

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.05.05 Limitačný systém reaktora
- RLS

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

SE Rev	Date / Dátum	LC	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil			Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil	
 SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia	Company use/P	
				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: 08			Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne	
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361065			A4	6.01	RS	Z	8	
 * P N M 3 4 3 6 1 0 6 5 0 8 *					Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent	
					1	23				

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436106508_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 06.08.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvár	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			VUJE, a.s.	0530	06.08.2019		
Co-author / Spolupracoval:							
Checked by / Kontroloval:			VUJE, a.s.	0520	06.08.2019		
Verified by / Overil:			VUJE, a.s.	0720	06.08.2019		
Approved by / Schválil:			VUJE, a.s.	1703	06.08.2019		

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.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

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.	• Titulný list / Title list	• PNM3436106508_S_C00_V	• 08
2.	• Textová časť / Text part	• PNM3436106508_S_C01_V	• 08
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

CONTENTS/OBSAH

ZOZNAM SKRATIEK.....	6
6.5.5.5 LIMITAČNÝ SYSTÉM REAKTORA - RLS	8
6.5.5.5.1. POPIS SYSTÉMU.....	8
6.5.5.5.1.1 Účel systému	8
6.5.5.5.1.2 Opis konštrukcie a funkčnosti.....	8
6.5.5.5.1.2.1 Bezpečnostné funkcie	8
6.5.5.5.1.2.2 Bezpečnostná a seizmická klasifikácia	8
6.5.5.5.1.2.3 Popis systému	9
6.5.5.5.1.2.4 Funkcie systému	10
6.5.5.5.1.2.5 Elektrické napájanie	10
6.5.5.5.1.3 Činnosť obsluhy.....	11
6.5.5.5.1.4 Popis prevádzkových stavov	11
6.5.5.5.1.5 Detailné prvky projektu.....	11
6.5.5.5.1.5.1 Dispozičné riešenie	11
6.5.5.5.1.5.1.1 Zber a spracovanie signálov (SC)	12
6.5.5.5.1.5.1.2 APU.....	12
6.5.5.5.1.5.1.3 Oddelovacie skrine.....	13
6.5.5.5.1.5.1.4 Systém prioritného riadenia (PACS).....	13
6.5.5.5.1.5.1.5 MSI.....	13
6.5.5.5.1.5.1.6 Gateway (GW)	13
6.5.5.5.1.5.1.7 Servisná stanica (SU).....	14
6.5.5.5.1.5.1.8 Ranžirovacie skrine	14
6.5.5.5.1.5.1.9 Skrine RLS.....	14
6.5.5.5.1.5.2 Štruktúra siete RLS	14
6.5.5.5.2. TECHNICKÉ HODNOTENIE SYSTÉMU.....	15
6.5.5.5.2.1 Požiadavky na vybrané zariadenia	15
6.5.5.5.2.2 Seizmická odolnosť	16
6.5.5.5.2.3 Princípy bezpečného projektovania	16
6.5.5.5.2.3.1 Kritérium jednoduchšej poruchy.....	16
6.5.5.5.2.3.2 Kritérium poruchy so spoločnou príčinou	16
6.5.5.5.2.3.2.1 Diverzita	16
6.5.5.5.2.3.2.2 Oddelenie	16
6.5.5.5.2.3.3 Kritérium bezpečnej poruchy.....	16
6.5.5.5.2.3.4 Analýza spoľahlivosti.....	16
6.5.5.5.2.3.5 Kvalifikácia systému	16
6.5.5.5.3. BEZPEČNOSTNÉ ZHODNOTENIE	17
6.5.5.5.3.1 Hodnotenie plnenia legislatívnych požiadaviek.....	17
6.5.5.5.3.2 Bezpečnostné zhodnotenie	20
LITERATÚRA	21
ZOZNAM OBRÁZKOV.....	22
ZOZNAM TABULIEK	23

ÚVOD

Správa obsahuje kapitolu 6.5.5.5 – „Systém obmedzenia výkonu reaktora RLS“ predprevádzkovej bezpečnostnej správy jadrovej elektrárne Mochovce, 3. blok.

Správa popisuje a z bezpečnostného hľadiska hodnotí systém obmedzenia výkonu reaktora 3. bloku JE Mochovce na základe konceptu a požiadaviek základného projektu a technického riešenia vykonávacieho projektu RLS.

Kapitola 6.5.5.5 bola spracovaná v súlade s atómovým zákonom [I.3], vyhláškou ÚJD SR č. 31/2012 Z.z. [I.4], IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1 a BNS I.1.2/2008 [I.7], pričom bolo prihladené v primeranom rozsahu k platnému BNS I.1.2/2014 [I.6].

Pri spracovaní kapitoly 6.5.5.5 boli zohľadnené poznámky uvedené v rozhodnutí č. 267/2008 ÚJD SR.

Pri spracovaní kapitoly 6.5.5.5 boli v relevantnej miere uplatnené ustanovenia vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 Z.z., keďže zariadenia RLS dodávateľov Areva a Siemens boli v súlade s ich platnými plánmi kvality projektované a dodané s uplatnením ustanovenia vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. v rozsahu určenom prechodným ustanovením § 7 vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 Z.z..

Rovnako boli v relevantnej miere uplatnené ustanovenia vyhlášky ÚJD SR č. 56/2006 Z.z., keďže zariadenia RLS dodávateľov Areva a Siemens boli v súlade s ich platnými plánmi kvality projektované a dodané s uplatnením ustanovenia vyhlášky ÚJD SR č. 56/2006 Z.z. v rozsahu určenom prechodným ustanovením § 10 vyhlášky ÚJD SR č. 431/2011 Z.z..

V súlade s vyššie uvedeným dokumenty spoločnosti Areva a Siemens použité pre vypracovanie tejto bezpečnostnej správy uvádzajú ako zdroje vyhlášku ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. a vyhlášku č. 56/2006 Z.z..

ZOZNAM SKRATIEK

AO1	automatická ochrana reaktora (automatické odstavenie)
AO3	automatická ochrana 3. druhu
AO4	automatická ochrana 4. druhu
APU	počítače zberu signálov, spracovania dát a výberovej logiky
BD	bloková dozorňa
BN	barbotážna nádrž
BREAKER	výkonový vypínač rýchleho odstavenia reaktora
CCF	poruchy so spoločnou príčinou
COP	ochrana proti studenému pretlakovaniu tlakovej nádoby reaktora
DID	ochrana do hĺbky
DPS	dielčí prevádzkový súbor
DRTS	diverzitný systém rýchleho odstavenia reaktora
ECR	núdzová dozorňa
EMC	elektromagnetická kompatibilita
EMO12	jadrová elektrárň Mochovce 1. a 2. blok
ESFAS	systém aktivácie technických prostriedkov zaistenia bezpečnosti
EXCORE	systém merania neutrónového toku
FAT	preberacie skúšky u výrobcu
GW	Gateway
HMI	rozhranie človek - stroj
HRK	havarijná a regulačná kazeta
HSCHZ	havarijný systém chladenia zóny
HW	hardvér
IEC	Medzinárodná elektrotechnická komisia
I.O	primárny okruh
IAEA	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
JE	jadrová elektrárň
KO	kompensátor objemu
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MCR	bloková dozorňa
MI	interfejs hlásení
MO34	jadrová elektrárň Mochovce 3. a 4. blok
MSI	interfejs hlásení a služieb
ND	núdzová dozorňa
NT	nízkotlakový
OV	odľahčovací ventil
PACS	systém prioritného ovládania pohonov
PC	personálny počítač
PG	parogenerátor
PICS	počítačový informačný, riadiaci systém
PIU	postulovaná iniciačná udalosť
PLC	programovací automat
PO	primárny okruh

PS	prevádzkový súbor
PV	poistný ventil
RCS	riadiaci systém reaktora
RLS	limitačný systém reaktora
RPS	systém ochrany reaktora
RRCS	systém riadenia kaziet HRK
RTS	systém rýchleho odstavenia reaktora
SAT	preberacie skúšky v prevádzke
SC	spracovanie signálov
SFC	kritérium jednoduchkej poruchy
SICS	počítačový bezpečnostný informačno-riadiaci systém
SKR	systém kontroly a riadenia
SOT	ochrana proti studenému pretlakovaniu tlakovej nádoby reaktora
SU	servisná stanica (jednotka)
SW	softvér
SZN	systém zaisteného napájania
TG	turbogenerátor
TNR	tlaková nádoba reaktora
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
ÚP	úvodný projekt
VP	vykonávací projekt
VT	vysokotlakový

6.5.5.5 LIMITAČNÝ SYSTÉM REAKTORA - RLS

6.5.5.5.1. POPIS SYSTÉMU

6.5.5.5.1.1 Účel systému

Úlohou RLS je riešiť vybrané abnormálne situácie (detekované na základe prekročenia vybraných medzných hodnôt) prostredníctvom obmedzenia resp. znižovania výkonu reaktora tak, aby sa predišlo pôsobeniu RPS.

6.5.5.5.1.2 Opis konštrukcie a funkčnosti

Systém RLS je viackanálový, s fyzicky oddelenými nezávislými kanálmi.

RLS počíta povolenú medznú hodnotu výkonu reaktora v závislosti na technologických podmienkach. Každý kanál načítava a spracováva signály ktoré porovnáva s medznými hodnotami.

Výstupné riadiace signály pre sú z jednotlivých kanálov vedené buď do RRCS, kde vstupujú do výberovej logiky medzi kanálmi, resp. sú po výbere v jednotlivých kanáloch privedené do logiky prioritného riadenia príslušnej redundancie.

RLS je nezávislý od ostatných prevádzkových systémov. Preto je schopný vykonávať svoju funkciu aj v prípade výskytu chyby v týchto systémoch.

6.5.5.5.1.2.1 Bezpečnostné funkcie

V súlade s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. [I.2] a dokumentom „Zoznam vybraných zariadení pre 3. blok MO34 a spoločné zariadenia 3. a 4. bloku - textová časť“ 0 schváleného rozhodnutím ÚJD SR č. 63/2015 0, a taktiež kapitolou 5.3 tejto PpBS je systém RLS zaradený do BT III a plní nasledovnú bezp. funkciu:

III k) zariadenie nevyhnutné z hľadiska plnenia bezpečnostných funkcií na dodávku energií alebo na riadenie ostatných komponentov a zariadenia, ktoré nie sú zaradené do bezpečnostnej triedy II.

V porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 [I.2], vyhláška č. 430/2011 [I.1] obsahuje zmenu označenia III k na III j.

Systém RLS je klasifikovaný ako systém so vzťahom k bezpečnosti.

RLS sa spolupodieľa na plnení nasledovných základných bezpečnostných funkcií podľa IAEA Safety Standards Series NS-R-1: Safety of Nuclear Power Plants: Design Safety Requirements [I.9]:

- riadenie výkonu reaktora a tlaku (predchádzať neprijateľným prechodovým dejom)
- riadenie reaktivity (predchádzať neprijateľným prechodovým stavom reaktivity),
- zadržanie rádioaktívnych materiálov vnútri fyzických bariér (udržať prijateľnú integritu pokrytia paliva v aktívnej zóne reaktora a zachovať integritu tlakovej hranice chladiaceho okruhu jadrového reaktora).

6.5.5.5.1.2.2 Bezpečnostná a seizmická klasifikácia

Podľa vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. je systém RLS klasifikovaný v bezpečnostnej triede BT III (vykonáva bezpečnostnú funkciu "III k" - vybavenie nevyhnutné na plnenie bezpečnostných funkcií pre dodávku energií alebo na riadenie ďalších komponentov a zariadení, ktoré nie sú zahrnuté do bezpečnostnej triedy II).

RLS je zaradený do druhej úrovne ochrany do hĺbky.

Z dôvodu zabránenia falošného pôsobenia počas a po seizmickej udalosti je systém RLS zaradený do seizmickej kategórie 1a.

6.5.5.1.2.3 Popis systému

Systém RLS je navrhnutý v súlade s vyššie uvedenými požiadavkami. Riešenie RLS vo vykonávacom projekte má nasledujúce hlavné rysy:

- Systém je navrhnutý ako viackanálový. Jednotlivé kanály sú fyzicky nezávislé a oddelené, akčné signály sú generované po výbere medzi kanálmi. Hlavný nadväzujúci systém je RRCS. (Posar, kapitola 6.5.5.3)
- systém je schopný automaticky aktivovať príslušné akčné členy potrebné pre vykonanie požadovanej funkcie
- obsluha jadrového zariadenia má možnosť ručne aktivovať akčné členy z panelov BD
- činnosť tohto systému je nadradená nad činnosťou riadiacich systémov s nižším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti a činnosťou obsluhy jadrového bloku
- systém je nezávislý na riadiacich systémoch s nižším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti
- obsluha jadrového zariadenia má k dispozícii včasnú, presnú a dostatočnú informáciu o stave systému RLS
- návrh a prevedenie systému zohľadňuje požiadavky vyplývajúce zo stanovených úloh ľudského činiteľa pre proces riadenia a údržby jadrového zariadenia

RLS zahŕňa všetky monitorovacie a riadiace (automatické aj manuálne) funkcie ktoré sú potrebné pre riadenie a monitorovanie prevádzky reaktora s cieľom predísť pôsobeniu RPS (vrátane ESFAS).

Štruktúra RLS je modulárna a navrhnutá ako otvorená architektúra s cieľom poskytnúť fyzické oddelenie nezávislých kanálov. Preto sú akčné signály vytvárané výberovou logikou medzi jednotlivými kanálmi RLS. Porucha jedného kanála preto nevedie k strate funkčnosti RLS.

Medzi kanálmi je realizovaná komunikácia bod – bod po optických vláknach. Vďaka tomuto riešeniu je možné validovať jednak vstupné signály ako aj generovať akčné signály výberom v jednotlivých kanáloch RLS.

Každý kanál obsahuje vlastné merania technologických veličín a zdieľané signály zo snímačov RTS/DRTS, ktoré sú po galvanickom oddelení privedené do RLS v analógovej forme. Zdieľané signály sú pre jednotlivé kanály RLS vedené oddelenými systémovými trasami. Navyše do RLS vstupujú analógové signály z EXCORE a binárne signály z Breakrov a z bezpečnostných panelov na BD a ND.

Po spracovaní vstupných signálov (filtrácia, verifikácia, degradačná logika atď.) sa výsledné signály porovnávajú v hladinových členoch s nastavenými hraničnými hodnotami, pri prekročení ktorých sa generujú príslušné iniciačné signály. Logické spracovanie zabezpečuje formovanie aktivačných signálov podľa definovaných algoritmov.

Výstupné akčné signály z jednotlivých kanálov smerujú priamo do RRCS, kde hneď na vstupe vstupujú do výberovej logiky medzi kanálmi, resp. sú po výbere v jednotlivých kanáloch privedené do logiky prioritného riadenia príslušnej redundancie. Väzba na rozvádzače elektro z prioritnej logiky je metalická. Výpadok jednotlivého kanála nespôsobí vďaka výberovej logike výpadok funkcie RLS.

Funkčnosť systému počas a po havárii nie je nutná. Avšak konštrukcia platformy a návrh systému RLS umožňuje funkčnosť RLS v niektorých havarijných režimoch.

Štruktúra RLS môže byť rozdelená na niekoľko úrovní:

- poľná úroveň (vstupy), so všetkými snímačmi/prevodníkmi, plus signály z ostatných systémov
- riadiaca úroveň, ktorú ďalej možno rozdeliť na:
 - úroveň zberu a spracovania signálov, tvorená jednotkami SC. Na tejto úrovni sú signály zo snímačov RLS a signály z iných systémov prijímané jednotkou SC. Na tejto úrovni sú tiež napájané snímače/prevodníky, prebieha tu spracovanie signálov a prenos na úroveň spracovania.
 - úroveň spracovania, tvorená jednotkami APU. V APU prebiehajú analógovo-digatálne konverzie signálov a distribúcia digitalizovaných signálov medzi kanálmi. Ďalej sú tu generované a validované limitné signály a je tu obsiahnutá logika pre generovanie iniciačných signálov aj výberová logika medzi kanálmi. Tiež sú tu generované akčné signály. Vygenerované signály sú následne posielané na riadiacu úroveň (pozri nižšie) cez výstupné moduly. Požitie optických vlákien pre zbernicové prepoje medzi kanálmi zabezpečuje ochranu proti prepätiam. Tým prípadná porucha v jednom kanáli neovplyvní ostatné kanály.
 - riadiaca úroveň je tvorená prioritnou logikou PACS. Na tejto úrovni sa nachádzajú moduly prioritného riadenia pre aktiváciu zásahov RLS.
- poľná úroveň (výstupy), so všetkými akčnými signálmi na akčné členy logiku RRCS

6.5.5.1.2.4 Funkcie systému

Algoritmy RLS boli vypracované podľa príslušnej špecifikácie.

6.5.5.1.2.5 Elektrické napájanie

Koncept elektro časti a systémy pomocného napájania MO34 sú popísané v POSAR kapitole 6.6 – Elektrické napájanie [I.12]

V kapitole sú stanovené:

- Spoločné a základné princípy riešenia pomocného napájacieho systému jadrovej elektrárne
- Požiadavky spotrebiteľov na elektrické napájanie (popis údajov a hodnôt)
- Popis schémy pomocného napájacieho systému jadrovej elektrárne - zdrojov a sietí pomocného napájacieho systému a ich funkcie / prevádzkových režimov

Koncept napájania a tabuľky zaťaženia pre dodávky AREVA-SIEMENS (a tým aj RLS systému), sú uvedené v príslušných dokumentoch.

Skrine RLS MSI a SU, ktoré sú spoločné pre všetky kanály (a nie sú potrebné pre vykonávanie bezpečnostnej funkcie RLS) sú napájané špeciálnym napájacím systémom, ktorý je napájaný zo všetkých SZN po galvanickom oddelení, a je použitý hlavne pre napájanie logiky RTB a PACS-N.

6.5.5.5.1.3 Činnosť obsluhy

Systém RLS realizuje svoje funkcie automaticky, bez potreby zásahu operátora.

Normálna a abnormálna prevádzka

Počas normálnej alebo abnormálnej prevádzky bloku systém nevyžaduje zásah operátora ani jeho neustálu pozornosť. V prípade potreby pozornosti operátora sa ozve zvuková signalizácia indikujúca aktiváciu optickej signalizácie na SICS paneli na BD.

Havarijné podmienky

Systém RLS nie je určený pre riešenie situácií vzniknutých pri projektových a nadprojektových haváriách. Takéto nehody sú riešené RPS a ďalšími bezpečnostnými systémami. V prípade potreby systém môže byť RLS ručne vypnutý aby sa predĺžil čas výdrže batérií.

Výskyt poruchy

Výskyt poruchy je signalizovaný na SICS na BD a v PICS. Následné činnosti ako zistenie príčiny poruchy a jej odstránenie sú popísané v prevádzkovom predpise RLS.

6.5.5.5.1.4 Popis prevádzkových stavov

Systém RLS musí byť v prevádzke v požadovaných režimoch bloku.

Výkon reaktora je vypočítaný zo signálu neutrónového toku ktorý je priebežne korigovaný v závislosti od teplotného poklesu na pracujúcich slučkách primárneho okruhu.

Počet pracujúcich slučiek je vyhodnocovaný v závislosti od tlakového poklesu na primárnej strane PG.

6.5.5.5.1.5 Detailné prvky projektu

6.5.5.5.1.5.1 Dispozičné riešenie

Systém RLS je postavený na báze digitálneho riadiaceho systému určeného pre najnáročnejšie aplikácie v oblasti bezpečnostných systémov v jadrovej energetike. Počítače získavajú (za účelom spracovania) a digitalizujú signály meraní a generujú iniciačné kritériá a vydávajú výstupné signály v súlade s projektom.

Dokladovanie kvalifikácie riadiaceho systému a vhodnosti jeho použitia je obsahom príslušných dokumentov.

Akčné signály sú vydávané ako binárne a sú realizované metalickými prepojmami na PACS.

6.5.5.5.1.5.1.1 Zber a spracovanie signálov (SC)

Analógové vstupné signály z vlastných alebo zo zdieľaných snímačov vstupujú do skríň SC prostredníctvom ranžirovacích skríň vo forme prúdového signálu. Jednotky spracovania signálov napájajú snímače/prevodníky a izolujú a distribuujú vstupné signály. V prípade potreby je prúdový signál skonvertovaný na napäťový. Moduly na spracovanie signálov v RLS sú umiestnené v skriniach SC ktoré poskytujú spracovanie a distribúciu signálov RPS.

Zber všetkých analógových signálov je realizovaný tzv. „štandardným meracím obvodom“ ktorý prostredníctvom skríň SC a prepojovacích skríň poskytuje signály rôznym SKR systémom vrátane RLS, pričom zaisťuje aj galvanické oddelenie.

6.5.5.5.1.5.1.2 APU

Každý akčný člen ovládaný RLS má vlastný modul PACS zdieľaný s RPS, ktorý je elektricky pripojený na rozvádzač akčného člena. Modul PACS vykonáva:

- prioritnú logiku akčných signálov pôsobiacich na akčný člen,
- ovládanie akčného člena
- funkcie monitorovania akčného člena

V každom kanáli je jeden počítač APU.

Všetky počítače APU sú navzájom prepojené optickými prepojmami.

6.5.5.5.1.5.1.3 Oddel'ovacie skrine

Z dôvodu zosúladenia systémov RPS a RLS sú signály medzi RLS a PACS vedené cez oddel'ovacie skrine. Ak systémy RPS aj RLS používajú to isté zariadenie, musí byť zaistené riadne oddelenie funkcií. Signály prichádzajúce z RLS, rozvádzačov a tlačidiel z BD vstupujú do toho istého modulu, takže je potrebné zaistiť funkčnú nezávislosť. Oddel'ovacie skrine (medzi skriňami APU RLS a PACS) zabezpečujú riadne fyzické oddelenie.

Všetky signály z RLS ktoré sú použité v iných radiaciach systémoch sú izolované voči prepätiam, ktoré by mohli vzniknúť v týchto systémoch.

6.5.5.5.1.5.1.4 Systém prioritného riadenia (PACS)

Riadenie priority príkazov, pričom príkazy s vyššou prioritou majú prednosť pred príkazmi s nižšou prioritou, je vykonávané modulom prioritného ovládania pohonov.

6.5.5.5.1.5.1.5 MSI

Interfejsy hlásení a služieb (MSI) sú vybudované na počítačoch riadiaceho systému. Podľa IEC 61226 spadajú do bezpečnostnej kategórie B.

MSI pre RLS je vybudované redundantne , za účelom dosiahnutia vysokého stupňa dostupnosti.

MSI vykonáva hlavne:

- interfejs na panel RLS na BD a ND (vydávanie signálov pre alarmy a načítavanie signálov z tlačidiel a prepínačov)
- prenos informácií monitorovania a stavov z počítačov APU ako:
 - monitorovanie HW (otvorené dvere, porucha zdroja, porucha ventilátora, porucha zasunutia modulu)
 - monitorovanie SW (hlásenie každej odchýlky od očakávaných hodnôt (dohľad na meracím rozsahom analógových vstupov, detekcia rozdielov medzi redundantnými analógovými signálmi), poskytovanie detailných informácií o každej poruche)
- prenos servisných správ zo servisnej stanice do počítačov APU hlavne pre údržbu, nastavovanie parametrov a periodické skúšky.
- prenos signálov a alarmov do PICS cez redundantné GW

Signály z RLS ktoré sú zobrazované na signálkach na bezpečnostných paneloch poskytujú informáciu o stave RLS. Individuálne chybové hlášky zachycujúce dynamické charakteristiky sú v MSI sumarizované do statických a dynamických chybových hlášok.

Sumárna hlášky sú vedené z výstupných modulov ako jeden signál na signálky panela RLS.

Koncept bezpečnostných panelov (SICS) je popísaný v POSAR kapitole 6.5.5.2 [I.10].

6.5.5.5.1.5.1.6 Gateway (GW)

Počítače GW umožňujú tok dát medzi RLS a celoelektrárenskou zbernicou. Počítače Gateway sú klasifikované ako bezpečnostná kategória C (podľa IEC 61226). Úlohou Gatewayov je konvertovať komunikačný protokol .

RLS obsahuje dva počítače GW, ktoré sú pripojené na redundantné počítače MSI, za účelom dosiahnutie vysokého stupňa dostupnosti.

6.5.5.1.5.1.7 Servisná stanica (SU)

Servisná stanica nie je klasifikovaná ako bezpečnostná alebo so vzťahom k bezpečnosti. Pre oba redundantné MSI je k dispozícii jedna servisná stanica s prístupom do všetkých APU.

6.5.5.1.5.1.8 Ranžirovacie skrine

Ranžirovacie skrine sú použité na jednoduché pripojenie signálov z poľných zariadení alebo iných zariadení v poli k systémom RLS a naopak (k poľnej inštrumentácii). Poskytujú možnosť pripojenia rôznych typov snímačov (napr. dvojvodičové, štvorvodičové, s napájaním alebo bez) a prenos signálov z iných SKR (napr. RTB) do skríň spracovania signálov (SC). To isté platí aj pre PACS a akčné členy.

6.5.5.1.5.1.9 Skrine RLS

RLS obsahuje skrine, počítače GW v skrini MSI a jednu SU v skrini SU.

6.5.5.1.5.2 Štruktúra siete RLS

V rámci RLS sa používajú dva rôzne typy sieťových pripojení: Na komunikáciu peer-to-peer medzi APU navzájom a medzi APU a MSI sú zriadené nezávislé siete a to:

- 3 sieťové spojenia medzi APU RLS,
- 6 sieťových spojení medzi APU a počítačmi MSI.

Na komunikáciu medzi MSI a gatewaymi (GW) a servisnými jednotkami sú zriadené tri nezávislé siete Ethernet, a to:

- 1 sieť spájajúca skriňu MSI so servisnou jednotkou,
- 2 siete spájajúce skriňu MSI s redundantnými GW.

6.5.5.5.2. TECHNICKÉ HODNOTENIE SYSTÉMU

6.5.5.5.2.1 Požiadavky na vybrané zariadenia

Navrhnuté riešenie systému RLS je v súlade s požiadavkami na funkcie a signály k nim určené technologickým zadaním a vykonávacím projektom.

Riešenie obsiahnuté vo vykonávacom projekte je overené na existujúcich inštaláciách.

Najdôležitejšie zákony, vyhlášky, normy a návody, ktoré boli použité v riešení pre splnenie legislatívnych a normatívnych požiadaviek:

- Zákon č. 541/2004 Z.z.
- Vyhl. ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.
- Vyhl. ÚJD SR č. 56/2006 Z.z.
- Bezpečnostné štandardy IAEA:
 - Bezpečnostné požiadavky IAEA NS-R-1
 - Návod IAEA NS-G-1.2
 - Návod IAEA NS-G-1.3
- STN IEC 61226
- STN IEC 61513
- STN IEC 60780
- STN EN 62138

Zásady dodržané pri projektovaní systému

Vo vykonávacom projekte RLS sú splnené nasledovné projektové kritéria:

- systém je schopný automaticky uviesť do činnosti príslušné akčné členy potrebné pre vykonanie požadovaných funkcií
- obsluha jadrového zariadenia má možnosť uviesť ručne do činnosti akčné členy z panelov BD
- činnosť tohto systému je nadradená nad činnosťou riadiacich systémov s nižším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti a činnosťou obsluhy jadrového bloku
- systém je nezávislý na riadiacich systémoch s nižším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti
- systém je oddelený od riadiacich systémov s vyšším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti
- obsluha jadrového zariadenia má k dispozícii včasnú, presnú a dostatočnú informáciu o stave systému RLS
- návrh a prevedenie systému zohľadňuje požiadavky vyplývajúce zo stanovených úloh ľudského činiteľa pre proces riadenia a údržby jadrového zariadenia

6.5.5.5.2.2 Seizmická odolnosť

Pre systém RLS je podľa IAEA Safety Standards Series NS-G-1.6 požadovaná seizmická odolnosť 1a.

Všetky komponenty riadiaceho systému použité pri konštrukcii RLS boli testované na seizmickú odolnosť a vyhovujú požiadavkám.

6.5.5.5.2.3 Princípy bezpečného projektovania

6.5.5.5.2.3.1 Kritérium jednoduchkej poruchy

Toto riešenie zabezpečuje že:

- jednoduchá porucha nespôsobí zlyhanie funkcie systému počas prevádzky, údržby a opravy.
- jednoduchá porucha nespôsobí falošné zapracovanie počas prevádzky, údržby a opravy.

Splnenie tohto kritéria je dosiahnuté realizáciou systému ako viackanálového s následnou výberovou logikou medzi kanálmi (inštalovanými v oddelených miestnostiach) a výberom vykonávaným v RRCS. Navyše je napájanie každého kanála realizované z dvoch nezávislých prívodov zo systémov zaisteného napájania 1. kategórie.

6.5.5.5.2.3.2 Kritérium poruchy so spoločnou príčinou

Nevyžaduje sa.

6.5.5.5.2.3.2.1 Diverzita

Nevyžaduje sa.

6.5.5.5.2.3.2.2 Oddelenie

Fyzické oddelenie je dosiahnuté návrhom systému ako viackanálového s umiestnením jednotlivých kanálov RLS v samostatných skrinách vždy v príslušnej systémovej miestnosti. Komunikačné prepoje medzi kanálmi sú realizované optickými káblami čo zabraňuje akejkolvek možnosti elektrického ovplyvňovania medzi kanálmi.

Hoci sa funkčné oddelenie nevyžaduje, je čiastočne zaistené, vďaka použitiu výberovej logiky.

6.5.5.5.2.3.3 Kritérium bezpečnej poruchy

Je splnené.

Systém bude podliehať normálnemu programu údržby.

6.5.5.5.2.3.4 Analýza spoľahlivosti

Ako je uvedené v „Spoľahlivostnej analýze RLS“, **RLS tieto požiadavky spĺňa.**

6.5.5.5.2.3.5 Kvalifikácia systému

Riadiaci systém, na báze ktorého je vybudovaný RLS, spĺňa kvalifikačné požiadavky na spoľahlivosť, odolnosť voči vplyvom prostredia, seizmickú odolnosť a EMC definované v kapitole 6.5.5.5.1.2.2.

Dokladovanie kvalifikácie riadiaceho systému a vhodnosti jeho použitia je obsahom príslušných dokumentov.

6.5.5.5.3. BEZPEČNOSTNÉ ZHODNOTENIE

6.5.5.5.3.1 Hodnotenie plnenia legislatívnych požiadaviek

Z dôvodov uvedených v kap. 6.5.5.5.1.2.2 vyššie sú na systém RLS uplatňované požiadavky definované v prílohe 3, časť B, I.L. vyhlášky 50/2006 Z.z. [I.2] (číslovanie kritérií je podľa tejto prílohy) tam kde je to aplikovateľné, s ohľadom na jeho zaradenie v zmysle tejto vyhlášky ako riadiaci systém:

L. Bezpečnostné systémy a riadiace systémy

(5) *Ak je riadiaci systém alebo bezpečnostný systém závislý od spoľahlivosti počítačového systému, musia sa ustanoviť a uplatniť špecifické kritériá kvality a postupy vývoja, dodávky a skúšania technického a predovšetkým programového vybavenia počítačového systému počas životnosti riadiaceho systému a bezpečnostného systému.*

Splnené – Tieto kritériá kvality a postupy pre vývoj, dodávku a skúšanie HW a SW vybavenia systému RLS boli plne zohľadnené vo všetkých fázach projektu, a to ako v HW časti tak aj v SW časti. Toto je zaznamenané v príslušných dokumentoch. Zvláštna pozornosť bola venovaná skúšaniam systému, ktorý zahŕňa skúšky samotného SW a HW, ale hlavne skúšky integrovaného systému podľa príslušných programov FAT a SAT. Výsledky týchto skúšok boli zároveň verifikované nezávislou V&V. Výsledky skúšok FAT sú zdokumentované. Výsledky skúšok SAT budú po ich vykonaní taktiež zdokumentované.

(6) *Úroveň požadovanej spoľahlivosti počítačového systému musí byť primeraná jeho bezpečnostnej dôležitosti. Úroveň spoľahlivosti sa musí dosiahnuť komplexnou stratégiou, pri ktorej sa používajú vzájomne sa dopĺňajúce prostriedky v každej fáze vývoja procesu, so zohľadnením efektívnej metódy analýz a testovania, ako aj stratégie validácie s cieľom potvrdenia požiadaviek na projekt.*

Splnené – Požadovaná úroveň spoľahlivosti systému RLS bola dosiahnutá návrhom zodpovedajúcej štruktúry v etape detail dizajnu a výberom vhodných HW a SW komponentov. Úroveň spoľahlivosti bola potvrdená analýzou. Programy verifikácie a validácie sú vypracované.

(8) *Proces vývoja počítačového systému, bezpečnostného systému alebo riadiaceho systému sa musí dokumentovať a kontrolovať, pričom sa musí umožniť jeho spätné preskúmanie vrátane jeho skúšania a spúšťania, ako aj projektových zmien týchto systémov.*

Splnené – Celý proces od návrhu cez dodávky, testovanie a zmenový manažment je dokumentovaný v súlade s dokumentáciou kvality s výstupmi v podobe analýz a správ z jednotlivých etáp projektu. Vid' kapitola literatúra.

(9) *Počítačový systém bezpečnostného systému alebo riadiaceho systému s vplyvom na jadrovú bezpečnosť musí byť kvalifikovaný.*

Splnené – HW and SW komponenty riadiaceho systému použité pre RLS, boli kvalifikované pre daný účel použitia.

(10) *Ak nemožno preukázať existenciu dostatočného množstva údajov z prevádzkovej činnosti rovnakých systémov použitých v podobných prípadoch, musí sa prijať konzervatívna úroveň spoľahlivosti predpokladaná v analýze bezpečnosti počítačového systému.*

Splnené – Riadiaci systém je úspešne nasadený v rovnakej úlohe vo viacerých JE, obdobná aplikácia je v prevádzke aj na JE Bohunice V2. Navyše požiadavky na spoľahlivosť sú splnené, ako je potvrdené v príslušných dokumentoch a v kapitole 6.5.5.2.3.4.

(11) *Bezpečnostné systémy a riadiace systémy musia byť oddelené, aby porucha riadiacich systémov neovplyvnila bezpečnostné funkcie. Ak to nie je možné, funkčne nutné a účelné spojenie bezpečnostných a riadiacich systémov sa musí obmedziť natoľko, aby bezpečnostná funkcia nebola ovplyvnená.*

Splnené – Systém RLS je nezávislý na riadiacich systémoch s nižším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti. RLS je taktiež navrhnutý tak aby bolo zaistená funkčná nezávislosť a fyzické oddelenie od bezpečnostných systémov s vyšším stupňom dôležitosti z hľadiska jadrovej bezpečnosti. RLS zdieľa s RPS niektorá snímače, pričom je zaistené ich galvanické oddelenie. Dátové prepoje na iné systémy sú kvôli zaisteniu galvanického oddelenia realizované optickými prepojmami. Dátová komunikácia navyše prechádza cez gateway, ktorý zabezpečuje oddelenie komunikujúcich systémov a zabraňuje ich vzájomnému ovplyvňovaniu. Výkon riadenia priority medzi akčnými signálmi RLS a akčnými zásahmi ostatných systémov prebieha v nadväzujúcich systémoch (RRCS, PACS), kde je zabezpečená jednoznačná úroveň priority pre akčné signály jednotlivých systémov, s ohľadom na dôležitosť nimi vykonávanej funkcie.

(12) *Bezpečnostné systémy a riadiace systémy musia mať zabudované automatizované bezpečnostné zásahy tak, aby sa počas odôvodneného časového úseku od vzniku udalosti sa nevyžadoval zásah človeka, pričom musia byť k dispozícii informácie o automatizovaných bezpečnostných zásahoch, aby bolo možné monitorovať ich účinok.*

Splnené – Systém RLS vykonáva svoju funkciu plne automaticky, bez potreby zásahu operátora. Informácie o stave a činnosti systému sú k dispozícii na paneloch SICS a hlavne v PICS, kde sa vykonáva aj ich archivácia.

(16) *Riadiace systémy sa musia projektovať tak, aby poskytovali požadované signály o odchýlkach dôležitých prevádzkových parametrov a procesov od prípustných medzí. Riadiace systémy musia byť vybavené prístrojmi, aby mohli sledovať, merať, registrovať a ovládať hodnoty a systémy dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti pri normálnej a abnormálnej prevádzke.*

Splnené – RLS počas svojej činnosti cyklicky spracováva logické schémy implementované do SW, ktoré zaisťujú načítavanie vstupných signálov, ich spracovanie podľa zadania a následne aktiváciu relevantných výstupných akčných signálov. Navyše systém RLS poskytuje vybrané signály na panely SICS a hlavne poskytuje vybrané signály (hodnoty vstupných a výstupných premenných, stavové signály aj alarmy) do PICS, kde môžu byť signály následne prezentované, spracované a archivované.

(17) Riadiace systémy musia priebežne v pravidelných intervaloch alebo podľa potreby zaznamenávať parametre, ktoré sú podľa analýz bezpečnosti dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti.

Splnené – Ako je uvedené vyššie, RLS poskytuje vybrané signály na panely SICS a hlavne poskytuje vybrané signály (hodnoty vstupných a výstupných premenných, stavové signály aj alarmy) do PICS, kde sú tieto signály archivované. Následne môžu byť tieto signály prezentované operátorom alebo ďalej spracované.

V porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 Z.z [I.2], vyhláška č. 430/2011 Z.z. [I.1] v prílohe č. 3, časti B/I/L neobsahuje pre systém RLS žiadne ďalšie požiadavky.

6.5.5.5.3.2 Bezpečnostné zhodnotenie

Navrhnuté riešenie systému RLS je v súlade s požiadavkami na funkcie a signály k nim určené technologickým zadaním. Riešenie obsiahnuté v projekte je overené na existujúcich inštaláciách a technické prostriedky riadiaceho systému a použitý softvér prešli kvalifikačnými skúškami pre daný účel použitia.

Viackanálová štruktúra systému RLS s umiestnením jednotlivých kanálov oddelene v systémových miestnostiach zabezpečuje redundantnosť systému, nezávislosť a fyzické oddelenie kanálov i odolnosť voči jednoduchej poruche.

Spracovanie projektovej, technickej a bezpečnostnej dokumentácie, výroba a montáž bola vykonávaná v zmysle:

- § 5 a 25 Zákona č. 541/2004 Z.z.
- § 5 Vyhl. č. 66/1989 Zb. v znení Vyhl. č. 31/1991
- § 3 Vyhl. č. 718/2002 Z.z.

Pre vybrané zariadenia boli projektantom vypracované plány kvality v zmysle vyhlášky ÚJD SR č. 56/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách dokumentácie systému kvality držiteľa povolenia, ako aj podrobnosti o požiadavkách na kvalitu jadrových zariadení, podrobnosti o požiadavkách na kvalitu vybraných zariadení a podrobnosti o rozsahu ich schvaľovania.

Zariadenia systému RLS kategórie B spĺňajú všetky požiadavky na funkčnosť, výkonnosť, spoľahlivosť, odolnosť voči prostrediu, zaistenie kvality a riadenie kvality, ktoré sú stanovené normou STN IEC 61226 a súvisiacimi normami.

Dokladovanie funkčných vlastností a odolnosti voči prostrediu je preukázané výsledkami typových skúšok. Hardvér a softvér je kvalifikovaný v súlade s normami určenými pre digitálne SKR a v súlade s požiadavkami na kvalifikáciu. Kvalifikácia systému RLS na podmienky prostredia v priestoroch MO34, v ktorých je umiestnený, bola preukázaná.

Systém riadenia konfigurácie pre RLS je vypracovaný v súlade so systémom zabezpečenia kvality.

Systém RLS je schopný plniť funkcie stanovené v projekte vo všetkých uvažovaných režimoch aj pri uvažovaní seizmických vplyvov, interných a externých vplyvov.

Záverom možno konštatovať, že projekt systému RLS spĺňa všetky požiadavky definované vo vyhláške ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. [I.2], ako aj v súčasnosti platnej vyhláške ÚJD SR č. 430/2011 Z.z [I.1].

LITERATÚRA

- [I.1] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [I.2] 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.
- [I.3] Zákon NR SR č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [I.4] Vyhláška ÚJD SR č. 31/2012 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Zb., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [I.5] Vyhláška ÚJD SR č. 431/2011, o systéme manažérstva kvality
- [I.6] BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ISBN 978-80-88806-99-8, ÚJD SR, Bratislava, január 2014
- [I.7] BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ISBN 978-80-88806-73-8, ÚJD SR, Bratislava, 11/2008
- [I.8] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Viedeň, 5/2004
- [I.9] IAEA Safety Standards Series NS-R-1: Safety of Nuclear Power Plants: Design Safety Requirements
- [I.10] POSAR Chapter 06.05.05.02 SICS
- [I.11] POSAR Chapter 06.05.05.03 Reactor Rod Control System
- [I.12] POSAR Chapter 06.06 Electric Supply

ZOZNAM OBRÁZKOV

ZOZNAM TABULIEK