Systém ochrany a riadenia reaktora 2

POPIS FUNKCIE SYSTÉMU SORR

- Akčnými orgánmi systému SORR sú riadiace kazety. Všetky prevádzkové režimy zabezpečuje systém SORR premiestňovaním **riadiacich kaziet** v aktívnej zóne.
- Spustenie reaktora a nábeh na výkon **do 10 % N_{nom} sa vykonáva ručne**.
- **Kontrola** neutrónového výkonu počas spúšťania a nábehu na výkon sa robí podľa úrovne **n-toku** a rýchlosti jeho zmeny (**periódy**).
- **Automatické odstavenie** alebo zníženie výkonu reaktora pri objavení sa príslušných signálov je automatické.
- **Kompenzácia** zmien reaktivity sa robí premiestňovaním **regulačných orgánov** v aktívnej zóne v ručnom alebo automatickom režime alebo zmenou koncentrácie **kyseliny boritej** v chladive.
- **Automatickú reguláciu** výkonu realizuje regulátor výkonu pomocou premiestňovania skupín regulačných orgánov v aktívnej zóne reaktora.
- **Automatická ochrana** umožňuje spomalenie alebo zastavenie štiepnej reakcie zasunutím regulačných orgánov do aktívnej zóny. Podľa účinku na rýchlosť spomalenia štiepnej reakcie sú definované 3 stupne (druhy) automatickej ochrany **AO1, AO3 a signál „Blokovanie HRK**.

Základné časti SORR

1. pohony riadiacich kaziet
2. ovládanie pohonov HRK (prepojené na RCS) (ZAT Sandra)
3. spracovanie automatických ochrán A01, AO3, „BLOKOVANIE HRK“ (prepojené na Breaker, RLS, AKNT)
4. schéma napájania SORR
5. BREAKER-e

Úlohy SORR

- spustenie reaktora (dosiahnutie kritického stavu)
- vyvedenie na energeticky využiteľný výkon v ručnom režime
- udržanie zadanej hodnoty výkonu v ručnom režime
- automatickú reguláciu výkonu v rozsahu 10 až 100 % N_{nom} (**RCS**)
- kompenzáciu zmeny reaktivity v ručnom a automatickom režime (**RCS**)
- automatické **zníženie** výkonu reaktora v prípade prekročenia dovolených medzí vybraných parametrov (**RLS** a **AKNT**)
- automatické rýchle **odstavenie** reaktora v prípade prekročenia dovolených medzí vybraných parametrov (**RPS** a **AKNT**) vypnutím silového napájania pohonov HRK

Vykonávacia časť ochrany reaktora AO1 (BREAKER A, B)

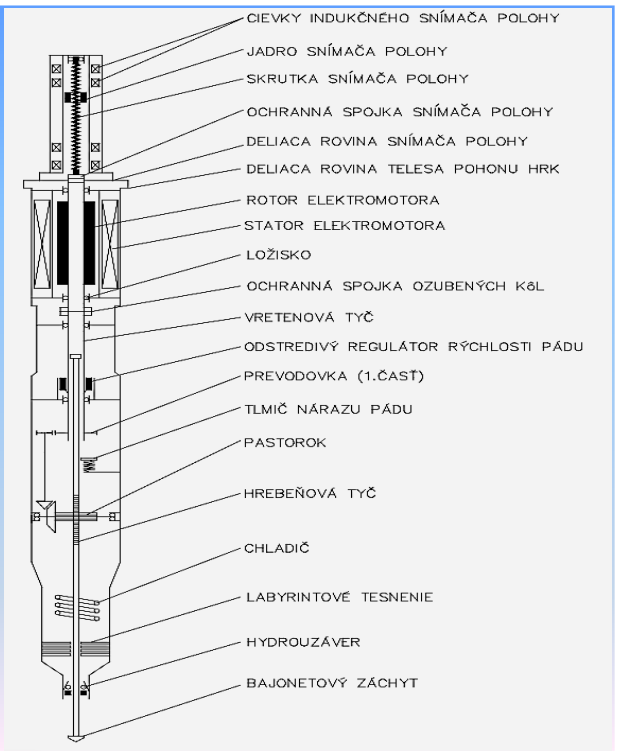
- Akčnou časťou automatickej ochrany reaktora AO1 je zariadenie BREAKER (Breaker A a Breaker B), ktorý má za úlohu vykonať automatické odstavenie reaktora AO1 vypnutím silového napájania všetkých meničov PNČI napájajúcich pohony HRK.
- K spusteniu ochrany dochádza od zapôsobenia hociktorého BREAKERa.

Pohony regulačných orgánov SORR

- Ovládacími mechanizmami riadiacich kaziet sú elektromechanické pohony. Všetkých 37 kaziet má konštrukčne rovnaké pohony, v ktorých sa otáčanie elektromotora prevádza cez kinematickú dvojicu **pastorok - ozubený hrebeň** na posuvný pohyb.
- Na konci hrebeňovej tyče je **bajonetový zámok** pre spojenie so závesnou medzi tyčou riadiacej kazety.
- Pohony sú umiestnené v hornom bloku reaktora vo valcových puzdrách. Vnútro púzdra a pohonu sú zaplnené vodou primárneho okruhu o tlaku 12,2 MPa a teplote v hornej časti pohonu do 100°C (so zapnutým **chladením**) za normálnej prevádzky.

Hlavné časti pohonov:

- **snímač polohy**
- **ochranná spojka snímača polohy**
- **elektromotor**
- **ochranná spojka ozubených kolies**
- **vretenové zariadenie**
- **regulátor rýchlosti pádu**
- **tlmič nárazov**
- **prevodovka**
- **hrebeňová tyč**
- **chladiaci systém**
- **hydrouzáver**
- **bajonetový záchyt**



Parametre elektromotora pohonu HRK:

Hnacou jednotkou pohonu je **trojfázový synchrónny reakčný elektromotor** typu RD-42-4RV s nasledovnými základnými technickými parametrami:

frekvencia napájacej siete	0 alebo 1 Hz
synchrónne otáčky	33/min.
nominálny moment	33,3 Nm
nominálny fázový prúd pri točení	12,8 A
nominálne združené napáj. napätie	127 V
prúd v brzdnom režime v 2 sériovo zapojených fázachmax.	10,5 A
rýchlosť premiestňovania kazety v regulačnom režime	20 ± 1 mm/s
rýchlosť pádu kazety po havarijnom vypnutí elektromotora	200 ÷ 300 mm/s
pracovný zdvih hrebeňovej tyče	2500 ± 30 mm

Parametre elektromotora pohonu HRK:

Elektromotor zabezpečuje dlhodobú prácu v cyklickom režime, v ktorom sa strieda **státie pod prúdom** (brzdný režim) **s pohybom**.

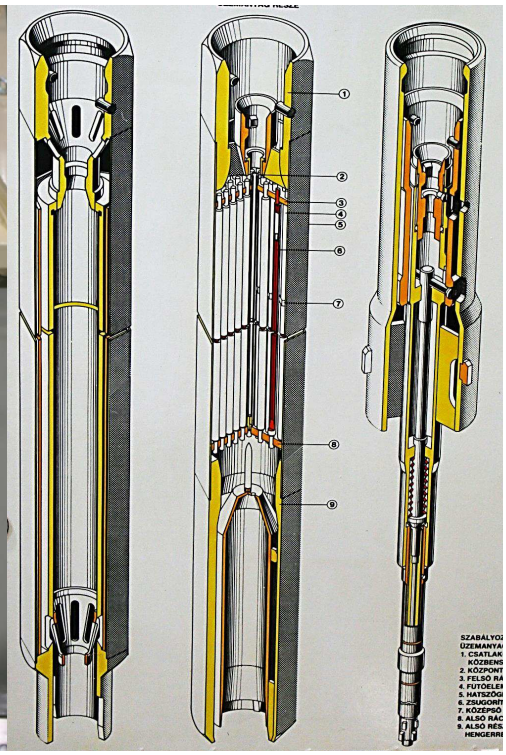
Doba točenia elektromotora nemá presahovať 25 % dĺžky cyklu. **Max. doba neprerušeného otáčania je 4 min. (po 2 min. na každú stranu), potom musí nasledovať pauza 12 min.**

Na zaistenie vhodných teplotných pomerov je motor chladený samostatným **chladiacim systémom** (z medziokruhu chladenia SORR) s dvomi bifilárne usporiadanými chladiacimi hadmi, ktoré sú pod reduktorom pohonu súčasne využité na vytvorenie tepelnej ochrannej bariéry proti prenikaniu tepla zospodu reaktora.

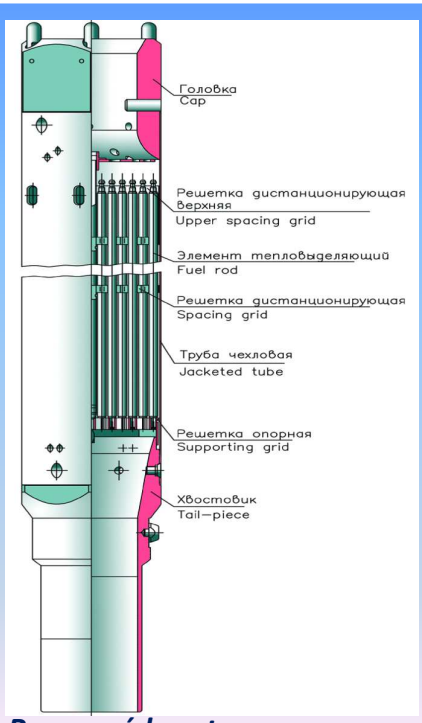
Základné parametre pohonu:

- dĺžka pracovného chodu 2500±30mm
- pracovná rýchlosť dole a hore 20±1 mm/s
- havarijná rýchlosť (pád vlastnou váhou) 200-300 mm/s

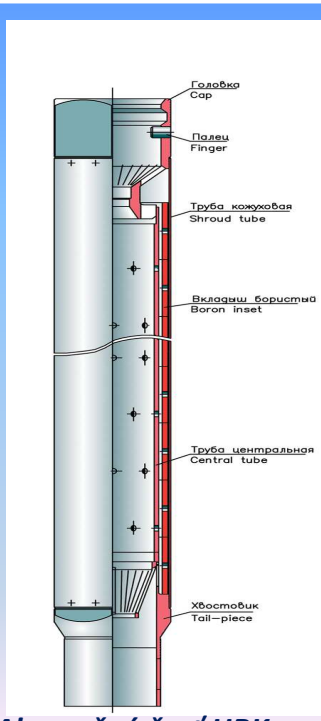
Orgány SORR
Spojovacia tyč
bajonetový spoj



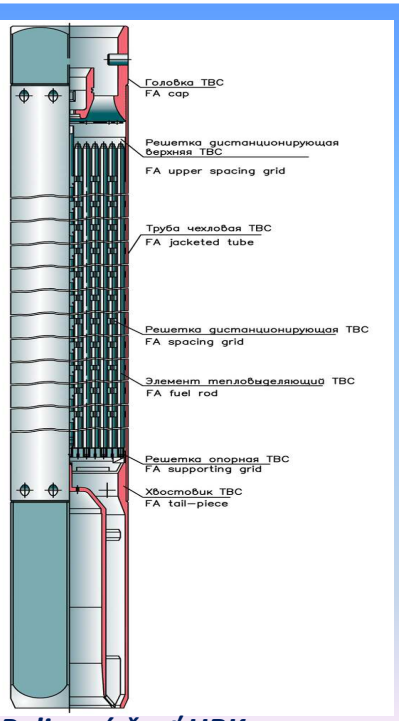
Absorpčná časť tyče SORR (rez)
Palivová časť tyče SORR pri spoji



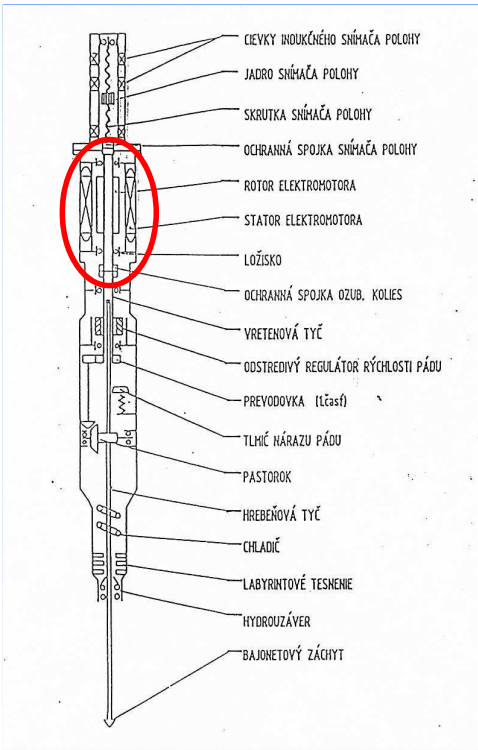
Pracovná kazeta

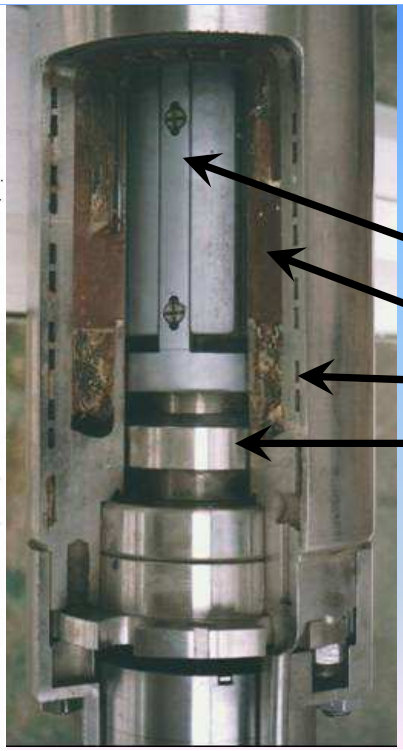


Absorpčná časť HRK



Palivová časť HRK

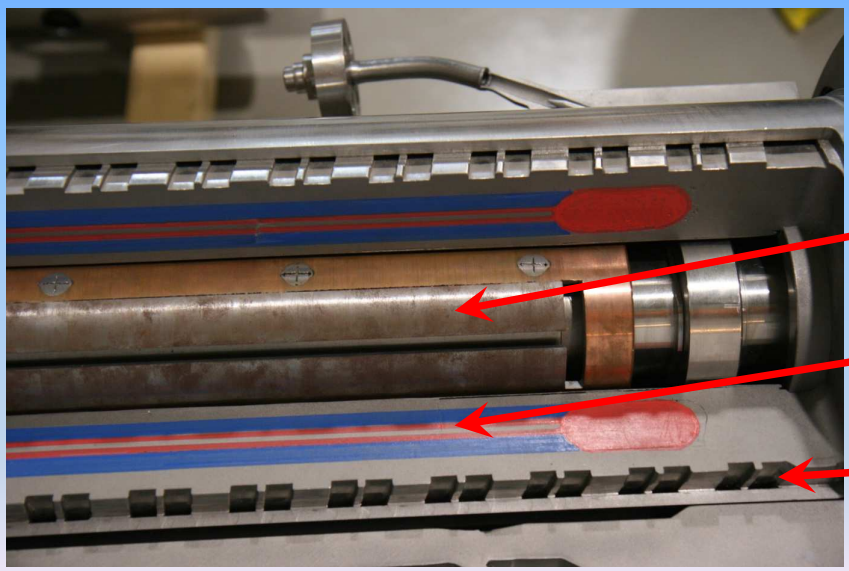




Pohon SORR–motor V-230

rotor
stator
chladenie
ložisko

Pohon SORR typ V-213



Podmienky prevádzkyschopnosti pohonu

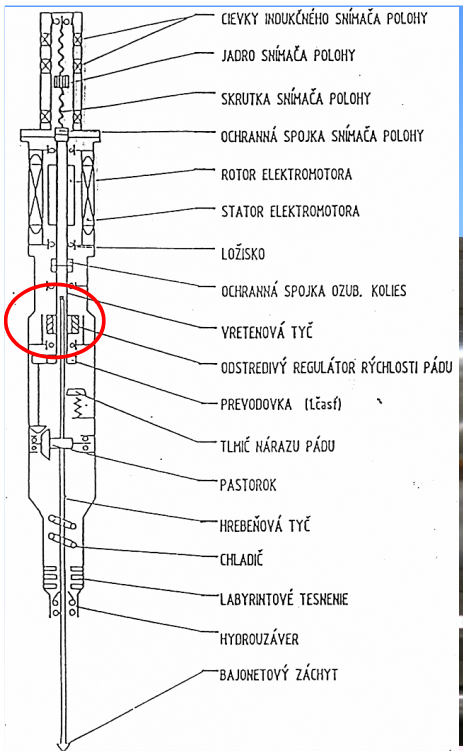
- **spojenie** kazety HRK s pohonom musí byť funkčné
- po poslednom dosiahnutí DKP (mechanického dorazu) musí byť overené spojenie HRK s pohonom
- **chladenie** pohonu je funkčné
- teplota meraná na puzdre pohonu v oblasti motora neprevyšuje **100°C**

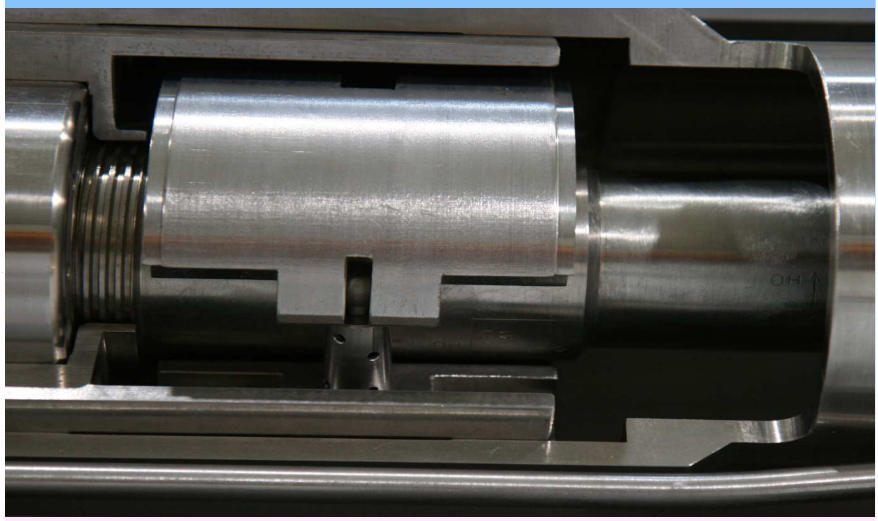
Elektromotor môže dlhodobo pracovať **vo vode primárneho okruhu**, pritom ale teplota meraná na puzdre pohonu v oblasti motora nemá prevýšiť 100°C.

Keď dosiahne teplota meraná na puzdre pohonu hodnotu 100°C, je nutné **vypnúť prívod** el. energie do motora!

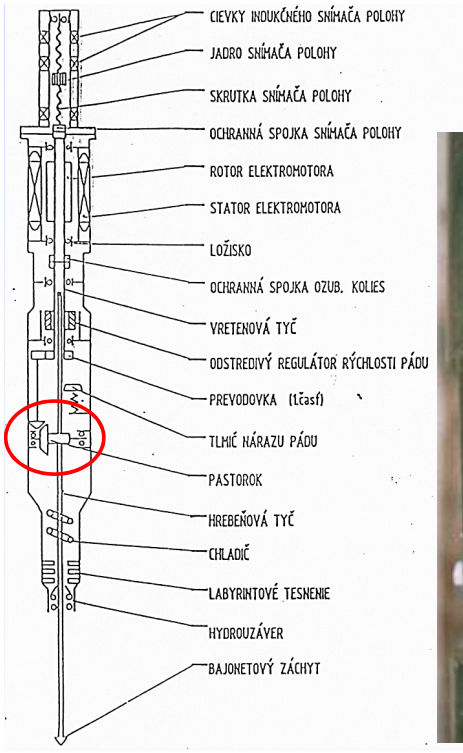
Pohon si zachová vo vypnutom stave práceschopnosť pri prerušení dodávky chladiacej vody, pričom teplota v puzdre pohonu môže dosiahnuť až 200°C. Povolená doba takéhoto režimu je 4 hod., celkom 44 hod. za dobu prevádzkovania pohonu.

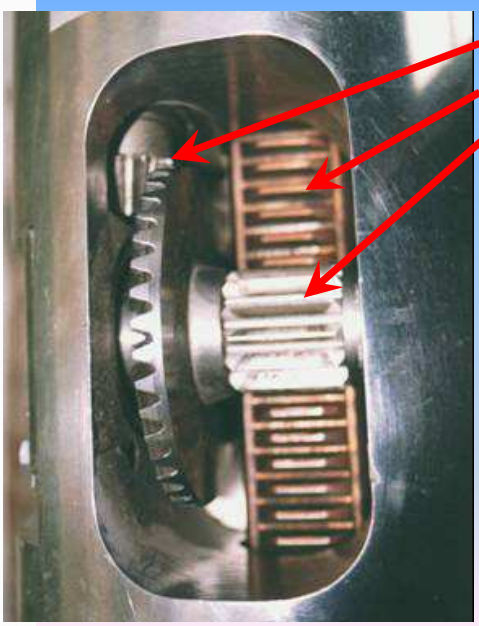
Schéma pohonu SORR - odstredivý obmedzovač rýchlosti pádu





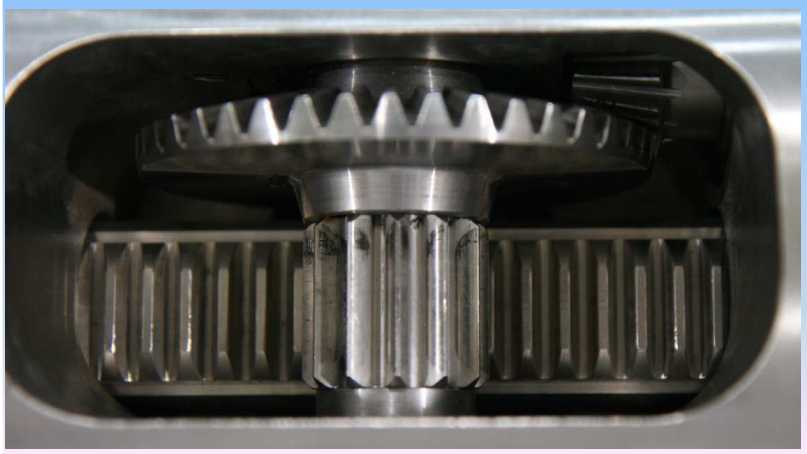
Prevod pastorok – hrebeňová tyč

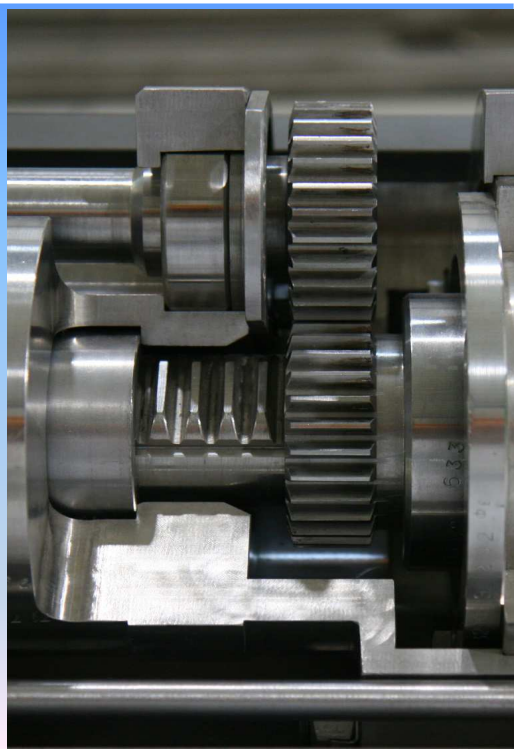




Kužeľový ozubený prevod
hrebeňová tyč
pastorok

Prevod otáčavého pohybu pohonu na posuvný pohyb tyče SORR

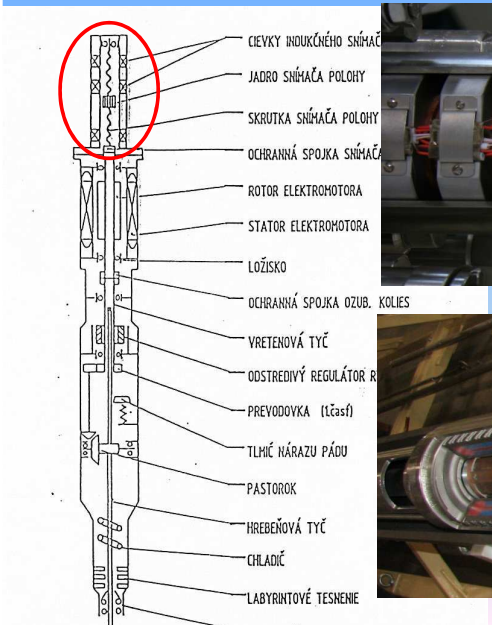


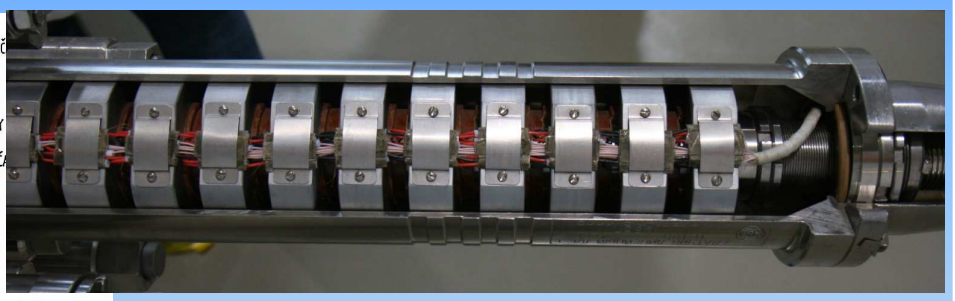


Indikátor polohy

- Ovládacie prvky sú sústredené na pulte a indikátory polohy na paneloch blokovej dozorne.
- Na ND v paneli je umiestnený indikátor polohy a kľúč AO-1.
- Na núdzovej dozorni sa pre každú kazetu individuálne indikujú tieto stavy:
  - dolná poloha kazety – kazeta je v polohe do 500mm, tj. v 0. alebo 1. zóne - odpovedá DVP
  - krajná dolná poloha kazety - odpovedá DKP
- Okrem zónových ukazovateľov polohy (každá kazeta má vlastný) sú k dispozícii presnejšie ukazovatele polohy (selsyny). Pre každú skupinu kaziet je k dispozícii jeden ukazovateľ, ktorý sa pomocou prepínačov pripojuje k príslušnej kazete v skupine.
- Ukazovateľ je relatívny - indikuje zmenu polohy od východzieho stavu, určeného okamžikom pripojenia ku kazete.

Indukčný snímač polohy tyčí SORR a koncový selsyn polohy





Indukčný snímač polohy

Je jednou zo základných častí pohonu a nadväzujúce obvody vyhodnocujú polohu kazety diskrétne, v desiatich zónach (každá má dĺžku 250 mm).

Udaj o tom , v ktorej z desiatich sektorov sa kazeta nachádza, dostáva operátor na číslicovom table na BD podľa nasledujúcej tabuľky:

údaj číslic. tabla	■	Ц	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	П
poloha kazety(mm)	mech. doraz	DKP	0 až	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	HKP
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2500

Aktuálnu hodnotu polohy pracovnej kazety HRK zobrazuje **digitálne meranie** premiestnenia.

Indikácia polohy pohonu HRK

po rekonštrukcii

Poloha kazety (mm)	Zobrazenie na číslicovom. table	Zobrazenie na bloku BRS
DKP = (0) mechanický doraz	.	L
DKV = (20÷40)	**1.**	L
DKV ÷ 250	**1**	1
250 ÷ 500	**2**	2
500 ÷ 750	**3**	3
750 ÷ 1000	**4**	4
1000 ÷ 1250	**5**	5
1250 ÷ 1500	**6**	6
1500 ÷ 1750	**7**	7
1750 ÷ 2000	**8**	8
2000 ÷ 2250	**9**	9
2250 ÷ 2500	**0**	0
2500 ÷ HKV	**0.**	H
Porucha merania	nezmyselné resp. žiadne zobrazenie	E
Test	20 sekundové postupné zobrazovanie H,0, 9, ...L spolu s „.“	

Indikácia premiestnenia (selsyn)

Kontrola pohybu kazety vo vnútri jednotlivých zón sa robí pomocou skupinových ukazovateľov polohy (**selsynov**) UGP1 až UGP6 (UGP1 až UGP3 na paneli B6, UGP4 až UGP6 na paneli B7). **Na každú skupinu je jeden ukazovateľ.**

Ako ukazovatele premiestnenia sa používajú selsyny, pracujúce v režime synchrónneho elektromotora. Selsyny UGP1 až UGP6 sa **pripínajú bezprostredne na prípojnice elektromotora** vybraného pohonu pomocou prepínačov na pulte operátora.

Mechanika pohonu kazety je nastavená tak, že poloha kazety pri vypnutom napájaní je 20-40 mm pod **DKP - na mechanickom doraze**.

Digitálne meranie premiestnenia kaziet HRK.

Je to individuálne meranie pre každú kazetu. Meranie a zobrazenie premiestnenia platí na celú pracovnú dráhu kazety HRK. Ak sa kazeta nachádza na **DKV**, je potrebné digitálne meranie premiestnenia vynulovať. Tým je zabezpečené, že merané údaje budú mať rovnakú východziu polohu ako diskrétne zobrazovanie.

Dosky digitálneho merania premiestnenia kaziet HRK sú namontované na zadnej stene všetkých blokov PNČI. Na každej doske sa nachádza displej a tlačítka pre korekciu zobrazovaných údajov.

V paneloch B6 a B7 sú namontované digitálne ukazovatele premiestnenia kaziet HRK. Pre 1.÷5. skupinu je po jednom ukazovateli. V šiestej skupine má každá kazeta svoj digitálny ukazovateľ premiestnenia.

V 1.÷5. skupine je na ukazovateľ pripojená 1.kazeta zo skupiny. Na požiadanie môže byť kazeta zmenená.

Ovládanie pohonov HRK

Kaziet HRK je 37. Sú rozdelené do 6. skupín.

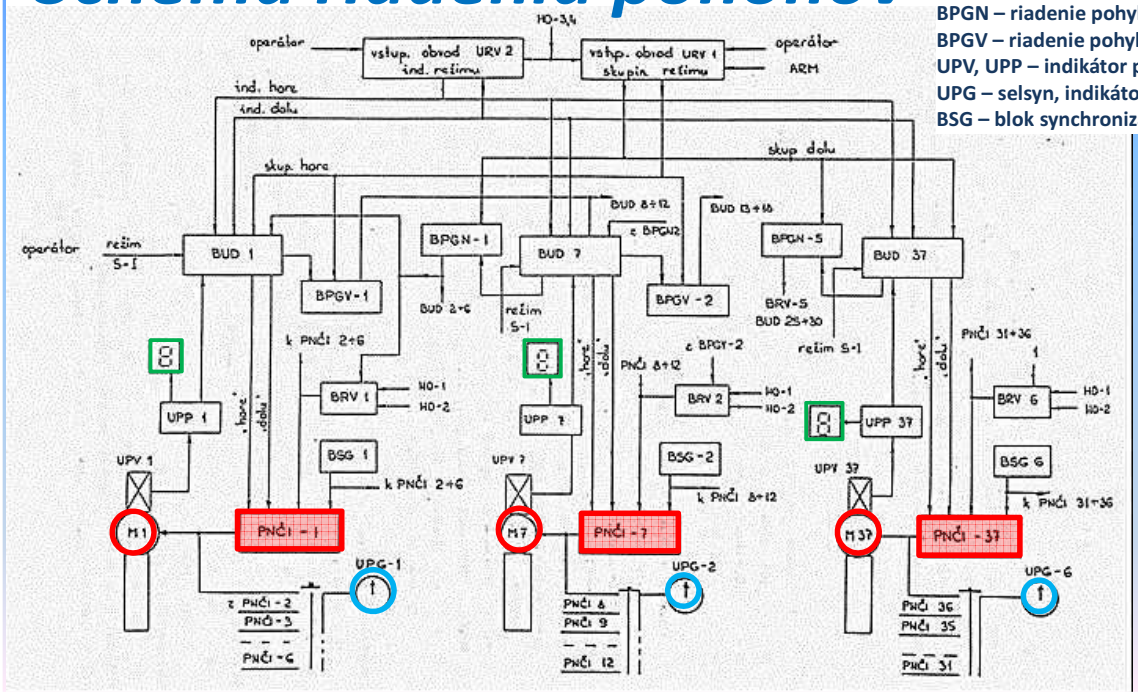
Päť skupín má po 6 kaziet, šiesta skupina má 7 kaziet.

<u>Ovládanie pohonov HRK je určené na realizáciu týchto základných režimov:</u>

- **skupinové riadenie - ručné**
- **automatické ovládanie - regulátorom výkonu (ARM, RCS)**
- **individuálne riadenie - ručné**
- **riadenie pri havarijných signáloch (AKNT, RLS, BREAKER)**

Schéma riadenia pohonov

PNČI – nízkofrekvenčný menič impulzný
BUD – blok riadenia pohybu
BPGN – riadenie pohybu dolu
BPGV – riadenie pohybu hore
UPV, UPP – indikátor polohy
UPG – selsyn, indikátor polohy skupiny
BSG – blok synchronizácie pohybu skupiny



Systém RRCS

- RRCS je relatívne rozsiahly systém, združuje princípy digitálneho a analógového riadenia a výkonovej elektroniky.
- Jedná sa o distribuovaný systém s veľkým množstvom lokálnych podsystémov.
- Systém RRCS je dodávkou firmy ZAT a.s. Příbram ČR.
- Návrh je na báze technických prostriedkov ZAT SandRA Z101 a Z102.
- SandRA (Safe and Reliable Automation)

Systém RRCS na báze ZAT SandRA

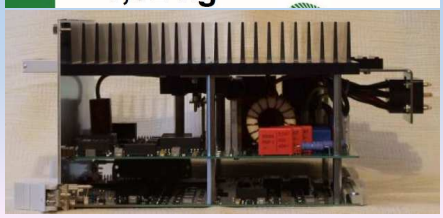
- Zariadenie je skonštruované a overené z hľadiska **seizmickej odolnosti a EMC**.
- Funkcie systému realizuje cez 400 mikropočítačov a 450 hradlových polí (FPGA).
- 45 skríň (28ks s elektronickými jednotkami, 17ks napájacích)
- 8 špeciálnych konštrukcií blokov pre blokovú a núdzovú dozorňu
- 4 typy vaní pre zásuvné dosky a bloky (66ks vaní / blok)
- 36 typov blokov, dosiek a modulov ZAT SandRA Z101 a Z102
- 924 ks samostatných elektronických blokov a modulov, 1237 typových výrobkov ZAT

Blok silového napájania SVU

Riadenie motorov SRM

Menič

4,62 kg



Skrine vyhodnotenia polohy SVP

Blok vyhodnotenia polohy

Skriňa skupinového a individuálneho ovládania SSIR

Systém ZAT SandRAZ102

Vaňa SSIR obsahuje:

1ks doska mikropočítača

8ks dosiek RDD komunikácie

3ks dosiek binárnych vstupov s diagnostikou

1ks dosiek binárnych výstupov s diagnostikou

1ks doska zobrazovacia

2ks dosky zdroja

Skriňa skupinového a individuálneho riadenia SSIR obsahuje **tri nezávislé, galvanicky oddelené kanály** skupinového a individuálneho riadenia.

Všetky tri kanály majú identické programové vybavenie a plnia rovnaké funkcie.

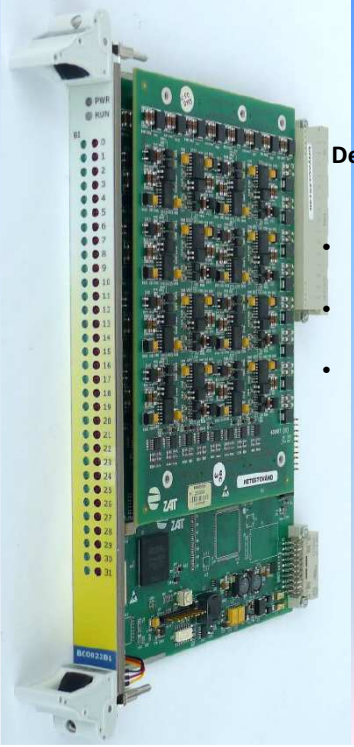
Každý kanál vykonáva **všetky riadiace funkcie** systému RRCS, ktoré sú spojené s funkciami ovládania polohy kaziet HRK.

Monitorovanie a diagnostika: skrine SMD a SOK

Skříň optické komunikace SOK slouží ke sběru provozních a diagnostických dat ze systému RRCS.
Skříň je připojena ke všem komunikačním sítím systému RRCS.
Zajišťuje komunikační návaznost na systém TPS, vyhodnocení poruchové signalizace.

Skříň monitorování a diagnostiky SMD slouží k vizualizaci a archivaci vybraných provozních a poruchových stavů systému, vyhodnocení zkoušek.
Obsahuje dvě PC a HMI rozhraní.
Vizualizace v programu ControlWeb.

Bloky SSIR a SOK



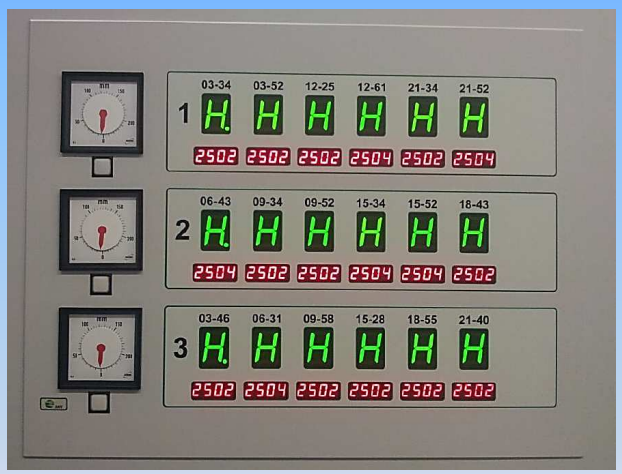
Deska binárních vstupů, výstupů

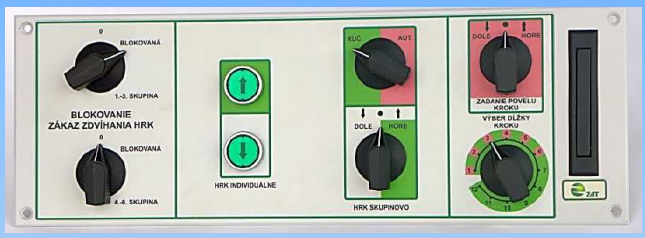
- 32 binárních vstupů s diagnostikou
- 32 binárních výstupů s diagnostikou
- Neobsahují procesor pouze FPGA

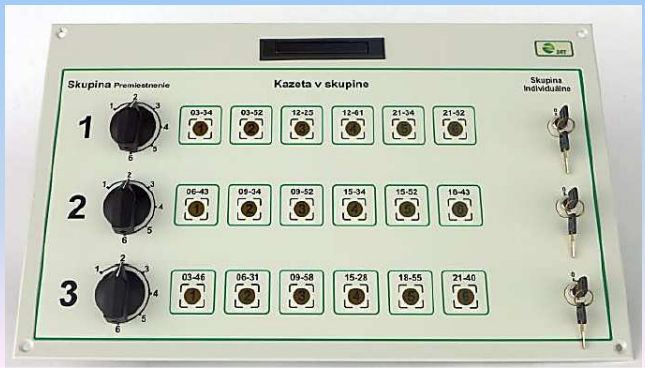
Deska mikropočítače

- 2xCPU (algoritmický a komunikační)
- Cortex-M4, frekvence 168MHz
- 2MB externí paměti SRAM
- 512kB non-volatilní paměti FRAM
- Zálohovaný obvod RTC
- Rozhraní Ethernet
- Rozhraní RS-422/RS-485/RS-232
- Galvanické oddělení komunikačních rozhraní od systému

Prvky blokovej dozorne

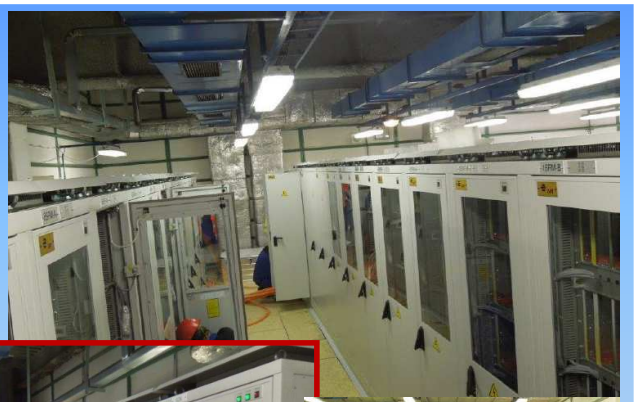






Prvky blokovej dozorne

Fotky z montáže



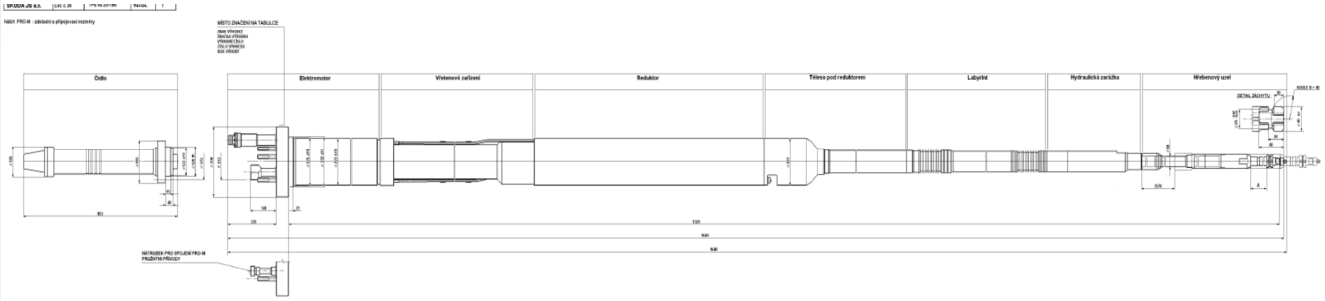
Nový a pôvodný systém

Nadväznosti na systémy SKR:

RCS - Regulátor výkonu reaktoru;
RLS - Limitačný systém reaktoru;
AKNT - Aparatura na kontrolu neutronového toku – část EX-CORE;
AKE - Automatická kalibrace energopásma-část systému EX-CORE;
KVRK - Komplex vnitroreaktorovékontroly -SCORPIO (IN-CORE);
TPS - Technologický počítačový systém;
Breaker A, Breaker B –součást bezpečnostního systému RPS
TVER - Turbínový výkonový elektronický regulátor;
SRV - Sekundární regulace výkonu;
RPS - Hlídání napětí v RRCS;
Panely blokové a nouzové dozorny.

Pohon PRO M pro VVER 440 V 213

čidlo polohy | elektromotor + chladič | vretenové zariadenie | reduktor | labyrintový plášť | hydraulická zarážka | hrebeňový uzol



Dukovany B1 až B4

Bohunice B1 a B2

Pakš B2

Mochovce B3 a B4

Riadenie kaziet HRK

- Ak je niektorá kazeta v DKP, blokuje sa pohyb všetkých kaziet hore.
- Táto blokáda zaisťuje, že nemožno zvýšiť výkon reaktora po páde ktorejkoľvek kazety.
- Pretože na začiatku spúšťania sú všetky kazety dole a nebolo by možné ich vytiahnuť, možno blokádu zrušiť.

Skupinové riadenie

- Režim samostatného ovládania pohonu HRK (skupinový či individuálny) sa volí prepínačmi.
- V polohe **AUT** prichádzajú povely pre pohyb z RCS.
- V polohe **RUČNE SKUPINOVO** dáva povely OR prostredníctvom kľúča na pulte, ktorý má dve polohy – RUČNE SKUPINOVO HORE a RUČNE SKUPINOVO DOLE.
- Povely k pohybu hore alebo dole sa vedú vždy na tzv. pracovnú skupinu kaziet. Tá je tvorená jednou alebo dvoma skupinami, a to tými, ktoré nie sú ani v horných, ani v dolných koncových polohách.

Skupinové riadenie – pohyb hore

- Ak sú všetky kazety v DKP a je podaný signál hore, stane sa pracovnou skupinou skupina č.1 a začne sa pohybovať hore.
- Akonáhle 2 až 4 kazety skupiny č.1 dosiahnu HVP, rozšíri sa pracovná skupina o skupinu č.2 a kazety skupiny č. 1 a č.2 súčasne idú hore až do tej doby, pokiaľ všetky kazety skupiny č.1 nedosiahnu HKP.
- Od tohto okamžiku je pracovnou skupinou len 2.skupina. Akonáhle 2 až 4 kazety tejto 2. skupiny dosiahnu HVP, pripojí sa k nej skupina č.3. Celý postup pokračuje až dovtedy, keď je pracovnou skupinou skupina č.6, čo je obvyklý prevádzkový stav.

Skupinové riadenie – pohyb dolu

- Pohyb po povele dole je riešený podobne.
- Ak sú všetky kazety v HKP (v prevádzke prakticky nemožné), stane sa pracovnou skupinou skupina č.6 a začne sa pohybovať dole.
- Ak 2 až 4 kazety 6. skupiny dosiahnu DVP rozšíri sa pracovná skupina o skupinu č.5 a kazety skupín idú súčasne až dovtedy pokiaľ všetky kazety 6.skupiny nedosiahnu DKP. Od tohto okamžiku je pracovnou skupinou len 5.skupina. Ak 2 až 4 kazety tejto 5.skupiny dosiahnu DVP, pripojí sa k nej 4.skupina. Celý postup pokračuje až dovtedy, keď je pracovnou skupinou skupina č. 1.

Individuálne riadenie jednej kazety alebo skupiny

- Operátor môže vybrať kazetu do individuálneho riadenia. Pre tento účel má OR k dispozícii prepínače (QX1 až QX37).
- Pre **prepnutie kaziet do individuálneho riadenia** platia tieto obmedzujúce podmienky:
  a) individuálne môže byť riadených najviac 7 kaziet z celkového počtu 37
  b) do individuálneho riadenia možno prepnúť celú skupinu kaziet
  c) ak nenastane prípad b) možno do individuálneho režimu prepnúť najviac 2 kazety z každej skupiny pri dodržaní podmienky z bodu a).
- Všetky kazety prepnuté do individuálneho riadenia vytvárajú **špeciálnu skupinu**.
- Pohyb tejto skupiny hore alebo dole vyvolá OR pomocou kľúča QX47 (ručne na voľbu - hore/dole).
- Tento pohyb nie je závislý od poloha kľúča QX48. **Uvedenú skupinu možno teda ručne pohybovať i pri automatickom alebo ručnom skupinovom riadení**, či už pracovná skupina stojí alebo sa pohybuje ktorýmkoľvek smerom.

Automatická ochrana reaktora V-2

Automatická ochrana reaktora spôsobuje automatické prerušenie alebo spomalenie štiepnej reakcie v prípade vzniku havarijných situácií.

Schéma ochrán pôsobí na reaktor 3 druhmi bezpečnostných zásahov: **AO1, AO3 a „Blokovanie HRK“.**

Účinok AO–3 a „Blokovanie HRK“ **trvá iba po dobu pôsobenia príslušných spúšťacích signálov**.

Signál „Blokovanie HRK“ ruší možnosť vyťahovania riadiacich kaziet. Pohyb dolu pri pôsobení signálu „Blokovanie HRK“ je dovolený.

Automatická ochrana reaktora V-2

1. **Zásah AO1** spôsobuje rýchle súčasné zasunutie, všetkých regulačných kaziet do DKP (vypnutím napätia z ich motorov) rýchlosťou 20 - 30 cm/s.
2. **Zásah AO3** spôsobuje zasúvanie pracovnej skupiny riadiacich kaziet rýchlosťou 2 cm/s a za ňou prípadne ďalšej podľa programu postupného prenosu pohybu. Pre neutrónovo fyzikálne príčiny platí nasledujúce: „Ak do 10 sek. pôsobenie signálu prvopríčiny nezanikne, prechádza na AO1“.
3. Pôvodná AO4 sa premenovala na Signál „**blokovanie HRK**“. Je to prevádzková blokáda - zákaz pohybu HRK smerom hore, ktorú rieši systém RLS.

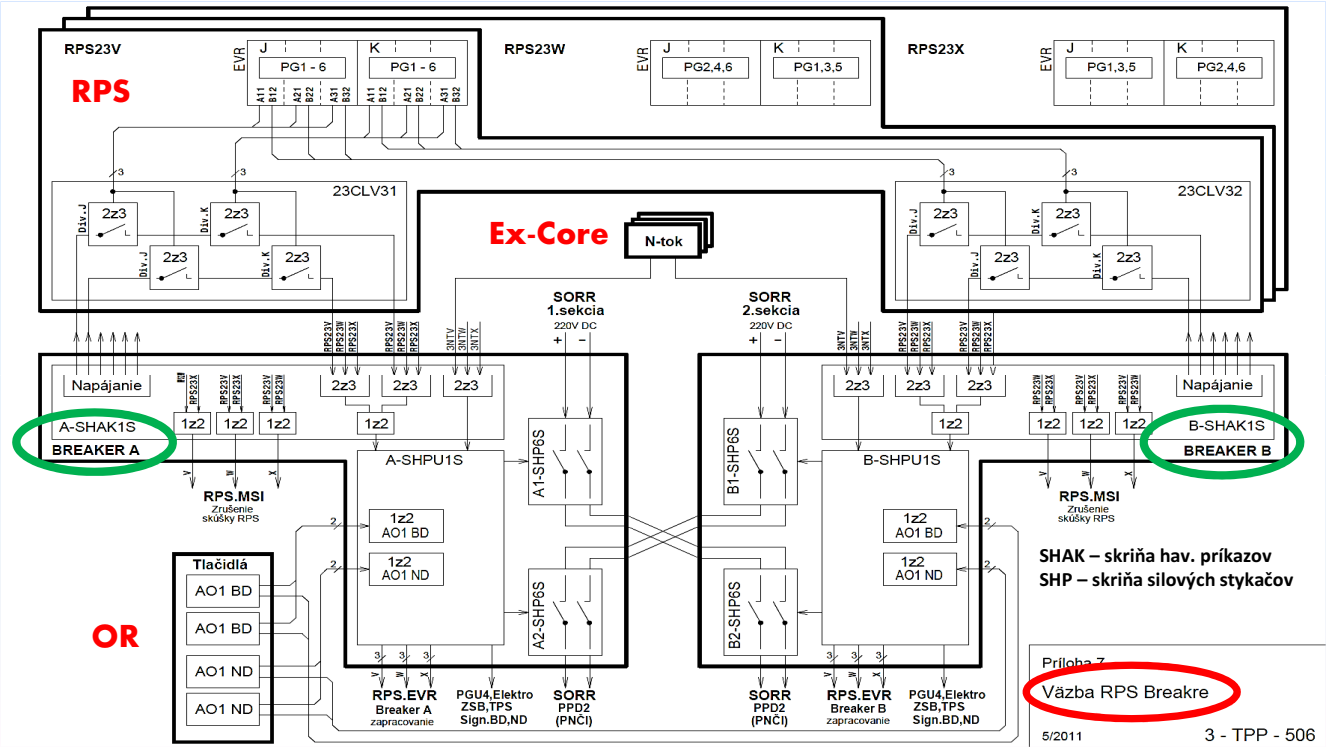
Základné funkcie BREAKEROV

Akčná časť automatickej ochrany reaktora AO1 je vyhotovená v podobe dvoch rovnakých nezávislých kompletov zariadenia – dvoch ***Breakerov elektrického napájania pohonov*** HRK (Breaker A a Breaker B), ktoré zabezpečujú príjem všeobecných (sumárnych) signálov AO1 podľa technologických parametrov

- zo systému **RTS**,
- neutrónovo-fyzikálnych parametrov od aparatúry **AKNT Ex-Core**, ich spracovanie podľa logiky „2 z 3“,
- od tlačítka AO1 z **BD a ND,** ich spracovanie podľa logiky „1 z 2“

Základné funkcie BREAKEROV

- **realizácia** automatickej ochrany reaktora prvého druhu (**AO1**), ktorá zabezpečuje rýchle odstavenie reaktora pri vzniku havarijnej situácie;
- **vydávanie signálov** prvopríčiny AO od zapôsobenia systému rýchleho odstavenia **RTS**, systému meranie neutrónového výkonu **AKNT**, alebo tlačítok AO1 a signalizácia poruchy Breakerov na signálne tablá na **BD a ND**
- vydávanie signálov o zapracovaní AO1 do systému **RPS**;
- vydanie signálu o zapracovaní jednej redundancie do zostávajúcich dvoch redundancií **RPS**
- formovanie signálov AO1 do **SORR** a do systémov **Elektro** a **ZSB**;
- **testovanie** výberov a trasy formovania výkonných príkazov AO1 a na silové stykače pri práci energetického bloku na výkone;
- zber a spracovanie informácií o stave a činnosti zariadenia a ich prenosu do technologického počítačového systému **TPS**;



Operátor reaktora je povinný odstaviť reaktor tlačidlom AO-1:

1. Pri trvalom pohybe skupiny kaziet HRK "hore" **pri poruche** v schéme ovládania kaziet.
2. **Pri požiari**, ktorý ohrozuje jadrovú bezpečnosť bloku, celistvosť zariadení, zdravie ALEBO život ľudí ALEBO, ak rozmery požiaru nie je možné presne určiť A lokalizovať (napr. pre dym, neprístupnosť a pod.).
3. Pri úplnej strate kontroly na BD ľubovoľného z nasledujúcich parametrov PO alebo pri závadách v schéme formovania signálov pre RTS, RLS od týchto parametrov:
   - **tlaku** chladiva
   - **teploty** chladiva na výstupe z reaktora
   - **hladiny** v kompenzátore objemu
   - **delta p** na reaktore
   - **delta p** na všetkých HCČ
   - neutrónového **výkonu** reaktora

Pokračovanie: Operátor reaktora je povinný odstaviť reaktor tlačidlom AO-1:

4. REŽIM 3, teplota v 5/6 HCS je nižšia ako 240 °C a **dôjde k poklesu podchladenia** na výstupe z AZ na 0 °C.
5. AK **teplota puzdra pohonu SORR** dosiahne hodnotu **100 °C** na viac ako jednej kazete HRK.
6. Pri výpadku systému **TF10** na dobu dlhšiu ako 30 sekúnd (medziokruh chladenia pohonov HRK).
7. Pri zvýšení **teploty** v hermetických miestnostiach na 100 °C.
8. **Pri úniku vody, pary v strojovni,** ktorý spôsobuje zatápanie ALEBO zaparovanie miestností, poškodzuje zariadenie, vyvoláva skraty na elektrozariadení, ALEBO ohrozuje zdravie A životy ľudí.
9. **Pri úniku z PO**, pri ktorom sa prejavujú znaky radiačnej havárie:
   - výpusť rádioaktívnych aerosolov komínom nad $1{,}85.10^{13}$ Bq/hod.
   - náhle zvýšenie koncentrácie rádioaktívnych plynov v hermetických a poloobslužných miestnostiach na $3{,}7.10^{7}$ Bq/l spolu s náhlym zvýšením aktivity
10. Pri úplnom výpadku a nemožnom nábehu **doplňovacích čerpadiel**.
11. Pri úplnom výpadku **napájania PG** a nemožnosti jeho okamžitého obnovenia.
12. Pri zatváraní všetkých armatúr na výtlaku ENČ v REŽIME 1.
13. Pri nezapracovaní RTS AO-1, ak zapracovaniu sú vytvorené podmienky.
14. Pri objavení sa príznakov **otravy** personálu BD.
15. **Pri ohrození BD**.
16. AK **operátor reaktora je presvedčený**, že ďalšia prevádzka reaktora ohrozuje bezpečnosť reaktorového bloku ALEBO elektrárne.

Väzba SORR na AKNT

- Väzba na AKNT je realizovaná signálmi „Zasúvanie HRK“ (**AO3**), ktoré sú privedené do schémy ovládania SORR, kde je realizovaný výber 2 z 3 (z redundancií AKNT).
- V AKNT vstupujú do AO3 signály **varovnej periódy** a **varovného výkonu** v príslušných pásmach. Signály sú tvorené v jednotlivých kanáloch a za každú redundanciu sú tvorené výberom 2 z 3.
- Signály AO1, AO3 sú z AKNT vydávané vždy len z aktuálneho pracovného pásma (PZ, MP, EP1, EP2).

Väzba SORR na RCS

- **RCS** pôsobí do schémy ovládania HRK prostredníctvom signálov na **riadenie pohybu HRK** („HRK hore“ a HRK dolu“) **z každého kanálu RCS**. Signál spína relé, z ktorých pre daný pohyb je tvorený výber 2z3.
- RCS ovláda pohyb HRK iba ak je kľúč S48 v polohe „automatický režim“.
- Funkciu RCS ovplyvňujú signály AO3 a „Blokovanie HRK“. Kontakty z panelu PGU4 pôsobia spoločne do všetkých troch kanálov RCS.
  - Počas pôsobenia signálu „Blokovanie HRK“ je ovládacou časťou RCS generovaný signál "Zákaz hore", ktorý bráni kanálom RCS dvíhať kazety HRK.
  - Signál AO3 potláča automatický režim a tým blokuje povely na riadenie HRK regulátorom RCS.
  - RCS po skončení AO3 pracuje v automatickom režime N, alebo T.

Väzba SORR na RLS

- RLS pôsobí do schémy spracovania automatických ochrán (v PGU4) prostredníctvom signálov „**Zasúvanie HRK**“ (AO3) a „**Blokovanie HRK**“ kontaktmi výstupných oddeľovacích relé umiestnených priamo v skriniach RLS odkiaľ sa oddelený signál privádza do skrine PGU4 (SORR) kde je realizovaný výber 2 z 3.

Väzba SORR na systém KVRK In-Core

- **Poloha kaziet** pohonov HRK z blokov BRS je prostredníctvom panelu B 156 zavedená do KVRK1 stojan UVC 26.
- Poloha všetkých skupín HRK je zobrazovaná v fragmentoch KVRK a používa sa pri **výpočte** rekonfigurácie výkonového poľa vo výpočtovom komplexe KVRK.

Väzba SORR na komplex TPS

- Do komplexu **TPS (Technologická počítačová sieť)** zo strany zariadenia SORR, pre účely diagnostiky a archivácie stavu zariadenia a činnosti zariadenia, postupujú dva druhy signálov podľa dôležitosti v rýchlosti zberu.
  - **diskrétne signály** a
  - **iniciačné signály**.

Väzba SORR na BREAKER-e A, B

Väzba na BREAKER A, B je realizovaná signálmi **AO1**, ktoré sú privedené do schémy spracovania AO1, kde je realizované ovládanie pohonov HRK. Zároveň Breakre svojimi výkonovými stykačmi rozpájajú napájacie prívody pohonov HRK.

Systém ochrany reaktora RPS

Pre zvýšenie spoľahlivosti riadenia bezpečnostných systémov, potrebných pre zvládnutie havarijných situácií, bol v rámci projektu modernizácie elektrárne V2 nasadený nový integrovaný riadiaci systém ochrany reaktora a bloku **RPS na báze systému TELEPERM XS**.

Systém RPS zabezpečuje činnosti rýchleho odstavenia reaktora od technologických príčin (**RTS**) a spúšťanie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti **(ESFAS)**.

RPS - Integrovaný riadiaci systém ochrany reaktora a bloku (Reactor Protection System)

Funkciou RPS je plnenie troch hlavných úloh:

- zabezpečenie kontroly reaktivity a vytvorenie podkritičnosti AZ (**RTS**)
- zabezpečenie chladenia aktívnej zóny a odvodu tepla z PO (**ESFAS** PO, **ESFAS** SO)
- obmedzenie úniku RA látok na minimum (ESFAS PO)

RTS – Reactor Trip System

ESFAS - Engineered Safety Feature Actuation System

RTS - systém rýchleho odstavenia reaktora PREHĽAD PRÍČIN ZAPRACOVANIA

- Stlačenie ľubovoľného tlačidla AO1
- Prevýšenie výkonu rektora pre 4 pracujúce HCČ/slučky
- Prevýšenie výkonu rektora pre 3 pracujúce HCČ/slučky
- Stredný únik pre RTS
- Veľký únik pre RTS
- Pretlak v HP pre RTS
- Tlakový spád na AZ pre 6 HCČ
- Tlakový spád na AZ pre 5 HCČ
- Vypnutie 4 a viac HCČ
- Odpojenie 4 a viac slučiek
- Vysoký tlak v PO
- Vysoká hladina v KO
- Vysoká teplota horúcich slučiek
- Malý únik pre RTS
- Trvajúca zvýšená teplota horúcich slučiek
- Trvajúci zvýšený tlak v PO
- Pretlak v HP od ESFAS do RTS
- ECCSK (Emergency Core Cooling System kriterium) od ESFAS do RTS
- Veľmi nízka hladina v dvoch PG
- Roztrhnutie parovodu
- Vysoký tlak v parovode
- Nízky tlak v parovode
- Nízka hladina v 3 zo 6 PG
- Strata napájania PG od ESFAS
- Pokles napätia na prípojniciach vysielačov polohy HRK
- Pokles napätia napájania PNČ
- Pokles napätia napájania SORR

ESFAS - systém pre spúšťanie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti bloku

ESFAS PO

- Veľká havária
- ECCS – havarijné chladenie AZ
- Pretlak v HP
- Malý pretlak v HP
- Podtlak v HP
- Veľký únik
- Stredný únik
- Malý únik
- Prepínanie TJ
- Prepínanie TH
- Spúšťanie TH
- Vysoký tlak PO

ESFAS SO

- Strata napájania PG
- Roztrhnutie parovodu – signál 1
- Roztrhnutie parovodu – signál 2
- Roztrhnutie parovodu – signál 3
- Vysoký tlak v parovode
- Strata napájania jednotlivých PG

PV - podpäťové vypínanie

Signál iniciovaný **stratou napätia** ALEBO **frekvencie** ALEBO **tlačidlom** ŠTART DG zabezpečí:

- vypnutie generátorového vypínača,
- vypnutie systémovej aj nesystémovej spojky 6 kV,
- vypnutie všetkých spotrebičov pripojených na systémovú sekciu 6 kV ZN 2. kategórie (okrem vybraných transformátorov 6/0,4 kV),
- vypnutie všetkých čerpadiel, ventilátorov, ostatných zariadení napájaných priamo z úsekového rozvádzača 0,4 kV ZN 2. kategórie (okrem vývodov na podružné rozvádzače),
- vydanie signálu na štart DG a s časovým oneskorením 10 s signál na zapnutie generátorového vypínača.

APS - automatika postupného spúšťania

- Po obnovení napájania systémovej sekcie 6 kV ZN II. kategórie nasleduje APS. Od signálu „APS“ sú **zapínané** spotrebiče **podľa stanovenej sekvencie,** je zrušené blokovanie zapnutia vybraných spotrebičov v jednotlivých stupňoch APS.
- Ostatné pohony napájané ZN II. kategórie majú povolený nábeh po stlačení tlačidla RESET APS.
- Tretia redundancia naviac ešte v 40. sekunde zatvára príslušné armatúry odberu vzoriek z odkalov PG.
- Prechod z DG sekcie 6 kV na prevádzkovú je možný až po stlačení tlačidla RESET DG po RESET APS. Signál ukončí blokovanie vypnutia generátorového vypínača a uvoľní spätný skok – **prechod na štandardné napájanie.**

Signály a hlásenia RPS

HÚKAČKA ESFAS
PRETLAK V HP dP > 10 kPa
PODTLAK V HP dP > 15 kPa
VEĽKÝ ÚNIK
STREDNÝ ÚNIK
MALÝ ÚNIK
STRATA NAPÁJANIA PG L 2/6 PG < 1,42 m
SPUSTENIE TH
PODPÄŤOVÉ VYPÍNANIE
APS
VYSOKÝ P PO Ppo >14,6 MPa
B&F PRIPRAVIŤ L 5/6 PG < 1 m
B&F SPUSTIŤ L 5/6 PG < 0,3 m
PRECHOD SANIA TJ
PRECHOD SANIA TH
BLOKOVANIE PRETLAK HP > 10 kPa T 5/6 HCS < 100 °C
BLOKOVANIE VEĽKÝ ÚNIK T 5/6 HCS < 245 °C
BLOKOVANIE SÚ, MÚ, STR. NAP., SLB 1,2,3 T 5/6 HCS < 180
STRATA NAPÁJANIA PG L 2/6 PG < 1,42 m
SPUSTENIE TH
PODPÄŤOVÉ VYPÍNANIE
VYSOKÝ P PO Ppo >14,6 MPa
VYSOKÝ TLAK V PG6 P > 5,3 MPa
VYSOKÝ TLAK V PG1 P > 5,3 MPa

BLOKOVANIE OVLÁDANIA POHONOV APS
BLOKOVANIE OVLÁDANIA ESFAS 1TJ21S08
SLB PG1 SIGNÁL1 ODDELENIE A
SLB PG2 SIGNÁL1 RČA - MAG. B
SLB PG3 SIGNÁL1 RČA - MAG. B
SLB PG4 SIGNÁL1 HPU
SLB PG5 SIGNÁL1 HPU
SLB PG6 SIGNÁL1 ODDELENIE A
SLB PG1 SIGNÁL2 ODDELENIE B
SLB PG4 SIGNÁL2 AUMA
SLB PG5 SIGNÁL2 AUMA
SLB PG6 SIGNÁL2 ODDELENIE B
SLB PG1 SIGNÁL3 ODDELENIE A,B
SLB PG2 SIGNÁL3 RČA - MAG. B
SLB PG3 SIGNÁL3 RČA - MAG. B
SLB PG4 SIGNÁL3 HPU, AUMA
SLB PG5 SIGNÁL3 HPU, AUMA
SLB PG6 SIGNÁL3 ODDELENIE A,B
BLOKOVANIE SLB PG, SIGNÁL1,2 P PG1< 0,9 MPa
STRATA NAPÁJ. PG6 L PG6 < 1,42 m
STRATA NAPÁJ. PG1 L PG1 < 1,42 m
BLOKOVANIE L PG6,1 < 1,42m T 5/6 HCS < 180 °C
ZAPRACOVANIE ESFAS
MEDZNÁ HODNOTA ESFAS
PRETLAK V HP dP > 10 kPa
PODTLAK V HP dP > 15 kPa

B&F PRIPRAVIŤ L 5/6 PG < 1 m
B&F SPUSTIŤ L 5/6 PG < 0,3 m
PRECHOD SANIA TJ, PRECHOD SANIA TH
BLOKOVANIE PRETLAK HP > 10 kPa T 5/6 HCS < 100 °C
BLOKOVANIE VEĽKÝ ÚNIK T 5/6 HCS < 245 °C
BLOKOVANIE SÚ, MÚ, STR. NAP., SLB 1,2,3 T 5/6 HCS < 180 °C
BLOKOVANIE OVLÁDANIA POHONOV APS
BLOKOVANIE OVLÁDANIA ESFAS 1TJ21S08
SLB PG1 SIGNÁL1 ODDELENIE A
SLB PG2 SIGNÁL1 RČA - MAG. B
SLB PG3 SIGNÁL1 RČA - MAG. B
SLB PG4 a 5 SIGNÁL1 HPU
SLB PG6 SIGNÁL1 ODDELENIE A
SLB PG1 SIGNÁL2 ODDELENIE B
SLB PG4 SIGNÁL2 AUMA
SLB PG5 SIGNÁL2 AUMA
SLB PG6 SIGNÁL2 ODDELENIE B
SLB PG1 SIGNÁL3 ODDELENIE A,B
SLB PG2 SIGNÁL3 RČA - MAG. B
SLB PG3 SIGNÁL3 RČA - MAG. B
SLB PG4 SIGNÁL3 HPU, AUMA
SLB PG5 SIGNÁL3 HPU, AUMA
SLB PG6 SIGNÁL3 ODDELENIE A,B
BLOKOVANIE SLB PG1, SIGNÁL1,2 P PG1< 0,9 MPa
BLOKOVANIE SLB PG2, SIGNÁL1,2 P PG2< 0,9 MPa
BLOKOVANIE SLB PG3, SIGNÁL1,2 P PG3< 0,9 MPa
BLOKOVANIE SLB PG4, SIGNÁL1,2 P PG4< 0,9 MPa
BLOKOVANIE SLB PG5, SIGNÁL1,2 P PG5< 0,9 MPa
BLOKOVANIE SLB PG6, SIGNÁL1,2 P PG6< 0,9 MPa
VYSOKÝ TLAK V PG6 P > 5,3 MPa
VYSOKÝ TLAK V PG1 P > 5,3 MPa
STRATA NAPÁJ. PG6 L PG6 < 1,42 m
STRATA NAPÁJ. PG1 L PG1 < 1,42 m
BLOKOVANIE L PG6,1 < 1,42m T 5/6 HCS < 180 °C
ZAPRACOVANIE ESFAS
MEDZNÁ HODNOTA ESFAS

RLS

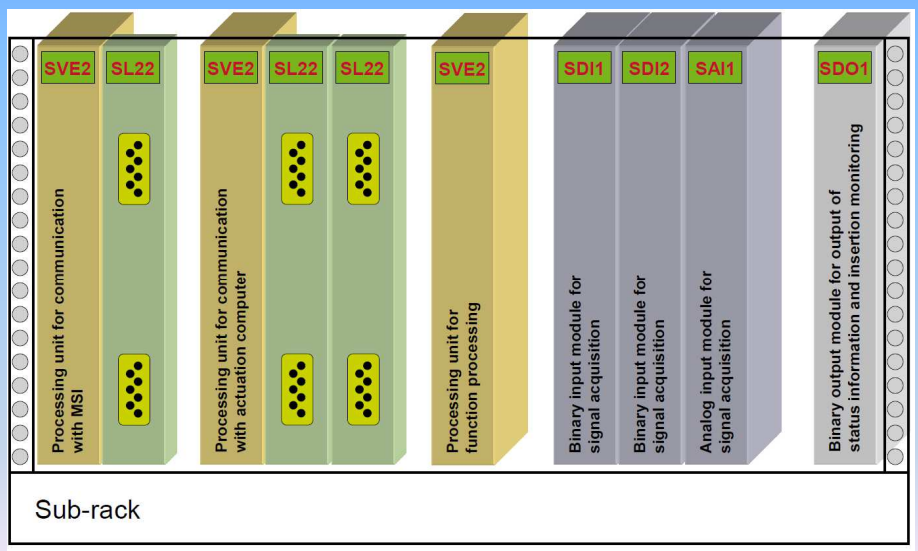
- **RLS** integruje
  - pôvodné funkcie **AO3** (vrátane ROM),
  - blokovanie HRK (**AO4**)
  - ochranu proti studenému pretlakovaniu tlakovej nádoby reaktora **SOT**,
  - **regulácie PSA, LOPG** a prídavné funkcie **ESFAS** cez RLS.

- **Funkcie od neutrónovo fyzikálnych príčin sú zabezpečované samostatným systémom merania n-toku reaktora AKNT-17R (Ex-Core).**

- RLS je postavený na báze systému **TELEPERM XS**. Hardwarové prostriedky spĺňajú požiadavky kategórie A podľa IEC 1226.

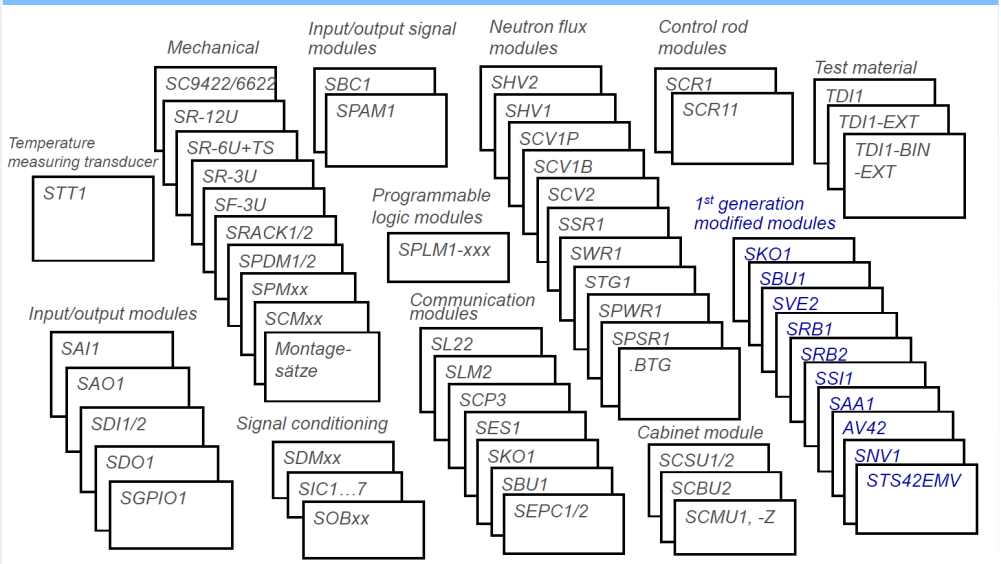
Processing modul SVE2

TXS jednotky zberu a spracovania signálu



MSI – monitoring and service interface

Processing modul SVE2
TXS prehľad hardvéru



Zoznam základných HW prostriedkov použitých v štruktúre RLS:

Skriňa STS42-1/EMV seizmicky odolná s krytím IP30.

Rošty SBG poskytujú umiestnenie pre elektronické moduly TELEPERM XS. Moduly v roštoch sú vzájomne prepojené pomocou 32-bitovej zbernice (K32).

Modul spracovania SVE2 je úplný 64 bitový mikropočítač, ktorý zabezpečuje cyklické vykonávanie programu, v ktorom sú implementované projektované funkcie SKR, uloženého vo svojej flash pamäti.

Komunikačný procesor SCP2 slúži na komunikáciu medzi počítačmi TELEPERM XS prostredníctvom Ethernet protokolu, 10 Mbit/s.

Komunikačný modul SL21 je prídavným modul k modulu SVE2, ktorý sa používa na komunikáciu medzi jednotkami prostredníctvom zbernice SINEC L2.

Modul binárnych vstupov S430 slúži na zber 32 binárnych technologických signálov s úrovňou 24V DC.

Modul binárnych výstupov S451 umožňuje, aby riadiace signály spracované v module SVE2 mohli cez modul S451 ovládať akčné členy.

Modul analógových vstupov S466 slúži na zber analógových technologických signálov a na ich zmenu na číslicový formát tak, aby mohol byť spracovaný v module SVE2. V jednom module S466 je možné spracovať 8 analógových vstupov v diferenciálnom zapojení.

Modul SAA1 zabezpečuje napájanie snímačov, ochranu proti prepätiu a zmenu analógového prúdového signálu 4-20 mA na napäťový 0,5-2,5 V.

Modul SNV1 zabezpečuje galvanické oddelenie a rozmnoženie (4 výstupy) analógového signálu 4-20 mA.

Modul SLLM zabezpečuje obojsmerný prevod z metalického na optické vedenie zbernice Profibus.

Modul SHS1 zabezpečuje pomocou modulu SHO2 a SHT2 hviezdicové prepojenie zberníc Ethernet.

Modul SHO2 zabezpečuje optické prepojenie zbernice Ethernet do SHS1.

Modul SHT2 zabezpečuje metalické prepojenie zbernice Ethernet do SHS1.

Moduly SRB1,2 tvorí dvojica nezávislých relé. Každé relé obsahuje trojicu prepínacích kontaktov a jeden pomocný oddelený kontakt pre signály spätných hlásení.

Modul ASS31 zabezpečuje istenie a ochranu proti prepätiu pre binárne signály.

Menič DC 2000 zabezpečuje prevod napätia z 220V DC na 24V DC a galvanické oddelenie výstupného napätia.

Menič AC 2000 zabezpečuje prevod napätia z 230V AC na 24V DC a galvanické oddelenie výstupného napätia.

Príčiny AO3:

- ľubovoľné tlačidlo AO3 (funkciu zabezpečuje SORR)
- činnosť AO1
- tlak v PO > 13,2 MPa
- teplota v dvoch horúcich vetvách slučiek > 307°C
- hladina v dvoch pracujúcich PG < 1,72m
- Nkor > 103% Nnom
- pracuje 5 slučiek PO a Nkor > 77% Nnom
- pracujú 4 slučky PO a Nkor > 62% Nnom
- pracujú 3 slučky PO a Nkor > 46% Nnom
- pracujú 2 a menej slučiek PO a N > 4% Nnom podľa výkonu N_{EP}
- pracuje jeden TG a Nkor > 65% Nnom
- žiadny pracujúci TG a Nkor > 25% Nnom
- tlak v PO < 11,3 MPa

Príčiny - Blokovanie HRK

Blokovanie HRK – je prevádzková blokáda - zákaz pohybu HRK smerom hore (počiatočná funkcia AO4 od technologických príčin). Signál „Blokovanie HRK“ blokuje pohyb HRK smerom hore od nasledovných príčin:

- činnosť AO1
- činnosť AO3 (funkciu zabezpečuje SORR)
- HRK na DKV (dolný koncový vypínač)
- N_{EP} > 102% Nnom
- N_{EP} > (Ntrend + 8% Nnom)
- CPU RLS mimo prevádzky (2 z 3 CPU)

SIGNALIZÁCIA RLS

AO3 PRVOPRÍČINY, RLS AO4, SOT, PORUCHY TXS

01 ZAPRACOVANIE RLS - ZNIŽOVANIE VÝKONU RE	07 ZVÝŠENÝ N_{KOR} N_{KOR} > 103% N_{NOM}	13 ZVÝŠENÝ N_{KOR} PREVÁDZKA 1 TG N_{KOR} > 65% N_{NOM}	19 ZAPRACOVANIE RLS - ZÁKAZ ZDVÍHANIA HRK	25 SOT VYRADENÁ	31 ZAPRACOVANIE JEDEN KANÁL RLS	37 CPU MIMO NORM. PREVÁDZKY
02 ZVÝŠENÝ P_{PO} P_{PO} > 13,2 MPa	08 ZVÝŠENÝ N_{KOR} PRE 5 SLUČIEK N_{KOR} > 77% N_{NOM}	14 ZVÝŠENÝ N_{KOR} PREVÁDZKA BEZ TG N_{KOR} > 25% N_{NOM}	20 ZÁKAZ ZDVÍHANIA HRK N_{RE} > 102% N_{NOM}	26 SOT T_{PO} < T_{KL}	32 MEDZNÁ HODNOTA RLS	38 VÝSTRAHA TXS
03 ZVÝŠENÁ T HCS T 2/6 HCS > 307°C	09 ZVÝŠENÝ N_{KOR} PRE 4 SLUČKY N_{KOR} > 62% N_{NOM}	15 BLOKOVANIE ZNIŽOVANIA N_{RE}, BEZ TG P_{PO} < 11,8 MPa	21 ZÁKAZ ZDVÍHANIA HRK N_{RE} > N_{TREND} + 8% N_{NOM}	27 SOT P_{PO} > MAX 2	33 PORUCHA ÚPRAVY SIGNÁLOV	39 PORUCHA SIGNALIZÁCIE
04 ZNÍŽENÁ L_{PG} L 2 PRAC. PG < 1,72 m	10 ZVÝŠENÝ N_{KOR} PRE 3 SLUČKY N_{KOR} > 46% N_{NOM}	16 REZERVA	22 ZÁKAZ ZDVÍHANIA HRK 2/3 CPU MIMO PREVÁDZKY	28 SOT P_{PO} > MAX 1	34 SKÚŠKA NAVOLENÁ	40 REZERVA
05 ZNÍŽENÝ P_{PO} P_{PO} < 11,3 MPa	11 ZVÝŠENÝ N_{RE} PRE 2 SLUČKY N_{RE} > 4% N_{NOM}	17 NÍZKY VÝKON TG1 N_{TG1} < 35 MW_e	23 REZERVA	29 SOT P_{PO} < MIN	35 PORUCHA SPRAC. SIGNÁLOV	41 REZERVA
06 BLOKOVANIE ZNÍŽENÝ P_{PO} N_{RE} < 3% N_{NOM}	12 REZERVA	18 NÍZKY VÝKON TG2 N_{TG2} < 35 MW_e	24 ZAPRACOVANIE RLS - PG	30 REZERVA	36 PORUCHA TXS	42 REZERVA

Prídavné funkcie ESFAS cez RLS

Riadia zásobu vody a preplnenie PG.

Aktivácia prídavných funkcií ESFAS cez RLS je od nasledovných príčin:

- hladina v príslušnom PG > 2,52 m za podmienky T v 2/6 HCS > 200 °C
- hladina v príslušnom PG < 1,42 m m za podmienky T v 2/6 HCS > 200 °C

LOPG cez RLS

LOPG – zabezpečuje lokálne ochrany parogenerátorov

Aktivácia LOPG je od nasledovných príčin:

- malá stredná hladina v príslušnom PG < - 120 mm
- malá stredná hladina v 2/6 PG < -120 mm
- zvýšená stredná hladina v príslušnom PG > + 75 mm
- vysoká stredná hladina v príslušnom PG > + 100 mm
- vysoká stredná hladina v príslušnom PG < + 80 mm
- veľmi vysoká stredná hladina v príslušnom PG > + 200 mm

SOT

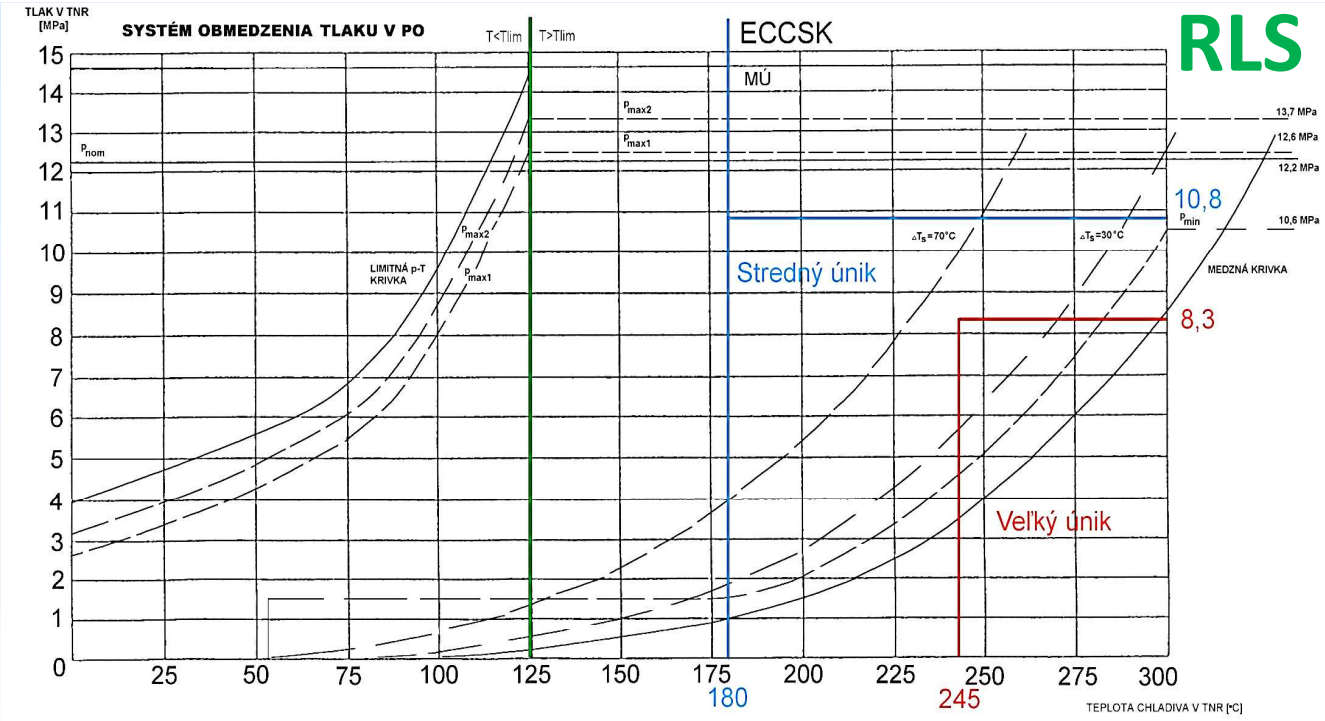
SOT – chráni pred studeným pretlakovaním reaktorovej nádoby

- Ochrana pred natlakovaním PO za studena zabezpečuje svojimi činnosťami, že okamžitá kombinácia tlaku v PO a najnižšej teploty studenej vetvy neprekročí hraničné hodnoty určené P-T krivkou pre natlakovanie za studena
- Okrem ochranných činností pri natlakovaní za studena, SOT vykonáva aj ochranu pred nežiadúcim poklesom tlaku v PO spôsobeným falošným otvorením a/alebo nezatvorením odľahčovacieho ventilu kompenzátora objemu.

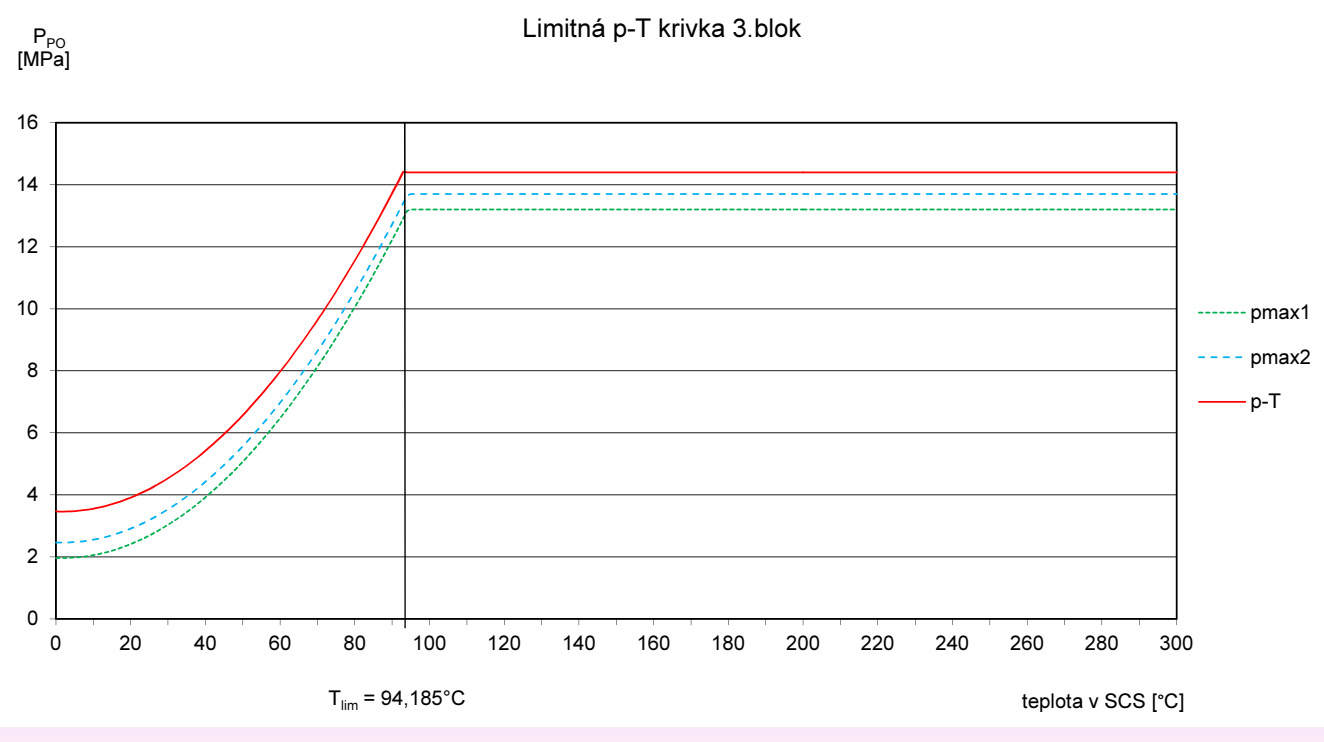
SOT vykonáva nasledujúce činnosti v jednotlivých stupňoch:

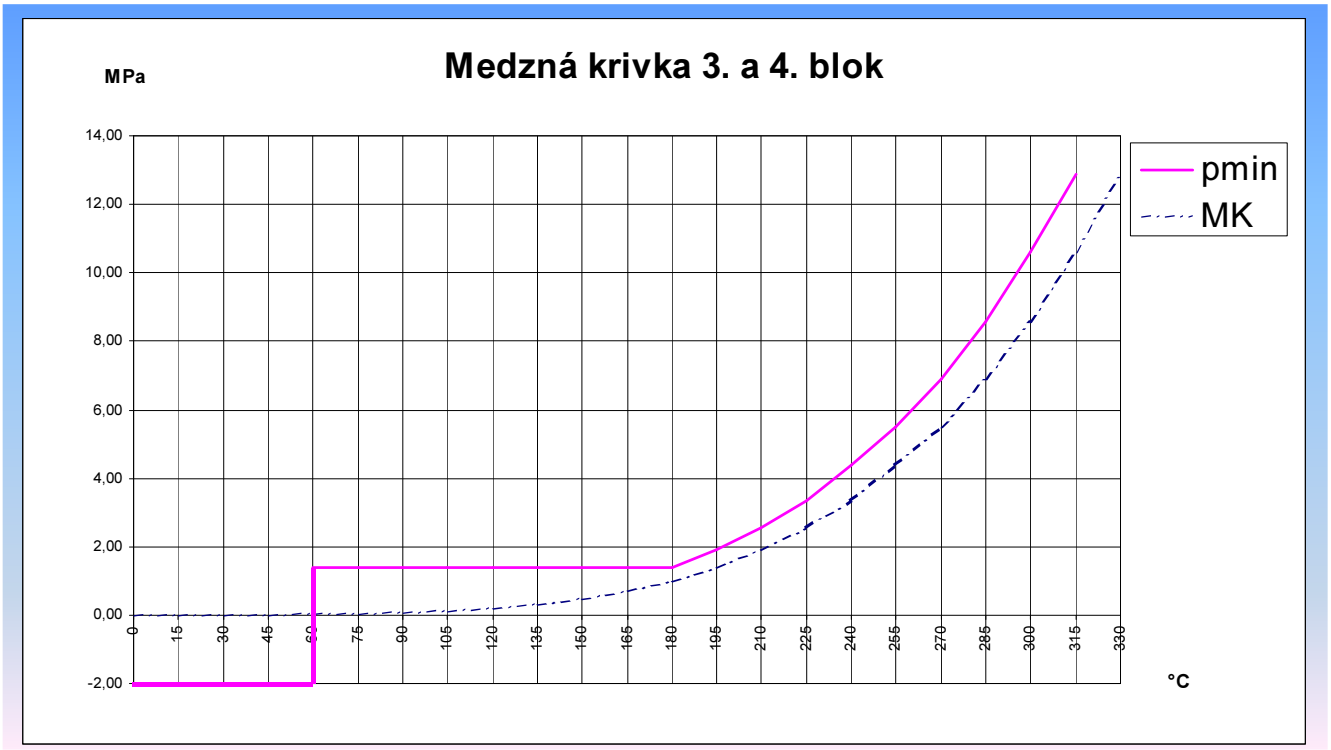
1. stupeň (Ppo > Pmax1, podmienka pôsobenia: teplota v PO je väčšia ako Tkl teplota krehkého lomu) - ochrana vypne EOKO a otvorí oddeľovací ventil kompenzátora objemu YP10S52
2. stupeň (Ppo > Pmax1, podmienka pôsobenia: TPO <= Tkl) - ochrana vypne EOKO, TJ21(41,61)D01, TB11(12)D01, TK20(40,60)D02 a otvorí oddeľovací ventil kompenzátora objemu YP10S52
3. stupeň (Ppo > Pmax2, podmienka pôsobenia: TPO < Tkl alebo AO1) - ochrana otvorí ovládací a riadiaci ventil kompenzátora objemu YP10S61 a YP10S51
4. stupeň (Ppo < Pmin, podmienka pôsobenia: Ppo < Pmax2) - ochrana dáva signál na zatvorenie oddeľovacieho a ovládacieho ventilu kompenzátora objemu YP10S52 a YP10S61
5. stupeň (Ppo >17MPa) - nová prevádzková blokáda na TB11(12)D01, ktorá vypne čerpadlá pri zvýšení tlaku v PO nad 17 MPa pri pevnostných tlakových skúškach

Tlaky (P_{max1}, P_{max2}, P_{min}) a teploty (T_{kl}) vychádzajú z limitných P-T kriviek pre normálnu prevádzku 3. a 4. bloku JE V-2.



Obr.10.13.2-7 Ilustračný obrázok


Limitná p-T krivka 3.blok
P_{PO} [MPa]
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
pmax1
pmax2
p-T
T_{lim} = 94,185°C
teplota v SCS [°C]


Medzná krivka 3. a 4. blok
MPa
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
-2,00
0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
270
285
300
315
330
°C
pmin
MK

RLS - SOT

Tabuľky medzných hodnôt nastavenia systému RLS - časť SOT

Pmin

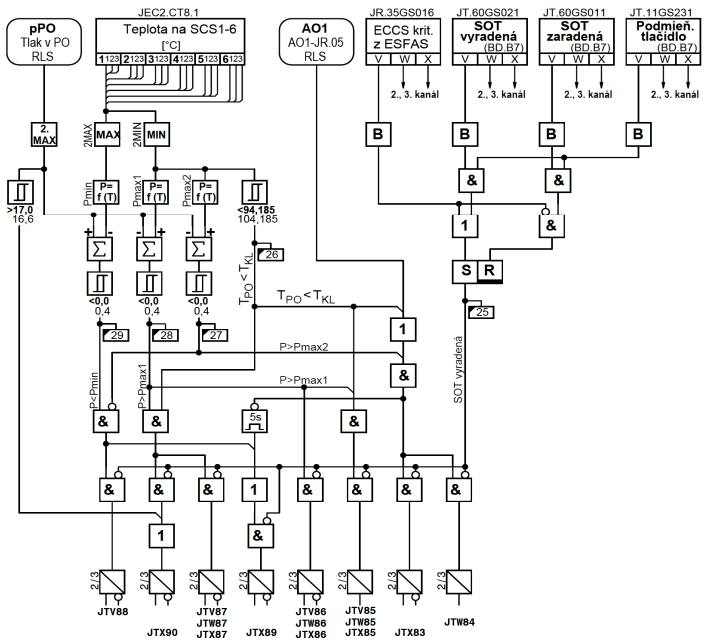
T [°C]	P [MPa]
0	-2,0
15	-2,0
30	-2,0
45	-2,0
60	1,399
75	1,399
105	1,399
120	1,399
135	1,399
150	1,399
165	1,399
180	1,399
195	1,908
210	2,55
225	3,348
240	4,40
255	5,505
270	6,90
285	8,592
300	10,60
315	12,865

Pmax1

T [°C]	P [MPa]
0	1,967
10	2,055
20	2,412
30	3,034
40	3,920
50	5,067
60	6,472
70	8,134
80	10,051
90	12,218
94,185	13,200
95,895	13,200
100	13,200
110	13,200
120	13,200
140	13,200
160	13,200
180	13,200
200	13,200
220	13,200
240	13,200
260	13,200
280	13,200
300	13,200

Pmax2

T [°C]	P [MPa]
0	2,467
10	2,555
20	2,912
30	3,534
40	4,420
50	5,567
60	6,972
70	8,634
80	10,551
90	12,718
94,185	13,700
95,895	13,700
100	13,700
110	13,700
120	13,700
140	13,700
160	13,700
180	13,700
200	13,700
220	13,700
240	13,700
260	13,700
280	13,700
300	13,700



Ovládanie akčných prvkov EOKO (86), ventily OVKO (83, 84, 89), SHCH AZ VT PO (85), systém doplňovania (87), VT čerpadlo koncentrátu bóru (90), JTV, JTX a JTW – rozmnoženie signálov do redundancií

SCS – teplota studenej vetvy cirkulačnej slučky

Regulácia PSA

PSA – zabezpečuje reguláciu prepúšťacích staníc do atmosféry.

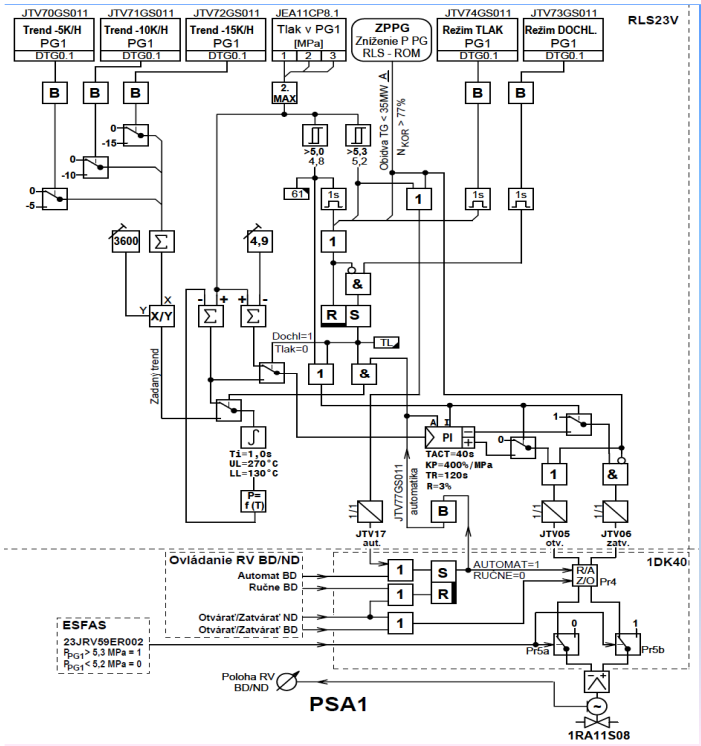
Automatické ovládanie predstavuje normálny stav ovládania PSA a zabezpečuje reguláciu zadaného tlaku v PG v prípade, že príde k jeho zvýšeniu nad nastavenú úroveň.

RUČNE diaľkové ovládanie (BD i ND) umožňuje riadiť RA v rozsahu tlakov do 5,3 MPa (do prechodu na ovládanie vyššej priority).

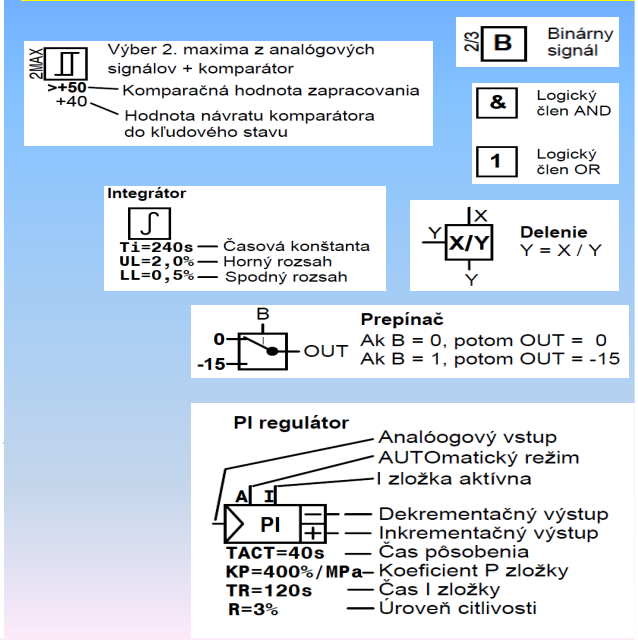
Priority ovládania PSA

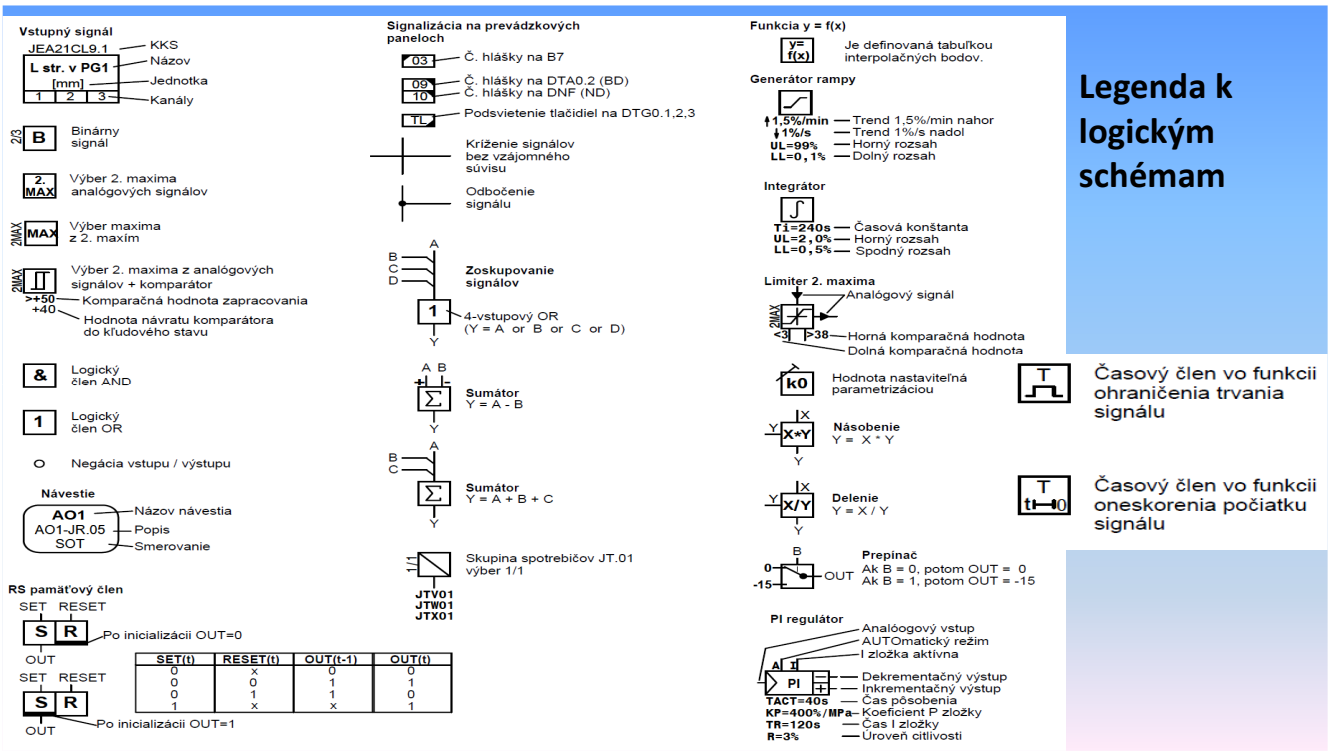
Signálom ESFAS, ***ovládanie najvyššej priority***, pri tlaku v PG > 5,3 MPa sa na príslušnej PSA vykoná:

- **funkcia ESFAS** - otvorí RA; signál na otváranie trvá do poklesu tlaku v PG pod 5,2 MPa
- **funkcia RLS** - voľba ovládania „RUČ“ (ak bola) sa prepína na „AUT“ ak P_{PG}>5,3MPa
- **prepne reg. PSA** z režimu „RUČNE“ alebo „DOCHLADZOVANIE“ (ak bolo navolené) do režimu „TLAK“ ak P_{PG}>5,3MPa
- **signálom „Zníženie tlaku PG“** (N_{TG_1}<35MW A N_{TG_2}<35MW A N_R>77% Nkor) sa vykoná:
  - nútene otvára všetky PSA RA; signál na otváranie trvá 10s, prepne reg. PSA do režimu „TLAK“
  - voľba ovládania „RUČNE“ (ak bola) sa prepína na „AUT“



Logická schéma regulátora PSA





Legenda k logickým schémam

PAMS - pohavarijný monitorovací systém (Post Accident Monitoring System)

Systém PAMS umožní posúdiť stav zariadení JE počas havarijných situácií a po havárii podľa nasledovných kritérií :

- **Identifikácia havárie**
- **Sledovanie priebehu havárie**
- **Poskytnutie informácií na odôvodnené prijatie núdzových opatrení zákonnými orgánmi.**

Príklady závažných havárií, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť, ak sa degradujú podmienky sú:

- **Havária so stratou chladiva (LOCA)**
- **Prechodové procesy pri nadmernom tlaku,**
- **Predvídané prevádzkové udalosti, ktoré nastanú ako očakávané prechodové procesy po havárii bez odstavenia reaktora**
- **Zmeny reaktivity, ktoré vyústia do úniku rádioaktívnych materiálov**

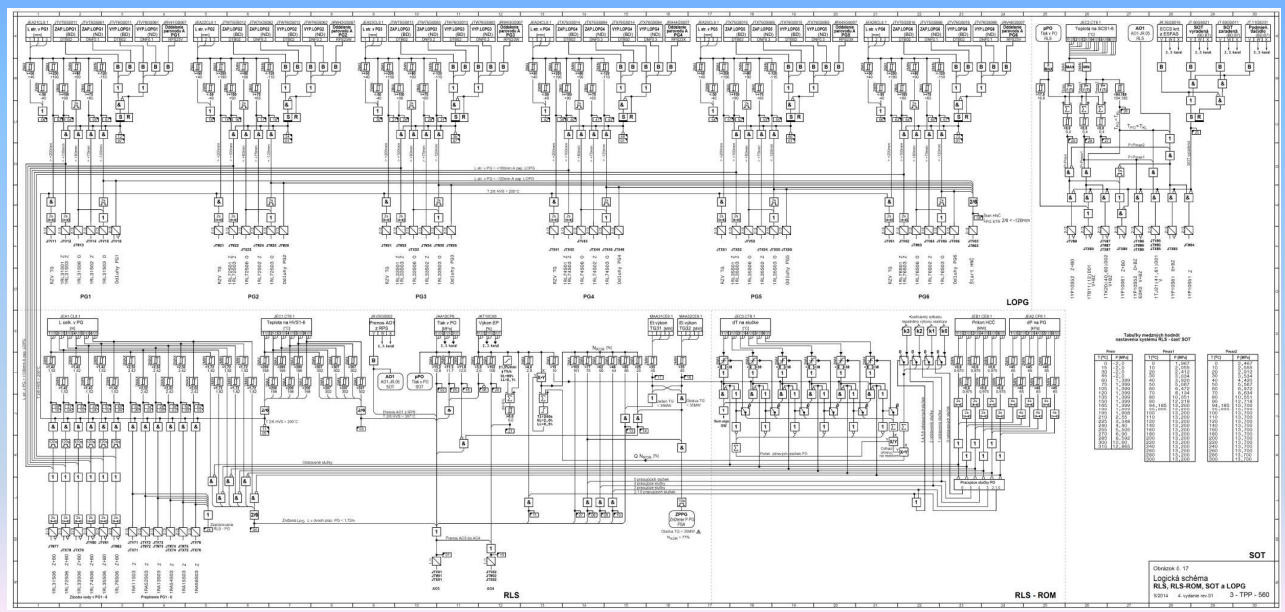
Signály vstupujúce do PAMS

- signály z **RLS** a **AKNT**
  - teploty chladiva nad AZ a v slučkách,
  - neutrónový tok v reaktore,
  - polohy HRK
- hladina v reaktore, hladina v boxe PG, stav HCČ, teplota, tlak, hladina BN (v barbotážnej nádrži), hladina KO
- prietok HNČ, SHNČ, stav PV PG, PSA, RČA, tlak pary pred PSA
- stav armatúr, čerpadiel, prietoky SHCHAZ, hladiny nádrží
- **SHN** - Núdzové napájanie, výkon DG, hladina paliva DG, napätie z **DGS**
- meranie aktivity plynov v komíne, rýchlosť a smer vetra
- dávkový príkon v HZ, hladina v bazéne skladovania paliva,
- meranie koncentrácie vodíka a kyslíka (systém hermetického priestoru **IHZ**)
- rezerva do varu chladiva v reaktore $RT_{varAZ} = T_{var} - T_{mer}$

Tabuľka prevádzkových režimov bloku

Por.	REŽIM		Neutrónový výkon reaktora N_R [%N_{nom}]	Teplota [°C]	ρ [%] / Stav AZ
1.	Prevádzka na výkone		≥2	_	--
2.	Dosahovanie kritického stavu, kritický stav a odstavovanie	2^{KRIT}	<2	$T_{str} \geq 200$	≥-1% *
		$2^{PODKRIT}$	<2	$T_{str} \geq 200$	<-1% *
3.	Odstavenie v horúcom stave		_	$T_{str} \geq T_{180}$	≤-2% * A Všetky PREVÁDZKYSCHOPNÉ kazety HRK na DKV A Koncentrácia kyseliny boritej pre daný spôsob odstavenia
4.	Odstavenie v polohorúcom stave		_	$T_{str} < T_{180}$ a $T_{SVS} > T_{lim}$	Všetky PREVÁDZKYSCHOPNÉ kazety HRK na DKV A min. ODSTAVNÁ KONCENTRÁCIA
5.	Odstavenie s dochladzovaním		_	$T_{SVS} \leq T_{lim}$	min. ODSTAVNÁ KONCENTRÁCIA
6.	Odstavenie s roztesnením PO	6^{BEZVP}	_	$T_{str} < 57$	min. ODSTAVNÁ KONCENTRÁCIA
		6^{VP}	_	$T_{str} < 57$	min. ODSTAVNÁ KONCENTRÁCIA PRE VÝMENU PALIVA A Vykonávajú sa manipulácie, ktoré menia alebo môžu zmeniť konfiguráciu paliva v AZ
7.	AZ bez paliva		_	—	v AZ nie je ani jedna palivová kazeta

Legenda:
$T_{K.L.}$ teplota krehkého lomu tlakovej nádoby reaktora
T_{180} teplota, pri ktorej dochádza k blokovaniu alebo aktivovaniu podsystému RPS
T_{TN} teplota kovu tlakovej nádoby reaktora
T_{SVS} teplota na studených vetvách hlavných cirkulačných slučiek
T_{lim} hraničná teplota T_{SVS} v ochrane SOT
T_{str} stredná teplota chladiva primárneho okruhu
2_{KRIT} interval v REŽIME 2 - kritický stav a stav blízko kritického stavu
$2_{PODKRIT}$ interval v REŽIME 2 – nábeh a odstavovanie
6_{BEZVP} interval v REŽIME 6 – odstavenie s roztesnením PO bez výmeny paliva
6_{VP} interval v REŽIME 6 – odstavenie s výmenou paliva

* Podľa merania AKNT-17R zodpovedá ρ=-1% hodnote -1,7β_{ef} a ρ=-2% hodnote -3,5β_{ef}.

Logická schéma RLS, RLS-ROM, SOT a LOPG