO	Úplná strata napájania vlastnej spotreby
SDE	Spoločná dokumentácia elektrotechnickej časti
SDG	Spoločný dieselgenerátor
SEPS	Slovenská elektrická prenosová sústava
SK	Seizmická kategória
SKR	Systém kontroly a riadenia
SM	Bezpečnostné opatrenie
SN	Samonábeh pohonov po AZR
SORR	Systém ochrany a riadenia reaktora
SSB, SR	Systém so vzťahom k bezpečnosti
SWD	Rozvádzač
SZN	Systém zaisteného napájania
TAZR	Technologický záskok rezervného napájania
TCS	Systém riadenia turbíny
TG	Turbogenerátor

TS	Prenosová sústava
TSA	Typová schéma automatík elektro
TSO	Typová schéma ovládania
UCB	Blokový vypínač 400 kV
ÚED	Ústredná elektrická dozorňa
UHS	Koncový odvádzač tepla
ÚJD SR	Ústav jadrového dozoru Slovenskej republiky
ÚP,BD	Úvodný projekt
UPS	Zdroj neprerušeného napájania
ÚR	Úsekový rozvádzač
ÚSNVS	Úplná strata napájania vlastnej spotreby
VLU	Napäťová limitačná jednotka
VN	Vysoké napätie
VS	Vlastná spotreba
VT	Napäťový transformátor
ZN	Zaistené napájanie
ZSD	Západoslovenská distribučná a.s.

ÚVOD

Kapitola PpBS 6.6. bola vypracovaná v súlade s nasledujúcou legislatívou:

Zákon č. 541/2004 Z.z., o mierovom využívaní jadrovej energie ako doplnený

Nariadenie ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. (niektoré časti elektrických systémov sú zabezpečené podľa ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.)

Nariadenie ÚJD SR č. 431/2011 Z.z. (niektoré časti elektrických systémov sú zabezpečené podľa ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.)

Vyhláška č. 31/2012 Z.z., ktorá upravuje Vyhlášku ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., o podrobnostiach, rozsahu a prípravy dokumentácie pre jadrové zariadenia potrebné pre jednotlivé rozhodnutia

GS-G-4.1 Forma a obsah Správy bezpečnostnej analýzy pre jadrové elektrárne, MAEA Série bezpečnostných noriem, Viedeň, 5/2004

Správa popisuje vyvedenie výkonu JE, napájanie vlastnej spotreby a systémy zaisteného napájania.

Podkapitoly „technické zhodnotenie“ hodnotia plnenie projektových požiadaviek a technických riešení, vlastností a schopností.

Podkapitoly „posúdenie bezpečnosti“ hodnotia plnenie legislatívnych požiadaviek, konkrétne Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 Z.z.

Kapitola PpBS 6.6 je vypracovaná v súlade s bezpečnostným návodom ÚJD SR BNS I.1.2/2008 [II.21], pričom bolo prihladené k novému platnému návodu BNS I.1.2/2014 [II.24] (v primeranom rozsahu).

Pri vypracovaní predmetnej kapitoly PpBS boli súčasne zohľadnené aj pripomienky k PBS uvedené v rozhodnutí ÚJD SR č. 267/2008. [II.23].

6.6 Elektrické napájanie

Elektrická schéma jadrovej elektrárne sa vyznačuje špecifickými zvláštnosťami, ktoré sú vyvolané prevádzkovými stavmi jadrového reaktora.

Podstatnou zvláštnosťou oproti elektrickým schémam v klasických elektrárňach je to, že elektrická schéma JE musí okrem spoľahlivej prevádzky všetkých zariadení JE pri výrobe elektrickej energie a vyvedenia výkonu z JE do vonkajšej ES zabezpečiť aj spoľahlivé dochladenie reaktora v normálnych, abnormálnych i havarijných stavoch JE.

Z tohto pohľadu sú požiadavky na elektrické napájanie zariadení JE náročnejšie. Najzávažnejšie sa uplatňujú pri zabezpečení napájania pre systémy, ktoré majú bezpečnostné funkcie vo vzťahu k jadrovej bezpečnosti. Spoločné princípy a návrh riešenia elektrických systémov MO34 sú zosumarizované v dokumentoch:

- Spoločná dokumentácia elektrickej časti, Úvodný projekt [I.1]
- Dodatky Úvodného projektu [I.16]
- Spoločná dokumentácia elektrickej časti (SDE) - Technická správa, úroveň DD [I.20]

Všetky systémy, zariadenia a objekty MO34 (ďalej len systémy) sú klasifikované v súlade so základnou koncepciou bezpečnosti prevádzky MO34, uvedenou v dokumentoch Úvodného projektu „Koncepcia bezpečnej prevádzky JE“, na :

- **dôležité** z hľadiska jadrovej bezpečnosti - plní niektorú bezpečnostnú funkciu,
- **nedôležité** z hľadiska jadrovej bezpečnosti - neplní žiadnu bezpečnostnú funkciu.

Dôležité systémy sa ďalej delia na :

- **bezpečnostné systémy** - zaisťujú bezpečné odstavenie reaktora, odvod tepla z aktívnej zóny a/alebo obmedzenie dôsledkov abnormálnej prevádzky a havarijných podmienok
- **systémy súvisiace s bezpečnosťou** - ostatné systémy dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti, ktoré však nie sú bezpečnostnými systémami.

Funkčná schopnosť bezpečnostných systémov musí byť zachovaná najmä :

- pri všetkých projektom predpokladaných udalostiach (poruchy zariadenia, zemetrasenia, požiare, víchrice, udalosti spôsobené ľudskou činnosťou, atď.),
- v prípade jednoduchej poruchy, opráv, revízií a skúšok (pokiaľ LaP neurčia prípustnú dobu, po ktorú systém nemusí byť schopný plniť svoju funkciu). Pre zaistenie spoľahlivosti bezpečnostných systémov je u aktívnych systémov (pre prácu vyžadujú prívod energie) na MO34 prijatá zásada zálohovania 3x100%. Jeden aktívny systém môže byť v oprave, revízii, alebo nefunkčný z dôvodu poruchy, (podľa LaP na MO34 musia byť za prevádzky k dispozícii stále 2 bezpečnostné systémy) .

Každý z bezpečnostných systémov pozostáva z množiny systémov, ktoré tvoria :

- a) ochranné a riadiace systémy
- b) výkonné (akčné) bezpečnostné systémy

- c) podporné systémy - zaisťujúce funkciu systémov a), b), (napr. elektrické napájanie, chladenie, atď.)

Funkčná schopnosť systémov so vzťahom k bezpečnosti nemusí byť zachovaná pri všetkých projektoch predpokladaných udalostiach, pretože ich výpadok nevedie k narušeniu bezpečnostných kritérií - spoľahlivosť, odolnosť voči jednoduchšej poruche, seizmická odolnosť.

Na tieto systémy sú uplatňované rôzne prísne požiadavky na funkčnosť až do úrovne bezpečnostných systémov (v súlade s princípom ochrany do hĺbky a kultúrou bezpečnosti, smerujúcou k zvyšovaniu úrovne bezpečnosti na „rozumne a prakticky dosiahnuteľnú úroveň“).

Funkčná schopnosť bezpečnostných systémov a systémov so vzťahom k bezpečnosti je nutnou podmienkou pre trvalú normálnu prevádzku. Pokiaľ nie je zachovaná, musí byť JE odstavená a musia byť vykonané nápravné opatrenia. Jadrová bezpečnosť je zaisťovaná i v tomto prípade funkciou bezpečnostných systémov.

Systémy súvisiace s bezpečnosťou plnia nasledovné funkcie:

- a) ochranné a riadiace systémy (plniace niektorú funkciu so vzťahom k jadrovej bezpečnosti)
- b) výkonné (akčné) systémy
- c) podporné systémy (elektrické napájanie, chladenie a pod.)

Spotrebiče nedôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti (zabezpečujúce prevádzku pri výrobe elektrickej energie) sú napájané zo siete III. kategórie. Sieť III. kategórie je normálne napájaná z pracovných zdrojov, pri strate pracovného napájania prechádza na napájanie rezervné.

V prípade preferovaného (normálneho) a straty rezervného elektrického napájania, sú dôležité spotrebiče napájané systémami zaisteného napájania (**SZN**) 1, 2, 3. Tieto tri nezávislé SZN tvoria podporné napájania (kategorizované ako BS) pre bezpečnostné systémy bloku. Každý SZN je vybavený všetkým potrebným zariadením na chladenie aktívnej zóny a na rozličné typy zmierňovania havárií. Tieto SZN sú vzájomne nezávislé a oddelené, aby zabezpečili potrebnú úroveň spoľahlivosti a redundancie.

SZN 1,2,3 pozostávajú z rozvodov zaisteného napájania I. a II. kategórie a z núdzových zdrojov.

Okrem SZN 1, 2, 3 boli v elektrickej časti každého bloku vytvorené **SZN 4** a **SZN 5**. SZN 4 a 5 sú kategorizované ako systémy so vzťahom k bezpečnosti a slúžia na napájanie systémov so vzťahom k bezpečnosti a NS (ale týkajúce sa všeobecnej bezpečnosti a drahého zariadenia).

V rozsahu implementácie Opatrení záťažových testov bola na každom bloku EMO34 zriadená sieť alternatívneho rozvodu striedavého napätia (AAC).

Ako súčasť AAC siete bol zriadený Spoločný SZN (SZN S) pre napájanie systémov používaných na nadprojektové podmienky, ktoré zahŕňajú predchádzanie a zmierňovanie následkov ťažkých havárií. Systém je spoločný pre oba bloky EMO34 a je napájaný z budovy spoločného DG.

Súčasťou tohto systému je aj prepojenie na EMO1,2. Spolu s možnosťou vzájomného prepojenia elektrických systémov 3. a 4. bloku zlepšuje variabilitu prepojenia medzi blokmi EMO.

Ako ďalšia časť prenosovej sústavy AAC bol zriadený systém nazývaný SZN T na napájanie nízkonapäťových systémov, ktorý sa používa pre nadprojektové podmienky (napr. SBO). Tento systém je napájaný z nezávislého mobilného DG (mDG).

Z funkčného hľadiska možno základnú elektrickú schému JE rozdeliť na 2 hlavné časti :

- **Vonkajší elektrický systém**, t.j. časť vyvedenia výkonu z hlavného generátora (okrem generátora) a pripojenia JE na prenosovú sústavu (vyvedenie výkonu k ZVN prenosovej sústave, rezervné napájanie z VVN prenosovej sústavy)
- **Vnútorne elektrické systémy**, t.j. časť napájania spotrebičov vlastnej spotreby v JE.

Prevádzkové režimy elektrickej schémy JE

Základné prevádzkové režimy elektrickej schémy

Vykonávací projekt elektrických systémov EMO34 [I.20] sa zaoberá nasledovnými prevádzkovými režimami.

Poznámka: Tie isté základné prevádzkové režimy sú zohľadnené aj v úvodnom projekte EMO34 a v úvodnom projekte EMO12.

Určujúce podmienky zaoberajúce sa funkčnosťou a dimenzovaním elektrického systému a zariadení vyplývajú z týchto prevádzkových režimov:

R1 – nábeh bloku

R2 –prevádzka bloku s dvomi turbínami

R3 – abnormálna prevádzka bloku s jednou turbínou

R4 – plánovaná odstávka bloku

R5 – odstavenie bloku automatickým odstavením (AO)

R6 – odstavenie bloku automatickým odstavením (AO) spolu so stratou preferovaných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby

R7 – dočasná prevádzka bloku na vlastné napájanie

R8 – Prevádzka pod režimom nadprojektových havárií (SBO, t.j. úplná strata napájania vlastnej spotreby alebo ťažká havária).

Podrobnejšie rozdelenie prevádzkových režimov

Prevádzkové režimy R5 a R6 sa ďalej delia podľa príčin, ktoré podnecujú odstavenie:

- a** bez presakovania v I. alebo II. okruhu
- b** po signáli „Pretrhnutie parovodu“
- c** po signáli „malá havária“ (malá LOCA)
- d** po signáli „veľká havária“ (veľká LOCA)
- e** po signáli „strata napájacej vody“

f po signáli „zemetrasenie väčšie alebo rovnaké ako naprojektované”

V režime R5 môžu byť prípady ďalej rozdelené na:

- Odstavenie s napájaním RNVS
- Odstavenie s napájaním PNVS, t.j. automatické odstavenie (AO) bolo aktivované len kvôli poruche v strojnotechnologickej časti.

V režime R8 sa rozlišujú prípady:

- Úspešné zvládnutie SBO (preventívne opatrenia sú úspešné)
- SBO nebolo zvládnuté (preventívne opatrenia nie sú úspešné, jedná sa o ťažkú haváriu)

6.6.1 VONKAJŠIE ELEKTRICKÉ SYSTÉMY

EMO je zapojená do elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky, ktorá pracuje v synchrónnom chode so sústavou ENTSO-E.

Vonkajšie elektrické systémy popisujú nasledovné časti:

- podrobný popis vyvedenia výkonu je v kapitole 6.6.1.3
- podrobný popis systému rezervného napájania vlastnej spotreby (RNVS) zo strany vonkajších zdrojov je v kapitole 6.6.1.4

Základná koncepcia napojenia siete 4xVVER 440 EMO bola zostavená v štúdiách siete a pôvodnom úvodnom projekte JE. Viac podrobností je uvedených v bezpečnostnej správe EMO12, odsek 8 (Elektrizačné sústavy).

6.6.1.1 Účel vonkajších elektrických systémov

Účelom zariadení pre vyvedenie výkonu je prenos vyrobenej energie do siete a zabezpečenie pracovného napájania vlastnej spotreby príslušného bloku cez transformátory vlastnej spotreby.

Cieľom RNVS je zabezpečenie rezervného napájania vlastnej spotreby z vonkajších zdrojov elektrizačnej sústavy cez rezervné transformátory.

Aj keď nie sú vonkajšie elektrické systémy z hľadiska jadrovej bezpečnosti kategorizované, je dôležitá správna funkcia systému v zmysle ochrany do hĺbky v elektrickej časti (na zabránenie spustenia SSB a BS systémov) a na obmedzenie porúch iných zariadení.

6.6.1.2 Popis projektového riešenia

JE Mochovce (EMO) typu VVER 440-213 (nominálne 440MW, ale bloky EMO34 zahŕňajú dodatočnú úpravu na hranicu do 500 MW) je lokalizovaná v oblasti juhozápadného Slovenska medzi mestami Nitra a Levice. V lokalite sú umiestnené celkom 4 reaktorové bloky VVER 440MW (EMO1 a EMO2; MO3 a MO4).

Výkon 4 reaktorových blokov je vyvádzaný vedeniami na úrovni ZVN. Rezervné napájanie je vedené linkami na úrovni VVN.

Podrobný popis napojenia elektrárne do elektrizačnej sústavy sa nachádza nižšie v kapitolách 6.6.1.3 a 6.6.1.4.

6.6.1.3 Systém vyvedenia výkonu

6.6.1.3.1 Projektové požiadavky na vyvedenie výkonu

V projekte MO3,4 sú zohľadnené nasledovné projektové požiadavky, uvedené v ÚP [I.1] a DD [I.20]:

1. Systém vyvedenia výkonu je klasifikovaný ako NS (nie je podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4] pridelený do BT). Dôležitá je však správna funkcia systému v zmysle ochrany do hĺbky v elektrickej časti (na zabránenie spustenia systémov BS a SSB) a na zabránenie porúch iných zariadení.
2. Systémy elektrického napájania musia byť navrhnuté tak, aby vonkajšie alebo vnútorné poruchy distribúcie obmedzovali prevádzku najmenej ako sa dá. Preto aj projektové riešenie systému vyvedenia výkonu musí byť, v rámci primerane dostupného rozsahu, navrhnutý tak, aby odolal vonkajším a vnútorným poruchám a nebol zdrojom porúch, ktoré by mohli ovplyvniť susediace bloky a vonkajšiu elektrizačnú sústavu. Toto znamená najmä:
 - 2.1. Schéma vyvedenia výkonu musí byť, v rámci primerane dostupného rozsahu, navrhnutá tak, aby minimalizovala prenos porúch medzi elektrizačnou sústavou a JE a medzi jednotlivými blokmi JE.
 - 2.2. V prípade poruchy (skrat) v elektrizačnej sústave a na prípojniciach rozvodne elektrizačnej sústavy, môže prísť k strate len takého výkonu, ktorý je prijateľný pre prenosovú sústavu (prenosová sústava zostane v stabilnej prevádzke). V žiadnom prípade by nemalo prísť k úplnému odstaveniu JE.
 - 2.3. Prenosová schopnosť silových vedení, ktoré spájajú nadradenú rozvodňu s elektrizačnou sústavou má zabezpečiť stabilné elektrické napájanie aj v prípade jednoduchšej poruchy zariadení. V tomto momente je dôležité posúdiť poruchy a stavy údržby/kontroly liniek (vrátane zdvojených liniek), rozvodne a zariadení JE.
3. Požiadavky vyplývajúce zo systému VS sú uvedené v kapitole 5 tohto dokumentu.
4. Schopnosť bloku JE pracovať s odchýlkami napätia a frekvencie v elektrizačnej sústave, s obmedzeniami danými pravidlami bezpečnostných podmienok a ochrany strojnotechnologických zariadení.
5. Schopnosť bloku JE a vonkajšej elektrizačnej sústavy udržať stabilitu počas porúch v elektrizačnej sústave (požiadavky na ochrany, ovládanie, režim a systémové automaty, potreby vzájomnej koordinácie stavov prevádzkovej a plánovanej údržby/kontroly v ZVN, VVN elektrizačnej sústave a v JE).
6. Schopnosť ostrovnej prevádzky. Z pohľadu MO3,4, sa udržaním stability prispieva najmä k bezpečnosti JE. V prípade dosiahnutia hranice odpojenia (U, f alebo technologické hodnoty) sa blok odpája od elektrizačnej sústavy.
7. Schopnosť prechodu na prevádzku na vlastnú spotrebu a dočasnú prevádzku v tomto režime.

8. Schopnosť zabezpečiť podporné služby pre prenosovú sústavu. (Schopnosť zabezpečiť určité služby je daná najmä v strojnotechnologických častiach. Časť elektro v spolupráci s časťou SKR je schopná zabezpečiť primárne a sekundárne ovládanie U a Q).

6.6.1.3.2 Opis systému

Vyvedenie výkonu

Schéma vyvedenia výkonu reaktorových blokov MO34 je riešená blokovo. Výkon každého z blokov MO34, t.j. výkon dvoch TG s výkonmi 300 MVA, je po transformácii blokovými transformátormi 300 MVA, 420/15,75 kV vyvádzaný cez vývodový vypínač jednoduchým vedením napäťovej úrovne ZVN.

Menovité parametre generátora sú $U_n = 15,75$ kV, $S_n = 300$ MVA, $P_n = 270$ MW. Generátory sú vybavené statickým budiacim systémom, ktorý je napájaný z generátorových svorkovnic špecifickými budiacimi transformátormi.

Automatické regulátory napätia zabezpečujú požadované ovládanie napätia a jalového výkonu v rozsahu podľa potrieb prenosovej sústavy (PS). V rámci tohto ovládacieho systému sa plne berú do úvahy obmedzenia dané schopnosťou zariadení EMO, konkrétne generátorov. Požadovaná úroveň napätia vo VN častiach VS je udržiavaná pomocou automatickej odbočky na transformátoroch vlastnej spotreby, v širšom rozsahu nezávisle od napätia na svorkovniciach generátora 6.6.1.3.3.2.

6.6.1.3.2.1 Prevádzkové režimy

Nominálna prevádzka

V nominálnom prevádzkovom režime je generátorový vypínač, ZVN vývodový vypínač a ZVN vypínač v nadradenej rozvodni zapnutý a vyrobená elektrická energia sa prenáša do prenosovej siete. Napájanie VS je zabezpečené prostredníctvom transformátora vlastnej spotreby.

Prevádzkové režimy pri skratoch

Poruchy (skraty) vo vyvedení výkonu, vrátane liniek z nadradenej rozvodne do prenosovej sústavy musia byť odstránené hlavnými a záložnými ochranami v dostatočnej dobe, aby sa zabezpečila stabilita prevádzky TG a bezpečné podmienky bloku.

Stabilita turbosústrojenstva je počas porúch siete zabezpečovaná rýchlymi a výkonnými regulátormi turbíny (PpBS, kapitola 6.5.6.3) a budením generátora (podrobný popis regulátorov napätia je v [I.58]). Taktiež je dôležitý spoľahlivý a rýchly systém selektívnej ochrany (kapitola 6.6.1.3.3.7). Stabilita je overená vhodnými analýzami (viď časť 6.6.1.3.3.6).

1. Pri skratoch v prenosovej sústave sa prevádzkovaná schéma vyvedenia výkonu blokov MO34 nemení, ak je zachovaná stabilita TG. Poruchy sú likvidované vypnutím vypínačov v prenosovej sústave.
2. Pri skrate na prípojnici ZVN v nadradenej rozvodni, je hlavným opatrením pre obmedzenie porúch v tejto rozvodni. Skrat na prípojnici spôsobí vypnutie najbližšieho vypínača, ktorým sa odpojí porušená prípojnica

od konkrétneho bloku a generátory zostanú napojené na sústavu pomocou druhého vypínača, ktorý je spoločný pre blok a konkrétnu linku.

3. Pri skrate na ZVN linke vyvedenia výkonu bloku, elektrické ochrany vypínajú blokový vypínač UCB a oba vývodové vypínače (OCB). Turbogenerátory sú zregulované na vlastnú spotrebu a spotrebiče sú napájané z odbočkových transformátorov vlastnej spotreby.
4. Pri skrate na blokovom transformátore, odbočkovom transformátore a zapuzdrených vodičoch jedného generátorového bloku vypínajú ochrany postihnutého elektrického bloku, príslušný vývodový vypínač a generátorový vypínač. Spotrebiče takéhoto odbočkového transformátora strácajú pracovné napájanie a sú prepnuté pomocou AZR na RNVS. Ďalší generátorový blok nezasiahnutý poruchou zatiaľ pokračuje v práci do siete ZVN.
5. Skrat na generátore vedie k vypnutiu generátorového vypínača. Pomocné zariadenia poškodeného generátora zostávajú napájané z odbočkového transformátora. Druhý generátorový blok pokračuje v práci do siete ZVN.

Prevádzkové režimy pri odchýlkach napätia a frekvencie v SEPS

1. Pri poklese napätia v systéme vyvedenia výkonu a v sieti pracovného napájania VS, ktorý súčasne spôsobí pokles napätia na $0,8U_n$ trvajúci 1,5 s na 3 zo 4 sekcií VN napájaných z transformátora vlastnej spotreby, je vydaný povel na vypnutie blokového vypínača ZVN. V prípade, že po vypnutí blokového vypínača ZVN napätie na uvedených sekciách VN nestúpne nad $0,8U_n$, vydáva sa povel na vykonanie HAZR s časovým oneskorením 0,5 s.
2. Odchýlky frekvencie v ZVN sieti sú rozpoznané sieťovou frekvenčnou ochranou, ktorá je napojená na napäťový transformátor ZVN v bode vstupu vedenia bloku do JE:
 - 2.1 Pri odchýlke frekvencie väčšej ako ± 200 mHz zostáva blok pripojený na elektrizačnú sústavu a jeho riadenie sa prepína sa do režimu ostrovej prevádzky.
 - 2.2 Pri odchýlke frekvencie mimo rozsahu 47,5 – 51,5 Hz sa blok s nastaveným časovým oneskorením odpája od elektrizačnej sústavy blokovým vypínačom ZVN. Blok a jeho pracujúce TG zregulujú na vlastnú spotrebu.

Prevádzka generátorov v správnom rozsahu frekvencie a napätia je uvedená v [I.57].

Fázovanie generátorov

Pripojenie TG k sieti sa vykonáva synchronizačným zariadením, ktoré umožňuje sfázované zopnutie vypínačov TG alebo vývodových vypínačov ZVN. Preferovaná metóda synchronizácie využíva generátorové vypínače s kontrolou podmienok fázovania z blokovej dozorne. Iné možnosti sú ručné fázovanie na strane nadradenej rozvodne, alebo praktickejšia možnosť, fázovanie na vývodových vypínačoch ZVN v prípade znovunapojenia na elektrizačnú sústavu po poruche v systéme vyvedenia výkonu.

6.6.1.3.3 Technické zhodnotenie Systému vyvedenia výkonu

Vyvedenie výkonu MO3,4 bolo zhodnotené z nasledovných pohľadov, ktoré spĺňajú vyššie uvedené projektové požiadavky:

6.6.1.3.3.1 Zhodnotenie schémy a návrhu Systému vyvedenia výkonu

Zhodnotenie Systému vyvedenia výkonu a systému rezervného napájania [I.22] bolo vytvorené za účelom preskúmania existujúceho technického návrhu vyvedenia výkonu bloku, ako aj zabezpečenie rezervného napájania vlastnej spotreby všetkých blokov EMO z hľadiska plnenia požiadaviek Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4]. Zhodnotenie bolo spracované do analýzy [I.22].

Schopnosť systému vyvedenia výkonu odolať rôznym poruchám režimov bola analyzovaná pomocou FMEA analýzy (Analýza porúch režimu a jej následkov) a zhodnotená na princípoch ochrany do hĺbky (DID). Poruchové režimy boli určené podľa povahy Systému vyvedenia výkonu a systému rezervného napájania počas režimu normálnej prevádzky a údržby konkrétnych častí Systému. Zohľadňovali sa dve hlavné kategórie:

1. Miestne poruchy (poruchy niektorých zariadení, napr. skrat)

Analýza miestnych porúch bola vykonaná pre tvrdé trojfázové skraty a bola rozdelená podľa miesta poruchy a spôsobu jej odstránenia:

Skrat na:

- Prípojníci ZVN
- Výkonovom vypínači na ZVN
- Vzdušnom vedení ZVN

Porucha by bola odstránená:

- Funkciou základnej ochrany - predpokladá sa odpojenie do 100 ms
- Funkciou AZV, ak sa zistí skrat, do automatiky (AZV) sa vyšle signál začínajúceho skratu. V prípade, že nie je splnená podmienka odstavenia v nastavenom čase, vypnú sa susediace výkonové vypínače (trvanie AZV nastaví SEPS, a.s. v spolupráci s SE, a.s.).

2. Systémové poruchy (napr. odchýlky napätia alebo frekvencie)

Systémové poruchy znamenajú veľkú nerovnováhu činného výkonu, ktorý produkuje odchýlku frekvencie a/alebo napätia s rozličným trendom rastu.

Záver

Analýza pri súčasnom stave zariadení a prevádzkových režimov preukázala, že koncepcia ochrany do hĺbky je v Systéme splnená.

6.6.1.3.3.2 Regulačné schopnosti generátorov na EMO 3,4

Regulačné schopnosti generátorov MO3,4 napojených na vonkajšiu sieť boli potvrdené v [I.31] vo forme P-Q diagramov a v [I.32] vo forme U-Q diagramov. Účelom týchto dokumentov je preukázať, že generátory sú schopné produkovať elektrinu v rôznych požadovaných podmienkach v elektrizačnej sústave ZVN.

P-Q Diagramy

P-Q diagramy pre turbogenerátory boli vypočítané konvenčnou metódou na základe fázorových diagramov synchrónneho stroja, na podkladoch od výrobcu generátora [I.57] a na parametroch elektrickej sústavy, v ktorej sú generátory zapojené. Vypočítaný P-Q diagram pre napätie elektrizačnej sústavy (ZVN) je na obrázku 6.6.1.3.3.2-1. P-Q diagramy pre ostatné možné napätia siete (380, 390, 400 a 420 kV) sú v [I.31].

P-Q diagram ukazuje povolené pracovné oblasti pre generátory EMO (zelená oblasť).

Do úvahy sa brali nasledovné obmedzenia:

- Schéma schopnosti turbogenerátora od výrobcu generátora.
- Stabilitu v ustálenom stave (uhol medzi emf - Egen a virtuálnym stredom Systému (Usous) sa rovná 90°) - so stúpajúcou hodnotou napätia v nadradenej rozvodni sa ohraničenie stability v ustálenom stave znižuje (krivka je „rovnejšia“ a je posunutá viac do oblasti podbudenia).
- Minimálne povolené napätie v systéme napájania vlastnej spotreby.
- Maximálne povolené napätie v Systéme je $U_m = 420$ kV za blokovým transformátorom (podľa STN 60071-1). Toto ohraničenie nie je pre tento prípad významné.

Diagram je pokrytý systémom kriviek, ktoré spájajú body výkonu generátora. Ak sa prevádzkový bod generátora posunie pozdĺž tejto krivky, zostane napätie na svorkách generátora a napätie na nadradenej ZVN rozvodni nemenné.

Nominálny výkon turbíny je zobrazený hrubou oranžovou čiarou označenou ako PTurb_norm. Maximálny výkon turbíny je zobrazený prerušovanou oranžovou čiarou podľa [I.57].

Záporné hodnoty jalového výkonu sú v oblasti prebudenia a v oblasti podbudenia sú kladné hodnoty jalového výkonu.

P-Q schéma preukázala, že pri vysokých hodnotách napätia v systéme (viac ako 400 kV) sú generátory schopné využiť celú povolenú oblasť podbudenia v diagrame. Obmedzenia v oblasti podbudenia vznikajú len pre napätia systému, ktoré sú rovnaké alebo nižšie ako 400 kV. Avšak generátory nebudú pracovať podbudené, ak je napätie elektrizačnej sústavy 400 kV alebo nižšie, mali by byť prebudené v snahe zvýšiť napätie. Preto je kontrola P-Q schém zhodnotená ako úspešná.

U-Q DIAGRAMY

P, Q, U manévrovacie schopnosti sú kontrolované pre nasledovné podmienky:

Normálny rozsah napätia v 400 kV elektrizačnej sústave (380 kV – 420 kV)

Frekvencia 50 Hz

Výkon TG nominálny

Výsledky sú zobrazené na obrázku 6.6.1.3.3.2-2.

Pre napätie elektrizačnej sústavy v rozsahu od 400 do 415 kV (bežný prevádzkový rozsah) môže generátor vyrobiť/spotrebovať jalový výkon v skoro plnom rozsahu svojich účinníkov a napätie generátora sa pohybuje v oblasti $\pm 5\%$ Ugr.

Ak sa napätie siete odlišuje viac, môže generátor pokračovať v prevádzke v abnormálnom rozsahu (80% až do 110%) Ugr.

Pri vysokom napätí elektrizačnej sústavy (blízko k 420kV) umožňuje generátorový blok (TG + GT) prevádzku v podbudení až do hranice stability (táto hranica je stanovená v schéme PQ).

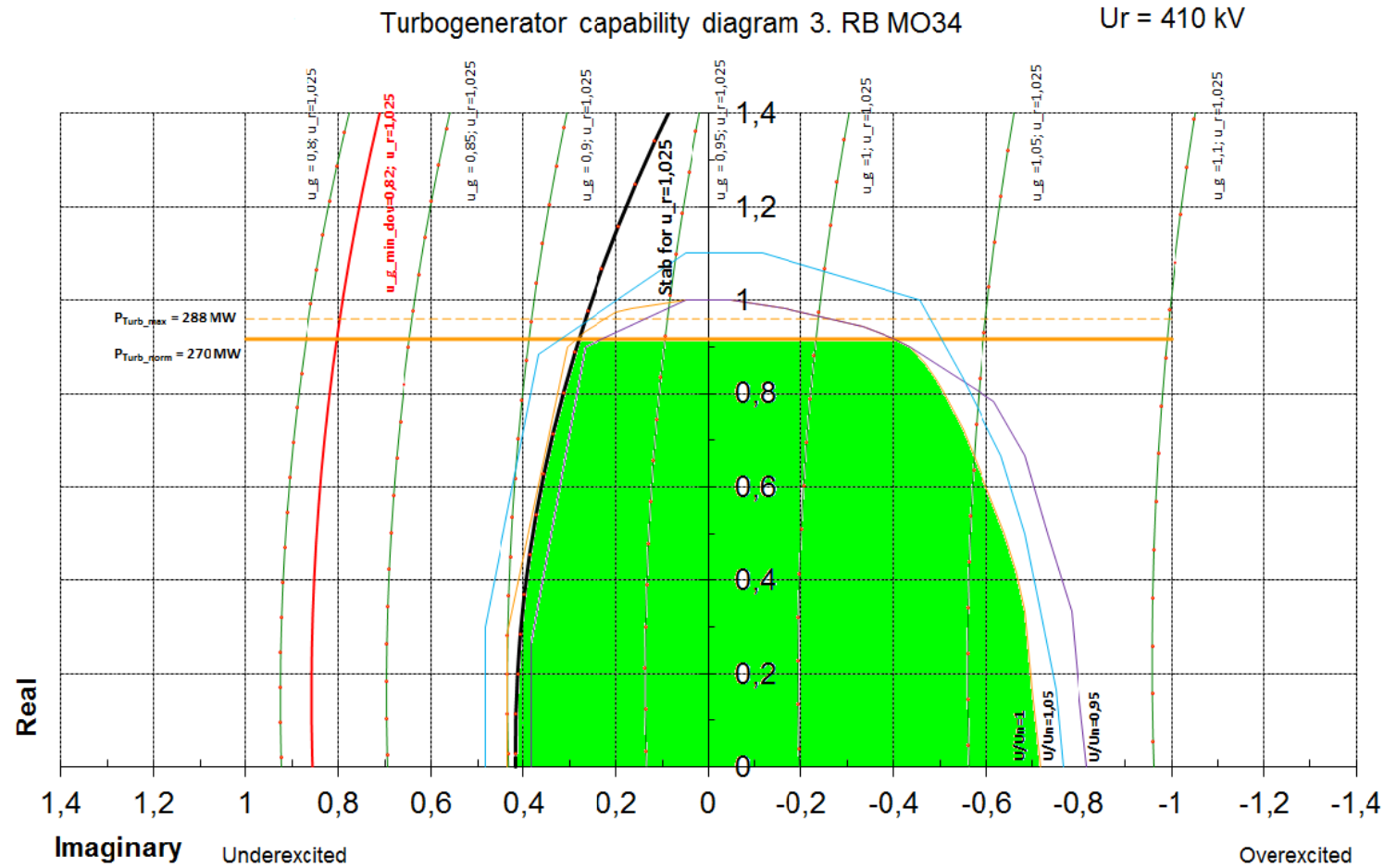
Pri nízkom napätí siete (380 kV) môže generátorový blok pracovať v prebudenom stave a vyrábať maximálny činný výkon.

Z hore preukázaných výsledkov je zrejmé, že generátorové bloky sú schopné podporovať riadenie U-Q v 400 kV systéme so súbežnou výrobou plného činného výkonu.

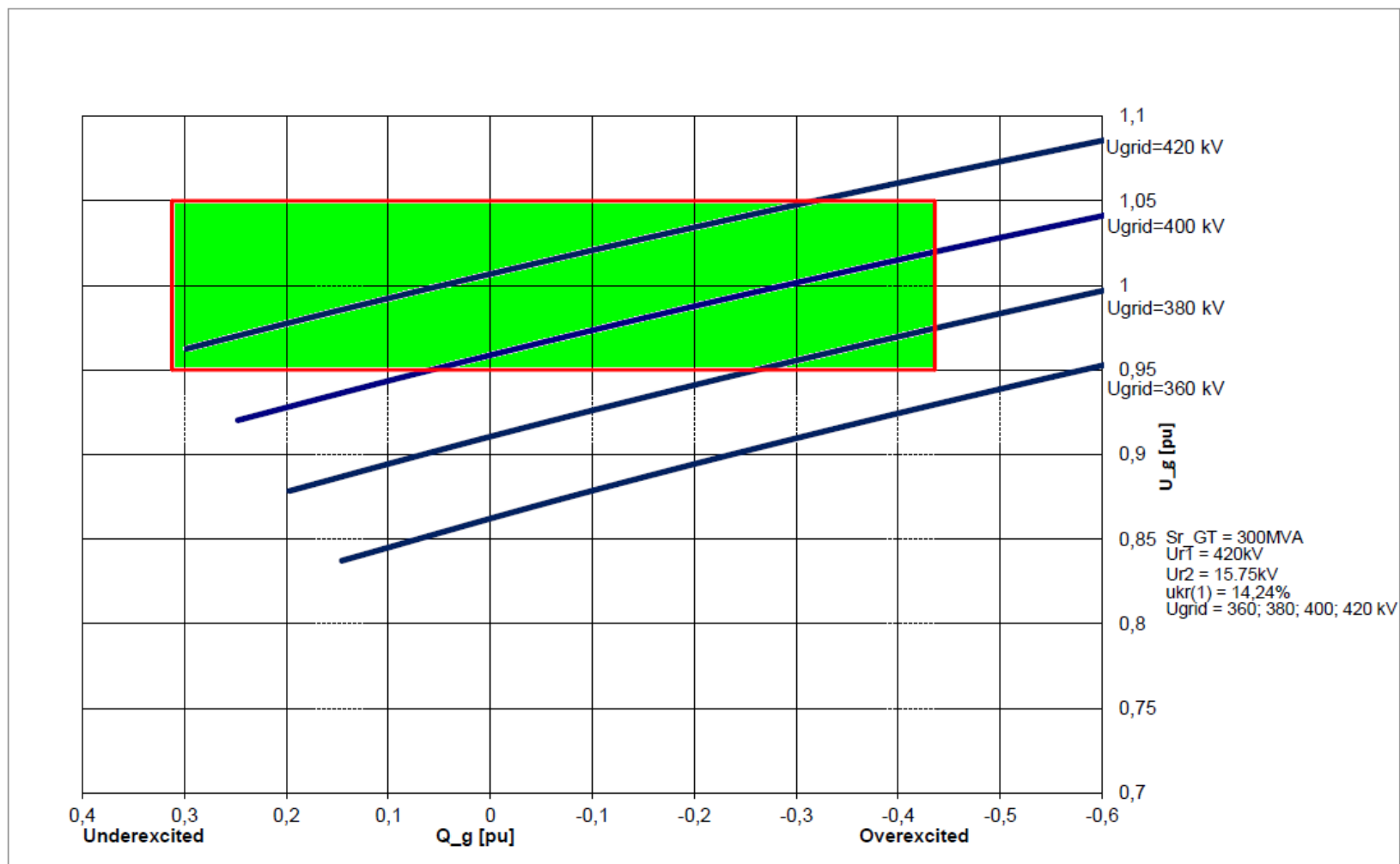
Okrem toho, v prípade, že by sa v budúcnosti prevádzkové napätie VN systému výrazne posunulo, môže byť pomer napätia blokového transformátora prispôbený pomocou Prepínača odbočiek na prázdno $\pm 2*2,5\%$.

U-f DIAGRAMY

Povolená prevádzková oblasť je znázornená na [I.57], kde výrobca TG stanovil povolenú trvalú prevádzku podľa odchýlok U a f. V [I.57] je potvrdené, že trvalá prevádzka generátora je možná s menovitým výkonom v požadovanom rozsahu $\pm 5\%$ Un a fn. Diagram taktiež ukazuje oblasti, kde môže generátor pracovať so zníženým výkonom a oblasti, kde nemôže generátor pracovať.



Obr. 6.6.1.3.3.2-1 P-Q diagramy pre 410 kV napätie siete



Obr. 6.6.1.3.3.2-2 U-Q schéma pre generátor

Záver

Vyššie uvedené kontroly manévrovacích schopností generátora dokazujú jeho schopnosť splniť požiadavky, spomenuté v hore uvedenej kapitole 6.6.1.3.2.1 .

6.6.1.3.3.3 Skratové výpočty v Systéme vyvedenia výkonu

V [I.30] boli vypočítané maximálne skratové prúdy za účelom kontroly dimenzovania zariadení MO3,4.

Ďalej sú uvedené vypočítané varianty s najkonzervatívnejšími výsledkami.

V tomto výpočte sú zohľadnené nasledovné prípady týkajúce sa Systému vyvedenia výkonu:

skratové prúdy v Systéme vyvedenia výkonu (ZVN) – bloky pracujúce v R2, *Tabuľka 6.6.1.3.3.3-1*

skratové prúdy v Systéme vyvedenia výkonu (VN) - bloky pracujúce v R2, *Tabuľka 6.6.1.3.3.3-2*

Tabuľka 6.6.1.3.3-1 - 3-fázový skrat v ZVN

Miesto poruchy		Ik" (kA)	ip (kA)	Ib (kA)	Ith (kA)	Idc (kA)	Trvanie/ Pravdepodobnosť
U_400 kV_EMO3 (Celkovo)		29.78	74.82	29.56	32.59	11.48	Krátke/ Normálna
Príspevky	Blokové trafo 1	1.42	3.56		1.55	0.55	
	Blokové trafo 1	1.43	3.58		1.56	0.55	
	Linka 400 kV	26.95	67.70		29.49	10.39	

Tabuľka 6.6.1.3.3-2 - 3- fázový skrat vo VN – PNVS

Miesto poruchy		Ik" (kA)	ip (kA)	Ib (kA)	Ith (kA)	Idc (kA)	Trvanie/ Pravdepodobnosť
U_15.75 kV_MO4 (Celkovo)		142.54	381.16	130.82	170.34	141	Krátke/ Normálna
Príspevky	Generátor	59.27	158.5	48.09	70.83	58.65	
	Blokové trafo	78.72	210.49		94.07	77.89	
	Trafo vlastnej spotreby	4.6	12.3		3.44	4.55	

Záver

Overenie poskytuje kladné výsledky pretože:

Skraty v systéme ZVN sú pod hranicou 40/100 kA.

Skraty na napätí VN sú pod vypínacou kapacitou generátorového vypínača a úrovne skratovej odolnosti VN zapúzdrených vodičov (IPBD).

6.6.1.3.3.4 Kontrola dimenzovania blokového transformátora (GT)

Kontrola bola vykonaná v [I.32]. Menovitý výkon GT bol skontrolovaný, aby sa dokázalo, že transformátor je schopný preniesť aj ten najvyšší výkon z generátora na vonkajšiu elektrizačnú sústavu.

6.6.1.3.3.5 Kontrola dimenzovania zapúzdrených vodičov (IPBD)

Kontrola IPBD bola vykonaná v [I.59] na základe výpočtov vytvorených v [I.39]. Kontroly skratových pulzov a tepelných účinkov na IPBD boli úspešné.

6.6.1.3.3.6 Štúdie prenosovej siete

SEPS, a.s. vykonala kontroly nasledovných prechodných stavov, na úrovni úvodného projektu:

1. Štúdia prechodovej stability napojenia EMO na sieť [I.55]:

Bolo vykonaných niekoľko výpočtov pre varianty prenosovej sústavy pre leto a zimu. Štúdia taktiež obsahovala aj výpočty kritického času odstránenia skratu (CCT), v najhoršom prípade bol CCT 177 ms (predpokladaný čas zapracovania ochrán indikovaný SEPS-om pre odstránenie skratu bol 100 ms). Taktiež boli popísané najkritickejšie vplyvy na stabilitu EMO.

Táto štúdia stanovila, že pre zhodnotenú prípadu nebolo nájdené žiadne nebezpečenstvo pre Slovenskú elektrizačnú prenosovú sústavu v spojení s MO3,4.

2. Štúdia vyvedenia výkonu MO3,4 [I.55]

Bolo vykonaných niekoľko výpočtov pre varianty prenosovej sústavy pre leto a zimu na rok 2012.

Pre tieto scenáre boli vykonané pohotovostné analýzy (n-1 kritérium).

Štúdia stanovila, že pre všetky tieto scenáre boli splnené požiadavky pre stabilné vyvedenie výkonu MO3,4 v normálnom prevádzkovom režime.

3. Výpočty skratov v prenosovej sústave po napojení MO3,4 [I.55].

Bolo vykonaných niekoľko výpočtov skratov pre rôzne varianty prenosovej sústavy pre leto a zimu na rok 2012.

Najvyššia hodnota skratových prúdov v tejto štúdii bola $I_k'' = 37,9$ kA a $i_p = 92,7$ kA.

Tieto hodnoty sú pod odolnosťou voči skratu nadradenej ZVN rozvodne, takže dimenzovanie tejto rozvodne bola zhodnotenú ako dostatočnú.

Štúdia schopnosti ostrovej prevádzky a schopnosti prechodu na prevádzku na vlastnú spotrebu a udržiavanie v tomto prevádzkovom režime sa nachádza aj vo filozofii elektrického zaťaženia a riadenia sekundárnej strany [I.63].

Potrebné štúdie sú aktualizované v rozsahu spolupráce so SEPS, a.s. a ZSD, a.s., za účelom ich zosúladienia so súčasnými podmienkami Slovenskej prenosovej sústavy.

Konkrétne štúdie [I.55] bola kompletne aktualizovaná v roku 2017 v spolupráci so SEPS, a.s., Slovenské elektrárne, a.s. a ÚJV Řež, a. s. (viď [I.65]).

Navyše v [I.65] sú zohľadnené dodatočné štúdie k štúdiám zahrnutým v [I.55] (napríklad analýza prechodových stavov na vyvedení výkonu MO3,4, analýza ostrovej prevádzky EMO).

6.6.1.3.3.7 Konceptia ochrán Systému vyvedenia výkonu

Konceptia ochrán Systému vyvedenia výkonu MO3,4 je podrobne popísaná v [I.44], kapitola 7. JE je navrhnutá, dokázala čeliť poruchám a prechodným javom (odchýlkam)

Typy porúch a udalostí

Jadrová elektráreň odoláva nasledovným vplyvom:

- Skraty v prenosovej sústave (dynamická stabilita)
- Znižovanie schopnosti prenosu výkonového profilu (statická stabilita)
- Statická stabilita (autooscilácie)

Okrem toho má elektráreň schopnosť:

- Vyrovnáť sa so špecifickými odchýlkami napätia a frekvencie
- Zabezpečiť prechod z plného zaťaženia na úroveň vlastnej spotreby (hlavne systém TCS).
- Zabezpečiť režim ostrovnej prevádzky (zistenie porúch, kontroly výkonu a rýchlosti – hlavne systém TCS)

Zohľadnené typy porúch (a zodpovedajúce OF) sú v súlade s normou STN 33 3051, TP SEPS a s charakteristikami a požiadavkami chránených zariadení. Možnosť poruchy je zohľadnená vo všetkých prevádzkových režimoch chránených zariadení / systémov.

Pre generátory sa zohľadňujú nasledovné špecifické podmienky:

- Prevádzkový režim s poruchou zemného spojenia statorového vinutia generátora nie je povolená
- Prevádzkový režim s poruchou zemného spojenia rotorového vinutia generátora nie je povolená
- Nepovoľuje sa asynchrónna prevádzka generátora
- Povoľuje sa prekĺznutie pólu generátora (povolený počet prekĺznutí pólových určuje dodávateľ generátora)
- Prevádzka generátora s dosiahnutou úrovňou nastavenia hladín ochrán je povolená podľa miestnych prevádzkových predpisov (hladiny ochrán len signalizujú, neodpájajú generátor).

Všeobecné podmienky na ochrany Systému vyvedenia výkonu zohľadnené v projekte

Základný a záložný systém ochrán musí spĺňať nasledovné všeobecné podmienky:

- Rešpektovať požiadavky zásad DID
- Vysoká spoľahlivosť detekcie porúch a zapracovanie vo všetkých prevádzkových režimoch
- Zabrániť alebo znížiť poškodenie zariadení, redukovať nebezpečenstvo požiaru
- Zabrániť/obmedziť šírenie porúch do ďalších častí JE, alebo medzi JE a prenosovú sústavu
- Ochrana osôb pred úrazom elektrickým prúdom

Tieto požiadavky taktiež znamenajú:

Celá oblasť vyvedenia výkonu je plne chránená

Dostatočná citlivosť na hodnotu porúch, napr. na minimálne skratové prúdy (podľa STN 33 3051 a OEG 38 4065)

Dostatočná stabilita (pohyb v dovolenej oblasti maximálnych prevádzkových hodnôt) v očakávaných / povolených prevádzkových režimoch (STN 33 3051, OEG 38 4065)

Výber ochrán (STN 33 3051, OEG 38 4065)

Spolupráca s ovládačmi, obmedzovačmi a automatmi vo VT sieti a iných systémoch JE (strojné, energetické, SKR, VS)

Spolupráca s ochranami vo VN sieti

Hlavná a záložná ochrana (spoľahlivosť)

V rozsahu zálohy ochrany sa berie do úvahy odporúčanie STN 3303051. Hľadisko spoľahlivej činnosti na základe poruchy (odpojenia) a hľadisko minimálnej nesprávnej činnosti by mali byť vyrovnané.

Preto nie všetky ochranné funkcie sú duplikované (zálohované), ale len vybrané.

Elektrické ochrany výrobných blokov sú rozdelené do systému ochrany A (hlavný) a systému ochrán B (záložný). Plné zálohovanie systému ochrany A je zabezpečené systémom ochrany B (vstupné časti, procesor, matice vonkajšieho vstupu, prípojnice, výstupné relé, spojovacie moduly, komunikačné karty), pretože systémy A a B sú nezávislé. Každý zo systémov pôsobí na vypínanie cievky vypínačov.

Všeobecné pravidlo pre výber zálohovania OF je odlišný fyzikálny princíp vyhľadávania a zhodnotenia poruchy. Cieľom je predísť nefunkčnosti základnej a záložnej ochrany z príčiny týkajúcej sa rovnakého fyzikálneho princípu.

6.6.1.3.3.8 Záver technického zhodnotenia

Cieľom podkapitoly 6.6.1.3.3 je dokázať, že systém vyvedenia výkonu spĺňa požiadavky úvodného projektu, spomenuté v 6.6.1.3.1.

Odpovede na jednotlivé body sú popísané nasledovne:

1. Schopnosť správnej funkcie v zmysle koncepcie hĺbkovej ochrany bola dokázaná v kapitole 6.6.1.3.3.1 - Zhodnotenie schémy a návrhu Systému vyvedenia výkonu zmienená v [I.22]. Táto analýza dokázala, že koncepcia ochrany do hĺbky je splnená.
2. Schopnosť návrhu Systému vyvedenia výkonu ustáť vonkajšie a vnútorné poruchy bola dokázaná Zhodnotením vyvedenia výkonu EMO [I.22], ktoré okrem iných vecí dokázalo, že jednoduchá porucha neovplyvňuje viac ako jeden blok EMO.

Analýzy siete, ktoré vypracovala SEPS (kapitola 6.6.1.3.3.6) preukázali, že po napojení blokov MO3,4 by bola prechodová stabilita po skrate v prenosovej sústave zachovaná, takže v najhoršom prípade sa odstaví len jeden blok, ale nie celý JE.

Štúdia Vyvedenia výkonu EMO, ktorú vypracovala SEPS (kapitola 6.6.1.3.3.6) dokázala, že elektráreň je schopná bezpečnej prevádzky, v prípade n-1 stavu Systému vyvedenia výkonu alebo blízkej ZVN sieti.

3. Plnenie požiadaviek systému VS je v kapitole 6.6.2.4.4

4. Schopnosť Systému vyvedenia výkonu pracovať s odchýlkami napätia a frekvencie bola preukázaná v kapitole 6.6.1.3.3.2. Napájané generátory sú schopné pracovať v plnom rozsahu odchýlok napätia a frekvencie, na ktoré boli požiadavky v úvodnom projekte MO3,4.
5. Schopnosť MO3,4 a vonkajšej sústavy ustáť poruchy bola dokázaná v štúdiách elektrizačnej sústavy v kapitole 6.6.1.3.3.6 .
6. Ostrovná prevádzka siete a schopnosť prechodu na prevádzku na vlastnú spotrebu a dočasnú prevádzku v tomto režime je taktiež popísaná v [I.63] ako je zaznamenané v kapitole 6.6.1.3.3.6.
7. Elektráreň je navrhnutá tak, aby pre prenosovú sústavu zabezpečovala podporné služby. Táto schopnosť bude podrobne spracovaná v zmluve medzi vlastníkom JE a prevádzkovateľom prenosovej sústavy.

Spolu s požiadavkami úvodného projektu sú splnené aj požiadavky nasledujúcich technických noriem:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC (IEC normované napätie).
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickkej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových systémoch striedavého prúdu.
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov

6.6.1.4 Systém rezervného napájanie vlastnej spotreby

6.6.1.4.1 Projektové požiadavky na RNVS

Požiadavky na RNVS sa týkajú vyššie uvedených požiadaviek na schému Systému vyvedenia výkonu. Požiadavky na Systém vyvedenia výkonu v 6.6.1.3.1, body 1. a 2. zostávajú nemenné. Pre RNVS platia ešte ďalšie špecifické požiadavky:

1. Zdroj RNVS (rezervný zdroj) musí byť schopný nahradiť preferované zdroje na napájanie JE zariadení počas normálnej a abnormálnej prevádzky blokov, a pri vzniku havarijných podmienok. Táto schopnosť musí byť zabezpečená aj počas jednoduchých porúch (odstávkach) zariadení v JE a vo vonkajšej prenosovej sústave.
2. Bezpečná funkcia a splnenie požiadaviek RNVS pre EMO musia byť prioritou (podľa zdroja energie a kapacity prenosu) pred distribúciou energie v regióne.
3. RNVS EMO 1-4 musí byť schopné zabezpečiť nábeh pohonov počas súbežného 6kV automatického záskoku rezervy z preferovaného napájania na rezervné napájanie na jednom z dvoch AST.
4. Zdroje RNVS v rámci EMO1-4 majú mať schopnosť vzájomnej rezervy s udrжанím vzájomnej kapacity bloku.

5. AST majú umožňovať reguláciu napätia pod záťažou.
6. Zdroje RNVS nesmú výrazne zvýšiť momentálnu úroveň skratového prúdu v sieti systému VS
7. Vzťah medzi Systémom vyvedenia výkonu a RNVS má podporiť dlhodobé preventívne a zmierňujúce opatrenia proti ťažkým haváriám.

6.6.1.4.2 Technické zhodnotenie RNVS

Rezervný systém napájania VS (RNVS) MO3,4 bol zhodnotený z nasledovných pohľadov:

6.6.1.4.2.1 Zhodnotenie schémy a návrhu RNVS

Zhodnotenie Vyvedenia výkonu EMO a Systému rezervného napájania bol vypracovaný za účelom posúdenia existujúceho technického projektu Vyvedenia výkonu bloku ako zabezpečenia rezervného napájania vlastnej spotreby všetkých blokov EMO z pohľadu plnenia požiadaviek Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4]. Zhodnotenie je v analýze [I.22].

Schopnosť RNVS ustáť rôzne poruchy režimu bola zanalyzovaná pomocou FMEA analýzy (Analýza poruchového režimu a jeho vplyvov) a zhodnotená princípmi ochrany do hĺbky (DID). Poruchové režimy boli určené podľa povahy Vyvedenia výkonu a Systému rezervného napájania počas normálneho režimu a údržby konkrétnych častí SYSTÉMU. Boli zohľadnené dve hlavné kategórie porúch:

1. Miestne poruchy (porucha zariadení, napr. skrat)

Analýza miestnych porúch bola vykonaná pre pevné trojfázové skratové obvody a bola rozdelená podľa miesta poruchy a spôsobu jej odstránenia:

Skratové obvody na:

Prípojnice R110kV

Vypínač v R110kV

Vzdušné vedenie VVN

Porucha by bola odstránená pomocou:

Funkcia základnej ochrany - predpokladá odpojenie do 100 ms.

Funkcia AZV predpokladá, že ak sa zistí skrat, do automatu (AZV) sa vyšle krátky signál o iniciovaní skratu. V prípade, že nie je splnená podmienka odstavenia prúdu v navolenom čase, vypnú sa susediace vypínače (trvanie AZV je nastavené SEPS, a.s. a koordinované SE, a.s.).

2. Systémové poruchy (napr. odchýlky napätia alebo frekvencie)

Systémová porucha znamená širokú nerovnováhu činného a / alebo jalového výkonu, ktorý spôsobuje frekvenčné alebo napäťové odchýlky s rozličnou tendenciou rastu.

Záver

Analýza pri skutočnom stave zariadení a prevádzkových režimov preukázala, že koncepcia ochrany do hĺbky je SYSTÉMOM všeobecne splnená. Znamená to, že väčšina porúch, ktoré spôsobili stratu DID úroveň 1 (PNVS), ale nie stratu úrovne 2 (vlastná spotreba alebo RNVS), ktoré by spôsobili zapnutie DG (DID úroveň 3).

6.6.1.4.2.2 Analýza a výpočty VVN vedenia

Táto analýza [I.23] bola vytvorená, ako odpoveď na List z ÚJD SR 1038/2012. Účelom tejto technickej správy je zabezpečiť analýzu a výpočty záťaže rezervného vedenia VVN, poklesu napätia ako aj nastavenie týchto systémových ochrán.

Táto analýza, založená na dokumentácii úvodného projektu a zohľadňujúc príslušné zmluvy / technické dohody so ZSD, potvrdili, že projekt EMO v tejto oblasti povoľuje úspešné prevedenie na VVN zdroj s úspešným znovuzrýchlením záťaže v prípade simultánneho AZR blokov.

6.6.1.4.2.3 Kontrola automatického nábehu po AZR

Kontroly automatického nábehu po AZR boli vypracované v [I.42]. V prípade straty PNVS blok prejde na RNVS. Prenos záťaží z PNVS na RNVS zdroje je ovládané pomocou 6kV automatík AZR.

Ak je prechod vyvolaný blokovými elektrickými ochranami alebo CAB (vytvorí sa signál HAZR), zvaný hromadný automatický záskok rezervy (HAZR) a všetky rozvádzače 6kV sú prepnuté z normálnych na rezervné privody.

Ak CAB alebo blokové elektrické ochrany nevyvolajú stratu PNVS (signál HAZR sa nevytvorí) a záskok rezervy je prevádzkovaný zvyšným napätím alebo kanálom časového oneskorenia a to sa nazýva individuálny záskok rezervy (IAZR). Individuálny záskok rezervy môže znamenať záskok rezervy 1 alebo viacerých simultánnych individuálnych prenosov VN rozvádzača.

Podľa vstupných podmienok (napätie zdrojov a rozvodne) sa záskok môže realizovať štyrmi spôsobmi:

- **AZR – F** („fast“ – rýchly AZR) - prepnutie na rezervný zdroj skôr, než sa rozsúhlasia napätia rozvodne a rezervného zdroja - synchronný záskok.
- **AZR – I** („in phase“ – AZR vo fáze) – rýchle prepnutie v blízkosti niektorej fázovej zhody doznievajúceho napätia rozvodne a rezervného zdroja.
- **AZR – U** („residual voltage“ – AZR pri doznievajúcom napätí) – pomalý záskok, ktorý sa uskutoční po doznení napätia na rozvodni na bezpečnú hodnotu .
- **AZR – T** („time“) – pomalý záskok, ktorý sa uskutoční s nastaveným časovým oneskorením.

Algoritmus automatík AZR selektuje kanál prenosu podľa typu udalosti (porucha) a podmienok elektrizačnej sústavy (RNVS a PNVS uhlu fázy napätia, hladina napätia, derivácia napätia atď.). Schéma koncepcie AZR a APV je v prílohe 10.1 dokumentu [I.42].

Centrálne automatiky bloku (CAB) v rámci svojej činnosti v sieti III. kategórie vykonávajú nasledovné funkcie:

Záťaže nezahrnuté do procesu samonábehu procesu (SN) sú odpojené pomocou povelov podpäťového vypínania (PV), viď [I.41].

Funkcia PV úzko nadväzuje na AZR 6kV funkcie a na prístupnú elektrickú kapacitu zdrojov RNVS. APV je navolená pomocou ručného prepínača na BD:

- RNVS je v normálnom prevádzkovom režime. Ak IAZR (HAZR) pracovalo bez poklesu napätia pod APV podpäťovú hranicu (predpokladajú sa rýchle AZR kanály), nie je aktivovaná funkcia PV. Ak APV zistí pokles napätia pod podpäťovú hranicu podľa AZR transientu vyrovnávača, spustí sa funkcia PV na zabezpečenie úspešného samonábehu motorov.

- RNVS je v limitovaných podmienkach (údržba, slabá elektrizačná sústava, vysoké pre-zaťaženie na systéme RNVS. Bez ohľadu na kanál AZR, PV funkcia sa spustí vždy. Je tu ručné navolenie, ktoré vždy umožňuje APV počas HAZR. Hlavným cieľom je ovládanie stabilného stavu záťaže systému RNVS v konkrétnych slabých podmienkach, taktiež podporuje ľahší samonábeh motorov.

Výpočty boli vykonané pre nasledovné prípady:

1. HAZR jedného bloku - kanál vo fáze
2. HAZR jedného bloku - pomalý kanál (zvyškové napätie)
3. HAZR dvoch blokov - kanál vo fáze
4. HAZR dvoch blokov - pomalý kanál (zvyškové napätie)

Záver

Výpočty založené na počítačovej simulácii s modelom založeným na parametroch hlavných zariadení z vykonávacích projektov preukázali úspešný samonábeh pohonov vo všetkých skontrolovaných prípadoch HAZR (1,2,3,4). Zdroj RNVS so štruktúrou a parametrami podľa kapitoly 6.6.1.4.2.3 spĺňajú požiadavky kapitoly 6.6.1.4.1 zohľadňujúcej skratové pomery. Funkcia podpäťového vypínania podľa [I.41] zaisťuje úspešný samonábeh pomocou pomalých podpäťových kanálov.

6.6.1.4.2.4 Skratové výpočty v RNVS

Maximálne skratové prúdy boli vypočítané, za účelom kontroly dimenzovania zariadení MO3,4 v [I.30].

V tomto výpočte sú zohľadnené nasledovné prípady týkajúce sa RNVS:

1. Trojfázový skrat v RNVS VVN (HAZR bloku 3 v R5c (režim s najväčšou požiadavkou na výkon, avšak s nízkou pravdepodobnosťou). Blok 4 pracujúci v R2 a 2 SWD VN sú zaťažované AZR. (Výpočty bez PV) (3-fázový)
2. Skrat v 6kV RNVS – HAZR bloku 3 z R2 režimu (každá AZR vetva je zaťažovaná 2 rozvádzačmi bloku 3 v režime R2)
3. Skrat v 6kV RNVS – HAZR bloku 3 z R2 a bloku 4 v R2 s 1 úsekom napájaným z AZR (každá vetva AZR je napojený 2 rozvádzačmi bloku 3 v R2 režime (po HAZR) a 1 rozvádzačom bloku 4 v R2 režime)
4. Skrat v 6kV RNVS – blok 3 v R5c (režim s najväčšou požiadavkou na výkon, avšak s nízkou pravdepodobnosťou). blok 4 pracujúci v R2 a 2 rozvádzači 6kV tvoria už zaťažený AZR. Výpočty s PV počas alebo po HAZR na bloku 3
5. Skrat v 6kV RNVS – HAZR bloku 3 z R2 režimu s PV a bloku 4 v R2 s 1 úsekom napájaným pomocou AZR (každá vetva AZR je zaťažená 2 rozvádzačmi bloku 3 v R2 režime a 1 rozvádzači bloku 4 v R2 režime)

Záver

Overenie dáva kladné výsledky pretože:

1. Skratové prúdy VVN časť RNVS sú veľmi nízke v takom zmysle, že dimenzovanie zariadení je realizované štandardným zariadením.
2. Skraty vo VN časti RNVS sú potenciálne kritické prípady. Napriek tomu, všetky vypočítané skratové prúdy sú pod (s hranicou) hladinou projektovej odolnosti dlhodobu najpravdepodobnejšie prevádzkové režimy (R2). Dimenzovanie RNVS systému a prevádzkovej koncepcie sa preto potvrdilo.

6.6.1.4.2.5 Kontrola dimenzovania rezervného transformátora AST

Táto kontrola bola vykonaná vo Výpočtovej správe [I.33]. V tejto správe (s odkazmi na ďalšie relevantné správy) bola vykonaná kontrola dimenzovania v nasledovnom rozsahu:

- Prevádzkové režimy a schopnosť zabezpečiť napájanie
- Skratové prúdy
- Napätie a frekvencia stabilného stavu napájania
- Prechodné stavy

Záver

AST je záložný zdroj, ktorý sa nepoužíva na nábeh bloku (R1) a v ostatných režimoch je zaťažovaný iba ak je potreba nahradiť zdroje PNVS. Následne AST počas celej svojej životnosti pracuje naprázdno alebo s nízkou záťažou. Občasné zaťaženie nad jeho pomery podľa STN IEC 60076-7 je preto plne akceptovateľné a pochybnosti o stabilite AST pri záťaži nie sú opodstatnené.

Najťažšia podmienka pre dimenzovanie vyplýva z prechodu nábehu po HAZR so simultánnou potrebou obmedziť skratové prúdy na prijateľnú úroveň. AST s hore uvedenými parametrami veľmi dobre spĺňa tieto protichodné požiadavky.

Schopnosť splniť tieto požiadavky, aj keď so značným zaťažením, prispieva k prevádzkovej flexibilitate systému RNVS a taktiež podporuje zásadu ochrany do hĺbky elektrického systému.

6.6.1.4.2.6 Kontrola zapúzdrených vodičov (IPBD) VN

Zapúzdrené vodiče boli skontrolované vo Výpočtovej správe - IPBD 6kV dimenzovanie [I.40].

Maximálne zaťaženie

Tieto IPBD sú spájajú VN blokové rozvádzače s rezervnými rozvádzačmi VS (viď [I.1]). Okrem toho, táto skupina zahŕňa IPBD medzi vyvedenia AST a VN rezervných rozvádzačov.

Minimálny menovitý prúd tejto časti IPBD je určený menovitými parametrami AST (menovitý prúd sekundárneho vinutia AST).

Menovitý prúd tejto časti IPBD je dostatočný.

Skratová odolnosť

Skratové prúdy boli vypočítané v [I.30].

Vypočítané hodnoty skratu sú pod úrovňou odolnosti IPBD.

6.6.1.4.2.7 Záver technického odôvodnenia RNVS

Cieľom kapitoly 6.6.1.5.4.7 je dokázať, že projekt RNVS spĺňa požiadavky úvodného projektu stanovené v 6.6.1.4.1

Zhodnotenie jednotlivých bodov je uvedené nižšie:

1. Schopnosť správnej funkcie v zmysle koncepcie hĺbkovej ochrany bola dokázaná v kapitole 6.6.1.4.1 - Zhodnotenie schémy a riešenia RNVS pomocou [I.22]. táto analýza dokázala, že koncepcia hĺbkovej ochrany je splnená.
2. Zdroje RNVS sú zhodnotené pomocou Zhodnotenia vyvedenia výkonu EMO [I.22] (popísanej v kapitole 6.6.1.4.2.1) v normálnom režime a počas údržby s kladnými výsledkami. Finálne riešenie koordinácie vo všetkých prevádzkových režimoch elektrizačnej sústavy a JE bude vykonané v priradených prevádzkových predpisoch v spolupráci medzi JE a prevádzkovateľom elektrizačnej sústavy.
3. Priorita RNVS JE pred distribúciou elektriny regiónu v VVN je časťou dohody medzi majiteľom JE a ZSD, a.s. (viď [I.23]).

3.1 Nastavená kapacita skratu a výkonu v rôznych režimoch prevádzky elektrizačnej sústavy VVN bude určená pomocou novej analýzy vyplývajúcej zo Zhodnotenia vyvedenia výkonu EMO [I.22]. Táto analýza bude zohľadňovať stavy VN systému, odchýlky napätia a frekvencie vonkajších elektrizačných sústav a vyplývajúcej možnosti prenosu napájania vlastnej spotreby z pracovného na rezervný zdroj (samonábeh motorových pohonov).

Kapacita zaťaženia VVN vedenia spolu so stratou RNVS, poklesom napätia ako aj nastavenie ochrán systému boli dokázané v kapitole 6.6.1.4.2.2.

3.2 Schopnosť zabezpečiť samonábeh motorových pohonov jedného bloku pomocou už zaťaženého AST bolo dokázané v kapitole 6.6.1.4.2.3

4. Schopnosť zdroja RNVS zabezpečiť prenos z PNVS na RNVS akýchkoľvek dvoch AST (už zaťaženého zaťažením jedného ANT) bolo dokázané v kapitole 6.6.1.4.2.3.
5. Táto požiadavka je splnená variabilitnosťou úvodného projektu rezervných rozvádzačov, rezervnými prípojnícami a rezervných vstupov do 6kV rozvádzača III. Kategórie.
6. AST majú prepínač s odbočkami $\pm 8 \times 2$ % na VVN strane.
7. Skratové prúdy boli spomenuté v kapitole 6.6.1.4.2.4, čím sa dokázalo, ustátie skratu hlavného zariadenia je dostatočné.
8. Schopnosť konštrukčného riešenia minimalizovať nebezpečenstvo spoločnej príčiny vedenia JE s vonkajšími systémami bolo dokázané v analýze Zhodnotenie vyvedenia výkonu EMO [I.22], popísanej v kapitole 6.6.1.4.2.1.

Spolu s požiadavkami úvodného projektu sú taktiež splnené aj požiadavky nasledovných technický noriem:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia.
Elektrické inštalácie budov
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v systémoch trojfázového striedavého prúdu
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov

6.6.2 VNÚTORNÉ ELEKTRICKÉ SYSTÉMY

V tejto kapitole sú popísané elektrické systémy, zdroje elektrického napájania, ochrany a automatiky, ktoré zabezpečujú vlastnú spotrebu elektrárne.

6.6.2.1 Účel vnútorných elektrických systémov

Účelom vnútorných elektrických systémov je zabezpečiť napájanie vlastnej spotreby elektrárne, pričom je nutné rešpektovať charakter napájaných zariadení z pohľadu jadrovej bezpečnosti a prevádzkovej spoľahlivosti. Z týchto dôvodov sú vytvorené systémy s presne definovanými požiadavkami na spôsob napájania, seizmickú odolnosť, funkčnú schopnosť a spoľahlivosť v projekte definovaných prevádzkových, poruchových i havarijných stavoch:

- V zmysle Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4] sú jednotlivé zariadenia vnútorných elektrických systémov zaradené do požadovaných BT
- V zmysle vyhlášky MPSVR SR č.508/2009 Z.z [II.6] sú jednotlivé zariadenia vnútorných elektrických systémov zaradené do triedy 3.A písmeno b) zariadenie na premenu elektrickej energie s príkonom nad 250 kVA vrátane, resp. do triedy 3.B
- V zmysle návodu MAAE NS-G-1.6 [II.16] sú požiadavky na seizmické z odolnenie projektom požadovaných zariadení vnútorných elektrických systémov
- V zmysle prílohy k návodu MAAE NS-R-1 [II.12] projektom definované zariadenia vnútorných elektrických systémov plnia bezpečnostnú funkciu (9) podľa odstavca A-3.

6.6.2.2 Popis projektového riešenia

Spoločné princípy a návrh riešenia elektrických systémov MO34 sú sumarizované v dokumentoch „Spoločná dokumentácia elektrickej časti (SDE)“ [I.20].

Schéma zapojenia vnútorných elektrických systémov EMO34 zabezpečujúcich napájanie VS je podobná zapojeniu EMO12.

Oproti zapojeniu EMO12 má schéma zapojenia EMO34 zvýšenú odolnosť voči poruchám vďaka selektívnej činnosti moderných elektrických ochrán vrátane použitia rezervných ochrán, aplikáciou vzájomného zálohovania zdrojov a spotrebičov, aplikáciou vzájomného oddelenia a funkčnej nezávislosti systémov, správnou činnosťou moderných automatík a pod. Sú taktiež učené opatrenia na prevenciu a zmiernenie následkov nadprojektových a ťažkých havárií (napr. Zátťažové testy EU)

Jednotlivé časti vnútorných elektrických systémov, požiadavky na ne a ich činnosť sú podrobnejšie popísané v nasledujúcich kapitolách.

6.6.2.2.1 Požiadavky spotrebičov na elektrické napájanie

Projekt EMO napojenia elektrických spotrebičov na elektrické zdroje a distribučné siete (rozvodne) je vypracovaný podľa strojných, jadrových a SKR požiadaviek, ktoré sú nasledovné:

Dôležitosť spotrebiča. Toto zahŕňa nasledovné požiadavky:

- Maximálny povolený čas prerušenia napájania a čas, kedy sa vyžaduje napájanie, aby mohol spotrebič plniť svoju funkciu (nazvané: **DUL-T**).
- Bezpečnostné funkcia elektrického systému požadované spotrebičom - daná ako bezpečnostná trieda napájania (**BTnap**) podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4].

Systém (zaisteného) napájania. (viď popis SZN v kapitole 6.6.2.5).

Schopnosť seizmickej odolnosti napájania spotrebiča. Sú tu požiadavky na napájanie (**SKnap**) a požiadavky na ovládanie v elektrickej časti (**SKovl**).

Iné údaje t.j. požadované napätie, výkon, typ prevádzky a účasť na prevádzkových režimoch, požiadavky na ovládanie (**BTovl**), umiestnenie spotrebiča, atď.

6.6.2.2.1.1 Požiadavky na DUL-T

Požiadavky sú rozdelené do nasledovných skupín podľa parametrov elektrických zdrojov, rozvodných sietí a spotrebičov:

D11

Spotrebiče so zvýšenými požiadavkami na spoľahlivosť elektrického napájania, nepripúšťajúce prerušenie napájania viac ako zlomky sekundy vo všetkých režimoch, vrátane straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby .

D11K

Spotrebiče vyžadujúce zaistené napájanie potrebné na prekonanie niekoľko sekúnd trvajúcich prechodových procesov v elektrizačnej sústave (pre odvrátenie zapôsobenia ochrany reaktora). Nepotrebnú však elektrické napájanie v režime straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby a po zapôsobení ochrany reaktora.

D12

Spotrebiče kladúce zvýšené požiadavky na spoľahlivosť elektrického napájania, pripúšťajúce prerušenie napájania na čas daný podmienkami bezpečnosti (od desiatok sekúnd do desiatok minút) vo všetkých režimoch, vrátane straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby.

D1

Spotrebiče pripúšťajúce prerušenie napájania na čas AZR, nevyžadujúce napájanie pri strate pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby.

D2

Spotrebiče pripúšťajúce prerušenie napájania na čas ručného zapnutia rezervného napájania (rádovo minúty), nevyžadujúce napájanie pri strate pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby.

N

Spotrebiče nevyžadujúce rezervné napájanie.

6.6.2.2.1.2 Požiadavky na bezpečnostné funkcie „BTnap” (elektrické napájanie)

Elektrické systémy sú schopné vykonávať tieto bezpečnostné funkcie podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006.

BT II, bezpečnostná funkcia i) : „zariadenie nevyhnutné z hľadiska plnenia bezpečnostných funkcií na dodávku energií, alebo na riadenie ostatných komponentov zaradených do BT I alebo BT II a určené na prevádzku v prostredí, ktoré vznikne po havárii so stratou chladiva z chladiaceho okruhu jadrového reaktora alebo po havárii s prasknutím vysokoenergetických potrubí“.

BT III, bezpečnostná funkcia k): „zariadenia nevyhnutné z hľadiska plnenia bezpečnostných funkcií na dodávku energií alebo na riadenie ostatných komponentov a zariadenia, ktoré nie sú zaradené do BT II“.

Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. [II.4] v porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. [II.25] v Prílohe č.1 upravuje písmeno a znenie kritéria:

BT III, bezpečnostná funkcia j): „zariadenia nevyhnutné z hľadiska plnenia bezpečnostných funkcií na dodávku energií alebo na riadenie ostatných komponentov, ktoré nie sú zaradené do bezpečnostnej triedy II“.

BT IV bezpečnostná funkcia: „zariadenia určené na predchádzanie poruchám ostatných zariadení zaradených do BT I až III alebo na obmedzenie ich dôsledkov“.

Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. [II.4] v porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. [II.25] v Prílohe č.1 upravuje znenie kritéria:

BT IV bezpečnostná funkcia: „sú zariadenia určené na predchádzanie alebo obmedzenie dôsledkov porúch ostatných zariadení zaradených do bezpečnostnej triedy I až III“.

BT - neplnia žiadne bezpečnostné funkcie, nezaradené do žiadnej bezpečnostnej triedy

6.6.2.2.2 Zdroje elektrického napájania z hľadiska vnútorných elektrických systémov

- **Preferované (pracovné) zdroje (PNVS)**

Preferovaný zdroj každého bloku je tvorený sekundárnymi vinutiami dvojice trojvinuťových transformátorov vlastnej spotreby na napäťovej úrovni 6kV. Každý z nich je pripojený medzi vypínač príslušného TG a jeho blokový transformátor. Napájanie každého transformátora vlastnej spotreby je možné samostatne tak z príslušného TG , ako i zo siete ZVN.

- **Rezervné zdroje (RNVS)**

Rezervný zdroj každého bloku je tvorený transformátorom napájaným VVN linkou privedenou na tento účel.

- **Núdzové zdroje**

Núdzové zdroje sú umiestnené v areáli EMO a nie sú závislé na pracovných ani na rezervných zdrojoch.

- **Náhradné striedavé zdroje**

Náhradné striedavé zdroje sú umiestnené v areáli EMO. Sú určené na zmiernenie následkov ťažkých havárií alebo zvládnutie nadprojektových havárií.

6.6.2.2.3 Napäťové sústavy vo vnútri elektrárne

Vo vnútri elektrárne sú použité nasledovné napäťové sústavy:

- a. 3~50Hz 6kV/IT, ochrana uzemnením a uvedením na rovnaký potenciál pospájaním.
Pre napájanie motorov s výkonom vyšším než cca 170kW a transformátorov 6kV/NN.
- b. 3PEN~50Hz 400V/TN-C, ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Pre napájanie motorov s výkonom nižším než cca 170kW.
- c. 3NPE~50Hz 400V/TN-S, ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Pre napájanie pohonov armatúr, osvetlenia, atď.
- d. 3PE~50Hz 175V/TN-C/IT ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Pre napájanie systému ochrán reaktora a regulačných tyčí (SORR).
- e. 1NPE~50Hz 230V/TN-S, 2PE-220V/IT, ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Striedavé a jednosmerné napájanie osvetlenia.
- f. 2-220V/IT, ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Pre napájanie najdôležitejších spotrebičov a núdzového osvetlenia.
- g. 2-24V/IT, ochrana samočinným odpojením od zdroja.
Pre napájanie najdôležitejších spotrebičov (časť SKR) a pomocných zariadení v DGS.
- h. 1PEN-60V/TN (L+ uzemnený)

Pre napájanie komunikačného zariadenia a telefónnej ústredne.

6.6.2.2.4 Napájacie siete v elektrárni

Vo vnútri elektrárne sú vytvorené nasledovné rozvodné siete:

1. Sieť I. kategórie zaisteného napájania

Slúži pre napájanie spotrebičov SZN1,2,3 skupiny dôležitosti (D11, BTII), ktoré nepripúšťajú prerušenie napájania dlhšie ako zlomky sekundy vo všetkých prevádzkových režimoch vrátane úplnej straty zdrojov PNVS a RNVS. Núdzovými zdrojmi sú akumulátorové batérie a ANN.

Sieť je vytvorená v napäťových hladinách 220V DC, 230/400V/50Hz.

2. Sieť II. kategórie zaisteného napájania

Slúži pre napájanie spotrebičov SZN1,2,3 skupiny dôležitosti (D12, BTII), ktoré pripúšťajú prerušenie napájania na dobu určenú podmienkami bezpečnosti (od desiatok sekúnd až po desiatky minút) vo všetkých prevádzkových režimoch vrátane úplnej straty zdrojov PNVS a RNVS. Núdzovými zdrojmi sú DG.

Sieť je vytvorená v napäťových hladinách 230/400V/50Hz AC a 6kV/50Hz.

3. Sieť III/I. kategórie zaisteného napájania

Slúži pre napájanie spotrebičov SZN4,5 skupiny dôležitosti (D11, BTIII) resp. (D11K, BTIII), ktoré prakticky nepripúšťajú prerušenie napájania dlhšie ako zlomky sekundy vo všetkých prevádzkových režimoch vrátane úplnej straty zdrojov PNVS a RNVS. Núdzovými zdrojmi sú akumulátorové batérie a ANN.

Sieť je vytvorená v napäťových hladinách 220V DC, 230/400V/50Hz.

4. Sieť III/II. kategórie zaisteného napájania

Slúži pre napájanie spotrebičov SZN4,5 skupiny dôležitosti (D12, BTIII alebo BTIV), ktoré pripúšťajú prerušenie napájania na dobu určenú podmienkami bezpečnosti (od desiatok sekúnd až po desiatky minút) vo všetkých prevádzkových režimoch vrátane úplnej straty zdrojov PNVS a RNVS. Núdzovými zdrojmi sú DG SZN1,2.

Sieť je vytvorená v napäťových hladinách 230/400V/50Hz AC a 6kV/50Hz.

5. Sieť III. kategórie napájania

Slúži pre napájanie spotrebičov SSB resp. SNB (D1, D2, N, BTIV alebo bez zaradenia do BT), ktoré zabezpečujú VS elektrárne pri výrobe elektrickej energie. V závislosti na skupine dôležitosti spotrebičov je rozvodné zariadenie vybavené automatickým, ručným alebo žiadnym zásokom napájania.

Sieť je vytvorená v napäťových hladinách 230/400V/50Hz AC a 6kV/50Hz.

Napájanie spotrebičov s nižšou dôležitosťou zo sietí vyššej kategórie

Zo siete vyššej kategórie napájania (I, II kategória) môžu byť napájané i spotrebiče s nižšou dôležitosťou ([D11, BTnap III], [D12, BTnap III], ...) alebo siete nižšej kategórie (III/I., III/II., III.). Dôvodom môže byť usporiadanie jadrovo-strojnej časti a elektrickej schémy, redundancia, požiadavky na kvalitu elektrického napájania atď.). Tieto spotrebiče a siete však nesmú znížiť funkčnú nezávislosť alebo spoľahlivosť pod úroveň potrebnú pre zaistenie bezpečnostných funkcií daného systému zaisteného napájania.

Riešenie musí plniť podmienky uvedené v bezpečnostnom návode MAAE NS-G-1.8 z 08/2004.

Predovšetkým:

- Spotrebiče nižšej dôležitosti musia byť pripojené pomocou istiacich prístrojov klasifikovaných podľa BT silového rozvádzača (oddelenie, zamedzenie prenosu poruchy).
- V návrhu SZN a projektových kontrolách musia byť rešpektované napojené záťaže a odber spotrebičov s nižšou dôležitosťou.
- Oddelenie SZN musí byť zaistené zodpovedajúcimi projektovými zásadami v projekte rozvodných zariadení a v dokumente „Princípy kabeláže“ v ÚP EMO.

6.6.2.3 Projektové požiadavky na návrh systému VS

Návrh elektrickej schémy je vypracovaný podľa nasledovných požiadaviek a princípov, ktoré vyplývajú z požiadaviek a princípov stanovených v dokumente „Koncepcia bezpečnej prevádzky JE“ vypracovaná v ÚP.

Požiadavky sú nastavené legislatívou SR (Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní s aktuálne platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4], medzinárodných noriem, príručok a odporúčaní (normy MAAE),

projektového riešenia EMO (konkrétne ÚP MO34 a EMO12 so zahrnutými výsledkami bezpečnostných opatrení), súčasného projektu a prevádzkových skúseností.

6.6.2.3.1 Spoločné požiadavky

1. Projekt vychádza zo základnej koncepcie schémy EMO 1,2,3,4 obsiahnutej v ÚP (berúc ohľad na „Dopracovaný technický projekt JE Dukovany pre seizmické podmienky lokality EMO“, schválenej 7.3.1983, ÚP MO3,4 a EMO 1,2 vrátane zmien z bezpečnostných opatrení a stavu skutočného vyhotovenia). Toto zaručuje kompatibilitu s EMO12 a vonkajšou el. sústavou.
2. Splnenie požiadaviek jadrovo-strojnej časti a časti SKR na napájanie spotrebičov. Tieto podmienky stanovili tvorcovia jadrovo-strojnej a SKR časti. Požiadavky sú v súlade s bezpečnostnou klasifikáciou všetkých BS, SSB, SNB, zariadení a konštrukcií do bezpečnostných tried (BT) podľa vykonanej bezpečnostnej funkcie (viď odsek 6.6.2.2.1). Stanovujú špecifické požiadavky na spoľahlivosť napájania, povolené prerušenie napájania a prijateľné odchýlky na napätí, frekvencii a iných údajov.
3. Systém elektrického napájania musí byť navrhnutý tak, aby externé a vnútorné poruchy napájania obmedzovali prevádzku čo najmenej. Preto napájanie spotrebičov musí byť rozvrhnuté medzi viaceré rozvádzače, elektrické systémy a zdroje a vyriešené tak, aby minimalizovali vplyv vonkajších alebo vnútorných porúch na prevádzku reaktora, systém odvodu tepla a prevádzku systémov slúžiacich na výrobu elektrickej energie.
4. Princíp ochrany do hĺbky musí byť v elektrickom systéme využitý na minimalizovanie dopadov porúch vo VS. Princíp taktiež určuje postupné a kontrolované prepínanie zo zdrojov PNVS na RVNS a potom na núdzové zdroje, ak je to potrebné.
5. Systémy dôležité pre jadrovú bezpečnosť majú mať k dispozícii zdroje PNVS (VVN sieť Systému vyvedenia výkonu a vlastný generátor, RNVS (rezervná VVN sieť) a autonómne núdzové zdroje (umiestnené na lokalite JE). Projekt taktiež vytvoril alternatívne elektrické zdroje a siete (AAC), ktoré sa používajú na prevenciu a zmiernenie BDBA a ťažkých havárií.
6. Elektrické zdroje, rozvádzače, transformátory a kabeláž musia byť príslušne dimenzované, koordinované, vybavené automatikami a systémom selektívnych ochrán, ktorý zabezpečuje vysokú plynulosť napájania záťaží systémov VS pri zachovaní požadovaného zaistenia a kvality napájania a bezpečnosti osôb.
7. Elektrické zariadenia musia byť navrhnuté podľa okolitých podmienok, vrátane EMC.
8. Kabeláž musí byť navrhnutá tak, aby žiadna jednoduchá porucha (napr. požiar) nespôsobila narušenie alebo stratu funkčnosti viac ako len jednej redundancie bezpečnostných systémov. Obdobné požiadavky platia aj pre dispozičné riešenie elektrických zariadení.

6.6.2.3.2 Požiadavky na systémy normálneho napájania

1. Vlastnú spotrebu bloku (sieť III. kategórie) musí byť možno napájať z nasledujúcich zdrojov: vlastný generátor, sieť vyvedenia výkonu (zdroje PNVS) a sieť rezervného napájania (zdroj RNVS). V projektovom riešení musia byť použité opatrenia, ktoré minimalizujú na rozumnú mieru pravdepodobnosť, že v normálnej prevádzke, alebo pri projektom predpokladaných poruchách a podmienkach okolitého prostredia dôjde k súčasnej strate týchto zdrojov.

2. Systém PNVS a RNVS musí byť riešený tak, aby pri žiadnej jednoduchej poruche v oblasti väzieb zdrojov vlastnej spotreby na vonkajšej sieti neprichádzalo k súčasnej strate napájania zdrojov PNVS i RNVS bloku.
3. Preferované zdroje (PNVS) majú byť schopné zabezpečiť napájanie VS za normálnej aj abnormálnej prevádzky, tak isto ako aj v havarijných podmienkach bloku (ak je toto napájanie dostupné). PNVS musí zabezpečiť štart najväčšej záťaže VS a ošetriť stabilitu počas krátkotrvajúceho prechodového procesu v sieti pracovného napájania VS
4. Rezervné zdroje (RNVS) musia byť schopné nahradiť PNVS pri napájaní VS za normálnej alebo abnormálnej prevádzky, ako aj v havarijných podmienkach bloku (ak je takéto napájanie dostupné). Podrobnosti sú uvedené v odsekoch 6.6.1.3.3 a 6.6.1.4.2.4.
5. Systémy pracovného napájania musia byť riešené tak, aby obmedzovali možnosť vzniku nadprojektových havárií (SBO) a boli schopné poskytnúť podporu dlhodobým zmierňujúcim opatreniam pri ťažkých haváriách.

6.6.2.3.3 Požiadavky na systémy zaisteného napájania

1. Napájanie systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti (BS, SSB) musia byť v prípade straty PNVS a RNVS zaistené z núdzových zdrojov pomocou SZN. SZN a ich núdzové zdroje musia byť nezávislé od PNVS a RNVS.
2. SZN a ich núdzové zdroje musia byť riešené tak, aby spĺňali požiadavky napájaných spotrebičov dôležitých systémov. (spoľahlivosť, vzájomná nezávislosť, redundancia, kapacita, kvalita napájania, doba prechodu SZN na núdzové zdroje, odolnosť voči vplyvom prostredia, seizmicita). SZN určené pre napájanie systémov BS musí v rámci každého bloku tvoriť napájací systém SZN odolný proti jednoduchej poruche.
3. Ak sú spotrebiče s nižšou dôležitosťou napájané zo zdrojov a rozvodov špecifikovaných pre spotrebič s vyššou dôležitosťou, nesmie byť funkčná nezávislosť elektrického systému, kapacita výkonu alebo spoľahlivosť znížené pod úroveň potrebnú na zabezpečenie bezpečných funkcií daného (zaisteného) systému napájania.
4. Núdzové DG a systémy ich ovládania musia byť schopné prevziať spotrebiče SZN podľa programu postupného zaťažovania v dobe kratšej, ako sú požiadavky na napájanie. Ďalej musí umožniť následné pripojiť a odpojiť spotrebiče zásahom obsluhy, alebo automatík a zaistiť napájanie spotrebičov počas potrebnej doby. Pri návrhu musia byť zobrazené do úvahy rôzne kombinácie a časové sekvencie technologických havárií a straty napájania VS. V priebehu projektovej zaťažovacej sekvencie nesmie prísť k preťaženiu a odstaveniu DG ochranami.
5. Akumulátorové batérie majú zabezpečiť, v režimoch zohľadnených v projekte, napájanie I. a III/I. kategórie spotrebičov na minimálny požadovaný čas.
6. Schéma SZN4 a SZN5 musí umožniť napájanie spotrebičov na rozsah povoľujúci ďalšiu prevádzku bloku aj v prípadoch výpadku hlavného zariadenia.
7. SZN a ich núdzové zdroje musia umožniť vykonávanie kontrol a testov funkčnosti počas prevádzky bloku.

8. Projekt elektrických systémov musí zahŕňať opatrenia pre zvládnutie a zotavenie sa z nadprojektovej havárie Úplná strana napájania“ (SBO).
9. Projekt elektrického systému musí zahŕňať riešenia na podporu zmierňovacích opatrení pri ťažkých haváriách.

6.6.2.4 Systém napájania III. kategórie (pracovné napájanie)

6.6.2.4.1 Opis systému

6.6.2.4.1.1 Sieť VN III. kategórie

Tento systém je z hľadiska dodávky elektriny klasifikovaný ako nedôležitý z hľadiska jadrovej bezpečnosti (NS)

Niektoré zariadenia (rozdávča, transformátory, káble,...) môžu byť zahrnuté do systémov súvisiacich s bezpečnosťou, kvôli ich požiadavkám na plnenie bezpečnostných funkcií BT III. alebo IV. Táto požiadavka je splnená zvýšenou kvalitou vybraných zariadení, ktoré zabezpečujú vyššiu spoľahlivosť prenosu napájania (funkcia premeny a prenosu elektriny, ochrany, prepínania, riadenia distribučného systému) medzi pracovnými zdrojmi a vybranými spotrebičmi.

Systém sa skladá zo siete napájania III. kategórie. Sieť je napájaná zo zdrojov pracovného (nezaisteného) napájania.

Systém pracovného napájania (III. kategória) je ako celok zaradená do SK 2b. Vo výnimočných prípadoch sú niektoré zariadenia pridelené do SK 1a (odpojenie napájania) alebo SK2a (na udržanie stability, napr. telesá osvetlenia v reaktorovej sále).

Za normálnej prevádzky je systém pracovného napájania napájaný z preferovaných zdrojov (PNVS), t.j. z transformátorov vlastnej spotreby napojených na zapúzdrené vodiče vo výstupe generátora.

Spotrebiče (motory), ktoré zabezpečujú chod turbínových sústav sú napájané cez ANT, ktoré sú napojené vo vetve tohto generátora.

Spoločná VS 3. a 4. bloku je delená medzi rozvodne 6kV obidvoch blokov. Takto je napájaný napr. úsekový rozvádzač budovy pomocných prevádzok a úsekový rozvádzač čerpacej stanice technickej vody dôležitej. Rozvádzače majú pozdĺžne delené prípojnice s možnosťou AZR medzi jednotlivými prívodmi z príslušného napájacieho transformátora a pozdĺžnou spojkou prípojníc.

Napájanie ventilátorových chladiacich veží je zabezpečené z rozvodní II. kategórie ZN.

Odbočkové transformátory (ANT) sú regulačné s dvomi rozdelenými vinutiami 6.3 kV. Výhodou tohto usporiadania je vyššia prevádzková spoľahlivosť a nižšie nároky na skratovú odolnosť zariadení rozvodní 6kV. Pri strate pracovného napájania R6kV dochádza k automatickému prepnutiu (AZR 6kV) na rezervné napájanie.

Každý blok má svoj rezervný zdroj (RNVS), ktorým je transformátor napájaný z VVN siete (6.6.1.4).

Rezervné napájanie rozvádzačov 6kV je rozdelené medzi dve magistrály rezervného napájania. Pripojenie je navrhnuté s ohľadom na rovnomerné zaťaženie oboch vetiev rezervného transformátora pri samonábehu pohonov po AZR.

Porucha na niektorej blokovej rozvodne 6kV podstatne neovplyvňuje prevádzkyschopnosť bloku, pretože namiesto vypadnutých pohonov nabiehajú pôsobením technologických automatík rezervné pohony na ostatných rozvodniach. Môže však nastať zníženie výkonu reaktora v závislosti od počtu pracujúcich hlavných cirkulačných čerpadiel (HCC).

6.6.2.4.1.2 Sieť 230/400 V III. kategórie

Spotrebiče turbogenerátorov sú napájané z príslušných blokových rozvádzačov, spotrebiče reaktora sú rovnomerne rozdelené medzi jednotlivé blokové rozvádzače, spoločné spotrebiče bloku sú napájané z rozvádzačov spoločnej spotreby a spotrebiče spoločné pre dvojblok sú pripojené z rozvádzačov spoločnej spotreby 3. a 4. bloku.

Spotrebiče menších výkonov (malé pohony, armatúry,...) sú napájané z podružných rozvádzačov. Väčšina podružných rozvádzačov je zapojená do slučiek. Podružné rozvádzače s dvoma prívodmi majú AZR. Slučky sú napájané z dvoch rôznych úsekových rozvádzačov. Pri výpadku jedného prívodu prejde napájanie na druhý zdroj pomocou AZR. Záskoky na podružných rozvádzačoch sú selektívne oneskorené voči zásokom na úsekových rozvádzačoch.

Každý blok má teda nasledujúce úsekové rozvádzače 0,4 kV:

- 2 + 2 blokové pre každý blok - pre napájanie zariadení príslušných ku konkrétnemu bloku
- 2 spoločné pre 3. a 4. blok - pre napájanie spoločnej spotreby 3. a 4. bloku.
- 2 rozvádzače kompenzátorov objemu pre každý blok - pre napájanie ohrievačov kompenzátora objemu príslušného bloku.
- 2 rozvádzače pre SORR pre každý blok - pre napájanie silovej časti systému ochrán reaktora
- 1 pre každý blok pre osvetlenie
- 1 pre každý blok pre napájanie ohrievačov nádrží HSCHAZ
- 1 pre každý blok pre napájanie žeriavov

Hlavné rozvádzače pre osvetlenie bloku 3 a 4 majú spoločný záložný zdroj, ktorý môže byť napájaný z 3., alebo 4. bloku.

Pre ostatné úsekové rozvádzače sú navrhnuté dva rezervné úsekové rozvádzače napájané zo susedného bloku.

Všetky hlavné rozvádzače v HVB sú napájané pomocou suchých transformátorov 6/0.42 kV.

Z úsekových rozvádzačov sú priamo napájané motory s výkonom nad cca 10kW a podružné rozvádzače. Popis distribučných rozvodov NN sietí za úsekovými rozvádzačmi, podružných rozvádzačov je uvedený v technických správach príslušného PS, resp. elektrického DPS.

6.6.2.4.2 Prevádzkové režimy

6.6.2.4.2.1 Prevádzkové režimy PNVS

Nižšie uvedené prevádzkové režimy III. kategórie sú úzko spojené na prevádzkové režimy Systému vyvedenia výkonu (kapitola 6.6.1.3.2.1) a rezervného napájania (kapitola 6.6.1.4)

1. Pri normálnej prevádzke elektrickej schémy JE je celá vlastná spotreba napájaná z pracovných zdrojov, ktorými sú transformátory pripojené v odbočkách alternátorov. Plánovaný nábeh (režim R1) a odstavenie blokov (režim R4) sa vykonáva pomocou pracovných zdrojov vlastnej spotreby napájaných zo siete ZVN; rezervné zdroje sa nepredpokladajú k tomuto účelu používať, aj keď sú schopné túto funkciu zaistiť. Vďaka inštalácii generátorových vypínačov nie je potrebné elektrárňu nabiehať z rezervných zdrojov. Vlastnú spotrebu je možné napájať zo siete ZVN pri vypnutom generátorovom vypínači. Ak bude generátor pripravený pre paralelnú prácu so sieťou, umožní generátorový vypínač prífázovanie do siete.
2. Je možná aj dlhodobá prevádzka bloku s len jedným TG. VN rozvádzače odstaveného generátorového bloku sú napájané z príslušných ANT a možno aj z AST. Všetky SZN musia byť v prevádzke.
3. Vypnutím vývodového vypínača ZVN (OCB) je možné z prevádzkových dôvodov odpojiť na povel obsluhy generátorový blok od siete ZVN a susedného generátorového bloku. Pred vypnutím OCB sa predpokladá odstavenie TS a prepnutie zodpovedajúcich sekcií 6kV na RNVS.
4. Ak blok stratí spojenie s prenosovou sústavou na úrovni ZVN (vypnutie UCB alebo OCB), potom sa pracujúce TG zregulujú na vlastnú spotrebu. Ak je tento prechod úspešný, potom bude vlastná spotreba naďalej napájaná z PNVS.
5. Plánovaný prechod napájania jednotlivých blokových rozvodní 6kV z pracovného na rezervný zdroj a opačne sa vykonáva ručne na povel operátora, ktorý aktivuje automatiku AZR 6kV (v normálnych stavoch schémy dôjde k prepnutiu najrýchlejším kanálom AZR-F.).
6. Pri strate napájania niektorej blokovej rozvodne 6kV z pracovných zdrojov je postihnutá rozvodňa 6kV prepínaná automatikou AZR na napájanie z rezervných zdrojov vlastnej spotreby. Aktiváciu AZR zaisťujú ochrany bloku a CAB (potom dôjde k hromadnému AZR viacero rozvodní 6kV - HAZR). Záskok jednotlivých sekcie sa nazýva IAZR. Prepnutie vykonáva automatika rýchlymi kanálmi (AZR-F, AZR-I) a pomalými kanálmi (AZR-U a AZR-T). Voľbu kanálu zaisťuje algoritmus AZR a závisí predovšetkým na type udalosti (poruchy) a pomeroch v sieti (uhol napätia medzi PNVS a RNVS, veľkosť napätia, rýchlosť zmeny napätia atd.). Zátiaže, ktoré nie sú zaradené do procesu samonábehu (SN) sú odopnuté povelmi podpäťového vypínania (PV). Rozsah odpínaných záťaží je vybraný z BD ručným selektorom v závislosti na prevádzkovom režime a výkonovej kapacite zdrojov RNVS [I.41]. Každý VN blokovej rozvádzač má svoje AZR a APV automatiky. Zdroje RNVS napájajú záťaže VS na dobu potrebnú na obnovenie napájania PNVS.
7. Pripúšťa sa dočasná prevádzka bloku na výkone s napájaním 1 až 2 blokových rozvodní 6kV (náhrada 1 odbočkového transformátora) z rezervného zdroje. Tento režim sa pripúšťa na dobu opravy pracovného zdroja príslušných rozvodní 6kV.

6.6.2.4.2.2 Prevádzkové režimy rezervného napájania ÚR 0,4 kV

0,4kV blokové ÚR, ÚR spoločné pre oba bloky a ÚR pre kompenzátor objemu sa nachádzajú v hlavnom výrobnom bloku a majú RNVS napájanie zo susedného bloku. Napájanie RNVS je usporiadané do dvoch záložných slučiek.

Prevádzkové režimy a schopnosť zdrojov napájania RNVS sú popísané v 6.6.2.4.4.7 .

V normálnom režime 0,4kV rezervného systému sú oba záložné transformátory k dispozícii, káblový prepoj medzi nimi je vypnutý.

Plánovaný prechod napájania medzi pracovnými a záložnými zdrojmi (v oboch) smeroch je riadený ručne z BD a ovládaný (povolený) synchrocheckom nachádzajúcim sa v automatike AZR príslušného ÚR.

Pri čiastočnej strate zdrojov napájania PNVS (skrat na jednom ÚR VN, porucha na jednom ANT) napájanie 1 alebo 2 ÚR môžu zaskočiť (IAZR0,4kV) na RNVS 0,4 kV napájania jedného rezervného ASDT. Blok môže pokračovať v prevádzke (s možnými obmedzeniami podľa LaP). RNVS 0,4 kV musí zabezpečiť minimálny dopad na výrobu elektriny.

Pri úplnej strate zdrojov napájania z PNVS (kvôli neúspešnému HAZR VN) 4 ÚR môžu zaskočiť (HAZR0 ,4kV) na RNVS 0,4 kV napájanie z jedného rezervného ASDT. Blok prechádza na režim R6 (odstavenie pri havárii, SZN sú napájané z DG). RNVS 0,4 kV prispieva k plynulejšiemu riadeniu havárií.

6.6.2.4.3 Režimové automatiky siete III. kategórie

Hlavným cieľom automatík III. kategórie je zabezpečiť prechod bloku DID 1 (napájanie z VS z PNVS) na DID úroveň 2 (napájanie z VS z generátorov v R7 režime - prevádzka vlastnej spotreby, alebo napájanie z RNVS) a ak je to možné tak odvrátiť prechod bloku na DID úroveň 3 (zapnutie núdzových DG).

Režimové automatiky III. kategórie sú podrobne popísané nižšie.

Výkresy automatík režimu sú obsiahnuté v [I.46].

6.6.2.4.3.1 Automatika AZR

Každý 6kV rozvádzač III. kategórie má svoju vlastnú automatiku. V normálnej prevádzke je daný rozvádzač napájaný z pracovného zdroja. Prechod na rezervný zdroj je vykonaný pomocou AZR (prechod na DID úroveň 2), ktorá môže byť aktivovaná:

- Automaticky vonkajšími povelmi (blokové ochrany)
- Automaticky stratou napätia na pracovných vstupoch (pokles napätia alebo vypnutie vypínača)
- Ručne - povelom operátora

Podľa vstupných podmienok (napätie zdrojov a rozvodne) sa záskok môže realizovať štyrmi spôsobmi:

- **AZR – F** („fast“ – rýchly AZR) - prepnutie na rezervný zdroj skôr, než sa rozsúhlasia fázor doznievajúceho napätia rozvodne a fázor napätia rezervného zdroja do nebezpečnej odchýlky.
- **AZR – I** („in phase“ – AZR vo fáze) – rýchle prepnutie v blízkosti niektorej ďalšej fázovej zhody doznievajúceho napätia rozvodne a rezervného zdroja.

- **AZR – U** („residual voltage“ – AZR pri doznievajúcom napätí) – pomalý záskok, ktorý sa uskutoční po doznení napätia na rozvodni na bezpečnú hodnotu .
- **AZR – T** („time“) – pomalý záskok, ktorý sa uskutoční s nastaveným časovým oneskorením.

Kontrola samonábehu VN bola popísaná v kapitole 6.6.1.4.2.3

Pozn.: **AZR** na úsekových a podružných rozvádzačoch 0,4kV III. kategórie sú voči AZR na 6kV selektívne časovo posunuté. Kontrola samonábehu NN je popísaná v kapitole 6.6.2.4.4.7

6.6.2.4.3.2 Automatika podpät'ového vypínania - APV

Funkcie podpät'ového vypínania na 6kV rozvádzačoch napájania III. kategórie je úzko spojená s funkciou AZR a dostupnou kapacitou výkonu zdrojov RNVS.

Hlavné ciele sú uľahčiť samonábeh motorov a ovládanie záťaže systému RNVS v ustálenom stave po AZR. Podrobný popis zaradenia záťaží do PV je v [I.41].

Funkcia APV je volená ručným voličom v BD:

- RNVS je v normálnom prevádzkovom stave. Ak IAZR (HAZR) zapracujú bez poklesu napätia pod APV nastavenou hranicou podpätia (predpokladá sa zapracovanie rýchlych kanálov AZR), nie je aktivovaná funkcia PV. Ak APV detekuje pokles napätia pod nastavenú úroveň napätia, spustí sa funkcia PV na zabezpečenie úspešného opätovného samonábehu nábehu motorov.
- RNVS je v limitovaných podmienkach (údržba, slabá sieť, vysoké predzaťaženie na systéme RNVS). Bez ohľadu na kanál AZR, funkcia PV sa spustí vždy. Počas hromadného AZR (HAZR) umožňuje funkciu APV ručný volič. Hlavným cieľom je kontrolovať stav zaťaženia RNVS systému v konkrétnych obmedzených podmienkach, taktiež podporuje samonábeh (reakceleráciu) motorov.

V sieti III. kategórie VN sú na znižovania záťaže použité 3 úrovne PV:

- PVI - odpojenie záťaží nezaradených do samonábehu pri IAZR a HAZR
- PV* - odpojenie záťaží nezaradených do samonábehu pri HAZR
- PVII - odpojenie záťaží pri neúspešnom IAZR alebo HAZR.

Funkcia PV na ÚR 0,4kV III. kategórie napájania má taktiež 3 stupne:

- PVI- odpojenie záťaží nezaradených do samonábehu (pri IAZR 0.4kV, HAZR 0.4kV a HAZR 6kV). Tento povol prispieva k obmedzeniu záťaže AST 6kV počas HAZR 6kV, alebo ak je proces samonábehu po AZR 6kV obtiažny. Ďalej redukuje záťaž ASDT 6/0.42kV, 50Hz AC počas IAZR 0,4kV a HAZR 0.4kV. Pri úspešnom IAZR na R6kV sa funkcia PV neuvažuje.
- PV*- odpojenie záťaží nezaradených do samonábehu počas HAZR 0.4kV po neúspešnom HAZR 6kV. Tento signál obmedzuje zaťaženie ASDT 6/0.42kV. Taktiež zaisťuje úspešný samonábeh pohonov a bráni následnému preťaženiu pri ustálenom výkone.
- PVII - odpojenie záťaží, pokiaľ nie je AZR (6kV, 0,4kV) úspešný (dlhodobá strata napájania).

6.6.2.4.3.3 Automatika odpojenia blokového vypínača

Táto automatika funguje v dvoch stupňoch:

- Pri poklese napätia v sieti vyvedenia výkonu a PNVS, ktorá spôsobí súčasný pokles napätia na všetkých VN sekciách normálneho napájania vlastnej spotreby bloku, napájaných v danom okamžiku z transformátorov v odbočkách generátorov, na hodnotu $0,8 U_n$ sa podáva povel na vypnutie blokového vypínača ZVN. Toto znamená prechod na prevádzkový režim R7 - prevádzka na VS (DID úroveň 2).
- V prípade, že po odopnutí UCB ZVN napätie na uvedených sekciách 6kV nestúpne nad $0,8 U_n$, podáva sa povel na vykonanie AZR VN z PNVS na RNVS (DID úroveň 2).

6.6.2.4.4 Technické zhodnotenie

III. kategória MO 3,4 bola zhodnotená z nasledovných pohľadov:

6.6.2.4.4.1 Bilancie výkonov

Bilancie výkonov III. kategórie boli na úrovni DD vypočítané v [I.27].

6.6.2.4.4.2 Dimenzovanie transformátora vlastnej spotreby

Maximálny prenesený výkon na zariadenia je vypočítaný v [I.27]. Odbočkový transformátor s jeho TG (v prevádzke na vlastnú spotrebu) môže byť využitý ako alternatívny zdroj striedavého napájania v postupoch zvládnutia SBO [I.20]. Odbočkový transformátor zaťažený v režime R2 má dostatočnú výkonovú rezervu na napájanie tohto dodatočného zaťaženia.

6.6.2.4.4.3 Skratové výpočty v sieti III. kategórie

Výpočty skratov boli vykonané vo výpočtovej správe [I.30]. Dolu sú uvedené výsledky pre III. kategóriu.

Podobné výpočty boli vykonané aj pre napájanie z RNVS, ktoré je uvedené vyššie v kapitole 6.6.1.4.2.4 -

Skratové výpočty v RNVS. Hodnota skratových prúdov vo VS počas jej napájania z PNVS je dostatočne nízko pod skratovou odolnosťou zariadení. Ako je spomenuté v kapitole 6.6.1.4.2.4, počas napájania z RNVS sú hodnoty vyššie, ale stále odolnosť voči skratovým prúdom zariadení je braná ako dostatočná.

6.6.2.4.4.4 Systém ochrán napájania VS (III. kategória)

Elektrické ochrany napájania VS (III. kategória) sú rozdelené do:

- Základná ochrana

Tieto ochrany zabezpečujú rýchle a selektívne odpojenia v prípade poruchy príslušného elektrického spotrebiča (alebo jeho napájacieho obvodu).

- Záložná ochrana

Záložná ochrana zabezpečuje odpojenie poruchy v prípade poruchy základnej ochrany. V rozvodoch napájania VS sú použité ako miestne tak vzdialené záložné ochrany. Zóny pôsobnosti ochrán sa prekrývajú.

- Rezervná ochrana káblov

Ako „rezervná ochrana“ je nazvaná záložná ochrana vývodových káblov. Použitie takejto ochrany je nad požiadavky STN 33 305, najmä pre siete nízkeho napätia. Cieľom využitia rezervnej ochrany je zvýšenie spoľahlivosti systému chránenia v káblovej sieti a tak zvýšiť požiaru ochranu káblových trás.

Systémy ochrán, požadované ochranné funkcie a požiadavky na selektivitu sú podrobne popísané v [I.44].

6.6.2.4.4.5 Dimenzovanie káblov

Kritéria dimenzovania káblov spolu so špecifickými požiadavkami na stanovenie ich prúdovej záťaže sú v [I.45]. Tieto požiadavky boli použité pre dimenzovanie káblov.

6.6.2.4.4.6 Dimenzovanie zapúzdrených vodičov

Systém zapúzdrených vodičov VN v MO3,4 môže byť rozdelený do dvoch skupín. Prvá skupina sa skladá z vodičov pracovného napájania vlastnej spotreby medzi odbočkovým transformátorom a blokovými rozvádzačmi 6kV. Druhá skupina sa skladá z vodičov v systéme RNVS. Tieto sú popísané v kapitole 6.6.1.4.2.6.

Kontrola dimenzovania zapúzdrených vodičov (IPBD) 6kV bola vypracovaná v [I.40] z dvoch základných hľadísk:

- Maximálna záťaž:
Minimálny menovitý prúd tejto časti IPBD je určený podľa nominálnych parametrov odbočkového transformátora. Menovitý prúd tejto časti IPBD je takmer dvojnásobný, čo je dostatočné.
- Maximálny skrat:
Výpočty maximálneho skratového prúdu pre túto skupinu zapúzdrených vodičov je uvedená vyššie. Vypočítané hodnoty skratov sú (s odstupom) pod limitom odolnosti zapúzdrených vodičov. Dimenzovanie zapúzdrených vodičov je teda dostatočné.

6.6.2.4.4.7 Kontrola automatického samonábehu - nízke napätie

Kontrola úspešného samonábehu pohonov motorov po automatickom zásoku rezervy 0,4kV úsekových rozvádzačov z pracovného na rezervné napájanie 0,4kV bola robená v [I.43] s týmito závermi:

- Všetky prípady IAZR 0,4kV sú úspešné v zmysle prechodových (samonabehanie) a ustálených podmienok. Sú splnené požiadavky STN381120.
- Prípady HAZR 0,4kV sú úspešné v zmysle prechodových (samonabehanie) podmienok. Sú splnené požiadavky STN381120. Odopnutá záťaž ASDT transformátorov hneď po HAZR je nižšia ako $1.1 \cdot S_n$. Táto hodnota sa považuje za prijateľnú (kvôli nízkej pravdepodobnosti a preťažiteľnosti transformátora ASDT 6/0.42kV).

6.6.2.4.4.8 Dimenzovanie VN/NN transformátorov vlastnej spotreby

Kontrola dimenzovania ASDT (transformátorov 6/0.42kV) bola vypracovaná v [I.35]. Normálne zaťaženie ASDT transformátorov (počas prevádzkového režimu R2) je výrazne nižší ako menovité výkony transformátorov. Preto výkonové hodnoty ASDT sú považované za dostatočné v porovnaní so spotrebou zariadení.

6.6.2.4.4.9 Napät'ové a výkonové pomery

Ako dôkaz, že napätie a výkonové (prúdové) toky v ustálených stavoch počas rôznych prevádzkových a havarijných režimoch sú v rozsahoch prípustných pre kapacity a parametre elektrických zariadení bola vypracovaná výpočtová správa [I.31] s nasledujúcimi závermi:

- JE má automatický regulátor napätia (AVR) na generátore a regulátor napätia pod záťažou na prepínači odbočiek (s AVR) na ANT a AST. Preto je úroveň stabilného napätia v rozvode systému VS riadená a takmer nezávislá od napätia generátora a napätia v sústave RNVS, ak sú tieto v rozsahu projektu.
- Rozsah prepínača ASDT je dostatočný a je možné nastaviť odbočky na primárnej strane (6kV) ASDT takým spôsobom, že na sekundárnej (0,42 V) bude požadovaná úroveň napätia.

6.6.2.4.4.10 Záver

Požiadavky projektu na vlastnú spotrebu bloku (III. kategórie) boli uvedené v kapitole 6.6.2.3.2. Technické zhodnotenie týchto požiadaviek bolo vypracované v kapitolách vyššie s týmito závermi:

1. Schopnosť generátora alebo siete ZVN (PNVS) a RNVS napájať zariadenia bloku bola dokázaná až do úrovne 6kV v kapitolách 6.6.1.3.3 a 6.6.1.4.2. Schopnosť napájať vlastnú spotrebu na úrovni 0,4kV bola spracovaná vo vyššie uvedených kapitolách, najmä 6.6.2.4.4.8 a 6.6.2.4.4.9 - Napät'ové a výkonové pomery.
2. Pravdepodobnosť súčasnej poruchy zdrojov za normálnej prevádzky bola spracovaná v kapitolách venovaných Systému vyvedenia výkonu (6.6.1.3.3) a RNVS (6.6.1.4.2).
3. Schopnosť preferovaných zdrojov zabezpečiť napájanie pri normálnej a abnormálnej prevádzke, ako aj pri havarijných podmienkach bola preukázaná v kapitolách vyššie, najmä v 6.6.2.4.4.1 - Bilancie výkonov výkonu a 6.6.2.4.4.9 - Napät'ové a výkonové pomery.
4. Rezervné zdroje (RNVS) sú schopné zabezpečiť napájanie systému VS pri normálnej a abnormálnej prevádzke ako je automatický záskok na konkrétnom AST na úrovni 6kV, alebo automatický záskok rezervy na rezervných ÚR 0,4kV, ktoré sú napájané zo susedného bloku.
5. Projektové riešenie PNVS a RNVS bolo vypracované tak, aby bolo odolné voči jednoduchšej poruche a schopné obmedziť vznik BDBA (SBO) a zabezpečiť podporu dlhodobých zmierňovacích opatrení v SA.

Spolu s požiadavkami projektu sú taktiež splnené aj požiadavky nasledovných technických noriem:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC (IEC standardized voltage).
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickkej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov

- STN 60034 Točivé elektrické stroje
- STN 60076 Výkonové transformátory
- STN 61439 Nízkonapäťové rozvádzače
- STN 62271 Vysokonapäťové spínacie a riadiace zariadenia
- STN 60947 Nízkonapäťové spínacie a riadiace zariadenia

6.6.2.5 Systémy zaisteného napájania 1,2,3

6.6.2.5.1 Popis systému

Systémy zaisteného napájania (ZN) 1,2,3 majú za úlohu napájať zariadenia s bezpečnostnou funkciou, alebo s funkciou súvisiacou s bezpečnosťou.

Systémy zaisteného napájania 1,2,3 majú 2 kategórie:

I. kategória ZN - napája zariadenia, ktoré musia byť napájané bez prerušenia (niekoľkým desatinám sekundy na zvládnutie prípadných skratov v sústave sa vyhnúť nedá)

II. kategória ZN - napája zariadenia, ktoré musia byť napájané trvale, je ale dovolené prerušenie napájania na čas do cca 2 minút.

6.6.2.5.1.1 Sieť II. kategórie zaisteného napájania

Sieť II. kategórie ZN je prevádzkovaná na napäťovej sústave 6kV 50Hz/IT a 230/400V 50Hz TNC-S.

Núdzový zdroj

Núdzovými zdrojmi pre sieť II. kategórie ZN sú dieselgenerátory. Podrobnejší popis a zhodnotenie je v kapitole 6.6.2.6.

Rozvodná sieť pozostáva z nasledovných hlavných komponentov:

- rozvodne
- úsekové rozvádzače 230/400V, 50Hz AC pre napájanie usmerňovačov 220V DC i ďalších statických a motorických záťaží
- transformátory 6/0,42 kV
- rozvod podružných rozvádzačov
- káble, káblové konštrukcie

Popis elektrickej schémy

Zdroje majú dostatočnú výkonovú rezervu vo všetkých režimoch. Tým sú zaistené podmienky pre lepšie napäťové pomery v ustálených a prechodových stavoch.

Každý z rozvádzačov 6kV má servisný prívod zo spoločného rozvádzača pre oba bloky. Tieto prírody slúžia na podanie náhradného napájania pri riešení nadprojektových havárií SBO a procedúrach zmierňovania ťažkých havárií. Spínanie spojok servisných prepojení je ručné priamo z rozvodní.

6.6.2.5.1.2 Sieť I. kategórie zaisteného napájania

Sieť I. kategórie ZN je prevádzkovaná na napäťovej sústave 230/400V 50Hz TNC-S a 2-220 V DC/IT.

Sieť I. kategórie zaisteného napájania je napájaná z II. kategórie ZN.

Zdroje pre I. kategóriu ZN

Tyristorový usmerňovač

Tyristorový usmerňovač slúži ako zdroj napájania pre sústavu 2-220 DC/IT. Je napájaný z II. kategórie ZN.

Staničná olovená akubatéria

Staničná olovená batéria slúži ako zdroj pre sústavu 2-220 DC/IT v prípade kedy nie je k dispozícii II. kategória ZN.

Tranzistorový striedač

Tranzistorový striedač je napájaný zo sústavy 2-220 V DC / IT a vytvára napäťovú sústavu 230/400V 50Hz TNC-S

Rozvodná sieť

- úsekový rozvádzač 220V DC
- úsekový rozvádzač 230/400V 50Hz AC
- rozvod podružných rozvádzačov
- káble, káblové konštrukcie

Popis elektrickej schémy

Do systému bola implementovaná vnútorná redundantnosť v každej z troch divízií, kvôli napájaniu SKR s požiadavkami na dva napájacie zdroje v každom SZN1,2,3 I. kategórie. Schéma ma nasledovnú koncepciu :

- Usmerňovače : 2 x 100%
- Akubatérie : 2 x 50%
- Striedače : 2 x 100%

Úsekový rozvádzač 220V DC je rozdelený pozdĺžnymi spínačmi na sekcie. Ku krajným sekciám sú pripojené batérie a usmerňovače. Tieto sekcie je možné v prípade potreby odpojiť a nabíjať batériu zvýšeným napätím. K prostredným sekciám sú pripojené spotrebiče 220V DC a striedače. Medzi týmito sekciami je spínač trvale zopnutý v mínus póle. V prípade potreby zálohovať zdroje oboch subsystémov je možné zapnúť aj plus pól tejto spojky. Rozvádzač je dimenzovaný na zapnutý stav spojky a skratové príspevky všetkých zdrojov.

Usmerňovač je možné napájať i servisným prívodom z ÚR III. kategórie. Servisné napájanie umožňuje zaistiť funkciu SKR i pri plánovaných odstávkach siete II. kategórie tohto SZN a dobíjať alebo vymieňať batériu.

Systémy SKR sú väčšinou napájané malým sieťovým napätím (24 V DC). Táto sieť má zvyčajne dva typy zdrojov energie (pripojené k rôznym podsystémom):

- usmerňovače 400 V AC / 24 V DC napájané zo siete 230/400 V AC.
- meniče 220 V DC / 24 V DC napájané zo siete 220 V DC

Spotrebiče SKR sú vybavené diódovou výhybkou, ktorá poskytuje potrebné zálohovanie a funkčné oddelenie. Bypass striedača slúži ako záloha, ak je striedač mimo prevádzky. Ďalej prispieva k vypínaniu skratov v sieti v prípade, že napájanie v sieti II. kategórie je k dispozícii. V bypass-e je nainštalovaný obmedzujúci transformátor. Slúži na oddelenie napätia medzi sieťou I. a II. kategórie a tiež pre obmedzenie skratových prúdov tečúcich zo siete II. kategórie.

Väčšina 220 V DC spotrebičov je zapojených na rôzne sekcie rozvádzača pomocou dvoch prívodov s diódovým záskokom. Preto je možné vyhľadávať zemné spojenia (poruchy izolácie) postupným zapínaním / vypínaním jednotlivých vývodov.

6.6.2.5.2 Prevádzkové režimy

6.6.2.5.2.1 Sieť II. kategórie zaisteného napájania

Normálna prevádzka bloku

Počas normálnej prevádzky bloku sú 6kV rozvodne II. kategórie ZN spojené káblowymi prepojami s príslušnými 6kV rozvodňami III. kategórie napájania s vypínačmi na oboch stranách prepoja. Prostredníctvom transformátorov 6/0,42kV sú súčasne napájané i príslušné 0,4kV ÚR II. kategórie ZN.

DG sú udržiavané s v stave „horúcej rezervy“, pripravené k automatickému štartu a zaťažovaniu.

Prevádzka bloku pri poruchách SZN

Určité oblasti schémy SZN majú redundantnú štruktúru, ktorá limituje následky porúch (alebo výpadkov) niektorých zariadení, na vykonanie prevádzkových a bezpečnostných funkcií. Zahŕňa to najmä schému I. a III/I. kategórie, ktorá je založená na princípe dvoch subsystémov.

Tieto pravidlá je dôležité rešpektovať, v prípade porúch a mimo-prevádzkových stavov zariadení týchto SZN.

Neprevádzkyschopnosť SZN 1,2,3

Pri neprevádzkyschopnosti jedného SZN 1,2,3 kvôli poruche alebo oprave trvajúcej nie dlhšie ako čas prijateľný z hľadiska bezpečnosti počas prevádzky reaktora (LaP), je dôležité vykonať výnimočné postupné otestovanie dvoch ďalších SZN. Za neprevádzkyschopnosť sa považuje stav, pri strate alebo znížení schopnosti zabezpečiť zaistené napájanie pod požiadavky projektu (vid kapitola 6.6.2.2.1 - Požiadavky spotrebičov na elektrické napájanie).

Vyskúšanie SZN zahŕňa nábeh DG, automatické postupné zaťažovanie a krátku izolovanú prevádzku SZN na overenie prevádzkyschopnosti všetkých jeho systémov. Potom sa DG odstaví a obnoví sa normálna prevádzka SZN s napájaním z ANT.

Neprevádzkyschopnosť redundantných zariadení:

Pri poruchách neprevádzkyschopnosti zariadení v redundantnej zóne SZN je povolená ďalšia prevádzka bloku podľa nasledovných podmienok. Následky porúch alebo neprevádzkyschopnosti sú, v prostriedkami redundantnej štruktúry schémy potlačené alebo eliminované, takže nie je výrazné narušenie schopnosti zabezpečiť napájanie podľa projektových požiadaviek.

Základné prevádzkové režimy dieselgenerátorov

Základné prevádzkové režimy dieselgenerátorov sú:

- Režim „**Horúca rezerva**“. DG sa nachádza v základnom (kludovom) režime pripravený plniť svoju bezpečnostnú funkciu (štart a zaťažovanie). V prípade požiadavky prechádza do režimu „Normálna práca“. Funkcie ochrán sú redukované.
- Režim „**Normálna práca**“. DG štartuje na povel a preberá záťaž svojho SZN. DG napája tieto spotrebiče až do prepnutia na normálne napájanie. *Ochranné funkcie generátora sú zredukované.*

- Režim „**Práca v teste**“. DG štartuje na základe požiadavky preberá DG záťaž až do prepnutia sekcie ZN na normálne napájanie. Tento režim zahŕňa aj skúšky DG a celého systému ZN II. kategórie po umelo vyvolanej strate napätia na systémovej rozvodni VN po vypnutí sekčných vypínačov z HVB. *Ochranné funkcie generátora sú zredukované.*
- Režim „**Práca do elektrizačnej sústavy**“. DG štartuje povelom obsluhy z DGS a je prífázovaný buď ručne alebo automaticky k sieti pracovného alebo rezervného napájania VS JE. Tento režim sa používa testovanie s vysokovou záťažou. *Ochranné funkcie generátora nie sú zredukované.*
- Režim „**Práca v teste**“ – **bez záťaže**. DG štartuje povelom z HVB alebo miestnym ručným povelom bez zapnutia vypínača DG. Ochranné funkcie nie sú zredukované. Ak je medzitým požiadavka na bezpečnostnú funkciu DG sa automaticky prepne na NORMÁLNU PREVÁDZKU.

Režim DG „Normálna prevádzka“

Požiadavky na napájanie a napájacie zdroje sú kontrolované a riadené nasledovnými automatikami (REAZN „Režimové automatiky zaisteného napájania“), ktoré spolu spolupracujú :

- Časť SKR vrátane funkcií : LOP (loss of Power) strata zdrojov , APS, APV, blokovanie SZ . Tieto funkcie sú obsiahnuté v ESFASe.
- ADG (automatika DG) umiestnená v príslušnej kobke DG. Riadi prevádzku samotného DG.
- Elektrotechnická časť - meranie straty a prítomnosti napájania, schémy ovládania vypínačov, elektrické ochrany

Každý SZN 1,2,3 má svoje režimové automatiky a ovládacie systémy, ktoré sú nezávislé od ďalšieho rozdelenia bezpečnostných systémov.

Hlavné princípy režimových automatík

Projekt REAZN zabezpečuje bezpečnosť bloku v nasledovných kombináciách a časových postupnostiach LOP a havárií v jadrovo-strojnej časti:

1. LOP bez havárie v jadrovo-strojnej časti
2. LOP a súčasná alebo následná havária v jadrovo-strojnej časti
3. Havária v jadrovo-strojnej časti a následná LOP

REAZN taktiež spĺňa nasledovné podmienky

- Štartovacie podmienky a logiky sú koordinované s elektrickými systémami (ochrany, AZR,...) aby sa predišlo falošnému spusteniu núdzových zdrojov.
- Logika zabráňuje opätovnému spusteniu fázy prípravy a záťaže , kvôli nestálostiam v el. sústave, ak DG už napája svoj SZN
- Umožňuje periodické testovanie SZN a jeho rozdelenie bezpečnostných systémov pri normálnej prevádzke bloku. Skúšky nemôžu zamedzovať zabezpečenie bezpečnostných funkcií.
- Logiky umožňujú zabezpečiť výkon z DG do III. kategórie VN systémov. Táto črta je potrebná pre periodické preskúšanie DG v paralelnej práci s vonkajšou sústavou pre niektoré postupy vyrovňania sa s SBO.
- Požiadavky na prípravnú fázu a fázu zaťažovania sú uvedené nižšie.

Štart REAZN

Základná funkcia REAZN (izolovanie SZN1, štart DG, PV, postupná záťaž) je inicializovaná za podmienky LOP zistených na prípojniciach 6kV rozvádzača II. kategórie.

V SKR sú iniciačné podmienky REAZN vyhodnotené a spracované podľa princípu logického výberu 2 z 3. Tým je obmedzená možnosť falošného štartu DG od jednoduchšej poruchy v jednom z meracích a logických kompletov. Tieto poruchy sú signalizované do SKR.

Pre obmedzenie možnosti zbytočného štartu DG pri vzniku lokálnej poruchy, ktorá postihla danú sekciu 6kV (napr. skrat na prípojniciach) sú iniciačné podmienky REAZN blokované od elektrických ochrán a pôsobenie AZV. Tato blokáda bráni zbytočnému a škodlivému pripnutiu DG na sekciu 6kV, ktorá je vyradená skratom.

Vypínač DG a oba sekčné vypínače sú vzájomne blokované pomocou stavovej blokády. Podmienkou umožňujúcou zapnutie niektorého z vypínačov je vypnutý stav aspoň jedného zo zostávajúcich dvoch vypínačov. Tuto blokádu musí byť možné zrušiť, aby bolo možné vykonávať periodické skúšky DG paralelnou prácou so sieťou.

Prípravná fáza

Vstupné podmienky sú nastavené na „pamäť straty napájania“ (LOPM) ,ktoré zabezpečujú povely:

- Vypnutie sekčných vypínačov VN
- Štart DG. Štartovací povel má prioritu nad všetkými ostatnými povelmi, okrem redukovanej sústavy ochrán DG.
- Podpäťové vypínanie vybraných 6kV a 0,4 kV spotrebičov (položky v základnom rámci elektrickej schémy nie sú odpojené , napr. transformátory) [I.41]
- Blokovanie ručného ovládania elektrických zariadení:

Diaľkové ručné vypnutie vypínača DG (až do resetu LOPM)

Diaľkové ručné vypnutie 6/0,4kV transformátorov (počas napájania DG)

Zapnutie 6kV sekčných vypínačov (až do resetu LOPM)

Diaľkové zastavenie DG (počas napájania z DG)

- Blokovanie strojnej časti (slúži taktiež ako ochranné opatrenie voči preťaženiu DG, aby sa zabránilo dodatočnému zaťažovaniu súbežne s programom APS)

Automatiky normálnej prevádzky (počas napájania z DG)

Technologický záskok rezervného napájania (TAZR), blokovanie zapnutia zariadení vo vnútri divízie a medzi nimi (počas napájania z DG).

Ručné ovládanie určitých pohonov (až po koniec programu APS, alebo v niektorých prípadoch aj na dlhšie)

- Vypínanie KBA systému.

Zapnutie DG vypínača

Po rozbehu DG a dosiahnutí požadovaných hodnôt U , f (vyhodnotených v kompletoch A, B ochrán DG) je vydaný z ADG do SKR v HVB signál „DG pripravený“, ktorý za podmienky vypnutia aspoň jedného sekčného vypínača 6kV zapína vypínač DG.

Zapnutím vypínača DG sa spúšťa prvá skupina záťaží (trvale pripojené záťaže).

Zaťažovanie prostredníctvom programu APS

Zapnutím vypínača DG sa za podmienky $U > 0,7U_n$ na rozvádzači 6kV II. kategórie rozbieha program APS. Sekvencia zaťažovania sa mení podľa podmienok v jadrovo-strojnej časti.

Program APS musí mať prioritu pred spúšťaním spotrebičov od iných povelov. Záťažová sekvencia a kontrola kapacity zaťažovania DG je popísaná v kapitole 6.6.2.5.3.3.

Požadované funkcie REAZN po programe APS (sekvencie ALS a MLS)

Po ukončení programu APS končí väčšina blokad na ovládanie spotrebičov operátorom.

Po ukončení blokad sa môže začať fáza určitej skupiny spotrebičov s automatickým ovládaním priradených do fázy ALS (automatické zaťažovanie spotrebičov). Pre výpočty dimenzovania DG sa uvažuje s konzervatívne určenou skupinou ALS.

Po ALS môže operátor využiť ďalšie prevádzkové záťaže v MLS (Sekvencia ručného zaťažovania) na podľa skutočného stavu bloku. Ručné pripojenie MLS záťaží sa vykonáva na základe kontroly limitov schopnosti zaťažovania DG.

Spätný prechod z DG na normálne napájanie

Prepnutie napájania z DG späť na normálne napájanie zaisťuje logika spätného skoku (RBT). Najskôr je nutné zresetovať pamäť LOPM. To je možné pri súčasnom splnení všetkých nasledujúcich podmienok:

- Napätie na R6kV III.kat. je $U > 0,9U_n$
- ukončenie programu APS
- neprítomnosť signálov HSCHZ
- povel operátora tlačítkom (z BD i ND)

Pokiaľ je RBT povolený, vypne operátor vypínač DG. Následne sa automaticky s časovým oneskorením potrebným na doznenie napätia zapnú sekčné vypínače.

DG zostáva v chode naprázdno. Po úspešnom spätnom skoku operátor diaľkovo odstavuje DG.

Pokiaľ je prechod na III. kat. neúspešný, dôjde na prípojniciach 6kV ku strate napájania a celá zaťažovacia sekvencia APS je automaticky zopakovaná.

Periodické skúšky SZN a DG

Funkcie a schopnosti sú stanovené nasledovnými periodickými skúškami:

- Miestny štart DG (z DGS) a krátka prevádzka naprázdno, taktiež je umožnený štart DG na diaľku

- Umelá LOP na 6kV prípojniciach II, kategórie pomocou vypnutia sekčného vypínača z BD. Automatické iniciovanie APS s miestne dostupnou záťažou a dočasnou prevádzkou s týmto zaťažením na určitý čas.
- Prevádzka pri plnom výkone. DG je nafázovaný súbežne s RNVS. Táto skúška je vykonaná počas plánovanej odstávky bloku pre výmenu paliva, pretože DG a príslušné SZN nemôžu vykonávať bezpečnostné funkcie.

Periodicita skúšok a doba prevádzky DG a SZN v skúškach je špecifikovaná v LaP

6.6.2.5.2.2 Sieť I. kategórie zaisteného napájania

Normálna prevádzka bloku a normálna prevádzka siete I. kategórie zaisteného napájania

Rozvádzače 220V DC sú napájané z usmerňovača pripojeného cez transformátory 6/0.42 kV na VN rozvádzač svojho SZN. Rozvádzače 230/400V/50Hz AC I. kategórie sú napájané z úsekových rozvádzačov 220V DC striedačmi a príslušnými úsekovými rozvádzačmi.

Akumulátorové batérie sú v režime trvalého dobíjania.

Pozdĺžne spojky prípojníc medzi podsystémami 220V DC rozvádzačov sú vždy spojené iba v mínus póle.

Dimenzovanie akubaterií 220V DC a akubaterií 24 V DC je popísané v kapitole 6.6.2.5.3.4. Dimenzovanie striedačov a usmerňovačov je popísané v kapitole 6.6.2.5.3.5.

Normálna prevádzka bloku, prevádzka pri poruchách hlavných zariadení

Pri poruchách, ktoré spôsobujú stratu, alebo zníženie zaistenia napájania časti záťaží daného SZN, t.j. hlavne pri skratoch na niektorom úsekovom rozvádzači 230/400V, alebo 220V DC sa pripúšťa prevádzka bloku za podmienok podľa 6.6.2.5.2.1.

Pri poruche na niektorom z relatívne nezávislých podsystémov (výpadok usmerňovača, striedača, batérie 220V) sa pripúšťa prevádzka bloku za podmienok podľa 6.6.2.5.2.1.

Sekčný vypínač medzi podsystémami 220V DC môže byť zopnutý v prípade potreby a nahradiť tak nefunkčné zdroje jedného podsystému zdrojmi druhého podsystému.

Normálna prevádzka bloku, zemné spojenie v 220V DC systéme

Pri **jednom** zemnom spojení nevznikajú v rozvode 220V DC skratové prúdy, pretože sa jedná o rozvod izolovaný od zeme. Vyhľadanie zemného spojenia je možné vykonávať za prevádzky postihnutého SZN prostredníctvom prepínania záťaží s dvomi prívodmi medzi podsystémami, alebo pomocou detekčných systémov usmerňovačov.

Režim straty napätia pracovných a rezervných zdrojov bloku

Pri strate napájania z pracovných a rezervných zdrojov je silové napájanie zabezpečené nepretržite z akubaterií. Následne preberajú záťaže dieselgenerátory a dieselgenerátory takisto začínajú nabíjať batérie.

Dobíjanie po hlbokom vybití, kapacitné testovanie batérií

Jednu batériu je možné vybiť a nabiť (trvalé napätie U_{float}) aj počas prevádzky, pri splnení podmienok v kapitole 6.6.2.5.2.1

V prípade potreby zrýchliť nabíjanie, príslušná batéria a jej usmerňovače môžu byť oddelené od zvyšku DC rozvádzača (t.j. záťaže) vypnutím spojky prípojníc. Toto umožňuje nabíjanie batérie vyšším napätím (ako je pre spotrebiče povolené). Toto sa dá využiť aj pri údržbe batérie. V tomto režime sú záťaže napájané z druhého podsystému usmerňovača a batérie.

Skutočnú kapacitu batérií je potrebné periodicky overovať kapacitnou skúškou, prednostne vykonávanou pri odstávke bloku na výmenu paliva. Batérie nie je potrebné testovať pri každej odstávke. Frekvencia testov závisí na pokynoch výrobcu. Pri zistení poklesu kapacity alebo zhoršení ďalších charakteristík batérie ku hraniciam, kde hrozí nedodržanie projektom požadovanej doby vybíjania, je nutné batériu včas vymeniť. V tejto súvislosti bol pridaný systém monitorovania akumulátorových batérií.

6.6.2.5.3 Technické zhodnotenie

Návrh SZN 1,2,3 bol zhodnotený z nasledovného pohľadu:

6.6.2.5.3.1 Bilancie záťaží II. kategórie

Obsahom dokumentu [I.28] sú bilancie záťaží SZN II. a III/II. (SZN1,2,3,4,5). Jedným z hlavných cieľov rovnováhy výkonu je výpočet požiadavky stabilného zaťaženia SZN 1,2,3 v R6. Základné zaťaženie je súčet záťaží spotrebičov na hlavnom rozvádzači 0,4kV II. kategórie, ktoré nie sú vypnuté signálom podpäťového vypínania.

6.6.2.5.3.2 Bilancie záťaží I. kategórie

Obsahom dokumentu [I.29] sú bilancie záťaží SZN I. a III/I. (SZN1,2,3,4,5). Tieto bilancie sú použité pre kontroly dimenzovania akubaterií a DG.

6.6.2.5.3.3 Kontrola dimenzovania DG

Kontrola dimenzovania bola spracovaná v dokumente [I.36].

Cieľom kontroly je preukázať schopnosť DG napájať záťaže vo všetkých navrhnutých režimoch v stabilnom a prechodnom stave.

- Kontrola bola vykonaná konzervatívne, ako keby len jeden SZN (DG) bol funkčný
- Kontrola je založená na projektovej záťažovej schopnosti DG
- Záťaž a jej parametre sú vzaté z dostupných bilancií výkonov popísaných v kapitole 6.6.2.5.3.1
- Stabilný stav a spúšťacie výkony (P, Q) sú zohľadnené pre viaceré kombinácie elektrických a technologických havárií.
- Vnútna teplota okolia v DGS (DG sací vzduch) sa uvažuje pod 42°C.

Kontroly záťaže DG sú rozdelené do 2 častí:

- Záťaže v APS a ALS sekvenciách (kontroly dynamických a statických záťaží, vrátane pripojenia požiarnych čerpadiel)
- Záťaže v MLS sekvencii a zhodnotenie vývoja havárie (ACD)

Zhodnotenie dynamických záťaží

Zhodnotenie povolenej dynamickej záťaže je založené na hraničných krivkách. Hraničná krivka podľa špecifikácie DG je vo vykonávacom projekte [I.21]

Zhodnotenie záťaže stabilného stavu

Stála záťažová schopnosť DG je podľa špecifikácie vo vykonávacom projekte [I.21] porovnaná s vypočítanými výkonovými bilanciami.

Záver

Berúc do ohľadu kapacitu zaťažovania DG a sekvencie záťaže DG uvedené v [I.36], sú DG pre SZN 1,2,3 schopné absorbovať záťaž vo všetkých uvažovaných prevádzkových režimoch (kombinácie straty napájania s rôznymi haváriami v jadrovo-strojnej časti JE).

6.6.2.5.3.4 Kontrola dimenzovania akumulátorových batérií

Účelom Výpočtovej správy je [I.37] dimenzovanie akumulátorových batérií 220 V DC a akumulátorových batérií 24 V DC. Dimenzovanie všetkých batérií sa nachádza v tejto kapitole, napriek tomu, že III/I. kategória je popísaná v kapitole 6.6.2.7.

Všeobecné výpočtové podmienky

1. Dimenzovanie akubatérií bolo vypracované na základe výkonových bilancií (popísaných v kapitole 6.6.2.5.3.1) údajov činnosti batérie [I.37]. Dimenzovanie akubatérií bolo uskutočnené podľa výpočtovej metódy z IEEE Std 485-1997.
2. Maximálne povolené napätie na svorkách spotrebičov:
 - 110% U_n ($U_n = 220$ V DC)
 - 115% U_n ($U_n = 24$ V DC)
3. Napätie trvalého dobijania:
 - 2.23 V/článok akubatérií 220V DC
 - 2.28 V/článok akubatérií 24V DC
4. Akubaterie musia zabezpečiť napájanie pripnutých záťaží v súlade s časovým profilom záťaží pre minimálne napätie na vstupnej svorke počas požadovaného času vybíjania:
 - 85% U_n ($U_n = 220$ V DC)
 - 80% U_n ($U_n = 24$ V DC)
5. Pri spotrebičoch DC sa uvažovalo s nasledovnými poklesmi napätia v napájacích kábloch z akubaterie po vstupné svorky spotrebičov:
 - a) SZN 1,2,3 - pokles napätia na akubaterii ($U_n = 220$ V DC)
 - kábel z akubaterie do úsekového rozvádzača DC $\Delta U \leq 1\% U_n$

- káble z úsekového rozvádzača DC ku spotrebičom $\Delta U \leq 3\% U_n$
 - káble z úsekového rozvádzača DC ku striedačom $\Delta U \leq 1\% U_n$
 - b) SZN 4,5 - pokles napätia na akubaterii ($U_n = 220 \text{ V DC}$)
 - kábel z akubaterie do úsekového rozvádzača DC $\Delta U \leq 1\% U_n$ (vrátane káblového prepoja medzi SNZ 4 a SZN 5)
 - káble z úsekového rozvádzača DC po spotrebiče $\Delta U \leq 3\% U_n$
 - káble úsekového rozvádzača DC po striedače $\Delta U \leq 1\% U_n$
 - c) DGS - pokles napätia na akubaterii ($U_n = 24 \text{ V DC}$)
 - Kábel z akubaterie do úsekového rozvádzača DC $\Delta U \leq 4\% U_n$
 - Káble z úsekového rozvádzača DC po spotrebiče $\Delta U \leq 5\% U_n$
6. Preto je minimálne povolené napätie akubaterie $U_{\min} = 89\% U_n$.
7. Bolo zohľadnené aj znižovanie menovitej kapacity C10 akubaterie, následkom predpokladanej teploty v miestnosti akumulátorov a ich starnutia. Viď [I.37] činitele zníženia menovitej kapacity vo vypočítaných prípadoch.

Záver

Batérie spĺňajú požiadavky projektu na napájanie (čas vybíjania) s bezpečnou rezervou vo všetkých uvažovaných prevádzkových režimoch.

6.6.2.5.3.5 Kontrola dimenzovania usmerňovačov a striedačov

Kontrola dimenzovania striedačov, usmerňovačov a UPS bola vykonaná v [I.38]. Rozsahom tohto dokumentu je dimenzovanie usmerňovačov 220 V DC a 24 V DC, striedače 230/400 V AC a UPS.

Dimenzovanie usmerňovačov a striedačov je zaradené do tejto kapitoly, napriek tomu, že III/I. kategória je popísaná v kapitole 6.6.2.7 a SZN 6 je popísaný v kapitole 6.6.2.8.

Usmerňovače 220 V DC a 24 V DC

Požiadavky pre jednotlivé usmerňovače:

- Zabezpečenie napájania pripojených záťaží podľa ich výkonových a napäťových kvalitatívnych požiadaviek.
- Zabezpečenie nabíjania paralelne zapojenej akubaterie (pre všetky režimy nabíjania)
- Zabezpečenie skratového prúdu dostatočného pre správnu funkciu ochrán v podradených distribučných rozvodoch (skratové prúdy sú zistené ochranami s požadovanou citlivosťou).

Výkonové bilancie I. a III/I. kategórie zaisteného napájania sú v [I.29]:

Sú zvažované nasledovné prevádzkové režimy:

1) SZN 1 (2, 3)

A) Jeden usmerňovač nepracuje.

Všetky záťaže SZN sú napájané z jedného usmerňovača; druhý usmerňovač je mimo prevádzky.

B) Usmerňovače pracujú v normálnom prevádzkovom režime elektrickej schémy a dodatočne dobíjajú akubaterie.

2) SZN 4, 5

A) Usmerňovače nepracujú.

Všetky záťaže sú napájané z akubaterií.

B) SZN je v normálnom prevádzkovom režime elektrickej schémy a dodatočne usmerňovač každého SZN dobíja akubateriu.

Navrhnuté usmerňovače majú dostatočnú výkonovú kapacitu napájať záťaž a zároveň dobíjať akumulátorové batérie.

Striedače 230/400 V AC

Požiadavky na jednotlivé striedače:

1. Zabezpečenie napájania pripojených záťaží podľa ich požiadaviek kvality výkonu a napätia.
2. Vnútna redundancia.
3. Zabezpečenie skratového prúdu dostatočného na správnu funkciu ochrán v podradených distribučných rozvodoch (skratové prúdy sú zistené ochranami s požadovanou citlivosťou).

Vstupné podklady pre kontrolu dimenzovania:

Bilancie záťaží I. a III/I. kategórie zaisteného napájania sú v [I.29]

Kontrola stridačov je uskutočnená pre najhorší prevádzkový režim elektrickej schémy nasledovne:

SZN 1 (2, 3)

Jeden stridač nepracuje.

Všetky AC záťaže sú napájané z jedného stridača.

Servisný prepoj medzi úsekovými rozvádzačmi I. kategórie AC je zapnutý.

SZN 4, 5

Jeden stridač nepracuje.

Všetky AC záťaže SZN 4 a SZN 5 sú napájané z jedného stridača. Toto je najhorší použitý prípad pre kontrolu stridačov.

Z vykonaných výpočtov vyplýva, že striedače spĺňajú požiadavky napájaných spotrebičov.

6.6.2.5.3.6 Dimenzovanie ASDT II. kategórie

Kontrola dimenzovania ASDT bola vypracovaná v [I.35]. Normálne zaťaženie ASDT transformátorov (počas prevádzkového režimu R2) je výrazne nižšie ako menovité výkony transformátorov. Preto hodnoty výkonu ASDT transformátorov sú považované za dostatočné v porovnaní so spotrebou zariadení.

6.6.2.5.3.7 Ochranný systém v SZN 1 (2,3)

Časti II. a III/II. kategórie schémy systému VS spĺňajú bezpečnostné funkcie. Preto sú zdôrazňované požiadavky na zabezpečenie jadrovej a radiačnej bezpečnosti.

Systém ochrán DG je podrobne popísaný v kapitole 6.6.2.6.5.2 , ktorá je venovaná DG, ich prevádzkovým režimom, parametrom, elektrickým ochranám atď.

Systém ochrán v sieti I. a III/I. kategórie je navrhnutý na zníženie dopadu odchýlok napätia spôsobených elektrickými poruchami na prevádzku senzitivných záťaží. Znamená to, že ťažké skratové prúdy sú okamžite vypnuté v oblasti obmedzenia prúdu (v primerane dosiahnuteľnom rozsahu). Prednostná ochrana rozvádzačov DC a AC je zabezpečená interným ochranným a obmedzovacím systémom usmerňovačov a striedačov. Tieto ochranné funkcie sú skordinované s inými ochrannými prístrojmi (vypínač, poistky,...). Kvôli vysokej hladine skratových prúdov sú úsekové rozvádzače 220V DC chránené najmä poistkami.

Požadované ochranné funkcie systémov ochrán a požiadavky selektivity sú podrobne popísané v [I.44].

6.6.2.5.3.8 Dimenzovanie káblov

Kritériá dimenzovania káblov spolu so špecifickými požiadavkami dimenzovania prúdu záťaže sú podrobne popísané v [I.45]. Tieto požiadavky boli použité pri dimenzovaní káblov.

6.6.2.5.3.9 Záver

Projektové požiadavky na systémy zaisteného napájania sa nachádzajú v kapitole 6.6.2.3.3. Technické zhodnotenie týchto požiadaviek bolo vypracované vo vyššie uvedených kapitolách:

1. Napájanie systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti (BS, SSB) sú v prípade nedostupnosti PNVS a RNVS (LOP) zaistené z dieselgenerátorov a akumulátorových batérií. Dimenzovanie a príslušné funkčné schopnosti týchto zdrojov boli skontrolované v kapitolách 6.6.2.5.3.3 a 6.6.2.5.3.4.
2. SZN 1 (2,3) a ich zdroje spĺňajú požiadavky napájaných dôležitých spotrebičov ohľadom spoľahlivosti, vzájomnej nezávislosti, redundancie, kapacity, kvality výkonu, čas prechodu SZN na núdzové zdroje, odolnosť voči okolitým podmienkam a seizmicite. Vzhľadom k separácii a nezávislosti dispozičného rozvrhnutia (stavebne, požiarne), elektricky, aj z hľadiska riadenia (sú taktiež oddelené silové a ovládacie káble) zaisťuje odolnosť proti jednoduchej poruche.
3. Spotrebiče s nižšou dôležitosťou, ktoré sú napájané zo zdrojov a rozvodov špecifikovaných pre spotrebiče s vyššou dôležitosťou neznižujú funkčnú nezávislosť systému napájania, výkonovú kapacitu a spoľahlivosť pod úroveň potrebnú na zabezpečenie bezpečnostných funkcií daného systému napájania (spotrebiče sú buď automaticky odpojené, alebo zahrnuté do výkonových bilancií).
4. Automatiky a ovládanie SZN a dieselgenerátorov sú popísané v PpBS, kapitola 6.5.3. DG a ich riadenie sú schopné napájať energiou spotrebiče SZN podľa programu sekvenčného zaťaženia (APS, ALS) v kratšom čase, ako sú požiadavky napájania spotrebičov. Okrem toho je možné, po programe postupného zaťaženia, vypnúť / zapnúť spotrebiče pomocou povelov iných automatík, alebo manipuláciou prevádzkového personálu (MLS) a napájať záťaže na požadovanú dobu. Zaťaženie DG bolo skontrolované v kapitole 6.6.2.5.3.3 - Kontrola dimenzovania DG a potvrdené v [I.36].

5. Akumulátorové batérie sú schopné zabezpečiť napájanie spotrebičov I. kategórie v projekte uvažovaných režimoch ako bolo popísané v kapitole 6.6.2.5.3.4. Reálna doba vybíjania v podmienkach SBO je dlhšia.
6. SZN a ich núdzové zdroje umožňujú vykonávanie kontrol a skúšok funkčnosti počas prevádzky bloku.
7. Opatrenia na zvládnutie a obnovenie z nadprojektovej havárie „station blackout“ (SBO) sú popísané v kapitole 6.6.3.
8. Riešenia podporujúce zmiernenie dopadov ťažkých havárií sú popísané v kapitole 6.6.3.

Spolu s požiadavkami projektu sú splnené aj požiadavky nasledovných technických noriem:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC (IEC standardized voltage).
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov.
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamického a tepelného odolnosti pri skratoch
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových a.c. systémoch.
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprádový rozvod v priemyselných prevádzkach.
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární.
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov
- STN EN 60896 Staničné olovené batérie – časť 11: Odvzdušnené typy – Všeobecné požiadavky a skúšobné metódy.
- STN 60034 Točivé elektrické stroje
- STN 60076 Výkonové transformátory
- STN 61439 Nízkonapäťové rozvádzače
- STN 62271 Vysokonapäťové spínacie a riadiace zariadenia
- STN 60947 Nízkonapäťové spínacie a riadiace zariadenia

6.6.2.6 Popis DG pre SZN 1,2,3

DG a príslušné zariadenia spĺňajú funkciu núdzových zdrojov napájania bezpečnostných spotrebičov JE pre SZN 1,2,3 a taktiež SZN 4,5 v plnom rozsahu počas a po projektovanej seizmickej udalosti (ktorá sa predpokladá na lokalite EMO pre seizmickú klasifikáciu DGS) a tiež počas a po havárii (LOCA, strata napájania).

6.6.2.6.1 Požiadavky na funkčnú a záťažovú schopnosť

Popis systému havarijného napájania II. kategórie bol vypracovaný v ÚP WP04.1. Podrobnejší obsah a popis je v [I.3] a v [I.10]. Záťažové sekvencie boli zvolené a výkonové pomery stanovené pomocou BDA0049 ([I.17]).

Záťažové schopnosti DG boli špecifikované na úrovni DD v špecifikácii DG [I.21] a skontrolované vo výpočtovej správe [I.36] (DIMENZOVANIE NÚDZOVÉHO DIESEL-GENERÁTORA). Výsledky tohto výpočtu sú uvedené v kapitole 6.6.2.5.

6.6.2.6.2 Dispozičné riešenie DGS

Diesलगенераторы 3. a 4. bloku JE EMO sú umiestnené v nezávislej, seizmicky odolnej budove diesलगенераторovej stanice.

6.6.2.6.3 Podmienky automatického štartu DG

Podmienky štartu DG sú špecifikované v ÚP a správne implementované pomocou DD. Podmienky sú stanovené v kapitole 6.6.2.6.

6.6.2.6.4 Algoritmus štartu DG

Po príchode aspoň jedného signálu na štart DG sa otvorí prívod stlačeného vzduchu do motora DG v kobke. Po roztočení motora DG stlačeným vzduchom a dosiahnutí samozápalných otáčok motora začnú pracovať obvody vstrekovania paliva a motor sa dostáva na nominálne otáčky pôsobením hydraulického regulátora otáčok motora. Súčasne s povelom na štart sa aktivujú obvody budenia generátora, ktorý sa nabudzuje.

Nabudený DG sa pripája na samostatnú, odľahčenú a beznapäťovú sekciu VN II. kategórie zaisteného napájania.

Po pripojení DG na sekciu ZN II. kategórie v súlade s bezpečnostno - technickými požiadavkami sú pripájané spotrebiče zabezpečujúce dochladenie reaktora podľa zadaného zaťažovacieho programu s ohľadom na max. zaťažiteľnosť DG a max. prípustné poklesy napätia a frekvencie.

6.6.2.6.5 Kvalifikované systémy a komponenty DG a DGS

V tejto kapitole sú popísané kvalifikované systémy a komponenty DG a DGS, ktoré majú podstatný vplyv na bezpečnosť a spoľahlivosť prevádzky DG ako núdzových zdrojov napájania bezpečnostných spotrebičov JE (a tým na jej jadrovú bezpečnosť).

6.6.2.6.5.1 Technologické ochrany DG

Technologické ochrany DG chránia motor a jeho pomocné zariadenia pred poškodením.

Delia sa na prednostné a prevádzkové technologické ochrany.

Prednostné technologické kritériá chránenia motora DG sú:

- mechanická nadotáčková ochrana motora (ochrana zabudovaná na motore jeho výrobcom),
- ochrana pri nízkom tlaku mazacieho oleja motora (ochrana zabudovaná na motore jeho výrobcom).

Prednostné technologické ochrany DG sú kvalifikované pre použitie v JE.

Zapôsobenie prednostných technologických ochrán DG je do riadenia DG a do ESFAS - u signalizované ako nepripravenosť DG.

Pôsobenie prednostných technologických ochrán DG nemožno v bezporuchovom stave DG zablokovať a po ich zapôsobení ich možno odblokovať iba priamo na motore DG. Sú konštrukčne navrhnuté tak, že sa dajú jednoducho odskúšať na každom DG počas skúšok ochrán a blokad DG.

Všetky ostatné technologické ochrany DG navrhnuté jeho výrobcom sú v činnosti iba počas skúšobného chodu (skúšky DG). Pracujú s výberom 1 z 1 a takisto vypínajú VN vypínač generátora, odbudzovač a motor DG.

6.6.2.6.5.2 Elektrické ochrany DG

Vykonávací projekt pre elektrické ochrany je v [I.44].

Elektrické ochrany DG chránia pred poškodením generátor a jeho budiaci transformátor. Sú digitálneho vyhotovenia s programovateľnými funkciami chránenia. Zoznam kritérií chránenia zodpovedá [II.9].

Prístroje elektrických ochrán DG sú kvalifikované a zabezpečujú aj nasledovné funkcie:

- samočinnú kontrolu správnej funkcie,
- kontrolu meracích a vypínacích okruhov,
- zápis poruchových stavov,
- záznam priebehu elektrických veličín,
- možnosť jednoduchej konfigurácie blokad a vypínacích sekvencií.

Pôsobenie elektrických ochrán je dané režimom prevádzky DG a príslušnou vypínacou tabuľkou pre daný režim práce DG. V režime „Normálna práca“ a režime „Práca v teste“ sú elektrické ochrany DG zredukované.

V režime „Práca do elektrizačnej sústavy“ sú v činnosti všetky elektrické ochrany DG.

Zmena pôsobnosti ochrán sa realizuje prepínaním rôznych sád parametrov v prístrojoch ochrán (plný, resp. redukovaný rozsah chránenia) – na základe informácie z RS DG o režime prevádzky DG.

Prúdové meniče, ktorých výstup je použitý pre prednostné kritériá chránenia, sú kvalifikované.

6.6.2.6.5.3 Napájanie bezpečnostných systémov DG elektrickou energiou

Pre napájanie bezpečnostných systémov DG sa používa jednosmerné napätie 24V DC z olovených akumulátorových batérií DGS [I.4].

Obe akumulátorové batérie DGS majú v paralelnej prevádzke vždy prepojené mínus póly, aby sa tým zabránilo nebezpečenstvu vzniku dvojnásobného jednosmerného napätia pri zemnom spojení.

6.6.2.6.5.4 Regulátor motora DG

Regulátor motora DG zabezpečuje reguláciu otáčok v celom rozsahu prípustného zaťažovania motora DG tak, aby boli dodržané statické a dynamické tolerancie frekvencie (otáčok).

Regulátor otáčok motora DG umožňuje prácu DG buď v ostrovnom režime alebo na tvrdú sieť. Z riadiacej skrine DG na DGS možno taktiež cez regulátor otáčok ručne doladiť otáčky motora.

Regulátor motora DG má korekciu statiky (korekcia poklesu otáčok, ktorý je priamoúmerný nárastu zaťaženia pri ustálenom režime práce). Táto korekcia je použitá len v režime „Práca k elektrifikačnému systému.“

6.6.2.6.5.5 Systém merania otáčok DG

DG má bezkontaktný indukčný systém merania otáčok s kvalifikáciou pre použitie v JE.

Vzhľadom k tomu, že sa jedná o bezkontaktný indukčný systém merania, má signál o otáčkach motora DG vstupujúca do RS DG vysokú presnosť a spoľahlivosť.

Signál zo snímačov sa vyhodnocuje a transformuje v digitálno-analógovom prevodníku na normalizovaný signál, ktorý sa potom v riadiacom systéme DG vyhodnocuje.

Signál otáčok motora DG vstupuje do algoritmov štartu a aj do všetkých ostatných dôležitých algoritmov DG (odstavenie spúšťacieho systému, zablokovanie ochrany pri nízkom tlaku oleja pri štarte DG, zapnutie prvého nabudenia a budenia generátora, ovládanie spotrebičov a zariadení, ktoré sa pri štarte DG zapínajú, resp. vypínajú – napr. otvorenie armatúr TVD po dosiahnutí nominálnych otáčok).

Zároveň sa normalizovaný signál otáčok DG využíva pre účely diaľkového merania otáčok na BD, ND a v informačnom systéme MO34.

6.6.2.6.5.6 Systém štartovacieho vzduchu DG

DG sa spúšťa stlačeným vzduchom zo zásobníkov (vzdušníkov) umiestnených spolu s kompresormi na DGS otvorením elektromagnetických ventilov na potrubí vedúcom od zásobníkov k motoru.

Systém štartovacieho vzduchu pozostáva zo samostatných, paralelne zapojených okruhov pre štartovanie tak aby bola zabezpečená rezerva pre spustenie DG aj pri poruche niektorého zo štartovacích okruhov.

Štandardne sú ventily spúšťacieho vzduchu DG otvárané elektricky, no možno ich otvoriť aj manuálne.

Zásoba stlačeného vzduchu pre štart DG vo vzdušníkoch musí po neúspešnom štarte DG zostať k dispozícii ešte pre dva úspešné štarty bez toho, aby bola dosiahnutá hodnota pre automatické spustenie zariadenia na výrobu stlačeného štartovacieho vzduchu (kompresory).

Systém spúšťacieho vzduchu DG (vzdušníky, ventily, potrubné trasy, armatúry na motore DG) je kvalifikovaný. To platí aj pre tlakové komponenty spúšťacieho systému na motore až po hlavy valcov.

6.6.2.6.5.7 Systém prívodu spaľovacieho vzduchu a odvodu spalín DG

Dimenzovanie prívodu spaľovacieho vzduchu motora DG je podľa najnepriaznivejšej hodnoty teploty ovzdušia v lokalite MO34. Je zabezpečený dostatočný prívod spaľovacieho vzduchu pre všetky režimy prevádzky DG.

Nasávacie a výfukové zariadenie DG je projekčne vyriešené tak, že sa vylučuje ich vzájomné ovplyvňovanie. Každý dieselový motor má naprojektované samostatné výfukové potrubie.

Spaľovací vzduch DG je nasávaný priamo zo strojovne DGS – filter sania je namontovaný na motore pred turbokompresorom.

Keďže je spaľovací vzduch nasávaný zo strojovne, odpadá jeho ohrev vo vodnom ohrievači, nakoľko DG sálajú pri režime horúcej rezervy do priestoru dostatok tepla, ktoré prehrieva vzduch v strojovni DGS.

Sacie koše umiestnené na motore sú vybavené prachovými filtrami a tlmičmi hluku. Sanie spaľovacieho vzduchu zo strojovne zároveň znižuje množstvo tepla, ktoré je z nej potrebné odviesť vetraním. Na čistenie sacieho vzduchu DG je použitý filter, ktorý zabezpečuje jeho čistotu s hodnotou minimálne 5 mg/m³.

Výfukové plyny motora DG sú vyvedené do vonkajšieho ovzdušia na strechu DGS. Výfukové potrubia DG sú izolované a obložené tak, aby povrchová teplota neprekročila hodnotu, ktorá by mohla spôsobiť zapálenie unikajúceho paliva, prípadne mazacieho oleja.

6.6.2.6.5.8 Predhrievanie motora DG

Z dôvodu zabezpečenia okamžitej plnej zaťažiteľnosti DG po štarte a pripojení na zaistenú sekciu sa DG pri odstavení udržiava na prevádzkovej teplote (nahriaty). Systém zabezpečujúci nahrievanie motora DG spĺňa nasledovné požiadavky:

- a) predhrievanie chladiacej vody a mazacieho oleja motora DG na stanovené najnižšie hodnoty teploty dané výrobcom motora pomocou elektrických vyhrievacích telies v tepelnom výmenníku,
- b) automatické riadenie teploty chladiacej vody motora DG na hodnoty dané výrobcom motora prostredníctvom riadiaceho systému DG,
- c) rovnomerná výmena tepla medzi chladiacou vodou a mazacím olejom motora pomocou obehových čerpadiel oleja a vody, ktorých ovládanie zabezpečuje riadiaci systém DG.

Systém predhrievania motora DG na prevádzkovú teplotu je predimenzovaný a navrhnutý tak, aby bolo zabezpečené plnohodnotné predhrievanie pri poruche jedného vodného, alebo olejového čerpadla, prípadne vyhrievacieho telesa.

Systém predhrievania motora DG má možnosť ručného ovládania v prípade výpadku napájania VS DGS elektrickou energiou 400V/50Hz AC.

6.6.2.6.5.9 Palivový systém DG

Každý DG má palivo uskladnené vo vlastnej zásobnej nádrži. Z tejto nádrže sa palivo čerpá dopravnými palivovými čerpadlami do prevádzkovej nádrže.

Prevádzková nádrž paliva, potrubie z prevádzkovej nádrže po motor a komponenty palivového systému na motore DG sú kvalifikované. Prevádzková nádrž paliva sa nachádza nad úrovňou motora DG. Prívod paliva k motoru je zabezpečený gravitáciou bez potreby použitia elektrického čerpadla. Prevádzková nádrž sa dá naplniť aj ručne [I.4].

Výkon čerpadla prečerpávajúceho palivo do prevádzkovej nádrže je dimenzovaný na minimálne na 110 % spotreby paliva pri preťažení DG včítane množstva v zásobnej nádrži.

Stav dopravných palivových čerpadiel (chod, stop, porucha) je signalizovaný do RS DG a na BD, resp. ND. Takisto pokles paliva DG na minimálnu hladinu v prevádzkovej nádrži je signalizovaný do ESFAS - u a do riadiaceho systému DG, v ktorom je zároveň hladina paliva v prevádzkovej nádrži spojito zobrazovaná.

6.6.2.6.5.10 Olejový systém DG a DGS

Systém mazacieho oleja DG je rozdelený na:

- 1) základný olejový systém motora DG
- 2) systém predbežného mazania DG
- 3) systém skladového hospodárstva oleja DG

Popis jednotlivých častí systému mazacieho oleja:

1) Základný olejový systém motora DG

Slúži na mazanie motora DG počas jeho práce. Okrem iného zabezpečuje mazanie ložiska generátora DG. Obsahuje nasledovné časti :

- cirkulačnú olejovú nádrž
- čerpadlo s pohonom od DG

Základný olejový systém motora je spolu so všetkými svojimi hlavnými komponentmi kvalifikovaný. Zabezpečuje dostatočné mazanie motora a ložiska generátora pri ľubovoľnom zaťažení a je nezávislý od elektrického napájania.

2) Systém predbežného mazania DG :

Tento systém musí slúžiť na mazanie dieslového motora teplým olejom, čím sa zabezpečuje aj ohrievanie klzných častí motora v dobe pripravenosti na spustenie DG (predohrev, tzv. „horúca rezerva“ DG).

Na rozvod teplého oleja je použitý základný olejový systém motora DG.

Systém predbežného mazania sa skladá z nasledovných hlavných častí:

- predmazávacích čerpadiel
- vodných ohrievačov oleja
- termoregulátora teploty oleja

Čerpadlá sa v automatickom režime predhrievania zapínajú podľa teploty a tlaku v obvode predbežného mazania – podľa algoritmu zadaného v RS DG.

3) Systém skladového hospodárstva oleja DG :

Úlohou skladového hospodárstva mazacieho oleja je skladovať mazací olej pre potreby dopĺňovania do cirkulačnej olejovej nádrže DG.

Počas prevádzky DG je možná kontrola zásoby oleja a aj jeho dopĺňanie do systému.

6.6.2.6.5.11 Chladiaci systém DG

Na chladenie motora DG je určený vnútorný a vonkajší chladiaci okruh.

Chladiaci systém motora DG je kvalifikovaný a nadimenzovaný tak, aby v žiadnom prevádzkovom režime nedošlo k prehrievaniu motora DG.

Vo vnútornom chladiacom okruhu je použitý iba chladiaci prostriedok podľa predpisu výrobcu motora, ktorý nie je agresívny voči materiálom použitým v chladiacom okruhu.

Kvalita chladiaceho prostriedku motora DG je kontrolovaná prostredníctvom odberu vzoriek.

Pri spúšťaní dieselového motora zohriateho na prevádzkovú teplotu pri prevádzkovom štarte musí byť časový úsek po zapôsobení vonkajšieho chladiaceho okruhu vykrytý prostredníctvom tepelnej kapacity chladiaceho systému motora, tzn., že sa nesmie dosiahnuť hraničná hodnota teploty pre vypínanie DG.

Pri výpadku regulácie teploty je možná núdzová prevádzka dieselového motora bez automatickej regulácie teploty prostredníctvom ručného riadenia.

6.6.2.6.5.12 Budenie generátora a regulácia napätia

Generátor DG je vybavený systémom priameho budenia napájaného z budiaceho transformátora. Rotor stroja je napájaný dvojkanálovou statickou budiacou súpravou s digitálnym regulátorom napätia, ktorá je svojim vstupom pripojená na sekundárnu stranu znižovacieho budiaceho transformátora napájaného z výstupných svoriek generátora.

Pri správnej funkcii pracovného kanálu budenia sú dodržané požadované parametre napätia.

Budiaca súprava je umiestnená v celokovovom rozvádzači, budiaci transformátor je umiestnený vo VN rozvádzači, v ktorom je takisto umiestnený vývod generátora na zaistenú sekciu napájania bezpečnostných spotrebičov, prístrojové transformátory prúdu a napätia pre elektrické ochrany, meranie a reguláciu napätia budiacej súpravy. Nula generátora je vytvorená pod generátorom.

Budiaca súprava má diaľkový systém ovládania prostredníctvom riadiaceho systému DG (automatické zapnutie a vypnutie podľa režimu práce DG) a ovládanie z miesta (miestny ovládací panel na dverách rozvádzača budiacej súpravy pre účely primárnych skúšok elektrických ochrán a skúšok budenia).

Systém budenia je koncipovaný s dvomi prívodmi striedavej elektrickej energie.

Hlavný silový prívod je pripojený na statorové napätie generátora cez napäťový transformátor budenia.

Systém priameho budenia napájaný z budiaceho transformátora plní bezpečnostnú funkciu (napr. pri napájaní SZN), vďaka precíznemu nastaveniu a koordinácii elektrických ochrán v rozvode SZN sú zaistené krátke vypínacie časy pri skratoch.

Náhradný silový prívod 3 PEN 400V/50 Hz je navrhnutý na použitie pre účely primárnych skúšok elektrických ochrán generátora a skúšok budenia.

Silové prívody elektrickej energie – hlavný a náhradný – musia mať ističe na vstupe do skrine budenia so vzájomným mechanickým blokováním, aby sa zabránilo súčasnemu zapnutiu oboch napätí.

Na odpojenie usmerňovača od budiaceho vinutia sa musí používať stýkač, ktorý v spojení s prepäťovou ochranou a s vybíjajúcim odporom slúži na havarijné odbudenie stroja.

Tento režim sa používa pri zapôsobení elektrických alebo technologických ochrán, ktoré okamžite odstavujú DG.

Na prevádzkové odbudenie stroja (prevádzkové odstavenie DG) sa štandardne využíva invertorový režim usmerňovača budiacej súpravy, ktorý šetrí kontakty odbudzovača (plynulé beznárazové odbudenie).

Budenie generátora DG umožňuje prácu DG aj na tvrdej sieti. Synchronizácia generátora na tvrdú sieť je z panela na DGS. Vykonáva sa ručne alebo automaticky.

Pre zlepšenie charakteristiky nabudenia generátora DG a zvýšenie spoľahlivosti nabudenia je budiaca súprava vybavená obvodmi prvého nabudenia. Tie sú napájané samostatným prívodom s istením z akumulátorov 24 V DC DGS.

6.6.2.6.5.13 Rozvádzače striedavého prúdu 400V/50Hz

Hlavný úsekový rozvádzač DGS je napájaný z transformátora VS DG a DGS s prevodom 6/0,4 kV. Primárna strana transformátora VS DGS je napájaná zo systémovej rozvodne 6kV ZN II. kategórie – čiže v prípade núdzového štartu DG po zopnutí vypínača generátora z vlastného DG. Z hlavného úsekového rozvádzača sú potom napájané jednotlivé podružné rozvádzače.

Transformátor VS DGS, hlavný úsekový rozvádzač DGS spolu s vývodmi podružných rozvádzačov, z ktorých sú napájané dôležité striedavé spotrebiče DG a DGS, sú kvalifikované. Ostatné prevádzkovo nedôležité rozvádzače, resp. vývody, nie sú kvalifikované.

Celý proces štartu a nábehu DG na menovité parametre, nabudenie generátora a jeho pripojenie na rozvodňu ZN II. kategórie je možný iba s napätím 24 V DC z akumulátorových batérií DGS, nakoľko obnovenie napätia VS DGS 400/230 V AC nastane až po pripojení vypínača generátora DG na sekciu ZN II. kategórie. Spotrebiče DG, ktoré nie sú napájané z akumulátorov DGS sú poháňané priamo od motora DG (náhon od jeho rotujúcich častí).

Hlavným účelom silových rozvádzačov DGS napäťovej úrovne 400V/50Hz AC je zabezpečovať napájanie/chod nasledujúcich systémov DG a DGS:

- chladiaci systém,
- palivový systém,
- systém spúšťacieho vzduchu,
- systém mazacieho oleja

– systém vzduchotechniky

Tieto technologické systémy sú potrebné pre chod DG alebo pre jeho udržiavanie v horúcej rezerve (HR). Rozvádzače VS DG a DGS spolupracujú s riadením DG (ovládacie povely, spätné hlásenia, poruchová signalizácia).

Rozvádzače DGS sú v zásuvnom vyhotovení s vymeniteľnými typovými modulmi, ktoré musia mať možnosť mechanického prepnutia do pracovnej, resp. revíznej polohy.

Podľa typu vývodu/pohonu (čerpadlo, klapka, armatúra, stýkačový vývod) sú jednotlivé moduly zapojené a vyzbrojené.

Motorické vývody sú chránené kompaktnými motorickými ističmi, ktoré majú možnosť nastavenia tepelnej a nadprúdovej spúšte.

Prívodné pole každého rozvádzača je vybavené ističom s integrovaným nastaviteľným tepelným a nadprúdovým chránením.

Hlavné silové obvody rozvádzačov DGS majú medené zberne s čo najnižším počtom spojovacích bodov. Chladenie rozvádzačov je zabezpečené prirodzenou konvekciou.

Prívodné polia jednotlivých rozvádzačov DGS sú vybavené meraním napätia s možnosťou prepínania jednotlivých združených/fázových napätí silových zberných rozvádzača. V prívodných poliach sú takisto umiestnené obvody tvorby ovládacieho napätia vývodov, ktorým je takisto napätie 24 V DC z akumulátorových batérií DGS.

Dôležité spotrebiče DGS ako sú armatúry TVD, palivové dopravné čerpadlá, usmerňovače jednosmerného rozvádzača 24 V DC, vodné a olejové čerpadlá systému predhrievania DG (horúca rezerva), striedavé vývody pre budenie a elektrické ochrany a ostatné systémy DG, ktoré sú z dôvodu ich technologickej dôležitosti pre DG zdvojené, musia byť napájané z rôznych polí hlavného podružného rozvádzača, ktorý je elektricky rozdelený na dve rovnaké časti so samostatnými prívodmi z hlavného úsekového rozvádzača DGS.

6.6.2.6.5.14 VN rozvádzač DGS

Tento rozvádzač slúži na pripojenie káblov vyvedenia výkonu generátora DG na zaistenú sekciu II. kategórie VN, umiestnenie budiaceho transformátora generátora a meracích transformátorov prúdu a napätia vstupujúcich do elektrických ochrán, resp. do budiacej súpravy generátora. Rozvádzač VN DGS je kvalifikovaný, nakoľko slúži na umiestnenie budiaceho transformátora, prúdových a napäťových transformátorov pre budenie a elektrické ochrany, meracích prevodníkov parametrov generátora a pre vyvedenie výkonu DG na zaistenú sekciu VN v HVB.

Nula generátora spolu s prúdovými meničmi pre diferenciálnu ochranu generátora je vytvorená v priestore pod generátorom.

Jednotlivé polia VN – rozvádzača DGS sú odolné nielen voči skratovým silám ale aj voči elektrickému oblúku. Použitie zábleskových ochrán však nie je potrebné.

Skratové dimenzovanie rozvádzačov VN DGS je v súlade s výkonovou bilanciou DG a skratových pomerov v sieti VS MO34 [I.12].

6.6.2.6.5.15 Vypínač VN DG

Slúži na pripojenie DG na 6kV úsekové rozvádzače ZN II. kategórie. Z tohto dôvodu je kvalifikovaný. Povel na pripojenie vypínača vydáva nadradený systém SKR po splnení podmienky, že generátor DG je nabudený na menovité napätie a menovitú frekvenciu.

Príslušný DG sa pripája najneskoršie do 10 sekúnd od štartovacieho povelu.

6.6.2.6.5.16 Systém kontroly a riadenia (SKR) pre DG

Systém SKR DG musí spĺňať požiadavky [II.5].

Kritériá pre ostrý štart DG z nadradeného bezpečnostného SKR (SZB) sú dané v kapitole 6.6.2.5.2 „Podmienky automatického štartu DG“.

Všetky dôležité parametre a veličiny DG, resp. DGS, sú zaznamenávané digitálnym monitorovacím záznamovým zariadením. Monitorovacie zariadenia jednotlivých systémov DG sú medzi sebou navzájom spojené do siete s prepojením na informačnú sieť JE.

Proces rozbehu DG a pripojenia záťaže na zaistenú sekciu II. kategórie ZN prebieha automaticky.

Snímače technologických parametrov DG a DGS, ktorých výstupný signál vstupuje do technologických ochrán DG alebo ovplyvňuje prevádzkyschopnosť DG (vstupy pre prednostné technologické ochrany), sú kvalifikované pre použitie v JE a ich pôsobenie je realizované výberom 2 z 3.

Do blokovej dozorne sú privedené iba sumárne hlásenia o stave a poruchách daného DG.

Na BD JE sú vyvedené nasledovné analógové merania parametrov DG :

- činný (wattový) výkon generátora,
- napätie na výstupných svorkách generátora,
- prúd generátora,
- otáčky motora / frekvencia generátora DG.

Uvedené parametre DG sa získavajú na DGS z kvalifikovaných meracích prevodníkov, ktoré transformujú signály z meracích transformátorov prúdu a napätia, resp. z indukčných snímačov otáčok, na normalizovaný signál 4÷20 mA, prípadne počítajú odvodené elektrické veličiny.

6.6.2.6.5.17 Požiadavky na riadiaci systém DG a vlastnú spotrebu DGS

Riadiaci systém DG a vlastnej spotreby DGS je postavený na báze digitálnej riadiacej techniky, ktorá spĺňa požiadavky na hardvérovú a softvérovú kvalifikáciu pre použitie v JE.

Spĺňa teda požiadavky na kvalifikáciu riadiaceho systému DG podľa :

- STN IEC 60 980 (pre hardvérovú kvalifikáciu) [II.10]

- STN IEC 60 880 (pre softvérovú kvalifikáciu) [II.11].

Hlavnou úlohou RS DG a DGS je zber vstupných signálov, ich spracovanie a výstup požadovaných povelov na jednotlivé spolupracujúce systémy DG.

Vstupnými signálmi sú signály z nadradeného systému SKR (ESFAS), z blokovej dozorne JE, z dôležitých systémov DG (budenie a elektrické ochrany generátora) a parametre z technológie DG a DGS (teploty, tlaky, prietoky, hladiny, otáčky motora).

Výstupnými signálmi sú informácie zobrazované na interaktívnom paneli pre komunikáciu s obsluhou DG, povel na zapnutie budenia a regulácie napätia, povel na zapínanie, resp. vypínanie dôležitých pohonov v rozvádzačoch DGS, výstupy poruchovej a stavovej signalizácie, resp. hodnôt merania elektrických a neelektrických parametrov na BD.

Riadiaci systém DG poskytuje aj informácie pre servisný počítač, cez ktorý sa vykonáva programovanie a ukladanie rôznych dát do riadiaceho systému.

Riadiaci systém DG je rozdelený na :

- prednostnú časť zabezpečujúcu bezpečnostné funkcie DG (štart, pripojenie a chod) a
- prevádzkovú časť, ktorá zahŕňa bezpečnostne nedôležité funkcie riadenia DG a DGS (napr. horúca rezerva DG).

Obe časti riadiaceho systému sú navzájom oddelené - elektricky aj funkčne, aby v žiadnom prípade nemohlo prísť k vzájomnému ovplyvňovaniu prednostných (bezpečnostných) a prevádzkových (bezpečnostne nedôležitých) funkcií.

V prípade požiadavky na núdzový štart DG z nadradeného SKR (ESFAS) (DG je vo funkcii „normálna prevádzka“, alebo „práca v teste“) sú prevádzkové ochrany a prevádzkové ovládacie funkcie RS DG zablokované a v činnosti zostávajú iba prednostné bezpečnostné ochrany a funkcie.

Regulácia otáčok motora DG (regulácia frekvencie) a regulácia napätia generátora sú zabezpečené regulátorom otáčok motora DG a regulátormi napätia budiacej súpravy.

6.6.2.6.6 Väzby DG k dozorniam a na iné systémy

DG možno núdzovo naštartovať z BD a ND ručným zásahom obsluhy v prípade, ak automatický štart DG od straty napätia zlyhá. Pre účely skúšok DG so sieťou je možné prevádzkové naštartovanie a odstavenie DG z riadenia na DGS.

Trasa poruchovej signalizácie a ovládania DG z DGS na BD (ND) je kvalifikovaná a požiarne odolná.

Na BD a rovnako aj na ND sú vyvedené nasledovné merania :

- činný (wattový) výkon generátora,
- napätie výstupných svorkách generátora,
- prúd generátora,

- otáčky (frekvencia) motora (generátora) DG,
- stav VN – vypínača DG.

Rovnaké merania uvedené vyššie musia byť na prevádzkových aj bezpečnostných paneloch DG.

DGS (každý DG) je vybavený monitorovacím systémom s prenosom informácií (veličín, signálov) do informačného systému JE.

6.6.2.6.7 Spoľahlivosť

Všetky dôležité systémy a funkcie DG a DGS s vplyvom na bezpečnosť a spoľahlivosť DG ako núdzových zdrojov sú zálohované. Takisto sú kvalifikované pre použitie v JE. Všetky dôležité merania a ochrany DG sú realizované výberom, čo znižuje pravdepodobnosť falošného odstavenia DG a tým k jeho strate ako núdzového zdroja napájania. Takisto obvody štartu (ich elektrická aj technologická časť) sú zálohované.

6.6.2.6.8 Zásahy obsluhy

Režim „horúcej rezervy“ DG a ostrý štart DG v prípade straty napätia na zaistenej sekcii VN prebieha automaticky bez zásahov obsluhy. V prípade režimu skúšky DG so sieťou pri ručnej synchronizácii je potrebná činnosť obsluhy. Zásah obsluhy sa využije aj v prípade poruchového hlásenia z DG počas horúcej rezervy (odstránenie a potvrdenie poruchového hlásenia), resp. ak neprebehne automatický štart (núdzový ručný štart).

6.6.2.6.9 Technické zhodnotenie

V projekte sú adekvátne zohľadnené požiadavky na funkčnosť DG, požiadavky priemyselných štandardov a noriem platných v SR, požiadavky ÚJD SR a medzinárodných noriem, odporúčaní a štandardov – viď kapitola 2.9.1 v [I.4].

Technické riešenie DG pre MO34 takisto zohľadňuje technickú správu „Požiadavky na kvalitu jadrového zariadenia 3. a 4. bloku JE Mochovce“, kapitolu 3.2.11.2.4 „Vnútorne zdroje napájania VS – DG“.

Principiálne riešenie DG ako núdzových zdrojov JE takisto spĺňa požiadavky IAEA Safety standard series NS-R-1 Núdzové napájanie, kapitoly 6.88 a 6.89.

Kapitola „Kvalifikované systémy a komponenty DG a DGS“ popisuje potrebné technické riešenie najdôležitejších systémov a častí DG s vplyvom na jeho bezpečnosť a spoľahlivosť ako núdzového zdroja JE v zmysle požiadaviek dokumentu EUR 2001, kapitoly 2.7, časť 12 „Dieselgenerátory“.

Z ostatných noriem a priemyselných štandardov boli ako najdôležitejšie akceptované:

- STN IEC 60 980 (hardvérová kvalifikácia)
- STN IEC 60 880 (softvérová kvalifikácia).

ktoré platia pre riadiaci systém pri jeho použití v JE na bezpečnostných systémoch ako sú núdzové DG.

Bezpečnostné zdôvodnenie použitia technických riešení v projekte sa opiera o technické riešenia použité pri postupnej rekonštrukcii EBO12, modernizácii EBO34 a o technicko – bezpečnostné vylepšenia pre MO12.

Technické riešenie každej z kľúčových častí, resp. systémov DG, vychádza – ako to vyplýva z opisu kvalifikovaných systémov a komponentov v kapitole 5.5 - z nasledovných hlavných podmienok :

1. komponent, časť alebo celý systém DG dôležitý z hľadiska jadrovej bezpečnosti a prevádzkovej spoľahlivosti je kvalifikovaný pre použitie v JE (vrátane referencií z iných JE v SR) a má k dispozícii príslušné doklady o kvalifikácii,
2. pri softvérových systémoch DG dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti a prevádzkovej spoľahlivosti je vykonaná aj kvalifikácia softvéru,
3. komponent, časť alebo celý systém DG dôležitý z hľadiska jadrovej bezpečnosti a prevádzkovej spoľahlivosti je skonštruovaný redundantne, tzn. pri výpadku jednej jeho časti plnohodnotne preberá funkciu jeho záložná časť
4. pri bezpečnostne dôležitých kvalifikovaných meraniach veličín, ktoré vstupujú do ochrán a bezpečnostných funkcií DG, je zabezpečený výber signálu 2 z 3, aby sa tak zabránilo falošnému pôsobeniu týchto ochrán a zbytočným odstaveniam DG,
5. ochrany vypínajúce DG sú pri ostrom štarte z ESFAS zredukované na prednostné ochrany,
6. technické riešenia použité pre DG a DGS zohľadňujú požiadavky ochrany pred požiarmi,
7. garantovaná stredná doba poruchy kvalifikovaných systémov (MTBF).

6.6.2.6.10 Požiadavky na zabezpečenie bezpečnosti a spoľahlivosti DG

V projekte sú zohľadnené všeobecné požiadavky podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 – príloha č.3, časť B/I., písmeno M „Systémy elektrického napájania“ a písmeno L „Bezpečnostné a riadiace systémy“. Bod „L“ sa týka riadiaceho systému DG, bod „M“ sa týka ostatných častí DG a DGS, časť elektro.

V porovnaní požiadaviek v súčasnosti platnej vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 pre vybrané zariadenia (viď Príloha č. 3, časť B, č. I. - Všeobecné požiadavky na projekt jadrového zariadenia), a ich následné vyhodnotenie, je uvedené v kap. 6.6.8.

Všetky systémy a komponenty DG a DGS s podstatným vplyvom na bezpečnosť a spoľahlivosť DG ako núdzových zdrojov napájania bezpečnostných spotrebičov JE sú kvalifikované pre použitie v JE.

Spôsobilosť DG (motor a generátor) ako núdzových zdrojov napájania bezpečnostných spotrebičov JE elektrickou energiou je preukázaná prevádzkovým osvedčením a typovými skúškami.

Spôsobilosť DG včítane ich pomocných systémov, elektrickej časti a systémov kontroly a riadenia (SKR) bola preskúšaná prostredníctvom skúšobnej prevádzky na stavbe JE MO34 pred uvedením do prevádzky skúškami podľa schválených programov PKV a KV.

Všetky komponenty (systémy) DG a DGS s vplyvom na jadrovú bezpečnosť a spoľahlivosť DG ako núdzových zdrojov JE majú spracované plány kvality vybraných zariadení, ktoré pre tieto komponenty (systémy) predpisujú spôsob sledovania a vyhodnotenia procesu ich projektovania, prípravy výroby (výber a kontrola materiálov), výroby, skúšania po výrobe u výrobcu, podmienok dopravy a skladovania, montáže na stavbe, uvedenia do prevádzky a trvalej prevádzky v MO34.

Projektové a konštrukčné riešenia DG a jeho systémov umožňujú jednoduchú a rýchlu výmenu nefunkčných častí, resp. ich údržbu.

Doba technického života častí DG, ktoré nie sú počas prevádzky DG vymeniteľné, zodpovedá časovému odstupu plánovaných odstávok JE.

Motor DG má krivku medzného zaťaženia prispôsobenú typu záťaže podľa projektu pre MO34 [I.12]

Každý štart DG je zosnímaný digitálnym monitorovacím systémom DG, kde sa zaznamenávajú všetky dôležité parametre DG a DGS. V prípade zlyhania DG pri štarte alebo počas práce potom slúžia na zistenie príčin výpadku a sú podkladom pre prijatie technických, príp. systémových opatrení. Tento proces má takisto vplyv na bezpečnosť a spoľahlivosť DG. Výstupom z monitorovacieho systému DG sú protokoly o skúške.

V protokoloch zo skúšok DG sa ako obrazová príloha musia nachádzať minimálne záznamy priebehu otáčok motora (frekvencie), napätia generátora a činného výkonu. Zaznamenáva sa aj prúd generátora a stav vypínača DG a ostatné technologické parametre agregátu DG.

6.6.2.7 Systémy zaisteného napájania 4,5

6.6.2.7.1 Popis systému

SZN4 a SZN5 slúžia ako podporné napájacie systémy pre napájanie systémov súvisiacich s jadrovou bezpečnosťou (SSB) a systémov nedôležitých pre bezpečnosť (SNB), ktoré však zaisťujú všeobecnú bezpečnosť osôb a drahých zariadení. SZN 4,5 sú navrhnuté tak, aby plnili bezpečnostnú funkciu BTnap III a sú seizmicky odolné (SK 1a). SZN 4 a 5 sa skladajú zo sietí III/I. a III/II. kategórie a núdzových zdrojov.

SZN 4 a 5 napájajú riadenie, ovládanie, reguláciu a signalizáciu pohonov mazacích a tesniacich olejových čerpadiel oboch turbín a ďalších zariadení. Sú k nim tiež pripojené i spotrebiče slúžiace na zmiernenie následkov ťažkých havárií.

6.6.2.7.1.1 Sieť III/II. kategórie zaisteného napájania

Núdzový zdroj

Núdzovým zdrojom pre sieť III/II. kategórie sú dieselgenerátory SZN1 a SZN2

Rozvodná sieť každého SZN zahŕňa:

- transformátor
- úsekový rozvádzač 230/400 V, 50 Hz
- rozvod s podružnými rozvádzačmi
- káble, káblové konštrukcie

6.6.2.7.1.2 Sieť III/I. kategórie zaisteného napájania

Núdzovými zdrojmi týchto sietí sú batérie a UPS. Počas normálnej prevádzky sú batérie v režime trvalého dobíjania. Napájanie 220V DC spotrebičov je zabezpečené z 220V DC rozvádzačov pomocou ovládaných usmerňovačov.

Distribučná sieť každého SZN (220 V DC, 230/400V 50 Hz) sa skladá z nasledovného hlavného zariadenia:

- 2 ovládaných tyristorových usmerňovačov 800 A, 220 V DC
- 1 úsekového rozvádzača 220V DC
- 1 staničnej olovenej akubaterie 220 V DC
- 1 tranzistorového striedača 170 kVA, 400 V, 50 Hz
- 1 tranzistorový striedača 80kVA, 400V, 50Hz spoločný pre SZN 4 a 5
- 1 úsekového rozvádzača 230/400V 50Hz
- 1 úsekový rozvádzač spoločný pre SZN 4 a 5
- rozvod podružných rozvádzačov
- káble, káblové konštrukcie

6.6.2.7.2 Prevádzkové režimy

Prevádzkové režimy SZN 4,5 sú úzko spojené s prevádzkovými režimami SZN 1,2,3, ktoré sú popísané v kapitole 6.6.2.5.2.

6.6.2.7.2.1 Sieť III/II. kategórie zaisteného napájania

Normálna prevádzka bloku

Sieť III/II. kategórie ZN je prostredníctvom transformátorov napájaná zo siete II. kategórie ZN (popis prevádzkových režimov II. kategórie je v kapitole 6.6.2.5.2.1).

Režim straty napätia pracovných a rezervných zdrojov bloku

Činnosť siete III/II. kategórie ZN je v režime straty napätia pracovných a rezervných zdrojov bloku plne závislá na činnosti siete II. kategórie ZN.

6.6.2.7.2.2 Sieť III/I. kategórie zaisteného napájania

Normálna prevádzka bloku a normálna prevádzka siete III/I. kategórie zaisteného napájania

1. Rozvody 220V DC sú napájané z usmerňovačov pripojených cez transformátory 6/0.42 kV na VN rozvádzač svojho SZN. AC záťaže III/I. kategórie sú napájané prostredníctvom striedačov z úsekových rozvádzačov DC.
2. Akumulátorové batérie sú v režime trvalého dobíjania.
3. Pozdĺžne spojky prípojnic úsekových rozvádzačov 220V DC sú spojené v mínus póle. Pozdĺžne spojky prípojnic sú zapnuté.
4. Záťaže a rozvádzače s možnosťou napájania z nižšej kategórie sú napájané z III/I. kategórie

Normálna prevádzka bloku, zemné spojenie v systéme 220 V DC

Zistenie zemného spojenia v napájaní je možné počas prevádzky pomocou zapnutia/vypnutia jednotlivých vývodov záťaží s dvojitým napájaním medzi SZN alebo detekčným systémom usmerňovačov.

Strata napätia pracovných a rezervných zdrojov bloku, normálna prevádzka schémy III/I. kategórie.

Pri strate napájania z PNVS a RNVS, prechádza napájanie bez prerušenia na akubatérie. Následne DG prevezme záťaž (viď kapitola 6.6.2.5.2.1) a DG začnú dobíjať batérie.

Požiadavky na dobu vybíjania

Požiadavky na dobu vybíjania sú podobné ako pre SZN 1,2,3. SZN 4,5 sú (z funkčného a výkonového hľadiska) považované za dva podsystémy so vzájomným rezervným zdrojom.

Nabíjanie po vybití, skúšky kapacity batérií

Tieto režimy sú vybavené dvoma systémami s koncepciou vzájomnej rezervy.

V prípade potreby zrýchliť nabíjanie, predmetná batéria a jej usmerňovač môžu byť izolované od ostatných DC rozvádzačov (t.j. záťaže) rozpojením spojky prípojníc. To umožňuje, aby bola batéria nabitá s vyšším napätím (ako je povolené pre spotrebiče). Táto možnosť sa dá využiť pri údržbe batérie. V tomto režime sú záťaže napájané usmerňovačmi a batériou. Toto spĺňa podmienky kapitoly 6.6.2.5.2.1.

Je potrebné periodicky skontrolovať skutočnú kapacitu batérie, prednostne počas odstávok bloku pre výmenu paliva, ale nie pri každej odstávke. Frekvencia skúšok závisí od pokynov výrobcu. Ak je kapacita batérie alebo iné vlastnosti, týkajúce sa požadovaného času vybitia znížené na hranicu, t.j. riziko nedostatočného času vybitia podľa projektovaných požiadaviek, batéria sa musí včas nahradiť. Ohľadom tohto bol dodaný systém monitorovania kapacity akubaterií (viď kapitolu 6.6.5.3).

6.6.2.7.3 Technické zhodnotenie

6.6.2.7.3.1 Bilancie výkonu III/I. kategórie

Bilancie výkonu III/I. kategórie sú popísané v kapitole 6.6.2.5.3.2.

6.6.2.7.3.2 Bilancie výkonu III/II. kategórie

Bilancie výkonu III/II. kategórie sú popísané v kapitole 6.6.2.5.3.1

Základné zaťaženie vypočítané v týchto bilanciách výkonu [I.28] je použité na dimenzovanie DG (kapitola 6.6.2.5.3.3)

6.6.2.7.3.3 Dimenzovanie ASDT III/II. kategórie

Kontrola dimenzovania ASDT bola vypracovaná v [I.35]. Normálne zaťaženie transformátorov ASDT (počas prevádzkového režimu R2) je výrazne nižšie ako menovité výkony transformátorov. Preto sú hodnoty výkonu ASDT považované za dostatočné v porovnaní so spotrebou zariadení.

6.6.2.7.3.4 Ochranný systém v SZN 4,5

Časti II. a III/II. schémy systému VS spĺňa bezpečnostné funkcie (zariadenie je zaradené do BT). Preto je zdôraznená potreba zabezpečenia jadrovej a radiačnej bezpečnosti.

Systém ochrán v sieti I. a III/I. kategórie je navrhnutý na zníženie dopadu odchýlok napätia spôsobených elektrickými poruchami na prevádzku senzitívnych záťaží. Znamená to, že ťažké skratové prúdy sú v oblasti obmedzenia prúdov okamžite prerušené (v primerane dosiahnuteľnom rozsahu). Prioritná ochrana rozvádzačov DC a AC je zabezpečená interným ochranným systémom a obmedzovačmi usmerňovačov a striedačov. Tieto ochranné funkcie sú koordinované s ostatnými ochrannými prístrojmi (vypínače, poistky,...). Požadované ochranné funkcie ochranného systému a požiadavky voliteľnosti sú podrobne popísané v [I.35].

6.6.2.7.3.5 Dimenzovanie káblov

Kritériá dimenzovania káblov spolu so špecifickými požiadavkami dimenzovania prúdu záťaže sú v [I.45]. Tieto požiadavky boli použité pri dimenzovaní káblov.

6.6.2.7.3.6 Záver

1. Napájanie systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti (BS, SSB) sú v prípade PNVS a RNVS popísané v kapitole 6.6.2.5.
2. SZN 4,5 a ich zdroje spĺňajú požiadavky napájaných dôležitých spotrebičov ohľadom spoľahlivosti, vzájomnej nezávislosti, redundancie, kapacity, kvality výkonu, času prechodu SZN na núdzové zdroje, odolnosť voči okolitým podmienkam a seizmicite. Separácia a nezávislosť ohľadne dispozičného usporiadania (stavebne, požiarne) a usporiadaním elektrickej schémy i z hľadiska ovládania (silová a ovládacia kabeláž je oddelená) zaisťujú odolnosť voči jednoduchšej poruche.
3. Spotrebiče s nižšou dôležitosťou, ktoré sú napájané zo zdrojov a rozvodov špecifikovaných pre spotrebiče s vyššou dôležitosťou neznižujú funkčnú nezávislosť systému napájania, kapacitu a spoľahlivosť výkonu pod úroveň potrebnú na zabezpečenie bezpečnostných funkcií daného systému napájania.
4. DG sú zdroje napájania pre II. a III/II. kategóriu popísanú v kapitole 6.6.2.5.
5. Akumulátorové batérie sú schopné zabezpečiť napájanie spotrebičov III/I. kategórie na viac ako požadovaný čas.
6. SZN a jeho núdzové zdroje umožňujú vykonávanie kontrol a skúšok funkčnosti počas prevádzky bloku.
7. Opatrenia na zvládnutie a zotavenie sa z nadprojektovej havárie „Úplná strana napájania“ (SBO) sú popísané v kapitole 6.6.3.
8. Riešenia na podporu zmierňovacích opatrení pri SA sú popísané v kapitole 6.6.3.

Spolu s projektovými požiadavkami sú splnené aj požiadavky nasledovných technických štandardov:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových a.c. systémoch.
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov
- STN EN 60896 Staničné olovené batérie – časť 11: Odvzdušnené typy – Všeobecné požiadavky a metódy testov.
- STN 60076 Výkonové transformátory
- STN 61439 Nízkonapäťové rozvádzače
- STN 62271 Vysokonapäťové spínacie a riadiace zariadenia
- STN 60947 Nízkonapäťové spínacie a riadiace zariadenia

6.6.2.8 Systém zaisteného napájania 6

6.6.2.8.1 Technické zhodnotenie

Návrh systému zariadení SZN 6 primerane rešpektuje požiadavky využitia systému, požiadaviek priemyselných noriem a noriem platných v SR, požiadavky ÚJD SR a medzinárodné normy, odporúčania a štandardy.

Dimenzovanie hlavného zariadenia a jeho technické zhodnotenie je vypracované v nasledovných Výpočtových správach:

- Výpočtová správa – Bilancie výkonu I. a III/I. kategórie zariadení zaisteného napájania [I.29]
- Výpočtová správa - Dimenzovanie akumulátorových batérií [I.37]
- Výpočtová správa – Dimenzovanie DC a AC UPS [I.38]

Návrh je v súlade s nasledovnými technickými normami:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC.
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov .
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN EN 60896 Staničné olovené batérie – časť 11: Odvzdušnené typy – Všeobecné požiadavky a metódy testov.
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov
- STN 60076 Výkonové transformátory
- STN 61439 Nízkonapäťové rozvádzače
- STN 60947 Nízkonapäťové spínacie a riadiace zariadenia

6.6.3 OPATRENIA PROTI BDBA V ELEKTRICKÝCH SYSTÉMOCH

Nadprojektové havárie (BDBA) vznikajú pri kombinácii porúch na zariadeniach JE, pri kombinácii porúch v rámci havárií úvodného projektu.

Uvažovaná koncepcia dodatku ÚP a riadenie SA zahŕňa:

- Zásady prevencie SA. Preventívne opatrenia by mali minimalizovať predpoklad, že BDBA (napr. SO) sa vyvinie do SA. Preventívne opatrenia by mali zaistiť, že je JE schopná zvládnuť nadprojektovú haváriu.
- Zásady zmierňovania následkov SA. Zmierňovacie opatrenia zahŕňajú skoré a dlhodobé opatrenia riadení SA.
- Dôraz na robustnosť vo všetkých úrovniach zásad bezpečnosti DID.

Bezpečnostné funkcie zabezpečené elektrickými systémami sú založené na nasledovných zásadách:

1. Flexibilita. Budú vybrané vhodné ACC zdroje a napájanie po zhodnotení špecifickej havarijnej situácie. Návrh poskytuje sériu vonkajších a vnútorných ACC zdrojov a príslušných napájacích rozvodov.
2. Dimenzovanie a ochrana ACC siete (zdroje, rozvody) proti extrémnym vonkajším nebezpečenstvám, seizmicita, fyzická ochrana atď. Hladina odolnosti je odlišná od normálneho priemyselného riešenia (vonkajšia sústava ACC, VVN vedenia,...) na spevnené budovy a zariadenia (rozvody v budove JNR, hlavný výrobný blok, mobilná DGS, spoločná DGS).
3. Kombinácia stabilných systémov a mobilných zdrojov napájania.
4. Možnosť funkčného oddelenia medzi systémami napájania (zdroje a rozvody) určené na prevenciu SA a zmierňovanie následkov SA.

Koncepcia návrhu a bezpečnostné opatrenia pre riadenie nadprojektových havárií a ťažkých havárií sú v dokumente [I.19] „Všeobecná koncepcia návrhu pre implementáciu opatrení Zátťažových testov.“

Zdroje elektrického napájania pre zvládnutie a zmierňovania BDBA (SBO, SA) sú kombináciou interných a externých AAC zdrojov. Vnútorne zdroje môžu byť mobilné (mobilné DG, mobilné čerpadlá) alebo stabilné (spoločný DG).

6.6.3.1 Sieť AAC

Elektrické systémy navrhnuté pre post Fukušimské definície a scenáre SBO a SA sú vypracované zo systémov napájania z pôvodných ÚP WP04.1. podrobný popis opatrení na predchádzanie a zmierňovanie SBO a SA sú v [I.16].

AAC sieť zahŕňa pôvodné zdroje napájania a rozvodov (SZN, atď.) s výrazne zvýšenou mohutnosťou berúc do úvahy ťažšie podmienky (extrémne environmentálne podmienky [I.61], seizmická odolnosť) a sú pridané aj nové podsystémy. AAC sieť využíva kombináciu stabilných AAC zdrojov a mobilných AAC zdrojov.

AAC sieť (kategorizovaná do SSB) je navrhnutá na plnenie bezpečnostných funkcií BTnap III a je priradená do seizmickej podkategórie 1a.

6.6.3.1.1 Spoločný SZN S

Tento systém je spoločný pre oba bloky MO3,4 a u funkčného hľadiska je súčasťou AAC siete (viď [I.18]).

SZN S spĺňa bezpečnostné funkcie BTnap III. Systém je zaradený do SK 1a (seizmický).

6.6.3.1.1.1 Prevádzkové režimy SZN S

Hlavné prevádzkové režimy SZN S sú:

- R-N : Normálna prevádzka (režim za normálnej prevádzky, alebo napájanie MO34 z rezervného zdroja)
- R-I : Prepojovací režim (typicky zabezpečuje prepojenie príslušného DG do inej sekcie zaisteného napájania cez sieť AAC sieť - VN káblové prepojenia).
- R-S : Ostrovný režim - SZN je odpojený od normálneho, alebo alternatívneho zdroja a je napájaný z SDG.
- R-T : testovací režim SDG - SDG je manuálne naštartovaný a dočasne pripojený do nezaťaženej sekcie. Spotrebiče jeho vlastnej spotreby sú napájané z normálneho zdroja napájania (zodpovedajúce režimu R-N).
- R-P : paralelný testovací režim SDG - SDG je naštartovaný ručne a dočasne prevádzkovaný paralelne so sieťou rezervného napájania.

Normálna prevádzka:

Počas normálnej prevádzky je spoločný SZN napájaný pracovným prívodom zo siete RNVS. DG nepracuje, avšak spolu s celým spoločným SZN je pripravený na plnenie bezpečnostnej funkcie.

Funkciu spoločného SZN je však potrebné počas prevádzky bloku pravidelne skúšať. Uvažuje sa raz za mesiac preveriť štart DG s krátkodobým chodom naprázdno a periodicky na dobu stanovenú LaP preveriť menovitý výkon DG prífázovaním do siete RNVS.

Havarijné stavy :

Popis využitia DG pre SZN S pri riešení havarijných stavov je uvedený v kapitole 6.6.3

6.6.3.1.2 SZN T

Tento systém (zvaný SZN T) je nový v rozsahu implementácie opatrení záťažových testov v ÚP MO 3,4. Primárne slúži na elektrické pripájanie mobilného DG.

SZN T je zriadený na každom bloku MO 3,4 a z funkčného hľadiska je súčasťou AAC siete (viď [I.18]). Je určený na elektrické napájanie systémov používaných na nadprojektové podmienky.

SZN T spĺňa bezpečnostné funkcie BTnap III. Je zaradený do SK 1a (seizmický).

SZN T sa skladá z nasledovného hlavného zariadenia (viď obrázok nižšie):

- Nezávislého mobilného dieselgenerátora. Budova seizmického krytu chráni mDG proti vonkajším mechanickým vplyvom. Samotný mobilný DG je schopný odolať extrémnym environmentálnym podmienkam, ktoré sú uvedené v [I.61].
- Úsekový rozvádzač 0,4 kV
- Rozvádzač slúži na export výkonu mDG
- Rozvádzač rozhrania

6.6.3.1.3 Technické zhodnotenie AAC siete

Návrh spoločného systému núdzového napájania primerane rešpektuje požiadavky využitia systému, požiadaviek priemyselných noriem a noriem platných v SR, požiadavky ÚJD SR a medzinárodné normy, odporúčania.

Technické zhodnotenie AAC siete bolo vypracované najmä ako súčasť Dodatku úvodného projektu 0048 [I.16]. Dolu sa nachádza popis hlavných kategórií:

6.6.3.1.3.1 Bilancie záťaže II. a III/II. kategórie zaisteného napájania v režime SBO

Dokument [I.24] obsahuje výpočty bilancie záťaže II. a III/II. kategórie. Požadovaný výkon zo spoločného DG alebo iných AAC zdrojov je v tomto dokumente popísaný pre typické scenáre SBO a SA.

6.6.3.1.3.2 Kontroly záťažovania spoločného DG

Kontrola dynamického záťažovania spoločného DG bola vykonaná na základe bilancie výkonov uvedených v kapitole 6.6.3.1.3.1 a v [I.25].

Boli analyzované projektové požiadavky na schopnosť dynamickej záťaže a odchýlok U a f.

Tieto požiadavky musia byť splnené počas rozbehu 6kV motora s definovanými parametrami a už zaťaženého DG.

Definované požiadavky sú splnené.

6.6.3.1.3.3 Dimenzovanie nového mobilného DG

Kontrola dimenzovania mobilného DG bola vytvorená na základe požiadaviek na zvládnutie SBO a SA v dokumente [I.26]. Dimenzovanie DG bolo zhodnotené ako dostatočné pre ustálený stav a taktiež na prechodové zaťažovanie.

6.6.3.1.3.4 Záver

AAC sieť je schopná splniť nasledovné hlavné požiadavky z vyššie uvedených informácií:

- Prevádzková schopnosť pri výskyte a počas nadprojektových havárií.
- Schopnosť spustenia aj toho najväčšieho spotrebiča s predpokladaným využitím pri riešení situácií týkajúcich sa nadprojektových havárií.

Spolu s požiadavkami projektu sú taktiež splnené aj požiadavky nasledovných technických noriem:

- STN 330120 Normalizované napätia IEC
- STN 332000 Elektrotechnické predpisy. Elektrické zariadenia. Elektrické inštalácie budov
- STN 333015 Zásady dimenzovania podľa elektrodynamickej a tepelnej odolnosti pri skratoch
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách
- STN 333051 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- STN 341610 Elektrický silnoprúdový rozvod v priemyselných prevádzkach
- STN 381120 Vlastná spotreba tepelných elektrární a teplární
- STN 381754 Dimenzovanie elektrického zariadenia podľa účinkov skratových prúdov.
- STN 60034 Točivé elektrické stroje
- STN 60076 Výkonové transformátory
- STN 61439 Nízkonapäťové rozvádzače
- STN 62271 Vysokonapäťové spínacie a riadiace zariadenia
- STN 60947 Nízkonapäťové spínacie a riadiace zariadenia

6.6.4 NAPÁJANIE SYSTÉMOV KONTROLY A RIADENIA

Systémy kontroly a riadenia sú napájané najmä z SZN (1,2,3 alebo 4,5) vid' kapitoly 6.6.2.5 a 6.6.2.7. Kvôli vysokým požiadavkám na nepretržitosť a kvalitu napájania (vysoká „dôležitosť“ spotrebičov, v zmysle DUL-T a BTnap, vid' kapitolu 6.6.2.2.1) sú systémy SKR napájané z rozvodu I. kategórie alebo III/I. kategórie zaisteného napájania.

Existuje niekoľko typických usporiadaní napájania:

Zát'aže/rozvody s dvojitém elektrickým napájaním.

Systém sa používa:

- v SZN 1,2,3 (jeden výstup z 400/230 V AC ÚR, druhý z 220 V DC ÚR)
- medzi SZN 4 a 5 (jeden výstup z 400/230 VAC ÚR, druhý z 220 V DC ÚR)
- medzi SZN bloku 3 a 4 (pre spoločné systémy SKR).

Zát'aže/rozvody s dvojitém elektrickým napájaním rovnakého napätia.

Oba prívody týchto spotrebičov môžu byť napájané z AC (400/230V) alebo z DC (220V) prípojnic. Tento typ sa často používa pri záťažiach napájaných zo striedačov SZN 4 a 5.

Zát'aže/rozvody s jednoduchým elektrickým napájaním.

Prívod je napájaný z AC (400/230V) alebo z DC (220V) prípojnice.

Zát'aže/rozvody s trojitým elektrickým napájaním.

Toto špeciálne napájanie využíva tri prívody.

Následne je použitých niekoľko modifikácií vyššie uvedených základných typov elektrického napájania. Výkres [I.60], list 1-5 (napájanie SKR - jednopólová schéma) poskytuje podrobnejšie informácie.

6.6.5 Hlavné zásady riadenia, signalizácie a merania elektrických systémov

Táto kapitola popisuje hlavné zásady riadenia, meraní a signalizácie elektrických systémov. Bezpečnostná trieda tohto riadiaceho systému je odvodená od BT riadených zariadení.

6.6.5.1 Ovládanie schém elektrických systémov JE

Elektrické systémy a elektrická schéma JE sú riadené cez elektrické činné elementy ako:

- Vstup alebo výstup vypínačov rozvádzačov, spínačov, stýkačov atď.
- Prechodové skrine, transformátory, striedače a pod.

Elektrické akčné členy by mali byť riadené (prípad po prípade, ako kombinácie a vo vzťahu k prevádzkovým režimom):

- Miestne ručne, priamo na činnom elemente (v rozvádzači, prenosovom boxe, atď).
- Diaľkovo ručne cez TSO z prístrojov SKR, alebo elektrické alebo technologické miestne ovládacie panely.
- Diaľkovo automaticky cez TSO zo systémov SKR, elektrických automatík alebo technologických automatík.
- Vybrané elektrické výkonové elementy sa dajú vypnúť alebo zapnúť z ochrán (elektrických alebo technologických) alebo z iných blokad a funkcií.

TSO znamená TYPOVÉ SCHÉMY OVLÁDANIA, ktoré zabezpečujú všetky potrebné linky na riadenie, signalizáciu a meranie jednotlivých činných elementov (vstupy a výstupy rozvádzačov, prechodové skrinky, atď.) a taktiež napojenia na iné TSO. Riadenie a signalizácia medzi elektrickými prístrojmi a systémami SKR sú vykonávané cez kovové spojenia, povel zo systému SKR k prístrojom ELE je pomocou povelových relé.

Hlavné riadiace body diaľkového ovládania elektrických aktuátorov sú:

- Dozorne: BD - bloková dozorňa 3 a 4 bloku, ND – núdzová dozorňa 3 a 4 bloku, dozorňa elektrického dispečingu v UED, SD (CCR) - spoločná nebloková dozorňa
- Elektrický miestny ovládací panel.
- Technologické miestne ovládacie panely.

V dozorniach (bloková a núdzová) sa používa niekoľko typov riadení a signalizácie:

- PRACOVISKÁ OPERÁTOROV

pre normálne prevádzkové režimy, kde sa operátorovi poskytujú všetky možné informácie

- PANEĽY ZÁLOŽNÉHO RIADENIA

Úlohou a poslaním Panelov záložného riadenia (BKP) je poskytnúť operátorovi záložné informácie a riadiaci panel s vysokým stupňom dostupnosti a spoľahlivosti. BKP sú určené na používanie najmä v špeciálnych, neštandardných alebo abnormálnych prevádzkových režimoch a pre niektoré špeciálne alebo pohavarijné prevádzky. Ak sú pracoviská operátorov k dispozícii, záložné panely by mohli byť použité ako krížová kontrola grafických riadiacich monitorov (konvenčný prehľadový nástroj). Hlavná funkcia BKP na núdzovej dozorni je manipulácia potrebná na bezpečné odstavenie bloku a udržiavanie bezpečného stavu pri odstavení.

6.6.5.1.1 Systémy SKR používané pre ovládanie elektrických aktuátorov

Bezpečnostný systém SKR

Týmto systémom sú riadené vybrané elektrické aktuátory SZN 1,2,3,4,5 v prípade straty napätia 6kV rozvádzača na zabezpečenie podpäťového vypínania a funkcií automatiky postupného spúšťania DG (APS). Pre popis prevádzkových režimov SZN 1,2,3,4,5 a APS vid' kapitolu 6.6.2.5

SKR týkajúci sa bezpečnosti

Týmto systémom sú kontrolované vybrané elektrické aktuátory SZN S v prípade SA alebo SBO. Pre prevádzkové režimy SZN S a SZN T vid' kapitola 6.6.2.5.

Systém SKR týkajúci sa bezpečnosti & PAS systém SKR netýkajúci sa bezpečnosti

Pomocou týchto systémov sú riadené vybrané elektrické aktuátory v normálnych prevádzkových režimoch.

Systém SKR na ústrednej dozorni.

Pomocou týchto systémov sú riadené vybrané spoločné a RNVS elektrické aktuátory v normálnych prevádzkových režimoch.

6.6.5.1.2 Elektrické automatiky používané pre ovládanie elektrických aktuátorov

- **TSA pre hlavné komponenty ako:**
 - ZVN rozvodňa vrátane vedenia bloku
 - Blokový transformátor
 - Pracovný transformátor vlastnej spotreby (vrátane ovládania napätia)
 - Generátor
 - Výkon generátora a neutrál
 - Budenie generátora (vrátane ovládania napätia)
 - Generátor
 - Rezervný transformátor vlastnej spotreby
- **CAB - Centrálne automatiky bloku, ktoré zahŕňajú:**
 - Automatiky vypínania vypínača ZVN (AVV400)
 - Automatika straty napätia, ktorý spúšťa VN AZR rozvádzača
- **III. kategória 6kV rozvádzača - automatiky APV a AZR spustené z CAB a automatického spätného skoku**
- **SZN-S 6kV rozvádzač - automatiky APV a AZR spustené ručne alebo pri LOP na 8BDH a automatickom spätnom záskoku, (ktorý prenáša napájanie 8BDH z CDG do RNVS).**
- **0,4kV úsekový rozvádzač - automatiky APV a AZR spustené LOP na úsekovom rozvádzači, vid' prílohu schémy [IV.4] .**
- **0,4kV rozvádzač - automatiky AZR (len pre vybraný podružný rozvádzač).**

Všetky automatiky na rozvádzačoch sú implementované do TSO.

Technologické automatiky používané pre riadenia elektrických aktuátorov

- **Technologická automatika DGS,**
ktoré zabezpečujú riadenie a ochranu štartu DG, jeho chod, testovanie atď.
Pre podrobnejší popis vid' kapitolu 6.6.2.6 .
- **Technologická automatika spoločnej DGS,**
ktoré zabezpečujú riadenie a ochranu štartu DG, jeho chod, testovanie
- **Technologická automatika mobilnej DGS**

6.6.5.2 Meranie a signalizácia

Meranie a signalizácia poskytujú informácie spätnej väzby:

- Stav prístrojov elektrickej schémy
- Signalizácia spustenia alebo odpojenia
- Elektrické parameter alebo iné parameter (teplota...) meraných hodnôt
- Signalizovanie porúch prístrojov jednotlivo alebo sumárne

Tieto merania a signalizácie môžu taktiež slúžiť ako vstupy do ovládacích logík, technologické automatiky alebo môžu byť zapracované do alarmov.

Signály sú vzaté z TSA, TSO alebo priamo z elektrických zariadení alebo nepriamo z riadiacich systémov a automatík:

- Spätná signalizácia do SKR využitím suchých kontaktov alebo zo spínačov multifunkčných relé (MFR).
- Pre meranie elektrických hodnôt môžu byť vedené priamo alebo použitím prevodníkov.

Na termináloch blokových dozorní, alebo ovládacích paneloch sú zobrazené požadované základné informácie o zariadeniach. Na displejoch pracovísk, na zjednodušených mnemo schémach zariadení alebo elektrických schém môžu byť zobrazené hodnoty napätí, prúdov, výkonu, frekvencie ako aj stavy vypínačov atď. vo vybraných režimoch.

Celý rozsah signálov medzi ELE a SKR je zozbieraný v Zozname riadiacich okruhov - LCC a v Zozname okruhov merania - LMC, kde sú dané všetky parametre signálu, identifikačný kód signálu, názov vstupného a výstupného zariadenia, klasifikačné a kvalifikačné parametre, prahové úrovne atď.

6.6.5.3 Diagnostické systémy elektrickej časti

Diagnostický systém elektrickej časti (DSE).

DSE je navrhnutý ako oddelený systém obsahujúci zbierku prevádzkových a poruchových údajov elektrického zariadenia systému napájania VS 3. a 4. bloku vyvedenia výkonu JE.

Účelom DSE je sledovanie spoľahlivosti elektrických zariadení počas rôznych prevádzkových režimov, ľahšiu identifikáciu porúch, ich zhodnotenie a distribúciu informácií o podmienkach elektrických zariadení. Taktiež zabezpečuje informácie napomáhajúce pri zisťovaní prameňov porúch a umožňuje zabrániť opakovanému výskytu podobných porúch.

DSE je nie bezpečnostný systém (NS), bezpečnostná trieda BT N. (podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4]).

Neseizmický SK 2b

Údaje pre DSE sú brané z TSA, TSO alebo priamo z elektrického zariadenia a nepriamo cez systémy SKR. Na rozdiel od rozhrania ELE/SKR, pre toto rozhranie nebolo striktné požadované metalické hardvérové prepojenie, preto tieto dáta môžu byť prenášané taktiež po zbernici.

Monitorovací systém kapacity akubaterií

Monitorovací systém kapacity batérií poskytuje „dohľad“, aby boli batérie plne pripravené plniť bezpečnostné funkcie. Zahrnuté signály sú klasifikované ako BT N (podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [II.25], ako aj v porovnaní v súčasnosti platnou Vyhláškou ÚJD SR č. 430/2011 [II.4]). Snímače napojené priamo na batérie majú kategorizáciu zhodnú s BT kategorizáciou systému sledovanej batérie. Taktiež sa vyžaduje, aby boli funkcie, ktoré tento systém vykonáva, dostupné počas a po seizmickej udalosti, preto je zabezpečené seizmologické zaradenie 1a (SK 1a).

Operátor bude mať podrobné informácie o zostávajúcej kapacite a zostávajúcom čase vybitia (skratové napätie) každého balíka batérie, a tak bude mať lepšiu možnosť pripraviť blok bez merania a diaľkového riadenia.

6.6.6 UZEMNENIE A OCHRANA PRED PREPÄTÍM

Uzemnenie a ochrana proti bleskom MO 3,4 je navrhnutá v súlade s príslušnými normami a nariadeniami:

- STN 33 2000-4-41
HD 384.4.41 a modifikovaná verzia medzinárodnej normy IEC 60364-4-41
- STN 33 2000-5-54
HD 384.5.54 a modifikovaná verzia medzinárodnej normy IEC 60364-5-54
- STN EN 62305-1,2,3,4 eqv. EN 62305-1,2,3,4, označenie IEC 62305-1,2,3,4
- STN IEC 60050-195 - (Medzinárodný elektrotechnický slovník)

Zabezpečuje ochranu proti elektrickému šoku, ochranu proti blesku, prepätiam, EMC a zabezpečuje stabilizáciu úrovne napätia pre správne podmienky na prevádzku elektrického a SKR zariadenia.

Skladá sa z uzemňovacích prstencov, na ktoré sú napojené vnútorné ekvipotenciálne uzemnenia bleskozvodov budov. Jednotlivé okruhy zemnenia napojené na hlavnú sieť uzemnenia tvoria celkovú silovú sieť uzemnenia.

6.6.6.1 Hlavná uzemňovacia sieť

Hlavná sieť uzemnenia EMO má prevádzkovú funkciu (t.j. správna prevádzka elektrických zariadení), ochrannú funkciu (t.j. ochrana proti elektrickým šokom, prepätie a bleskozvod) a signálové uzemnenie (konceptia mriežkovej siete).

Sieť je navrhnutá ako mriežkový systém s otvormi s veľkosťou približne 100x100m spojené s obvodovými uzemneniami jednotlivých SO. Mriežkovité otvory hlavnej siete uzemnenia sú pod vyvedeniami VVN a ZVN a v oblasti rozvodne menšie. Ochranné a prevádzkové uzemnenia sú napojené na hlavnú sieť uzemnenia. Je to sieť navrhnutá tak, aby spĺňala všetky účely uzemnenia a slúži pre všetky rozvážacie systémy na lokalite Mochovce.

Systém uzemnenia používa prirodzené ako aj umelé štruktúry uzemnenia. Úloha prirodzených štruktúr uzemnenia je vykonaná najmä podzemnými časťami oceľových štruktúr zaliatych betónom a vystuženej ocele

používané pre betónové základy. Ako umelý materiál pre uzemnenie je použitý pás FeZn alebo kruhový vodič, alebo pozinkované tyče.

Systém uzemnenia EMO 1,2 je v prevádzke a spĺňa bezpečnostné požiadavky podľa noriem STN. Systém uzemnenia EMO 3,4 je integrovaný so systémom EMO 1,2. Celková plocha a dĺžka pásov uzemnenia bude dlhšia.

Podrobná kontrola systému uzemnenia EMO 3,4 bola vykonaná vo Výpočtovej správe - Dimenzovanie systému uzemnenia [I.64]. Dokument obsahuje základné výpočty systému uzemnenia a dokazuje, že dimenzovanie EMO 3,4 je v súlade s EN 50522.

6.6.6.2 Uzemnenia budov

V súlade s STN EN 62305-3 a STN 33 2000-5-54 sa systém uzemnenia skladá z FeZn 30x4mm obvodového prstenca uzemnenia mimo chránených SO v podlaží, v hĺbke $0,6 \div 0,8$ m vzdialenosti 1 m od vonkajšieho múru budovy, alebo nižšie v prípade tranzitu existujúcich komunikácií a sietí. Pokládka v zemi je pokrytá dobre vodiacou zeminou, takže zemiaci odpor neprekročí 2Ω .

Na prstenec uzemnenia sú napojené ochranné a funkčné uzemnenia elektrického zariadenia a ochranné uzemnenie technologického zariadenia cez priechodky na ekvipotenciálny spájací vodič v budove.

6.6.6.3 Vnútorne ekvipotenciálne uzemnenia v budovách

Hlavné vnútorné ekvipotenciálne uzemnenie v budovách je vykonané v súlade so STN 33 2000-4-41 a STN EN 62305-1,2,3,4. Ak je potrebné, jestvuje aj dodatočné ekvipotenciálne uzemnenie v oblastiach so zvýšeným nebezpečenstvom poranenia elektrickým prúdom (elektrický šok), v spojení s určením základných vlastností prostredia.

Vnútorne ekvipotenciálne uzemnenie taktiež spĺňa zásady špecifikované v návrhu EMC koncepcie [I.62].

6.6.6.4 Špeciálna sieť uzemnenia

Niektoré systémy si vyžadujú, okrem normálneho ochranného/funkčného uzemnenia aj špeciálnu polomerovú sieť uzemnenia s nízkym zemiacim odporom na zabezpečenie rovnakého potenciálu pre pracovné uzemnenie všetkých zariadení. Vyžaduje sa, aby zemiaci odpor tejto špeciálnej siete nepresiahol 1Ω . Špeciálny systém uzemnenia je naviazaný na hlavné uzemnenie v jednom bode.

6.6.6.5 Uzemnenie rozvodní ZVN a VVN

V VVN staniciach sú všetky kovové časti rozvážacej siete napojené na sieť uzemnenia. Zariadenie, ktoré môže byť zdrojom jednofázového skratového prúdu je napojené na sieť uzemnenia najmenej dvoma spojeniami (káblami), každý z nich je napojený na odlišné miesto systému uzemnenia. Hlavné oceľové štruktúry sú napojené na sieť uzemnenia dvoma pásmi a ovládacie skrinky a káblové lávky sú napojené na sieť uzemnenia cez pás FeZn 30x4mm. Okolo oblastí, ktoré slúžia na ovládanie a prevádzku zariadenia je vytvorené periférne uzemnenie pomocou zemniaceho vodiča. Pri kombinovaných prístrojových transformátoroch a bleskoistiak bude sieť uzemnenia zahustená na maximálne rozmery siete 2x2xm.

6.6.6.6 Ochrana proti bleskom a prepätiam

Všetky budovy/stavebné objekty EMO 3,4 sú chránené bleskozvodmi a proti iným škodlivým vplyvom atmosférickej elektriny. Ochrana je spomenutá v zmysle STN.

Podľa charakteru použitia budov/stavebných objektov (SO) podľa analýzy v STN EN 62305-2 boli stanovené úrovne bleskozvodov - triedy LPL pre každý SO. Systém bleskozvodov - LPS sa skladá z dvoch častí, vonkajšej a vnútornej:

- Vonkajší LPL: na budovách/stavebných objektoch a na niektorých zariadeniach sú nainštalované zachytávacie prístroje (bleskoistky) tak, aby zabezpečovali maximálny rozsah zachytávania bleskov na budovách chránených SO. Dispozičné riešenie a počet zvodíčov je daný ochrannými triedami LPL, rozmermi plošiny, tvaru a výšky strechy budovy. Okrem zvodíčov sa používajú aj kovové štruktúry budov ako havarijné zvodíče.
- Vnútorň LPS: podľa STN EN 62305-3 sú všetky kovové prístroje, potrubia, rebríky a iné kovové štruktúry umiestnené v budove elektricky spojené s ekvipotenciálnym zemniacim systémom budov, aby bolo zabezpečené, že počas úderu blesku systém zabráni škodlivým vplyvom alebo indukovanému výboju (výbuch, požiar, havária, poškodenie atď.).
- Pri internom LPS sa taktiež berú do úvahy všetky požiadavky EMC a EMI špecifikované dokumentmi „konceptie EMI“.
- Kvôli požiadavkám STN a koncepcie EMS, sa používa aj systém ochrán prepätia, ktoré sú nainštalované v postupnom funkčnom princípe na rozličných úrovniach elektrickej schémy podľa ochranných zón LPS. Podmienky selektivity s elektrickými ochranami systému VS sú zabezpečené.

6.6.7 KABELÁŽ

Kabeláž musí spĺňať pravidlá „Zásad kabeláže“ platné pre EMO 3,4.

„Zásady kabeláže“ sú uvedené na úrovni ÚP.

ÚP obsahuje základné požiadavky na projektovanie, dodávku, trasy a vedenie káblov patriacich k technologickej, SKR alebo dodávke stavebného inžinieringu; ich plnenie je dôležité na zabezpečenie spoľahlivosti a bezpečnosti jadrovej elektrárne.

Existujú špecifikované a požadované technické vlastnosti káblov, ktoré sa majú použiť, ich kladenie vzhľadom k požiarnej ochrane, opatrenia, ktoré by spĺňali požiadavky EMC (kritériá oddelenia), vzájomné oddelenie káblov jednotlivého SZN (separačné kritériá zabezpečujúce nezávislosť) atď.

Hlavné kritériá, ktoré definujú „Zásady kabeláže“ požiadavky na každom kábli sú:

- Klasifikačné a kvalifikačné kritériá týkajúce sa káblov
- Funkčné požiadavky na kábel
- EMI, EMC a SKR požiadavky na káble
- Umiestnenie a okolie, kadiaľ kábel vedie

6.6.7.1 Typy kabeláže používané na EMO 3,4 z hľadiska požiarnej ochrany

Obmedzenie použitia káblov s PVC izolovaním:

Všeobecne sú všetky káble v oblasti EMO 3,4 odolné voči šíreniu plameňov alebo sú odolné voči požiaru. PVC káble sú ojedinele používané iba v špecificky odôvodnených prípadoch, ak je to potrebné na základe lepších fyzických vlastností káblov (káble priamo uložené v zemi, špeciálne zavedenie) a v špeciálnych prípadoch).

Káble odolné voči šíreniu plameňov:

- riadia sa skúškami pre ohraničené šírenie plameňov podľa STN EN 50266-2-2 (IEC 60332-3-22, kat. A), neobsahujú halogénové zložky a dym, ktorý vzniká pri ich horení je redukovaný (používajú sa pre spotrebiče a rozvody SSB a SNB).

Káble odolné voči požiaru (ktoré spĺňajú kritéria funkčnosti v prípade požiaru podľa STN IEC 60331) sú používané:

- Pre systémové káble bezpečnostných divízií (BS 1,2,3 spotrebiče a rozvody)
- Pre rozvody núdzového osvetlenia v celej oblasti EMO 3,4
- Káble pre zariadenia požiarnej bezpečnosti v celej oblasti EMO 3,4

Poznámka: Kábel, ktorý nespĺňa požiadavky požiarnej odolnosti môže byť použitý len vo výnimočnom prípade, ak je overené a zdokumentované, že káble s predpísanými technickými parametrami nie je vyrobený ako odolný voči požiaru. Toto je prípad VN káblov (stredného napätia), pretože STN IEC 60331 pokrýva len káble do 0,6/1 kV (NN) na jednej strane a tam, kde nie sú žiadne technologické možnosti priemyselne vyrobiť takýto kábel, na strane druhej. Preto sú káble VN (6/10kV) sú odolné len voči šíreniu plameňov.

6.6.7.2 Výber káblov podľa environmentálnych podmienok

Káble sú vybrané, aby boli schopné odolať voči vplyvom prostredia v takých oblastiach, kde budú nainštalované, vrátane havarijných podmienok, kvôli ktorým sa táto funkcia vyžaduje.

Špeciálny prípad sú káble používané v hermetickej zóne, kde musia byť odolné voči tepelným a radiačným podmienkam vrátane malých netesností. Káble bezpečnostného systému (BS) používané v hermetickej zóne sú odolné voči podmienkam prevádzkového režimu LOCA.

6.6.7.3 Seizmická odolnosť káblových trás

Káblové trasy s káblami k spotrebičom, ktoré zabezpečujú bezpečnostnú funkciu a funkciu, ktorá sa vyžaduje v priebehu a po seizmickej udalosti sú navrhnuté celkovo ako seizmicky odolné.

Požiadavka je uplatňovaná na komplexné káblové trasy vo všetkých seizmicky odolných oblastiach EMO 3,4, stavebných objektoch a budovách.

6.6.8 BEZPEČNOSTNÉ ZHODNOTENIE ELEKTRICKEJ ČASTI

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie plnenia všeobecných a špecifických požiadaviek na elektrické systémy.

Na elektrickú časť sú uplatňované požiadavky definované vo vyhláske ÚJD SR č. 50/2006, v prílohe č.3 v časti B/I. [II.25] a posúdenie plnenia požiadaviek platnej vyhlásky ÚJD SR č. 430/2011 [II.4] voči požiadavkám vyhlásky ÚJD SR. č. 50/2006 [II.25] je uvedené na konci tejto kapitoly.

Návrh elektrických systémov je vykonaný podľa dvoch hlavných bezpečnostných zásad definovaných vo Vyhláske č. 50/2006 Z.z.:

- **Ochrana do hĺbky (DID):** Elektrické systémy sú usporiadané do niekoľkých úrovní DID, ktoré sú technicky a funkčne nezávislé. Tieto úrovne zahŕňajú systémy dôležité aj nedôležité z hľadiska bezpečnosti. Elektrické systémy priradené do jednotlivých úrovní DID zabezpečujú koordinovaný výber z nižších na vyššie úrovne DID, čo efektívne zabraňuje/eliminuje dopady vonkajších a vnútorných porúch.
- **Vykonávanie bezpečnostných funkcií:** Elektrické systémy vykonávajú najmä podporné funkcie na riadenie, ochranu a podporných systémov. Bezpečnostná kategorizácia je priamo odvodená z BT podporných systémov.

Všeobecné požiadavky na jadrové zariadenia stanovené vo Vyhláske č. 50/2006 Z.z., príloha č. 3, časť B/ I., písmeno M. [II.25]:

(1) *Systémy elektrického napájania sa musia projektovať tak, aby vonkajšie a vnútorné poruchy elektrického rozvodu čo najmenej ovplyvňovali prevádzku.*

Požiadavka je splnená týmito hlavnými vlastnosťami projektových a napájacích zariadení/systémov:

- Rozsiahla schéma napojenia siete , koncepcia bloku je prísne používané pre schému vyvedenia výkonu (návrh overený analýzou FMEA [I.22] a analýzami siete - zaťaženie, prechodná stabilita, schopnosť systému RNVS, vid' kapitoly 6.6.1.3.3 a 6.6.1.4.2)
- Vyvedenia výkonov generátorových blokov sú vybavené generátorovými vypínačmi, vypínače vývodu ZVN a blokové vypínače ZVN. Toto zlepšuje prevádzkovú flexibilitu schémy ako aj schopnosť zvládnuť poruchy v ZVN sieti a v oblasti vyvedenia výkonu generátora.
- Funkčne nezávislé systémy RNVS a PNVS (overené analýzou [I.22])
- Napájanie hlavných a rezervných spotrebičov je rozdelené medzi viaceré rozvádzače. Takto je minimalizovaný dopad poruchy jedného rozvádzača.
- Systémy a zdroje napájania sú navrhnuté aby minimalizovali dopad vonkajších a vnútorných porúch na prevádzku reaktora, systémy vykurovacích nádrží a prevádzky systémov slúžiacich na výrobu elektrickej energie. Detaily sú popísané v kapitolách vyššie.
- Dimenzovanie a návrh elektrického zariadenia (vrátane príslušného strojeného zariadenia) podľa požiadaviek jadrove-strojnej časti a časti SKR na napájanie spotrebičov.

- Schopnosť elektrického a strojného zariadenia plniť funkciu za abnormálnych hodnôt napätia a frekvencie a udržať stabilitu počas vonkajších poruchách.
- Elektrické systémy sú vybavené systémom riadenia, automatov a selektívnej ochrany, ktorý zabezpečuje nepretržitosť výroby el. energie a napájanie systémov VS počas udržania požadovaného zabezpečenia a kvality napájania.

(2) *Systémy s vplyvom na jadrovú bezpečnosť, ktoré vyžadujú nepretržité napájanie, musia byť napájané z akumulátorových batérií.*

Požiadavka je splnená týmito hlavnými vlastnosťami projektových a napájacích zariadení/systémov:

- každý SZN je vybavený akumulátorovými batériami, usmerňovačmi a striedačmi, ktoré zabezpečujú napájanie dôležitých a senzitivných spotrebičov z oddelených sietí I. a III/I. kategórie.
- (3) *Technologické systémy, ktoré sú vzhľadom na zaistenie jadrovej bezpečnosti zálohované, musia byť napájané najmenej z dvoch nezávislých elektrických systémov a zdrojov. Ak je počet zdrojov nižší ako počet nezávislých technologických systémov, treba preukázať, že sa nezníži ich spoľahlivosť.*
- (4) *Ak jednoduchá porucha napájacích systémov nenaruší ich funkciu, pripúšťa sa aj jednoduchá porucha elektrického systému alebo zdroja.*
- (5) *Ak je na zaistenie jadrovej bezpečnosti nevyhnutná prevádzkyschopnosť niektorého systému, musí jeho elektrický systém zabezpečiť potrebný príkon aj pri jednoduchej poruche.*

Požiadavky (3, 4, 5 a 7) sú splnené týmito hlavnými vlastnosťami projektových a napájacích zariadení/systémov:

- Napájanie systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti (BS, SSB) v prípade straty PNVS a RNVS je zabezpečené z núdzových zdrojov cez systémy zaisteného napájania (SZN). SZN a jeho núdzový zdroj je nezávislý od PNVS a RNVS.
- Jadrovú bezpečnosť bloku zabezpečujú tri nezávislé divízie bezpečnostných systémov. Každá divízia je vybavená so všetkými potrebnými zariadeniami na chladenie AZ reaktora a na rôzne typy zmierňovania havárií.
- Pre každú divíziu je zriadený jeden SZN ako podporný bezpečnostný systém (BS) pre ďalší bezpečnostný systém tejto divízie. Tieto SZN sú seizmicky odolné (SK 1a), vzájomne nezávislé a oddelené na zabezpečenie potrebnej úrovne spoľahlivosti a redundancie. Oddelenosť a nezávislosť zohľadňuje dispozičné riešenie (riešenie stavebnej časti, požiarne odolnosť), usporiadanie elektrickej schémy a riadenie. Napájanie a kabeláž ovládania sú tiež oddelené.
- Spolu s technologickou časťou tvoria systémy odolné voči jednoduchej poruche z hľadiska projektových udalostí (taktiež zohľadňujúc údržbu na jednej z divízií počas poruchy na druhej). Toto usporiadanie umožňuje funkčné testovanie núdzových zdrojov elektrického napájania počas normálnej prevádzky.
- SZN a jeho núdzové zdroje sú naprojektované splniť požiadavky napájaných dôležitých spotrebičov (spoľahlivosť, vzájomnú nezávislosť, redundancia, kapacity, kvalita výkonu, čas prechodu SZN na núdzové zdroje, odolnosť voči okolitým podmienkam, seizmicita). Systémy

zaisteného napájania na každom bloku, určené pre systémy BS, tvoria SZN odolný voči jednoduchšej poruche.

(6) *Zdroje a systémy napájania musia byť pripravené dodať potrebný výkon v kratšom čase, aký je potrebný na spustenie spotrebičov, ktoré napájajú.*

Požiadavka je splnená týmito hlavnými vlastnosťami projektových a napájacích zariadení/systémov:

- Návrh systémov napájania je založený na požiadavkách napájaných spotrebičov. Projektové parametre „**Dôležitosť spotrebičov**“ zahŕňa časové požiadavky v parametri **DUL-T**. Hlavné hodnoty DUL-T sú:
 - D11: Spotrebiče so zvýšenými požiadavkami na spoľahlivosť elektrického napájania, nepripúšťajúce prerušenie napájania viac ako zlomky sekundy vo všetkých režimoch, vrátane straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby .
 - D12: Spotrebiče kladúce zvýšené požiadavky na spoľahlivosť elektrického napájania, pripúšťajúce prerušenie napájania na čas daný podmienkami bezpečnosti (od desiatok sekúnd do desiatok minút) vo všetkých režimoch, vrátane straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby.

(7) *Projekt elektrického rozvodu napájania systémov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti musí umožniť napájanie z núdzových zdrojov nezávisle od toho, či sú v činnosti prevádzkové zdroje napájania, a musí zabezpečiť možnosť vykonávať funkčné skúšky núdzových zdrojov elektrického napájania aj počas normálnej prevádzky.*

Požiadavka je splnená systémami ZN a vlastnosťami núdzových zdrojov. Viď popis požiadaviek 3,4,5 vyššie.

V porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006, vyhláška č. 430/2011 v časti B/I./M okrem vyššie uvedených všeobecných požiadaviek, obsahuje navyše:

„(3) Akumulátorové batérie musia mať dostatočnú kapacitu na udržanie svojej funkčnej schopnosti najmenej po dobu dvoch hodín za akýchkoľvek okolností. Tieto zdroje musia byť, podobne ako systémy nimi napájané, oddelené a nezávislé.“

Aj táto požiadavka je splnená, viď kapitola 6.6.2.5.3.4.

Osobitné požiadavky na návrh jadrových zariadení uvedených vo Vyhláške č. 50/2006 Z.z. , príloha č. 3, časť B, II., písmeno I. [II.25] Systém elektrického napájania:

- 1) *Projekt musí mať pre systémy dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti k dispozícii tieto zdroje energie:*
- a) *pracovné napájanie z hlavného generátora,*
 - b) *dva rôzne sieťové zdroje z rôznych rozvodní veľmi vysokého napätia,*
 - c) *núdzové napájanie z autonómneho zdroja umiestneného na území jadrového zariadenia.*

Požiadavka je splnená týmito hlavnými vlastnosťami projektových a napájacích zariadení/systémov:

Pracovné (normálne) napájanie zariadení (PNVS) je vykonávané z hlavného generátora (cez transformátor vlastnej spotreby v odbočke) a z vonkajšej siete ZVN. Nezávislosť bola overená pomocou analýzy FMEA [I.22]. Každý blok má havarijný zdroj nezávislý na vonkajšej sieti a

hlavnom generátore. Zdroje (SZN s núdzovým DG sa nachádzajú v budovách jadrových zariadení.

(2) *Projekt s niekoľkými blokmi v jednej lokalite musí ďalej zabezpečiť, že:*

(a) *každý blok má svoj zdroj núdzového napájania,*

Požiadavka je splnená, každý blok má 3 vlastné SZN s núdzovými DG 6kV a akubatérie. Okrem toho sa tu nachádzajú alternatívne núdzové zdroje, ktoré vedia zabezpečiť alternatívne napájanie oboch blokov.

(b) *každý blok bude mať svoju vlastnú hlavnú sieťovú prípojku pre vyvedenie výkonu, ktorá je funkčne oddelená od ostatných, pričom sú zrušené všetky vzájomné väzby*

Požiadavka je splnená, každý blok má svoje vlastné vedenie ZVN na vyvedenie výkonu a normálne napájanie (PNVS). Vedenia bloku sú nezávislé (jednotlivé vedenia na príslušných stožiaroch).

(c) *ak je použitá spoločná rezervná prípojka, jej výkon musí byť dostačujúci pre súčasné spustenie všetkých blokov.*

Požiadavka je splnená, dostatočná kapacita výkonu dvoch VVN vedení záložných systémov bola zanalyzovaná vo všetkých projektových režimoch, overená a potvrdená operátorom VVN siete [I.23]..

Záverom možno konštatovať, že projekt elektrického systému spĺňa všetky požiadavky definované pre tento systém vo vyhláske ÚJD SR č. 50/2006, ako aj v súčasnosti platnej vyhláske ÚJD SR č. 430/2011.

LITERATÚRA**I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vo vlastníctve SE, a.s.**

- [I.1] Technická správa. Spoločná dokumentácia elektrotechnickej časti
- [I.2] Kontrola dimenzovanií akubaterií. Spoločná dokumentácia elektrotechnickej časti
- [I.3] PpBS pre EMO12, kapitola 8 : Elektrické systémy, rev. 1
- [I.4] Vnútorne zdroje napájania VS – DG, WP02. 2
- [I.5] Bezpečnostný koncept pre modernizáciu a zvyšovanie bezpečnosti JE V2
- [I.6] Dieselgenerátory. Návrh normatívno – technického dokumentu (technická správa VÚJE a.s.).
- [I.7] Optimalizované podlažné spektrá odozvy pre dieselgenerátorovú stanicu
- [I.8] Seizmická kvalifikácia existujúcich zariadení v skladovej zásobe MO34
- [I.9] Parametre prostredia pre normálne a havarijné podmienky DB pre kvalifikáciu
- [I.10] Technické podmienky na dodávku DG pre EMO
- [I.11] WP 04.1, Revízia a dopracovanie „Úvodného projektu pre MO34“, C - Technologická časť, Dieselgenerátorová stanica, Elektročasť. Technická správa
- [I.12] WP 04.1, Revízia a dopracovanie „Úvodného projektu pre MO34“, C - Technologická časť, Spoločná dokumentácia elektrotechnickej časti, Kontrola dimenzovania núdzových DG
- [I.13] Technologické zadanie pre ochranné systémy RTS, ESFAS a limitačný systém RLS
- [I.14] Konceptia vyvedenia výkonu, napájania vlastnej spotreby a elektrozariadení
- [I.15] Konceptia napájania VS 6 a 0,4 kV
- [I.16] Implementácia záťažových testov do ÚP EMO 3,4
- [I.17] Záťažový sekvencér a úprava záťažovej schopnosti DG
- [I.18] Konceptia bezpečnej prevádzky JE
- [I.19] Všeobecná projektová konceptia na implementáciu opatrení záťažových testov
- [I.20] DD, Spoločná dokumentácie Elektrotechnickej časti
- [I.21] DD, Krivky výkonov strojov (Diesel motor a generátor)
- [I.22] Zhodnotenie Vyvedenia výkonu EMO a Rezervného systému napájania, úloha ÚJD 01/2012
- [I.23] Analýza a výpočty linky VN - zaťažovanie spolu so stratou PNVS 1. a 3. bloku EMO, poklesy napätia ako aj nastavenie systémových ochrán
- [I.24] Bilancie zaťaženia II. a III/II. kategórie zaisteného napájania v režime SBO
- [I.25] Kontrola zaťažovania DG spoločného DG
- [I.26] Dimenzovanie nového mobilného DG
- [I.27] Výpočtová správa – Bilancie výkonu zariadení
- [I.28] Výpočtová správa - Bilancie výkonu II. a III/II. kategórie zaisteného napájania

- [I.29] Výpočtová správa - Bilancie výkonu I. a III/I. kategórie zaisteného napájania
- [I.30] Výpočtová správa – Maximálne hodnoty skratov
- [I.31] Výpočtová správa – Výpočet priebehu záťaže
- [I.32] Výpočtová správa – Dimenzovanie blokových transformátorov
- [I.33] Výpočtová správa – Dimenzovanie rezervného transformátora vlastnej spotreby
- [I.34] Výpočtová správa – Dimenzovanie normálneho transformátora vlastnej spotreby
- [I.35] Výpočtová správa – Dimenzovanie VN/NN transformátora vlastnej spotreby
- [I.36] Výpočtová správa – Dimenzovanie havarijného dieselgenerátora
- [I.37] Výpočtová správa – Dimenzovanie akumulátorových batérií
- [I.38] Výpočtová správa – Dimenzovanie DC a AC UPS
- [I.39] Výpočtová správa – Dimenzovanie 15,75 kV IPBD systému
- [I.40] Výpočtová správa – Dimenzovanie VN IPBD systému
- [I.41] Základné údaje o motoroch a transformátoroch z hľadiska elektrických režimov
- [I.42] Výpočtová správa – Kontrola automatického nábehu – VN
- [I.43] Výpočtová správa - Kontrola automatického nábehu – NN
- [I.44] Spoločná dokumentácie elektrickej časti – Štúdia kritérií selektivity – koncepcia ochrán VVN, VN, NN
- [I.45] Spoločná dokumentácia elektrickej časti – Kritéria dimenzovania káblov
- [I.46] Technická správa - TSA-TSO VN 6kV rozvádzače
- [I.47] Funkčná schéma - TSA/TSO VN VN SWD
- [I.48] Technická správa - TSA/TSO NN DC SWD
- [I.49] Funkčná schéma - TSA/TSO NN DC SWD
- [I.50] Technická správa - TSA/TSO NN ÚR
- [I.51] Funkčná schéma - TSA/TSO NN MSWD
- [I.52] Technická správa - TSA/TSO NN SSWD
- [I.53] Technická správa - TSA/TSO NN SSWD
- [I.54] Funkčná schéma - TSA/TSO NN SSWD
- [I.55] Štúdie SEPS ohľadom napájania EMO 3,4
- [I.56] Blokové transformátory– List údajov a kriviek
- [I.57] Listy údajov generátora - krivky
- [I.58] AVR – bloková schéma
- [I.59] Výpočtová správa strojeného a tepelného návrhu- 3. blok
- [I.60] Napájanie SKR – jednopólová schéma

- [I.61] Všeobecné projektové hodnoty pre prirodzené vonkajšie udalosti
- [I.62] EMC koncepcia
- [I.63] Elektrické zaťaženie a filozofia ovládanie sekundárnej strany
- [I.64] Výpočtová správa – Dimenzovanie systému uzemnenia
- [I.65] Technická správa. Štúdia SEPS pre overenie pripojenia MO34 k prenosovej sústave

II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 11/2006, BNS I. 1.2/2006
- [II.2] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Viedeň, 5/2004
- [II.3] Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA Safety Standards Series No. NS-R-1,
- [II.4] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z. z. O požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [II.5] STN IEC 1226
- [II.6] Vyhl. MPSVR SR č.508/2002 Z.z.
- [II.7] Vyhláška ÚJD SR č.431/2006 Z.z.
- [II.8] Vyhláška ÚJD SR č.58/2006 Z.z.
- [II.9] STN EN 3330 51 Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení
- [II.10] STN IEC 60 980
- [II.11] STN IEC 60 880
- [II.12] IAEA Safety standard series NS-R-1, (príloha: „Safety functions for boiling water reactors, pressurized water reactors and pressurize tube reactors“)
- [II.13] EUR 2001, kapitola 2.7, časť 12 „Dieselgenerátory“
- [II.14] NRC RG 1.155
- [II.15] 50 – SG - D1 /1979 Bezpečnostné funkcie a klasifikácie zariadení v BWR, PWR a PTR
- [II.16] MAAE NS-G-1.6
- [II.17] Technické podmienky pre pripojenie a prístup k prenosovej sústave
- [II.18] NS-G-1.8: Design of emergency power system for NPP
- [II.19] Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [II.20] Vyhláška č. 31/2012 Z. z, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam.
- [II.21] BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, Bezpečnostný návod, ISBN 978-80-88806-73-8, ÚJD SR, Bratislava, 11/2008.
- [II.22] GS-G-4.1 Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series, Vienna, 5/2004.
- [II.23] Rozhodnutie ÚJD SR č. 267/2008 Pripomienky k rozsahu a obsahu PBS pre MO34
- [II.24] BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 01/2014

- [II.25] Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska, ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried
- [II.26] Prevádzková inštrukcia PI č. 533 – 5/6 Zabezpečenie vyvedenia výkonu a vlastnej spotreby jadrovej elektrárne Mochovce

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 6.6.1.3.3-1 - 3-fázový skrat v ZVN	26
Tabuľka 6.6.1.3.3-2 - 3- fázový skrat vo VN – PNVS	26