Zabezpečené napájanie bloku elektrickou energiou

Zdroje vlastnej spotreby

Zdroje vlastnej spotreby slúžia pre napájanie spotrebičov elektrárne. Jadrové elektrárne okrem zabezpečenia napájania spotrebičov vlastnej spotreby počas prevádzky elektrárne na výkone musia zabezpečiť aj bezpečné odstavenie elektrárne, jej opätovný nábeh na výkon , resp. zabezpečenie dochladenia reaktora v ľubovoľnom režime.

Taktiež je potrebné zabezpečiť bezpečné napájanie bezpečnostných systémov jadrovej elektrárne počas opráv a údržby jednotlivých zdrojov napájania vlastnej spotreby.

Jadrové elektrárne majú nasledovné zdroje vlastnej spotreby:

- **Pracovný zdroj**
- **Rezervný zdroj**
- **Núdzové zdroje**
- **Náhradné zdroje**

Núdzové a náhradné zdroje sa nazývajú aj ako autonómne zdroje.

Pracovné a rezervné zdroje vlastnej spotreby

- V JE slúžia **odbočkové transformátory** vlastnej spotreby ako **pracovné zdroje** vlastnej spotreby . Podľa použitej technológie vo vlastnej spotrebe jadrovej elektrárne sa volí odbočka vlastnej spotreby pred alebo za generátorovým vypínačom (zo strany generátora).
- **Rezervné zdroje** vlastnej spotreby jadrovej elektrárne slúžia jednak ako rezerva v prípade výpadku pracovných zdrojov vlastnej spotreby elektrárne a jednak sa používajú počas údržby a opráv pracovných zdrojov. Môžu slúžiť aj ako spúšťací zdroj elektrárne. Dimenzujú sa tak, aby mali rovnaký výkon ako pracovné zdroje vlastnej spotreby. Rezervné zdroje musia byť podľa možnosti **nezávislé** od pracovných zdrojov, preto sa nepripájajú na vyvedenie výkonu elektrárne, ale sú **napojené nezávislým vedením na rozvodnú sieť vvn** v príslušnej lokalite, kde je umiestnená jadrová elektráreň.

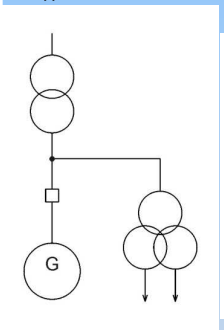
Použité transformátory v JE SR:

blokové transformátory – trojfázové, dvojvinuťové, bez regulácie napätia, transformujú napätie alternátorov (15,75kV) na napätie siete (420kV), s nútenou cirkuláciou chladiaceho média- oleja

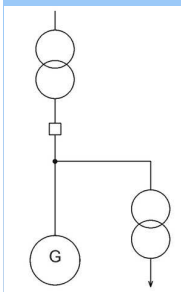
odbočkové transformátory vlastnej spotreby - trojfázové, trojvinuťové, s reguláciou napätia, transformujú napätie alternátorov (15,75kV) na napätie siete vlastnej spotreby (6,3kV), bez nútenej cirkulácie chladiaceho média- oleja

rezervné transformátory - trojfázové, trojvinuťové, s reguláciou napätia, transformujú napätie distribučnej siete (110, resp.220kV) na napätie siete vlastnej spotreby (6,3kV), bez nútenej cirkulácie chladiaceho média- oleja

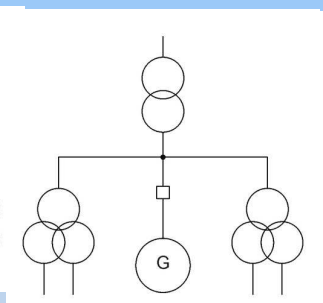
Vs za generátorovým vypínačom



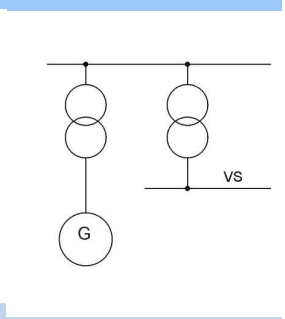
VS napojená priamo na generátor



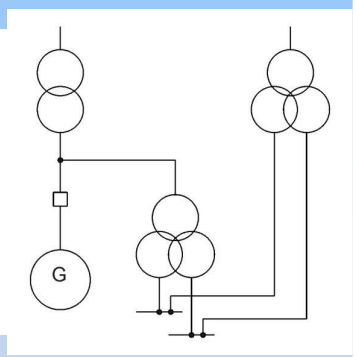
Viac transformátorov na jeden generátor EMO1



Napojenie vlastnej spotreby zo siete



Vlastná spotreba aj z vývodu generátora a aj zo siete vvn



Núdzové a náhradné zdroje vlastnej spotreby JE

- **Núdzové zdroje vlastnej spotreby** slúžia pre zabezpečenie napájania dôležitých systémov v prípade straty napájania vlastnej spotreby z pracovných a rezervných zdrojov. Tieto zdroje musia byť nezávislé od pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby a musia byť navrhnuté tak, aby boli odolné voči jednoduchej poruche a aby zabezpečili napájanie dôležitých zariadení na čas nevyhnutný na prechod JE do bezpečného stavu.
- Používajú sa pre napájanie bezpečnostných systémov JE, resp. pre napájanie systémov súvisiacich s bezpečnosťou.

Núdzovými zdrojmi v JE sú obvykle:

- dieselgenerátory
- akumulátorové batérie

Núdzové a náhradné zdroje vlastnej spotreby JE

Náhradné zdroje vlastnej spotreby slúžia pre zvládnutie a zotavenie sa JE z nadprojektovej havárie – Station Blackout (SBO). Ako náhradný zdroj pre JE slúžia väčšinou generátory blízkych vodných elektrární ,ktoré sú spojené s rozvodnými zariadeniami bezpečnostných systémov JE samostatnou kabelážou.

Tieto zdroje musia byť schopné nábehu „do tmy“, pripájanie k bezpečnostným systémom je možné iba ručnými manipuláciami vtedy, keď zlyhajú vlastné dieselgenerátory v JE.

V prípade, že nie je v blízkosti JE vhodný zdroj, používajú sa aj ďalšie dieselgenerátory v JE, ktoré je možné pripojiť k bezpečnostným systémom obdobne, ako vyššie spomenuté generátory vodných elektrární.

Náhradným zdrojom pre JE V2 je vodná elektráreň Madunice, pre MO34 to bude samostatný dieselgenerátor v JE, EMO12 nemá náhradný zdroj.

Kapacita núdzových zdrojov napájania

- **Kapacita** akumátorových batérií bola zvolená tak, aby v prípade max. odberu prúdu mohla táto napájať bez jej poškodenia spotrebiče po dobu minimálne **0,5 hodiny**.
- **Spotrebná nádrž** paliva DG zabezpečuje svojím obsahom 6 m^3 paliva pre **8 hod. prevádzku** DG pri nominálnom výkone.
- **Vonkajšie palivové hospodárstvo** je pre DGS zásobou paliva pre nepretržitý chod šiestich DG (po 2,8 MW) na dobu cca **8 dní**. Pre jeden DG sú inštalované 2 nádrže po 100 m^3.
- Po pripojení dieselgenerátorov sa obnoví činnosť nabíjacích zdrojov a akumulátorové batérie prejdú z režimu vybíjania do **režimu trvalého nabíjania**.

Automatický prechod napájania vlastnej spotreby z pracovného na rezervné napájanie

Pre zabezpečenie automatického prechodu napájania vlastnej spotreby z pracovného na rezervné napájanie v prípade mimoriadnych stavov, resp. pri zlyhaní vypínačov majú JE inštalované nasledovné automatiky:

- **automatický záskok rezervy (AZR)** - jedná sa buď o jednotlivý AZR konkrétnej rozvodne vn vlastnej spotreby alebo môže ísť hromadný AZR (HAZR) v prípade, ak dochádza k iniciácii prechodu na rezervné napájanie u viac ako 2 rozvodní vn vlastnej spotreby
- **automatika podpäťového vypínania (PV),** ktorá v prípade HAZR odľahčuje záťaže, aby nedošlo k preťaženiu rezervného transformátora počas HAZR
- **automatika zlyhania vypínača (AZV)** zabezpečuje vypnutie iných vypínačov, ak nebol v stanovenom čase vypnutý vypínač, ktorý má inštalovanú automatiku zlyhania vypínača. Vypínajú sa tie vypínače, ktoré zabezpečia vypnutie poruchového miesta zo všetkých možných strán napájania. AZV majú inštalovanú hlavne generátorové vypínače, vypínače rozvodní vn, vývodové vypínače napojenia JE na elektrizačnú sústavu.

VLASTNÁ SPOTREBA JADROVEJ ELEKTRÁRNE

- Zariadenia vlastnej spotreby elektrárne zabezpečujú napájanie všetkých spotrebičov v elektrárni a preto musia spĺňať všetky požiadavky, ktoré jednotlivé druhy spotrebičov kladú na ich napájanie. **Vlastná spotreba jadrovej elektrárne dosahuje 5-8% výkonu elektrárne.**
- V rozvode vlastnej spotreby sa používajú vn a nn napäťové hladiny, v prípade SR sú používané trojfázové sústavy **vn- 6kV** s izolovaným uzlom a **nn – 0,4kV** s uzemneným uzlom. Niektoré špeciálne zariadenia môžu mať špecifické požiadavky na napájanie, napr. systémy kontroly a riadenia, resp. signalizácie a pod. Môžu byť použité jednosmerné napäťové zdroje 12, 24, 48, 60, 110 alebo 220Vjs, alebo nn rozvody s izolovaným uzlom atď.
- **VN rozvod** sa používa na napájanie pohonov s výkonom nad 170kW – v prípade JE typu VVER440 sú to **HČČ, napájacie čerpadlá, čerpadlá chladiacej vody, kondenzátne čerpadlá , čerpadlá bezpečnostných systémov**.
- VN rozvod slúži ako zdroj napájania nn rozvodov pomocou suchých transformátorov 6/0,4kV.

Kategórie spotrebičov vlastnej spotreby

Elektrické pohony i ostatné spotrebiče jadrovej elektrárne v SR sú z hľadiska dôležitosti a požiadaviek na plynulosť napájania rozdelené do skupín:

Spotrebiče zaisteného napájania I. kategórie D11

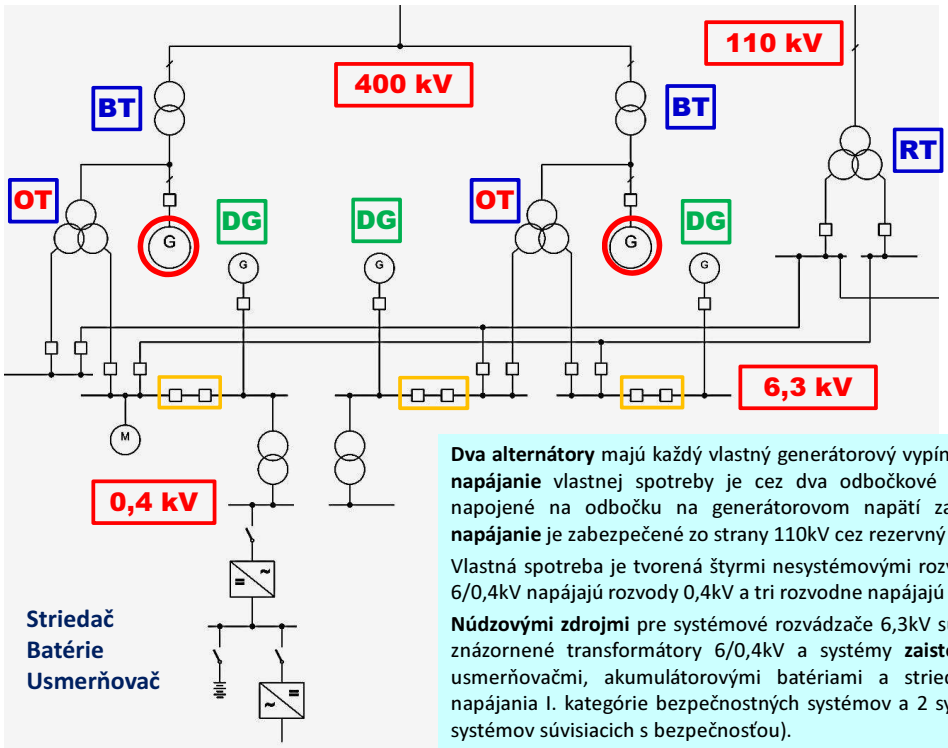
a) Spotrebiče, ktoré kladú zvýšené požiadavky na spoľahlivosť elektrického napájania, **nepripúšťajú podľa podmienok bezpečnosti prerušenie napájania dlhšie než na zlomky sekundy** vo všetkých režimoch, vrátane úplnej straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby. Spotrebiče plnia bezpečnostnú **funkciu v rámci bezpečnostných systémov**.

b) Spotrebiče, ktoré kladú požiadavky na spoľahlivosť elektrického napájania nepripúšťajú podľa podmienok bezpečnosti prerušenie napájania dlhšie než zlomky sekundy vo všetkých režimoch, vrátane úplnej straty pracovných a rezervných zdrojov vlastnej spotreby. Spotrebiče plnia bezpečnostnú **funkciu v rámci systémov, ktoré súvisia s bezpečnosťou**.

c) Spotrebiče, ktoré kladú požiadavky na spoľahlivosť elektrického napájania, **nepripúšťajú prerušenie** napájania dlhšie než zlomky sekundy vo všetkých režimoch, vrátane úplnej straty pracovných rezervných zdrojov vlastnej spotreby. Patria sem spotrebiče, ktoré neplnia bezpečnostnú funkciu v rámci bezpečnostných systémov a systémov súvisiacich s bezpečnosťou a spotrebiče, ktoré **zaisťujú obecnú bezpečnosť osôb a drahých zariadení**.

Napájanie vlastnej spotreby jadrovej elektrárne

- Reaktorové bloky JE typu VVER 440/213 majú 4 rozvodne 6kV nezaisteného napájania a 3 rozvodne 6kV zaisteného napájania II. kategórie.
- Rozvod na strane vn je tvorený rozvodňami **6kV nezaisteného napájania**, napájanými z odbočkových transformátorov vlastnej spotreby, resp. z rezervného transformátora (slúži na napájanie spotrebičov zaisteného napájania a ako zdroj pre rozvádzače 0,4kV nezaisteného napájania). K týmto rozvodniam sú pripojené rozvodne 6kV zaisteného napájania II. kategórie. Kvôli bezpečnosti sú rozvodne nezaisteného napájania a rozvodne zaisteného napájania oddelené cez dva do série zapojené **sekčné vypínače**.
- Rozvodne **6kV zaisteného napájania II. kategórie** slúžia pre napájanie spotrebičov a ako zdroj pre rozvádzače 0,4kV II. kategórie zaisteného napájania a systémov súvisiacich s bezpečnosťou.



Zjednodušená elektrická schéma jedného bloku EMO

Dva alternátory majú každý vlastný generátorový vypínač a blokový transformátor BT, **pracovné napájanie** vlastnej spotreby je cez dva odbočkové transformátory vlastnej spotreby OTVS napojené na odbočku na generátorovom napätí za generátorovými vypínačmi. **Rezervné napájanie** je zabezpečené zo strany 110kV cez rezervný transformátor RT.

Vlastná spotreba je tvorená štyrmi nesystémovými rozvodňami 6,3kV, ktoré cez transformátory 6/0,4kV napájajú rozvody 0,4kV a tri rozvodne napájajú systémové rozvádzače 6,3kV.

Núdzovými zdrojmi pre systémové rozvádzače 6,3kV sú tri dieselgenerátory DG. Symbolicky sú znázornené transformátory 6/0,4kV a systémy **zaisteného napájania I. kategórie**, tvorené usmerňovačmi, akumulátorovými batériami a striedačmi (existujú 3 systémy zaisteného napájania I. kategórie bezpečnostných systémov a 2 systémy I. kategórie zaisteného napájania systémov súvisiacich s bezpečnosťou).

Automatika postupného spúšťania (APS)

V nominálnom režime je päť časových stupňov zaťažovania:

- 0 stupeň - v 0 sekunde sa zapínajú pohony - TJ, PCČ (SHCHAZ VT, pomocné čerpadlo HCČ)
- I stupeň - v 10 sekunde - TH, TVD, tes. olej generátora (SHCHAZ NT, technická voda dôležitá)
- II stupeň - v 20 sekunde - TF 10, TF 30 (vložené okruhy chladenia)
- III stupeň - v 30 sekunde - TL 10, TL11, HNČ, SHNČ (TL – vzduchotechnika, hav. a superhav. NČ)
- IV stupeň - v 40 sekunde - DČ, TQ, TY, TG, TB (dochladzovacie čerpadlá, systém doplňovania, systém organizovaných únikov, chladenie bazénu skladovania VJP, vysokotlaké čerpadlá)

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 pohonov

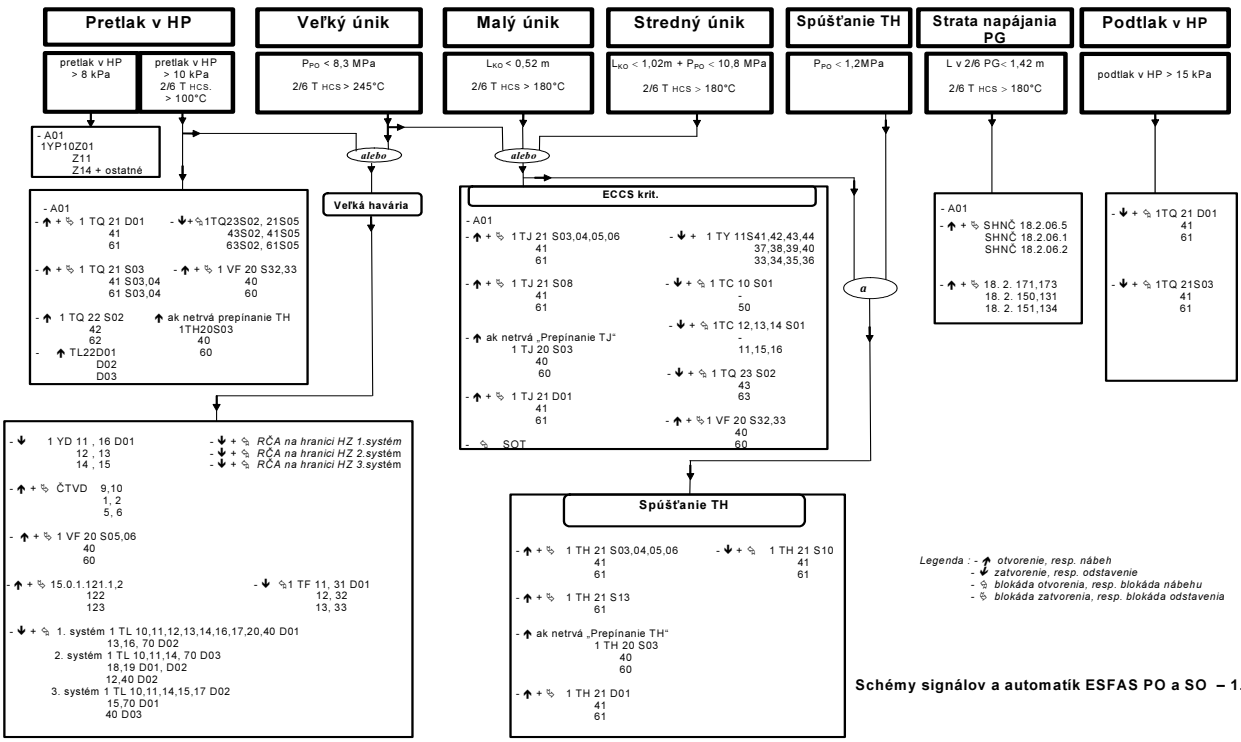
- Po obnovení napájania systémovej sekcie 6 kV ZN II. kategórie nasleduje APS.
- Od signálu „APS“ sú zapínané spotrebiče podľa stanovenej sekvencie, je zrušené blokovanie zapnutia vybraných spotrebičov v jednotlivých stupňoch APS.
- Ostatné pohony napájané ZN II. kategórie majú povolený nábeh po stlačení tlačidla RESET APS.
- Tretia redundancia navyše 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.

Systém zaistenia bezpečnosti (SZB - ESFAS)

- Základnou bezpečnostnou funkciou systému zaistenia bezpečnosti je **v prípade vzniku iniciačnej udalosti** aktivovať také činnosti, ktoré efektívne zabezpečia, že vzniknutá **iniciačná udalosť neprerastie** z oblasti projektových udalostí do (nadprojektových) havárií v podmienkach rozšíreného projektu, následky iniciačnej udalosti zostanú v rámci kritérií platných pre projektové udalosti a že **nepríde k neprípustnému úniku rádioaktivity.**
- Systém **ESFAS je súčasťou systému RPS**. Ten je v rámci bloku fyzicky a funkčne rozdelený do troch nezávislých redundancií RPS1, RPS2 a RPS3. Každá redundancia je schopná v prípade havárie zaistiť jadrovú bezpečnosť bloku.
- V každej redundancii sú tri kanály **zberu a spracovania dát**, umiestnené v samostatných skriniach. Každý kanál je rozdelený do dvoch diverzít J a K, ktoré sú funkčne diverzitné a ich softvér beží na samostatných počítačoch. Štruktúra RPS je navrhnutá tak, aby spĺňala **kritérium jednoduchej poruchy** a na prijateľné minimum **znížila pravdepodobnosť poruchy zo spoločnej príčiny** (zavedenie funkčnej diverzity).

ESFAS PO - príčiny pre spúšťanie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti bloku:

- Veľká havária
- ECCSK – kritériá pre nábeh havarijného chladenia AZ
- Pretlak v HP
- Podtlak v HP
- Veľký únik
- Stredný únik
- Malý únik
- Prepínanie TJ
- Prepínanie TH
- Spúšťanie TH
- Príprava trasy sania TH



Schémy signálov a automatík ESFAS PO a SO – 1. časť

ESFAS SO – príčiny spustenia systému pre spúšťanie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti bloku:

- Strata napájania PG
- Roztrhnutie parovodu
- Vysoký tlak v parovode
- Strata napájania jednotlivých PG

ZSB a ZSTG

- **ZSB** - zabezpečovací systém bloku (v rozsahu sekundárnej časti), spracováva signály zo snímačov v technológii a z ostatných nadväzujúcich zariadení a vydáva povely do systému ZSTG. Obsluhuje tiež výstražnú poruchovú signalizáciu na paneloch v BD
- **ZSTG** - zabezpečovací systém turbosústrojenstva, svojimi výstupmi ovláda akčné členy turbosústrojenstva (motory, pohony, elektromagnety) a tiež obvody rýchlozáveru TG, logické riadenie, havarijnú poruchovú signalizáciu TG na paneloch v BD
- **SIMATIC PCS7** - distribuovaný procesný riadiaci systém postavený na báze hardwaru programovateľných systémov firmy Siemens. Zahrňuje programovo prepojený funkčný celok, ktorý tvorí AS s modulmi ET200 a ďalej operátorské stanice a inžinierska stanica na báze PC s vizualizačným softwarom.

Popis riadiaceho systému bloku

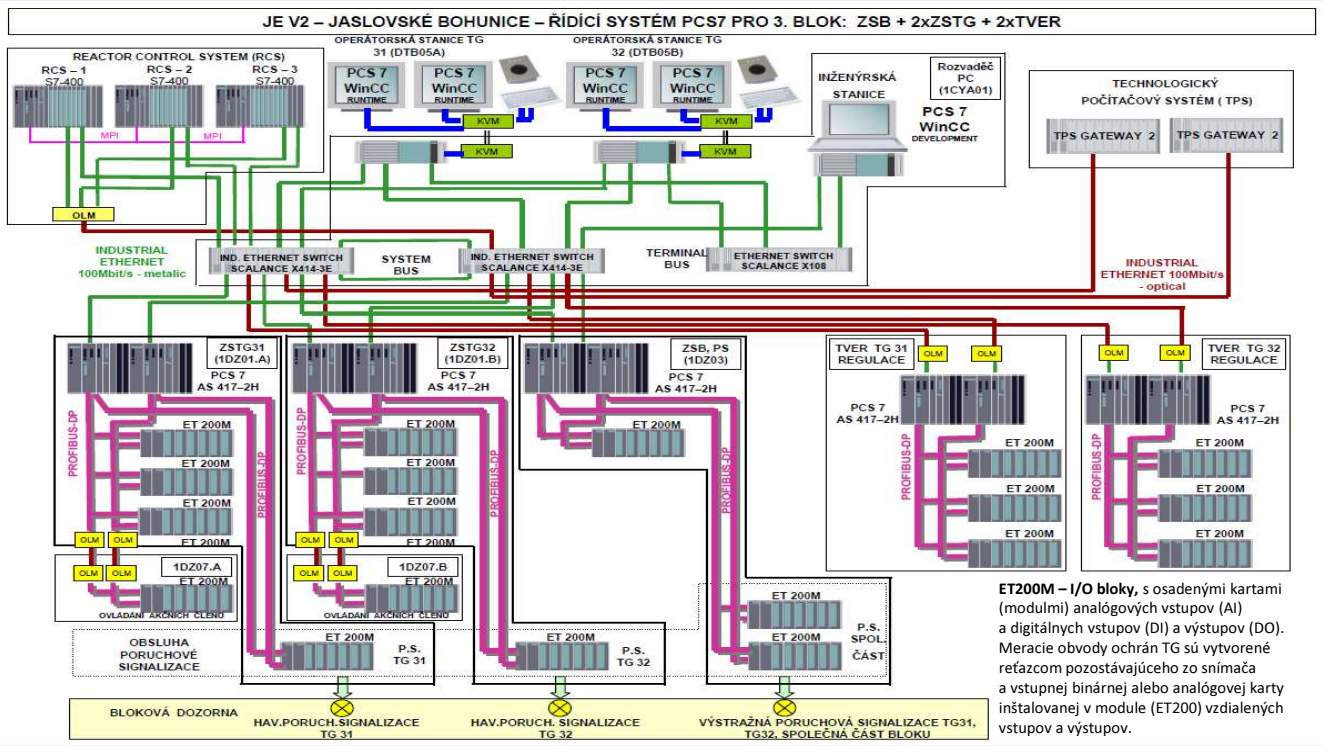
- Riadiaci systém zahrňuje **logické riadenie** a **technologické ochrany** 2ks TG (nahradzuje pôvodný systém DIAMO-K) a nové regulátory turbín (TVER).
- Z hľadiska hardwaru systém zahrňuje samostatné procesorové stanice pre jednotlivé celky (regulátory turbín + logické riadenie , ochrany TG + ochrany bloku). Nad týmito stanicami sú operátorské stanice na báze PC s vizualizačným softwérom.
- Každému TG patrí **operátorské pracovisko s dvoma monitormi** na ktorých môžu byť - podľa voľby operátora - zobrazené rôzne obrazovky (snímky).
- Riadiaci systém bloku (jeden blok zahrňuje 2 TG každý po 250 MW) je postavený na procesorovom riadiacom systéme **PCS7 Siemens**.

Štruktúra systému

- Funkčné celky ZSB a ZSTG sú súčasťou **distribuovaného riadiaceho systému (DCS Distributed Control System)**, ktorý je vybudovaný na báze systému SIMATIC PCS7 firmy Siemens.
- **Distribuovaný riadiaci systém** pozostáva z automatizačných staníc, operátorských staníc a inžinierskej stanice pre ovládanie technologického procesu z blokovej dozorne (BD).
- Spoločnými zariadeniami určenými pre ovládanie a monitorovanie z BD sú (**pre ZSB, 2xZSTG a 2xTVER**) dve operátorské stanice a inžinierska stanica.
- Systém TVER je na ZSB a ZSTG napojený štandardnými signálovými nadväznosťami a tiež komunikáciou.
- Ako operátorské rozhranie (HMI) sú použité monitory, klávesnica a polohovacie zariadenie nainštalované v pultoch BD.

Funkcie systémov

- Systém ZSB spracováva **signály zo snímačov v technológii** a z ostatných nadväzujúcich zariadení a vydáva povely do systému ZSTG. Systém ZSB ďalej spracúva vstupné signály **poruchovej signalizácie** v BD (v rozsahu sekundárnej časti) a ovláda signálky poruchovej signalizácie na paneloch BD.
- Každý systém ZSTG **spracováva signály** zo snímačov v technológii, z ostatných nadväzujúcich zariadení vrátane povelov zo ZSB a svojimi výstupmi **ovláda akčné členy** turbosústrojenstva (motory, pohony, elektromagnety) a tiež obvody rýchlozáveru TG. Ďalej ovláda havárijnú poruchovú signalizáciu na paneloch.



ET200M – I/O bloky, s osadenými kartami (modulmi) analógových vstupov (AI) a digitálnych vstupov (DI) a výstupov (DO). Meracie obvody ochrán TG sú vytvorené reťazcom pozostávajúceho zo snímača a vstupnej binárnej alebo analógovej karty inštalovanej v module (ET200) vzdialených vstupov a výstupov.

Konfigurácia DCS systému SIMATIC PCS7 pre jeden blok (ZSB, 2xZSTG, 2xTVER) obsahuje:

- 5ks automatizačných staníc (vrátane 2ks automatizačných staníc regulátorov TVER)
- 2ks operátorských staníc
- 1ks inžinierska stanica
- 1ks redundantná komunikačná zbernica Industrial Ethernet – tzv. „System Bus“
- 1ks komunikačná zbernica Ethernet - tzv. „Terminal Bus“
- 5ks redundantná komunikácia (Profibus) pre pripojenie modulov ET200M v rozvádzačoch ZSB, ZSTG a TVER

- **Analógové vstupné signály** sú do riadiaceho systému zapojené väčšinou vo forme štandardného **prúdového signálu 4(0)-20mA**, alebo vo forme priameho zapojenia odporového vysielača, snímača Pt100, alebo termočlánku.
- **Digitálne vstupné a výstupné signály** sú na **napäťovej úrovní 24 VDC**, pre iné napäťové úrovne sú signály oddelené prevodovými relé.

Meracie obvody TG

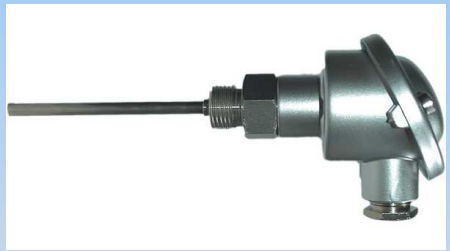
Ako snímače technologických parametrov sú použité manostaty, snímače tlaku a tlakovej diferencie s prúdovým výstupom, termočlánky a odporové teplomery.

- **Vstupné jednotky:**
  - Jednotky **analógových** vstupov pre pripojenie **termočlánkov** – (8x TC),
  - Jednotky **analógových** vstupov pre pripojenie napäťových signálov, prúdových signálov, alebo signálov z **odporového vysielača** - 8x AI 9/12/14 bits, (U,I,R)
  - Pre vyhodnotenie **binárnych** (dvojhodnotových) signálov sa využívajú jednotky binárnych vstupov – (32x DI, 24VDC).

Manostat je spínač, ktorý spína elektrický obvod na základe dosiahnutia nastaveného (požadovaného) tlaku .

Meranie teplôt

- Obvody na vyhodnotenie **teploty ložísk TG** sú zložené zo snímačov teploty, ktoré sú reprezentované **termočlánkami** typu **NiCr-Ni,** termostatu porovnávacích koncov termočlánkov – Zepafixom (nastavená na 50 °C) a vstupných prevodníkov systému ZSTG pre milivoltové vstupy – jednotiek analógových vstupov pre pripojenie termočlánkov (8x TC).
- Obvody merania **teploty vodíka** a otepleného vzduchu sú zložené zo snímačov teploty, ktoré sú reprezentované **odporovými teplomermi** typu **Pt100** a vstupných prevodníkov ZSTG pre odporové vstupy – 8x AI 9/12/14 bits, (U,I,R) .



Meranie tlaku

- Obvody na vyhodnotenie **tlaku pary a oleja** na turbosústrojenstve sú zložené zo snímačov tlaku reprezentovaných vlnovcovými manometrami a vstupnými prevodníkmi.
- Obvody na vyhodnotenie **tlaku napájacej vody** na výtlaku ENČ a **tlaku pary v kolektore** 4,4MPa sú zložené zo snímačov tlaku, ktoré sú reprezentované snímačmi tlaku Yokogawa typu EJA 430 a vstupných prevodníkov systému ZSTG pre prúd – 8x AI 9/12/14 bits, (U,I,R) .

Meranie prietoku a hladín

Obvody na vyhodnotenie **prietoku statorovej vody** sú zložené z **komorovej meracej clony**, snímačov tlakovej **diferencie** typu EJA 110 výrobcu YOKOGAWA a vstupných prevodníkov systému pre prúd – univerzálnych jednotiek typu 6ES7 331-7KF02-0AB0, 8x AI 9/12/14 bits, (U,I,R) .

Hladina napájacej vody v napájacej nádrži je vyhodnocovaná **snímačmi tlakovej diferencie** Yokogawa typu EJA110 a vstupnými prevodníkmi systému ZSTG pre prúd – univerzálne jednotky typu 6ES7 331-7KF02-0AB0, 8x AI 9/12/14 bits, (U,I,R).

Spôsob ovládania

- Pre účely obsluhy existujú **úrovne** pre ovládanie TG: **Operátor** TGx1, operátor TGx2, **Supervízor** (pre TGx1+TGx2).
- **Ovládanie oboch TG z jedného pracoviska je výnimočný stav** a po obnovení (oprave) druhého pracoviska sa operátor opäť prihlási len k svojmu TG. Operátor vždy na každej obrazovke vidí na informačnom pruhu, ktoré TG má navolené.
- Technologické zariadenia, resp. jeho akčné členy je možné jednoducho ovládať **kliknutím** na príslušný symbol akčného člena vyobrazeného na technologickej schéme. Pri kliknutí na tento symbol sa **zobrazí ovládacie okno** akčného člena, ktoré zobrazuje jeho aktuálny stav a pomocou ktorého je možné vydať príslušný povel (zapnúť / vypnúť., atď).

Farebné značenie

- **Farebné značenie meraní, signalizácie**
  - **Červená** … porucha, nesprávna funkcia, meraná hodnota za kritickou medzou
  - **Žltá** … výstražná signalizácia, meraná hodnota mimo normálnu prevádzkovú medzu
  - **Modrozelená** … informácia o normálnom prev. stave (hodnota - OK, zopnutý konc. spínač)
  - **Čierna** … porucha snímača, alebo systémové hlásenie
- **Farebné značenie stavov armatúr, pohonov, motorov**
  - **Zelená** … armatúra zatvorená, motor vypnutý
  - **Červená** … armatúra otvorená, motor zapnútý
  - **Žltá** … porucha zariadenia
  - **Modrá** … ručné(miestne) ovládanie
- **Farebné značenie stavov elektromagnetov**
  - **Zelená** … elektromagnet- zapnutý
  - **Biela** … elektromagnet - vypnutý
  - **Žltá** … porucha

Farby rozlišujúce technologické rozvody (**para**, **voda**, **TVD**, **olej**, **vzduch**, **vodík**) používajú obvyklé farebné značenie pre jednotlivé média, ale tieto rozlišujúce farby nemajú žiadny priamy vzťah k funkcii technologického celku.

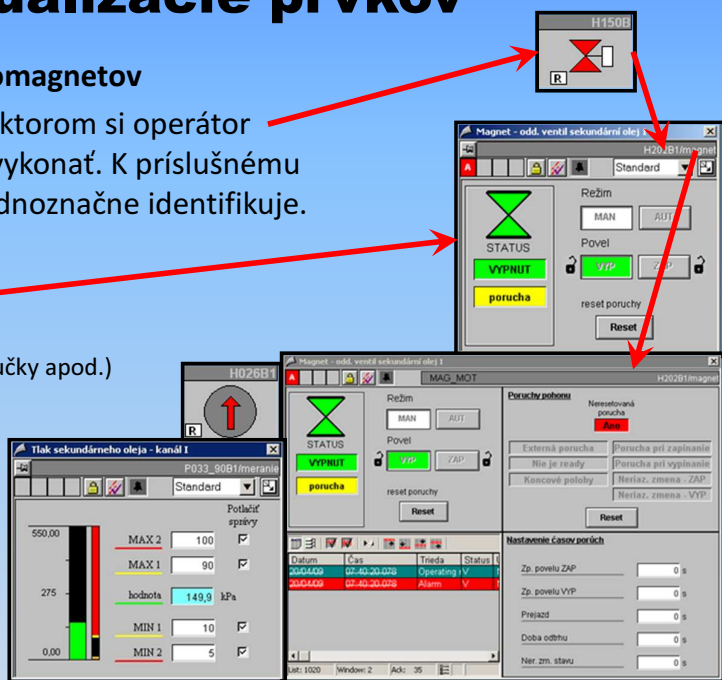
Príklady vizualizácie prvkov

Príklad pre signalizáciu vypnutých elektromagnetov

Kliknutím na takýto prvok vyskočí **okno**, v ktorom si operátor môže vybrať konkrétnu akciu, ktorú chce vykonať. K príslušnému prvku je zobrazené označenie, ktoré ho jednoznačne identifikuje.

Poruchová signalizácia:

- **A** : Alarm
- **V** : Varovanie
- **S** : Systémové hlásenia (porucha meracej slučky apod.)
- **O** : Požiadavka na zásah operátora

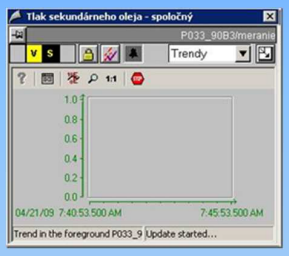


Príklad pre signalizáciu zapnutého motora

Analógové meranie

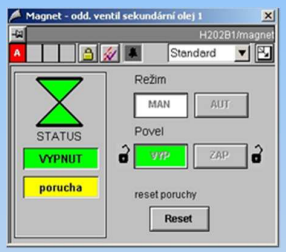
Ovládacie, parametrizačné a informačné okná

Okno Trendu pre analógové merania



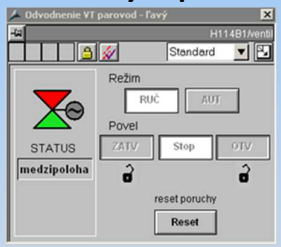
Ovládacie okno pre binárny signál

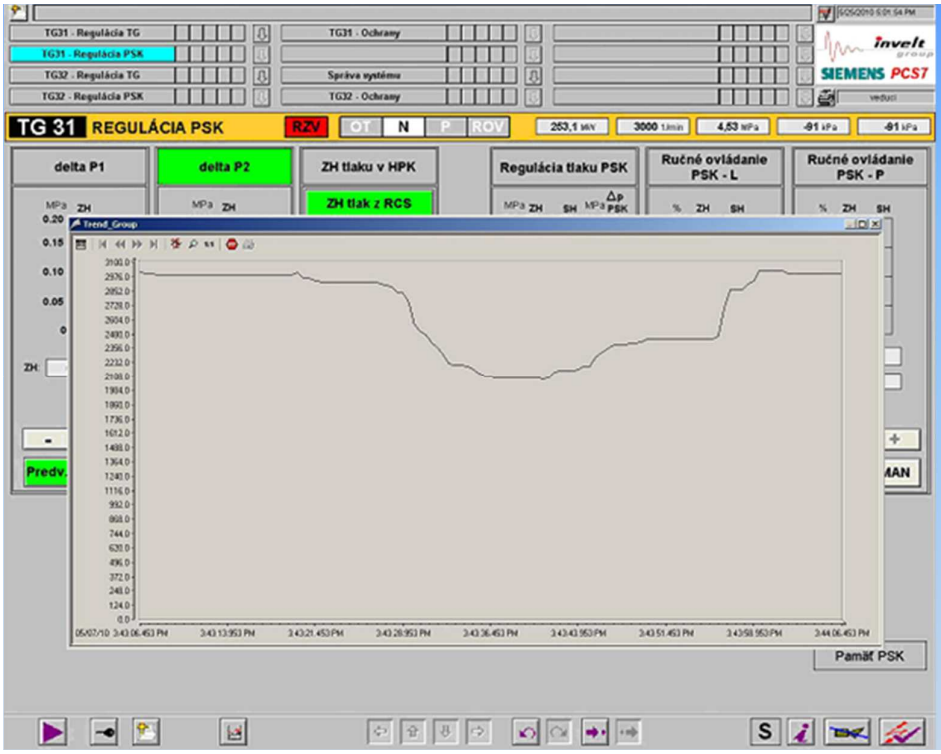
Okno ovládania pohonu



Okno ovládania motora

Okno signalizácie koncových polôh





Okno pre trendovú skupinu, v ktorom sú zobrazené trendy priradené do skupiny.
Tieto trendy majú nastavené rozsahy meraných veličín a časovú os. Priebeh sledovanej veličiny môžeme zastaviť, priblížiť, meniť parametre zobrazenia, poprípade použiť ďalšie funkcie.

Ovládacie prvky – základné rozdelenie obrazovky

Riadiaci systém TG je ovládaný pomocou monitorov, klávesnice a polohovacieho zariadenia (tracball). Na obrazovke je zobrazený vždy jeden snímok časti technológie. Celá obrazovka má nasledujúce časti:

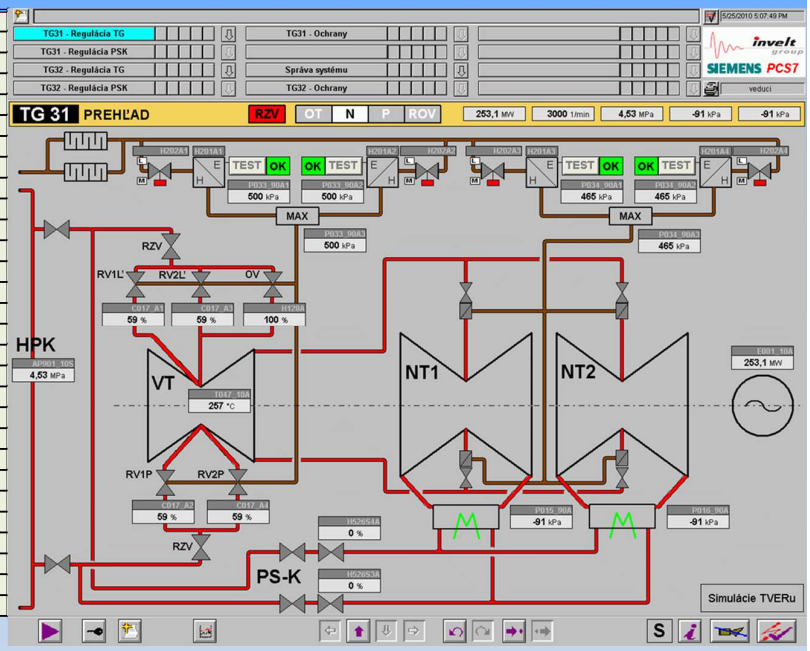
- **horná lišta** (prehľadová plocha s voľbami jednotlivých snímok a ďalšími informáciami, ktoré operátorovi uľahčujú prácu s vizualizačným systémom)
- **informačná lišta** - ukazuje dôležité aktuálne parametre príslušného turbogenerátora. Pre TG „A“(TG31) je farba oranžová, pre TG „B“(TG32) je farba modrá.
- **vlastný snímok** (pracovná plocha)
- **spodná lišta** (tlačídlová lišta s ikonami, ktoré slúžia operátorovi pre rýchle vyvolanie niektorých funkcií).

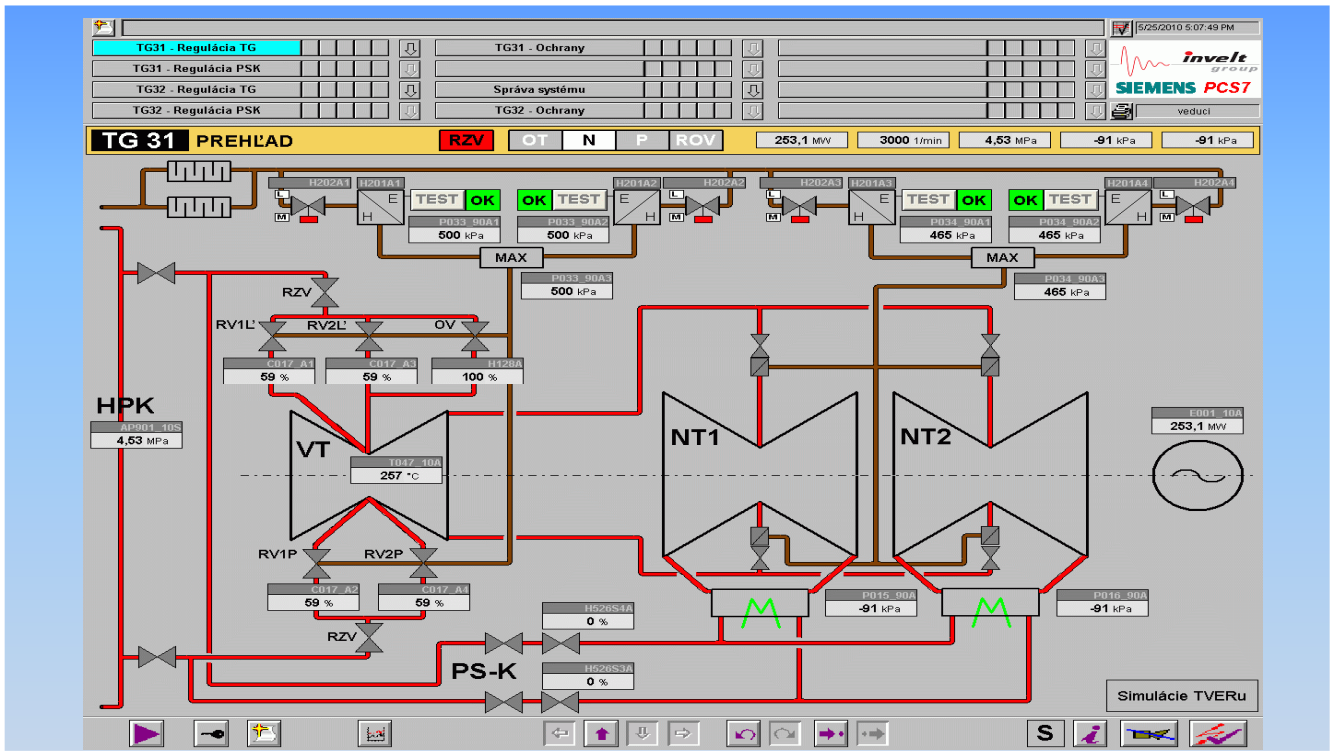
Pri prepínaní snímok sa mení iba vlastný snímok, spodná a horná lišta zostávajú takmer rovnaké. Toto základné rozdelenie obrazovky je dané spôsobom riešenia vizualizácie v systéme PCS7.

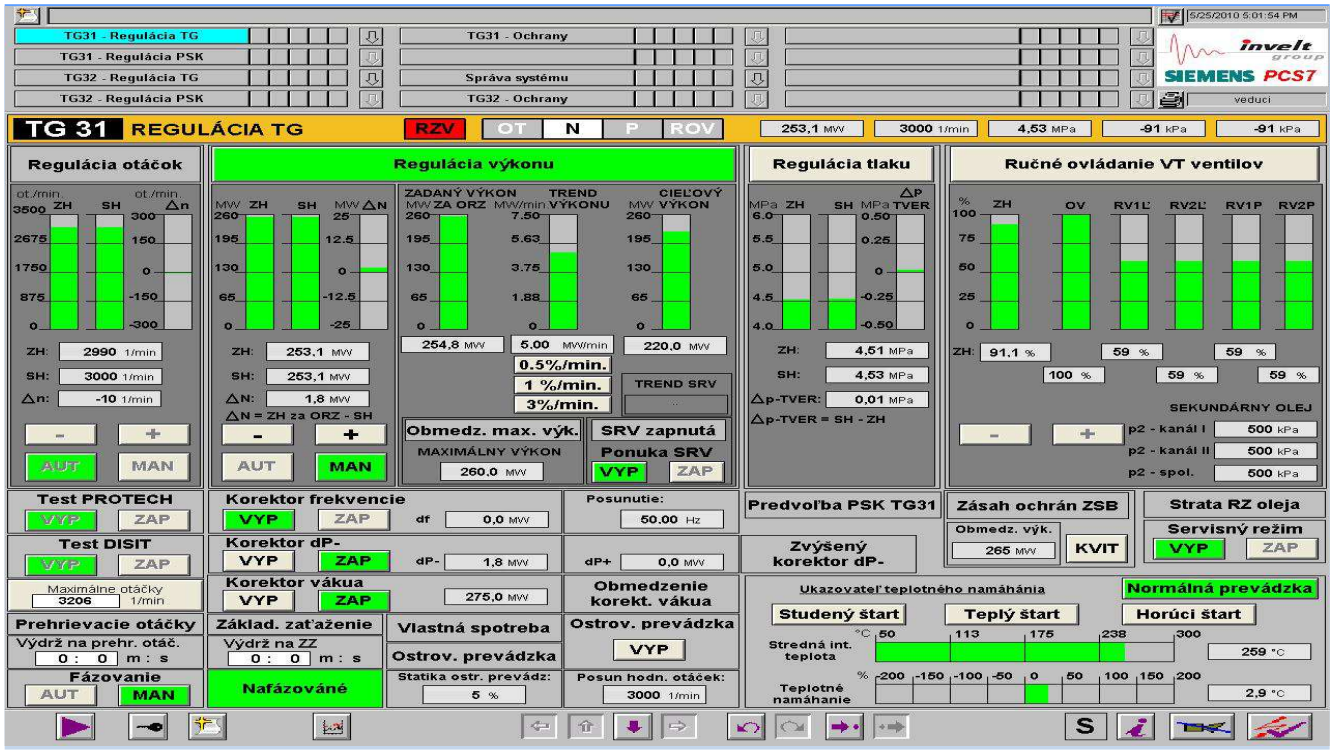
Prehľad meracích obvodov vstupujúcich do ochrán TG

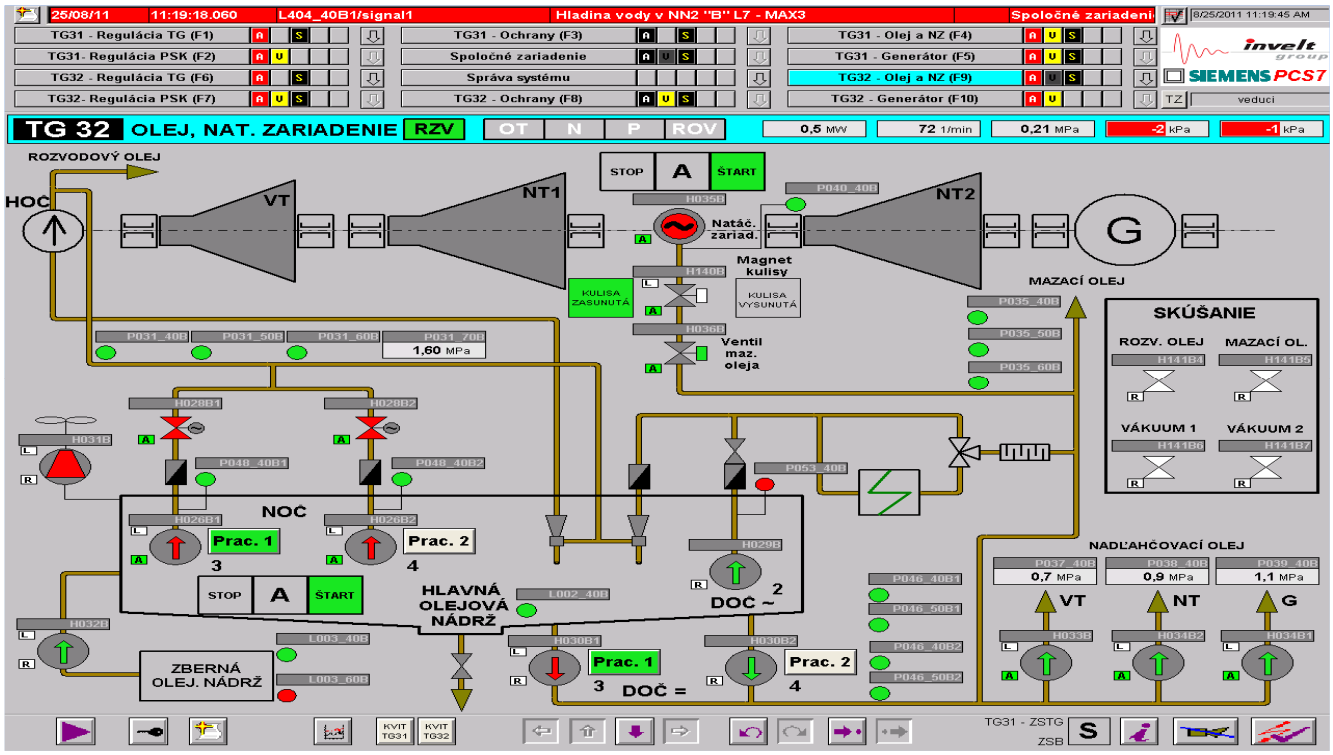
obdobné merania napr. VT, NT1, NT2, alebo ľavé, pravé ložisko .. nie sú uvádzané

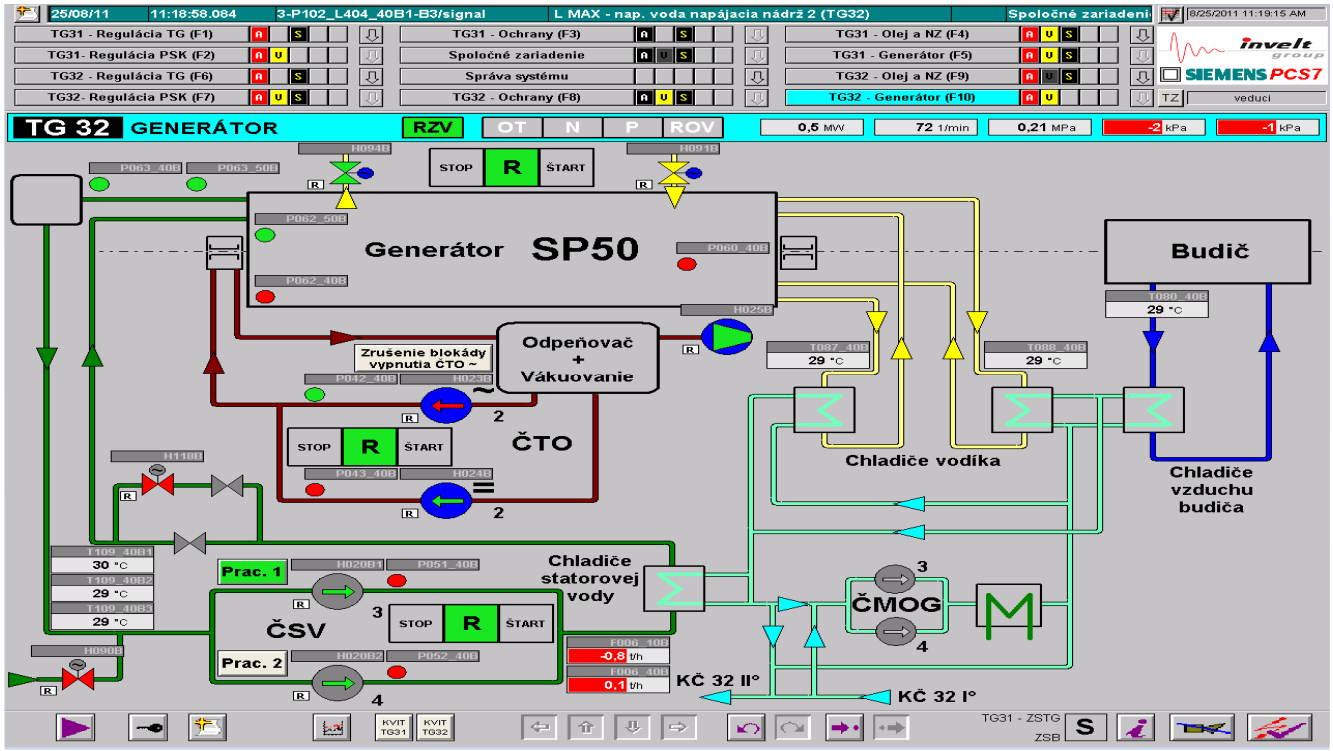
TLAK PARY V SEPARÁTORE
TLAK PARY NA VSTUPE DO KONDENZÁTORA K1, K2
TLAK MAZACIEHO OLEJA PRED TG
TLAK ROZVODOVÉHO OLEJA NA VÝTLAKU HLAVNÉHO ČERPADLA
TLAK RZ OLEJA NA PRÍVODE K SERVOPOHONOM
HLADINA VODY S OLEJOM V ZBERAČI VODY OLEJA Z GENERÁTORA
TEPLOTA LOŽISKA VT TELESA, NT telesa I, II
TEPLOTA PREDNÉHO, ZADNÉHO AXIÁLNEHO LOŽISKA
MNOŽSTVO STATOROVEJ VODY NA PRÍVODE KU GENERÁTORU
TEPLOTA VODÍKA PRED CHLADIČOM
TEPLOTA OTEPLENÉHO VZDUCHU NA VÝSTUPE
TEPLOTA STATOROVEJ VODY NA VÝSTUPE Z GENERÁTORA
TLAK PARY NA VSTUPE DO KONDENZÁTORA K1
TLAK PARY NA VSTUPE DO KONDENZÁTORA K2
TLAK MAZACIEHO OLEJA PRED TG
TLAK ROZVODOVÉHO OLEJA NA VÝTLAKU HLAVNÉHO ČERPADLA
TLAK RZ OLEJA NA PRÍVODE K SERVOPOHONOM
HLADINA VODY S OLEJOM V ZBERAČI VODY OLEJA Z GENERÁTORA
TEPLOTA PREDNÉHO, ZADNÉHO LOŽISKA VT TELESA
TEPLOTA PREDNÉHO, ZADNÉHO LOŽISKA GENERÁTORA
TEPLOTA PREDNÉHO LOŽISKA BUDIČA
TEPLOTA PREDNÉHO, ZADNÉHO KOTÚČA AXIÁLNEHO LOŽISKA
MNOŽSTVO STATOROVEJ VODY NA PRÍVODE KU GENERÁTORU
TEPLOTA VODÍKA PRED CHLADIČOM
TEPLOTA OTEPLENÉHO VZDUCHU NA VÝSTUPE
TEPLOTA STATOROVEJ VODY NA VÝSTUPE Z GENERÁTORA
HLADINA NAPÁJACEJ VODY V NAPÁJACEJ NÁDRŽI
TLAK NAPÁJACEJ VODY V SPOLOČNOM VÝTLAKU ENČ
TLAK PARY V KOLEKTORE 4,4 MPA

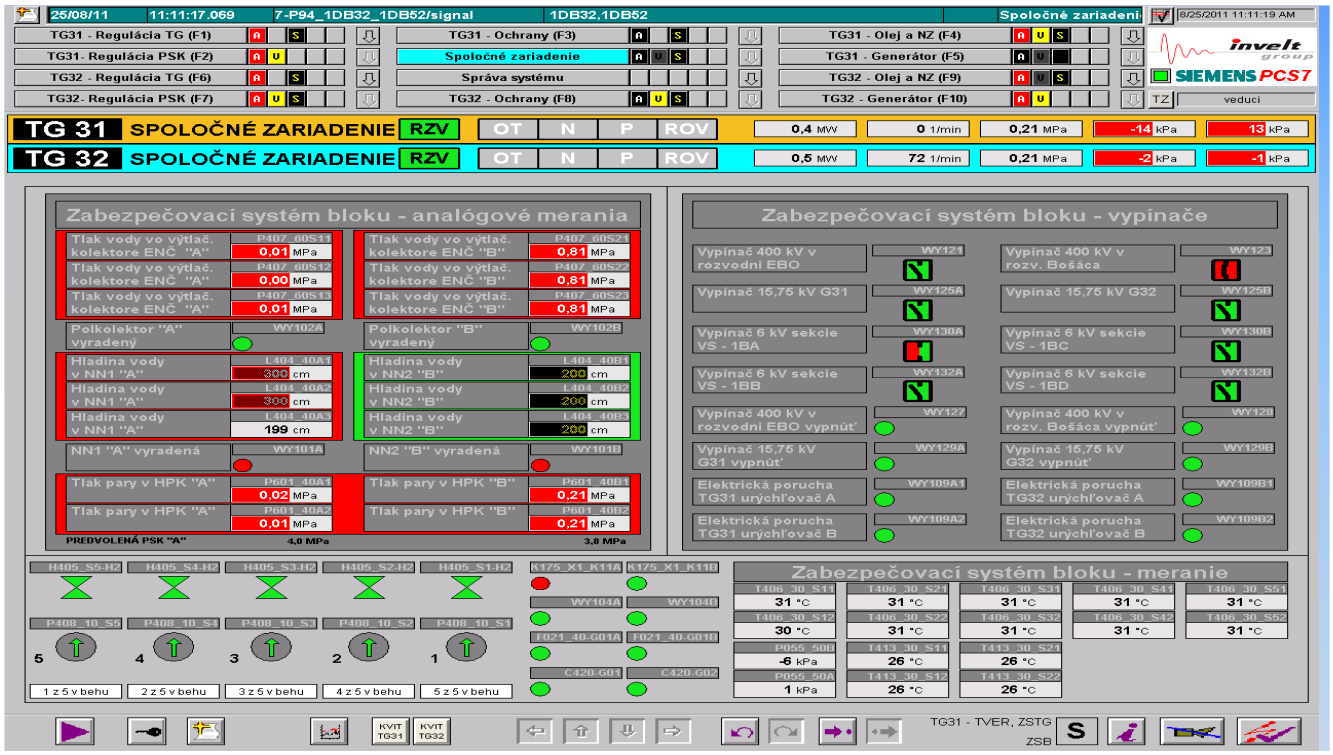



TG31 - Regulácia TG
TG31 - Regulácia PSK
TG32 - Regulácia TG
TG32 - Regulácia PSK
TG31 - Ochrany
Správa systému
TG32 - Ochrany
5/25/2010 5:07:49 PM
invelt group
SIEMENS PCS7
TG 31 PREHĽAD
RZV
OT
N
P
ROV
253,1 MW
3000 1/min
4,53 MPa
-91 kPa
-91 kPa
TEST
OK
MAX
500 kPa
465 kPa
RZV
RV1L'
RV2L'
OV
59 %
100 %
HPK
4,53 MPa
VT
257 °C
NT1
NT2
253,1 MW
RV1P
RV2P
-91 kPa
0 %
PS-K
Simulácie TVERu

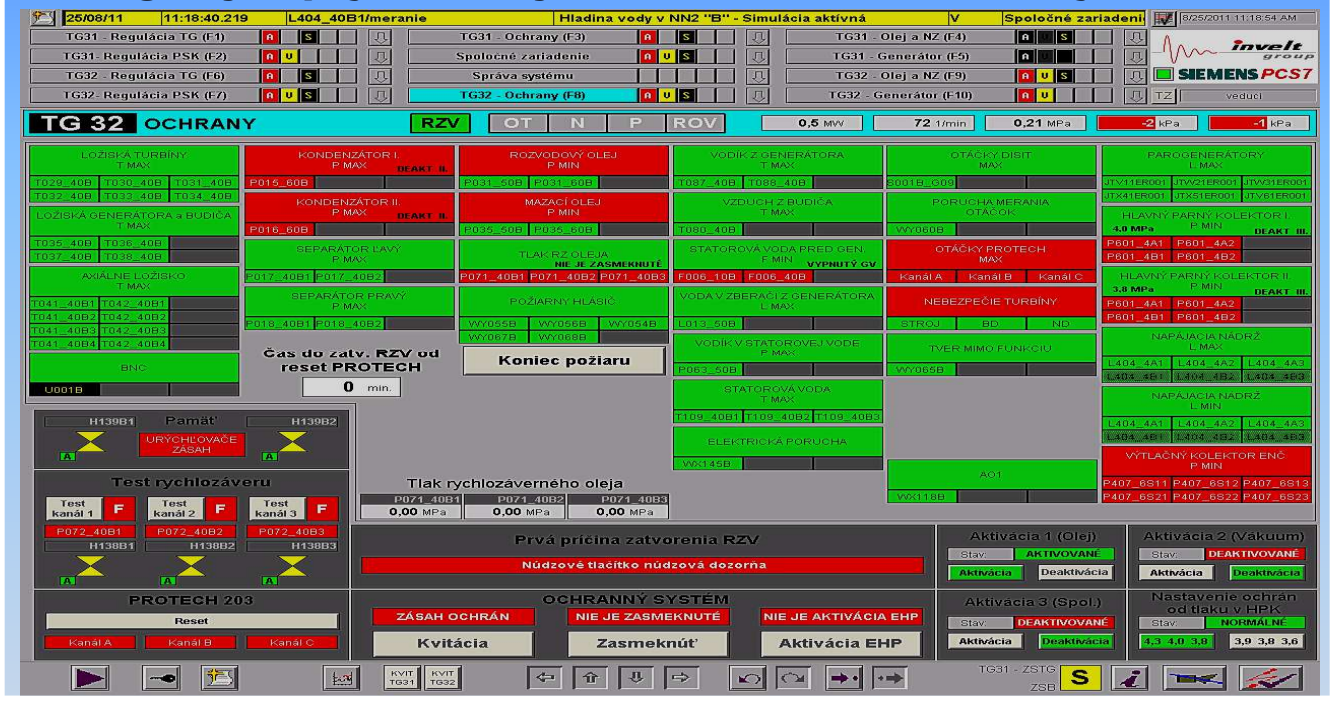

TG31 - Regulácia TG
TG31 - Regulácia PSK
TG32 - Regulácia TG
TG32 - Regulácia PSK
TG31 - Ochrany
Správa systému
TG32 - Ochrany
5/25/2010 5:01:54 PM
invelt group
SIEMENS PCS7
TG 31 REGULÁCIA TG
RZV
OT
N
P
ROV
253,1 MW
3000 1/min
4,53 MPa
-91 kPa
-91 kPa
Regulácia otáčok
ZH: 2990 1/min
SH: 3000 1/min
Δn: -10 1/min
AUT
MAN
Regulácia výkonu
ZH: 253,1 MW
SH: 253,1 MW
ΔN: 1,8 MW
ΔN = ZH za ORZ - SH
ZADANÝ VÝKON
TREND VÝKONU
CIEĽOVÝ VÝKON
254,8 MW
5,00 MW/min
220,0 MW
0.5%/min.
1 %/min.
3%/min.
TREND SRV
Obmedz. max. výk.
MAXIMÁLNY VÝKON
260,0 MW
SRV zapnutá
Ponuka SRV
VYP
ZAP
Regulácia tlaku
ZH: 4,51 MPa
SH: 4,53 MPa
Δp-TVER: 0,01 MPa
Δp-TVER = SH - ZH
Ručné ovládanie VT ventilov
ZH: 91,1 %
OV
RV1L'
RV2L'
RV1P
RV2P
SEKUNDÁRNY OLEJ
p2 - kanál I 500 kPa
p2 - kanál II 500 kPa
p2 - spol. 500 kPa
Test PROTECH
Test DISIT
Maximálne otáčky 3206 1/min
Prehrievacie otáčky
Výdrž na prehr. otáč. 0 : 0 m : s
Fázovanie
Korektor frekvencie
df 0,0 MW
Korektor dP-
dP- 1,8 MW
Korektor vákua
275,0 MW
Základ. zaťaženie
Výdrž na ZZ 0 : 0 m : s
Nafázované
Vlastná spotreba
Ostrov. prevádzka
Statika ostr. prevádz: 5 %
Posunutie: 50,00 Hz
dP+ 0,0 MW
Obmedzenie korekt. vákua
Ostrov. prevádzka
Posun hodn. otáček: 3000 1/min
Predvoľba PSK TG31
Zvýšený korektor dP-
Zásah ochrán ZSB
Obmedz. výk. 265 MW
KVIT
Strata RZ oleja
Servisný režim
Ukazovateľ teplotného namáhania
Normálna prevádzka
Studený štart
Teplý štart
Horúci štart
Stredná int. teplota
259 °C
Teplotné namáhanie
2,9 °C


25/08/11 11:19:18.060 L404_40B1/signal1 Hladina vody v NN2 "B" L7 - MAX3 Spoločné zariadení
8/25/2011 11:19:45 AM
TG31 - Regulácia TG (F1)
TG31- Regulácia PSK (F2)
TG32 - Regulácia TG (F6)
TG32- Regulácia PSK (F7)
TG31 - Ochrany (F3)
Spoločné zariadenie
Správa systému
TG32 - Ochrany (F8)
TG31 - Olej a NZ (F4)
TG31 - Generátor (F5)
TG32 - Olej a NZ (F9)
TG32 - Generátor (F10)
invelt group
SIEMENS PCS7
TG 32 OLEJ, NAT. ZARIADENIE
RZV
OT N P ROV
0,5 MW
72 1/min
0,21 MPa
-2 kPa
-1 kPa
ROZVODOVÝ OLEJ
HOC
VT
NT1
NT2
G
STOP A ŠTART
Natáč. zariad.
Magnet kulisy
KULISA ZASUNUTÁ
KULISA VYSUNUTÁ
Ventil maz. oleja
MAZACÍ OLEJ
SKÚŠANIE
ROZV. OLEJ
MAZACÍ OL.
VÁKUUM 1
VÁKUUM 2
1,60 MPa
NOČ
Prac. 1
Prac. 2
HLAVNÁ OLEJOVÁ NÁDRŽ
DOČ ~
DOČ =
ZBERNÁ OLEJ. NÁDRŽ
NADĽAHČOVACÍ OLEJ
0,7 MPa
0,9 MPa
1,1 MPa
VT
NT
G
KVIT TG31
KVIT TG32
TG31 - ZSTG
ZSB


25/08/11 11:18:58.084 3-P102_L404_40B1-B3/signal L MAX - nap. voda napájacia nádrž 2 (TG32) Spoločné zariadení
8/25/2011 11:19:15 AM
TG31 - Regulácia TG (F1)
TG31- Regulácia PSK (F2)
TG32 - Regulácia TG (F6)
TG32- Regulácia PSK (F7)
TG31 - Ochrany (F3)
Spoločné zariadenie
Správa systému
TG32 - Ochrany (F8)
TG31 - Olej a NZ (F4)
TG31 - Generátor (F5)
TG32 - Olej a NZ (F9)
TG32 - Generátor (F10)
invelt group
SIEMENS PCS7
TG 32 GENERÁTOR
RZV
OT N P ROV
0,5 MW
72 1/min
0,21 MPa
-2 kPa
-1 kPa
STOP R ŠTART
Generátor SP50
Budič
Zrušenie blokády vypnutia ČTO ~
Odpeňovač + Vákuovanie
ČTO
Chladiče vodíka
Chladiče vzduchu budiča
Prac. 1
Prac. 2
ČSV
Chladiče statorovej vody
ČMOG
KČ 32 II°
KČ 32 I°
KVIT TG31
KVIT TG32
TG31 - ZSTG
ZSB



Signály zapojené do systému ochrán turbosústrojenstva.



Ochrana TG zásahom rýchlozáveru

Zásah na rýchlozáver sa vykonáva týmito nezávislými systémami:

- pri zapôsobení niektorej **z ochrán TG** (napr. teplota ložiska, strata tlaku rozvod. oleja, a pod.)
- stlačením **tlačidla** núdzového odstavenia
- zásahom nezávislej **nadotáčkovej ochrany** Woodward ProTech 203 (výber 2/3).

Pokiaľ zapôsobil niektorý z nezávislých ochranných systémov nie je možné znovu zasmeknúť TG (vytvoriť RZ olej a otvoriť RZ ventily).

Najprv je treba tlačidlom „RESET“ zrušiť signalizáciu príslušnej ochrany (ProTech203).

Toto je možné len keď nie je ochrana stále aktívna (napr. zatlačené tlačidlo núdz. odstavenie). Potom je možné zatlačiť tlačidlo „Kvitácia“. Takto sa odkvitujú neaktívne ochrany a zároveň sa zresetuje bezpečnostné relé.

Potom je možné stávajúcím tlačidlom z pultu odkvitovať pôsobenie ochrán (pamäť sumy ochrán systému DIAMO-K) a následne je možné tlačidlom „Zasmeknúť“ umiestnenom v hornom ovládacom poli vytvoriť RZ olej.

Skratky a označenia pre SAM

CHO - Centrum havarijnej odozvy
SAM - severe accident management - riadenie ťažkých havárií
SAMG - severe accident management guideline
PAMS - post accident monitoring system
ZI - zmenový inžinier
MMI - man - machine interface, rozhranie človek-stroj
HMI - human - machine interface, rozhranie človek-stroj
PLC - programovateľný logický automat

Severe accident: Accident conditions more severe than a design basis accident and involving significant core degradation (IAEA).
ŤAŽKÁ HAVÁRIA: je nadprojektová havária jadrového zariadenia s jadrovým reaktorom zahŕňajúca závažné poškodenie aktívnej zóny

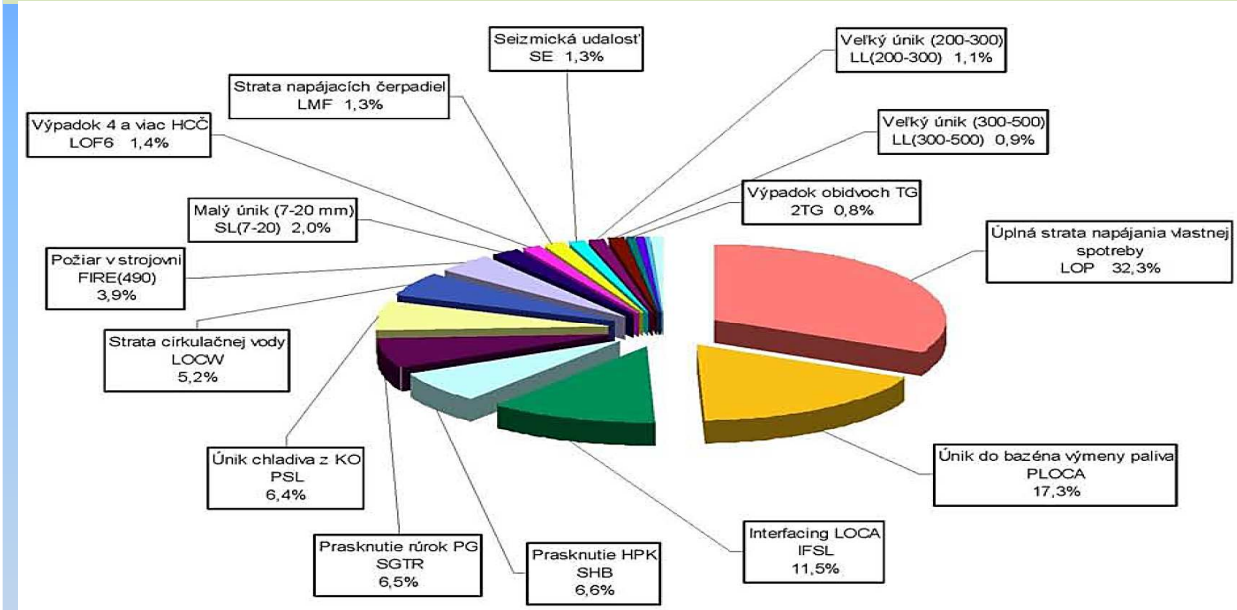
SKR SAM

severe accident management - riadenie ťažkých havárií

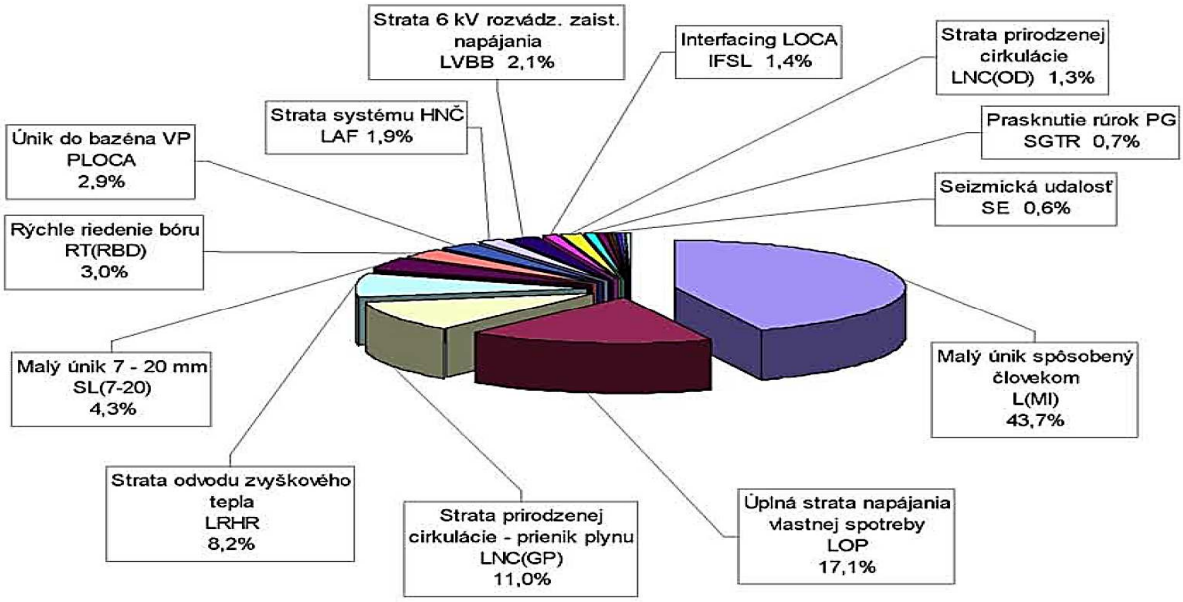
Účelom SKR SAM je poskytnúť operatívnemu personálu riadenia ťažkej havárie informácie o dôležitých parametroch reaktorového bloku a umožniť akčné zásahy pre **riadenie havárie** nasledovne:

- poskytnúť informácie o stave a funkčnosti jednotlivých podsystémov SAM potrebných na **zmierňovanie účinkov havárie**, alebo **zastavenie** jej rastu
- poskytnúť informácie o monitorovaných parametroch bloku tak, aby mohol byť zahájený **rozhodovací proces** pri prijímaní stratégií stanovených v SAMG
- zabezpečiť **ovládanie akčných organov SAM** pri realizácii stratégií SAMG

Príspevok iniciačných udalostí k CDF V2 EBO výkonová prevádzka, CDF=4,06.10^{-6}/rok



Príspevok iniciačných udalostí k CDF V2 EBO odstavený blok, CDF=1,08.10^{-5}/rok



Maximálna projektová havária

- Všetky bloky prevádzkované spoločnosťou Slovenské Elektrárne, sú projektované na **Maximálnu Projektovú Haváriu**:
  Roztrhnutie potrubia ∅500 mm s obojstranným výtokom chladiva.
- Na zvládnutie takejto udalosti majú všetky bloky projektované havarijné systémy s **200 % redundanciou**, pričom na zvládnutie takejto udalosti postačuje jeden zo systémov.
- Okrem sovietskej koncepcie „Maximálnej Projektovej Havárie„ bolo v projekte zohľadnené aj **spektrum postulovaných projektových havárií** pokrývajúce všetky identifikované iniciačné udalosti.

Riziko = Pravdepodobnosť x Následky

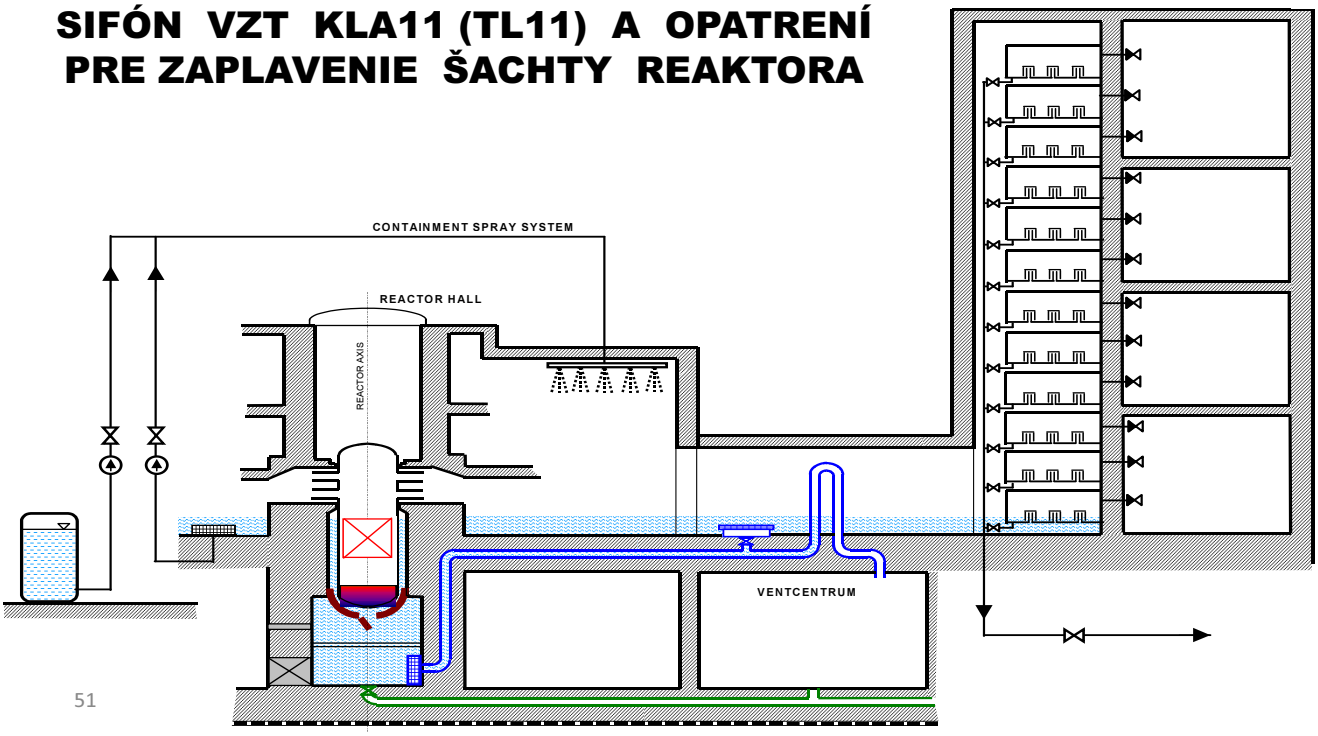
Priebeh ťažkej havárie v AZ

- **Poškodenie pokrytia PČ** v dôsledku prehriatia – **únik** štiepnych produktov z medzery medzi palivom a pokrytím paliva, **oxidácia** pokrytia sprevádzaná vývojom veľkého množstva **vodíka**
- **Tavenie paliva** a narušenie geometrie AZ, únik štiepnych produktov z mriežky palivových tabliet, nárast zdrojového člena
- **Interakcia tavenina AZ - chladivo**, potenciálne parné **explózie** (dynamické namáhanie reaktívnou silou), možné skoré poškodenie kontainmentu
- **Únik taveniny z TNR pod vysokým tlakom** – priame nahrievanie štruktúr a steny kontainmentu čiastočkami taveniny – prudký nárast teploty a tlaku v kontainmente a **ohrozenie integrity**
- **Termálne narušovanie steny TNR** až jej pretavenie potenciálne vedúce k parnej **explózii** (pri styku taveniny s vodou v šachte reaktora), dynamické namáhanie potrubí PO a TNR – začiatok ohrozenia steny šachty reaktora taveninou, rýchla tvorba horľavých nekondenzovateľných **plynov**, tlakovanie kontainmentu

Projekt technických opatrení pre SAM

- Sifón potrubia vzduchotechniky chladenia šachty reaktora a opatrenia na umožnenie **zaplavenia šachty reaktora**
- **Odtlakovanie** primárneho okruhu
- Riadenie **vodíka** v hermetickej zóne
- **Rušič vákua** v hermetickej zóne
- **Núdzový zdroj chladiva pre doplňovanie** do PO, **sprchovanie** HZ a doplňovanie bazénu vyhoretého paliva. 3x500 m^3 chladiva
- **Elektrické napájanie spotrebičov** – núdzový zdroj energie pre PAMS
- **SKR PAMS** – informácie pre riadenie ťažkej havárie – posthavarijný monitorovací systém v BD3. a 4. a v CHO
- **Dlhodobý odvod tepla** z hermetickej zóny

SIFÓN VZT KLA11 (TL11) A OPATRENÍ PRE ZAPLAVENIE ŠACHTY REAKTORA

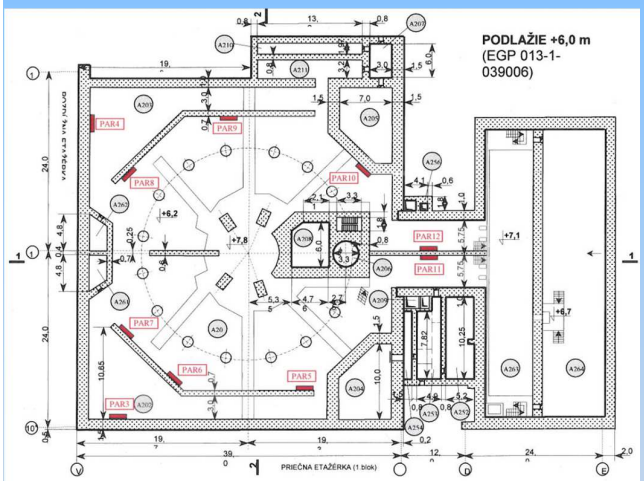


RIADENIE H_2 V HZ

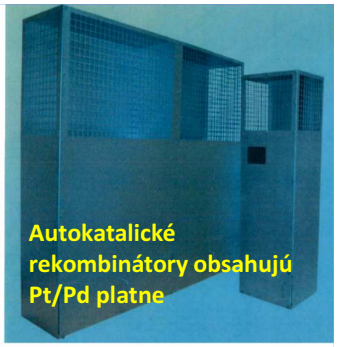
$Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2$

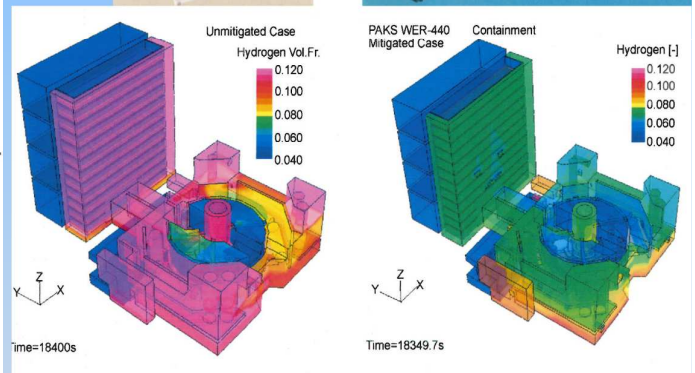
44,2 g vodíka na 1 kg zoxidovaného Zr

Rekombinátory vodíka – projektované tak, aby nedošlo k zvýšeniu objemovej koncentrácie vodíka nad 4% nikde v HZ.



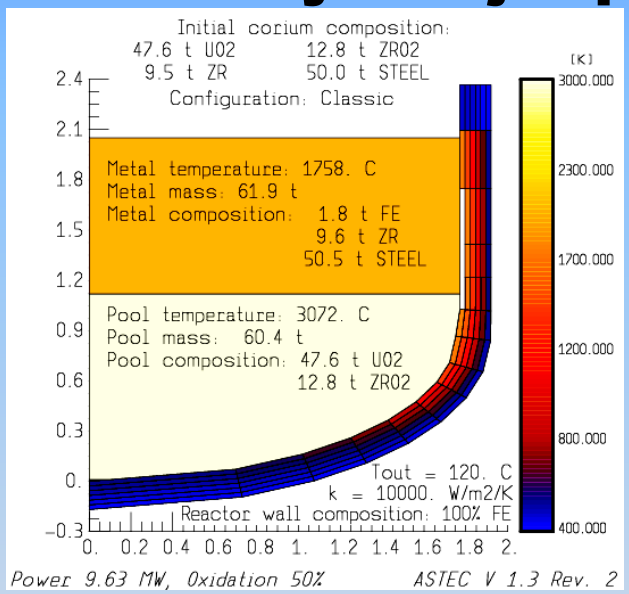
Obr. 15. Rozmiestnenie PAR na podlaží +6.0 m

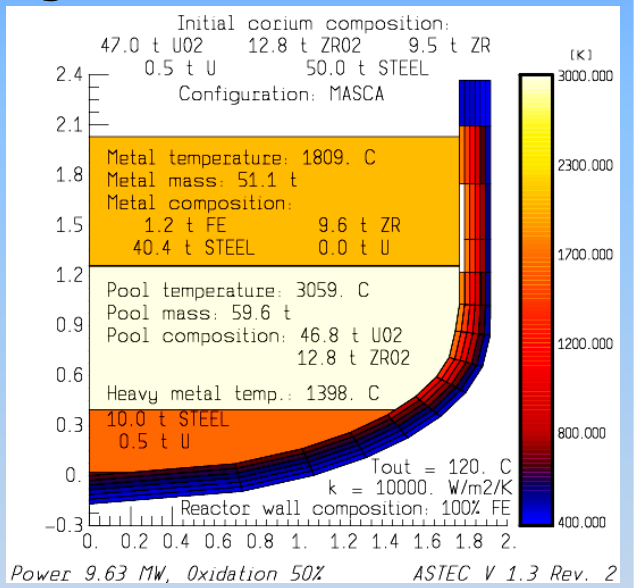




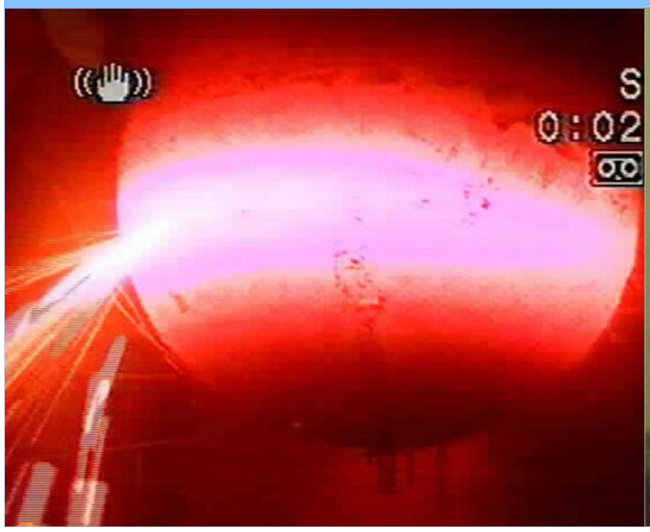
Obr. 10. Rozloženie vodíka v HZ bez (vľavo) a s použitím rekombinátorov (vpravo). Výpočet GRS programom CFX [35]

Hrozí prasknutie TNR pri tečení za vysokej teploty - CREEP





Prasknutie TNR pri tečení za vysokej teploty – CREEP (experiment FOREVER)



Funkcie SKR SAM:

- **identifikovanie** iniciačnej udalosti
- **monitorovanie** priebehu havárie od iniciačnej udalosti po ukončenie neskorej fázy ťažkej havárie
- potvrdenie, že **bezpečnostné systémy** plnia a majú podmienky aj naďalej plniť svoje projektové bezpečnostné funkcie
- overenie, že **bariéry** proti úniku rádioaktívnych látok plnia svoje projektové funkcie
- stanovenie potenciálu porušenia, alebo **porušenie bariér** (palivo, TNR, HZ)
- poskytovanie informácií pre rozhodovaciu činnosť pri prijímaní stratégií stanovených v SAMG
- zabezpečenie a monitorovanie funkčnosti podsystémov SAM v oblasti SKR (meracie obvody, akčné orgány)
- zabezpečenie prenosu informácií z meraní systému PAMS do CHO
- zabezpečenie prenosu informácií zo systému SAM do CHO
- poskytnúť informácie do dlhodobého archívu TPS

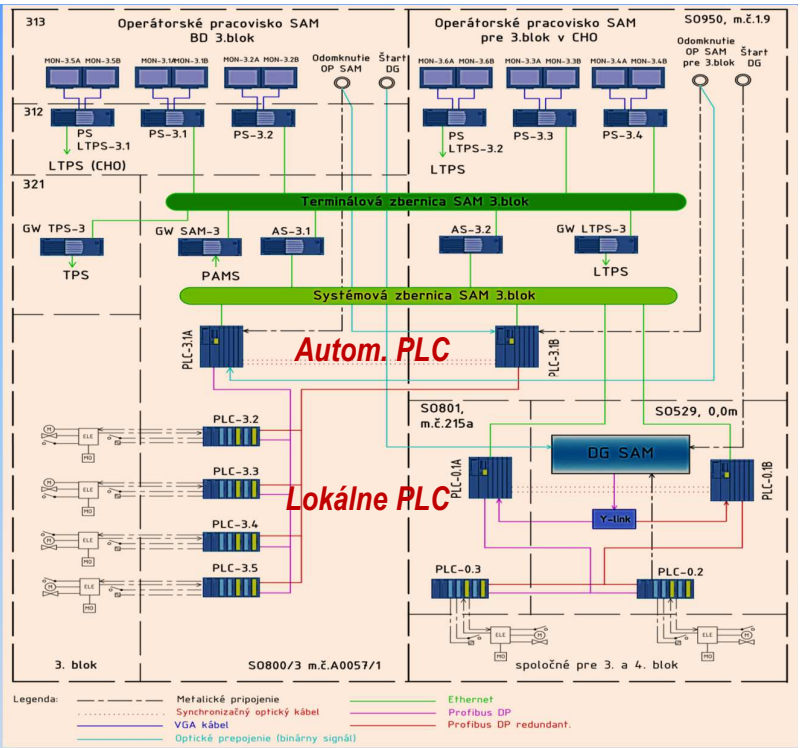
Štruktúra SAM

Úroveň 0 (úroveň zberu a spracovania signálov): **Lokálne PLC (programovateľný logický automat)** - sú osadené vstupno/výstupnými analógovými a binárnymi modulmi a dvojicou komunikačných modulov s optickou väzbou na automatizačné PLC.

Úroveň 1 (systémová úroveň): Systémová úroveň zabezpečuje výmenu dát medzi procesnou a operátorskou úrovňou, dátovú výmenu s externými systémami, vizualizáciu pre operátorskú úroveň a krátkodobý archív dát.

Úroveň 2 (operátorská úroveň): Operátorské pracovisko SAM na BD3 pozostávajúce z pracovných staníc PS, štyroch monitorov MON, dvoch klávesníc s polohovacími zariadeniami (touchpad), ovládacieho pultu a zvukovej signalizácie.

Operátorské pracovisko SAM v CHO pre 3. blok pozostávajúce z pracovných staníc PS, štyroch monitorov MON, dvoch klávesníc s polohovacími zariadeniami (touchpad), ovládacieho pultu a zvukovej signalizácie.



Funkcie komponentov SAM

Funkcia automatizačných PLC-3.1A a PLC-3.1B:
riadenie lokálnych PLC, zber a spracovanie signálov z lokálnych PLC, poskytnutie signálov z lokálnych PLC do operátorskej úrovne, zabezpečenie povelov z operátorskej úrovne na úroveň lokálnych PLC

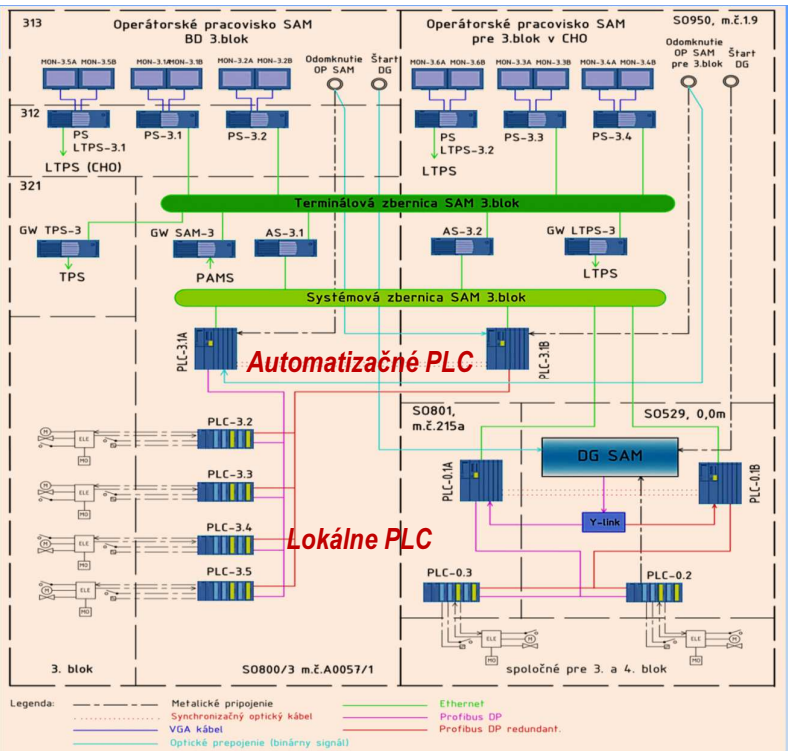
Funkcia lokálnych PLC-3.2, 3.3, 3.4, 3.5:
zber binárnych a analógových signálov stavu technolog. zariadení, aktivácia signálov pre akčné orgány

Funkcia pracovnej stanice PS-3.1, PS-3.2:
prezentácia informácií na fragmentoch monitorov operátorského pracoviska SAM na BD3, ovládanie akčných členov z operátorského pracoviska SAM na BD3, funkcia je podmienená odomknutím operátorského pracoviska

Funkcia pracovnej stanice LTPS-3.1: prezentácia na fragmentoch monitorov (pre pracoviská ZI+TBD)

Funkcia pracovnej stanice PS-3.3, PS-3.4:
prezentácia informácií na fragmentoch monitorov operátorského pracoviska SAM v CHO, ovládanie akčných členov z operátorského pracoviska SAM v CHO, funkcia je podmienená odomknutím operátorského pracoviska

LTPS - lokálna technologické počítačová sieť v CHO
ZI, TBD - zmenový inžinier, technológ BD



Systémy prevádzkovej diagnostiky

CS LBB – centralizovaný systém monitorovania únikov (logika 2 z 3)

1. **RAMON** - SPLR200 – **radiačné** monitorovanie v HZ
2. **ALŰS** – diagnostický systém únikov meraním **ultrazvuku** 100 až 550 kHz
3. **HUMON** – meranie absolútnej **vlhkosti** v HZ

SMV - Diagnostický systém monitorovania vibrácií
DSVČ - diagnostický systém voľných častí
SNŠD - diagnostický systém neutrónových šumov
SVRD - systém vnútro-reaktorovej diagnostiky
DS HCČ - diagnostický systém HCČ
SMNZ PO - systém monitorovania nešpecifických zaťažení PO
Dakel - LMS - systém monitorovania netesností parovodov
Bently Nevada - DS TG - diagnostický systém TG

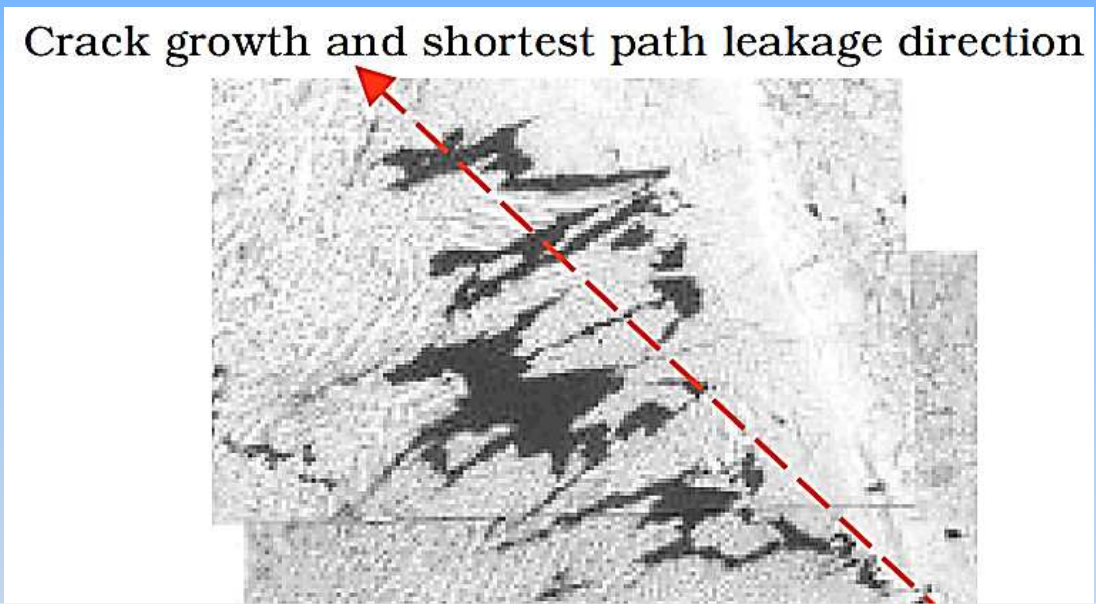
Concept "Leak Before Break" (LBB) is based on following principle:

For the high-energy pipelines of nuclear power plants, made from (elastic-)plastic **(toughness - húževnatý!)** materials which have high resistance to unstable crack growth, the probability of hypothetical double ended guillotine break (DEGB) is too low even in accident loadings.

Instant catastrophic break is always preceded by a steady, sub-critical increase of the crack. This circumstance allows either the crack to be detected long before it becomes through wall (TW) or the leak to be detected with the help of Leak Detection System (LDS), before TW crack (with length $\geq 2c_{LD}$), through which the coolant leaks, reaches the critical length $2c_c$.

In result it becomes possible **in time discovery** of defected cross sections, safely shut down of the reactor unit, perform a repair or replacement of the component with a defective section and thus excluding a sudden break of the pipeline.

Primary water stress corrosion cracking growth across the long direction of the dendritic grains



RAMON monitorovanie poruchy tesnosti PO

- koncepcia **radiačného diagnostického monitorovania** je založená na meraní atmosféry v HZ
- reprezentatívna vzorka vzduchu z celého objemu HZ je odoberaná z cirkulačného chladiaceho VZT systému KL10 (HZ, 130 000 m^3/h)
- prítomnosť RAL v ovzduší je indikátorom poruchy tlakového rozhrania I.O. (**špecifický indikátor je ^{13}N, príp. ^{18}F**)
- úniky chladiva z I.O. sú detegované a kvantifikované selektívnym monitorovaním aktivity krátkodobého aktivačného produktu **^{13}N** ($T_{1/2}$ = 9,97 min) - monitorovacie zariadenie **SPLR200** (fy MGPI)
- **^{18}F aktivita je o dva rády nižšia**. Polčas 1,82 hod.

Jadrové reakcie pre vznik ^{13}N a ^{18}F

Zdrojový nuklid	Zastúpenie izotopu v prvku [%]	Pre tepelné neutróny [barn]	Neutrónový rezonančný integrál [barn]	**Reakcia pre vznik ^{13}N**
^{10}B	19,9	3837	1722	(α,n)
^{12}C	98,9	0,0035	0,0016	(p,γ)
^{14}N	99,63	1,83	0,85	(n,2n)
				Reakcia pre vznik ^{18}F
^{19}F	100	0,0096	0,021	(n,2n)
^{18}O	0,200	0,00081	0,00016	(p,n)

Merací systém MGPI SPLR 200:

- scintilačný detektor SG/NAl 71 (NaI(Tl) ø 3''x 2''),
- zabudovaný stabilizačný zdroj ^{241}Am
- Pb tienenie (75 mm),
- Meracia komora (Marinelliho nádoba s objemom 9 litrov)

Reakcie pre vznik ^{13}N a ^{18}F

Main Production Modes

$C-12(d,n)N-13$
$C-13(p,n)N-13$
$O-16(p,\alpha)N-13$
$O-16(d,n\alpha)N-13$
$N-14(p,d)N-13$
$N-14(n,2n)N-13$
$N-14(\gamma,n)N-13$
$N-14(p,pn)N-13$
$C-12(p,\gamma)N-13$
$Be-9(Li-6,2n)N-13$
$B-11(\alpha,2n)N-13$

Main Production Modes

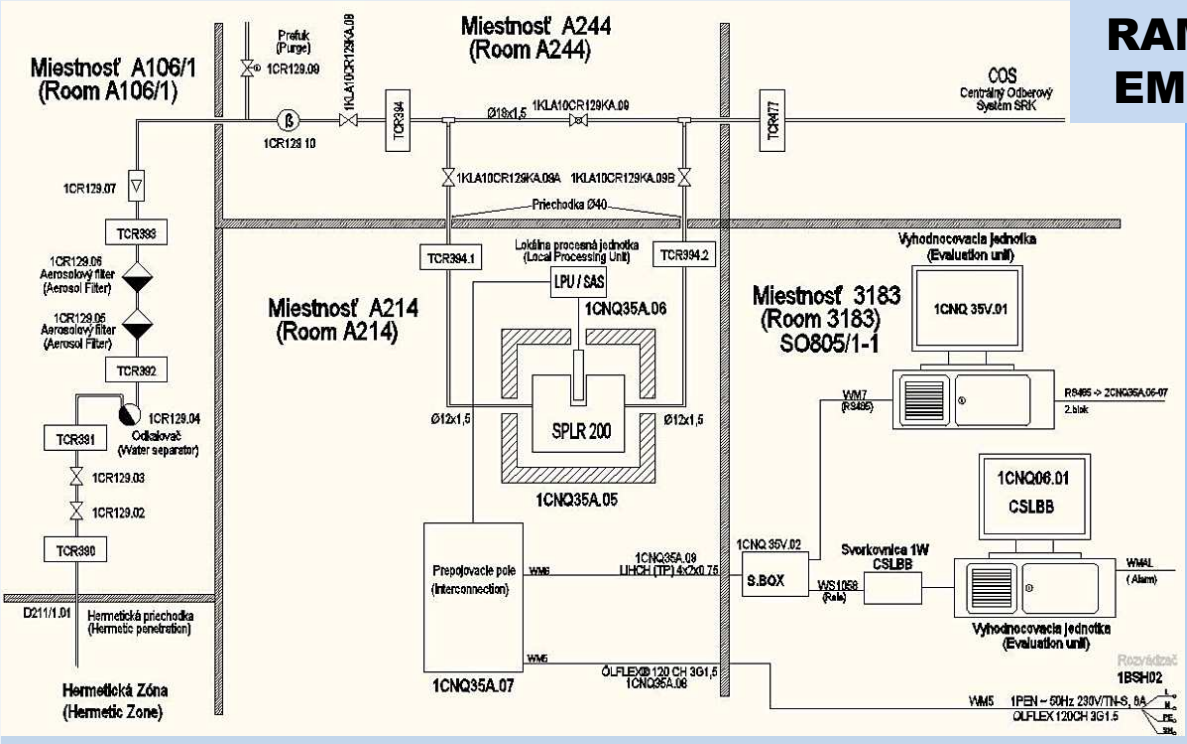
$O-18(p,n)F-18$
Possible impurities : none

$O-16(t,n)F-18$
$F-19(p,d)F-18$
$O-17(He-3,d)F-18$

Premena F-18: 96,86% **beta plus** na O-18 a 3,14% **elektrónový záchyt** na O-18
Energia beta E_{max}=633,5 keV, E_{str}=249,3 keV
Anihilačné fotóny 511 keV, výťažok 1,9372 fotónov

Premena N-13: 99,8% **beta plus** na C-13 a 0,2% elektrónový záchyt na C-13
Energia beta E_{max}=1200 keV, E_{str}=493 keV
Anihilačné fotóny 511 keV, výťažok 1,99636 fotónov

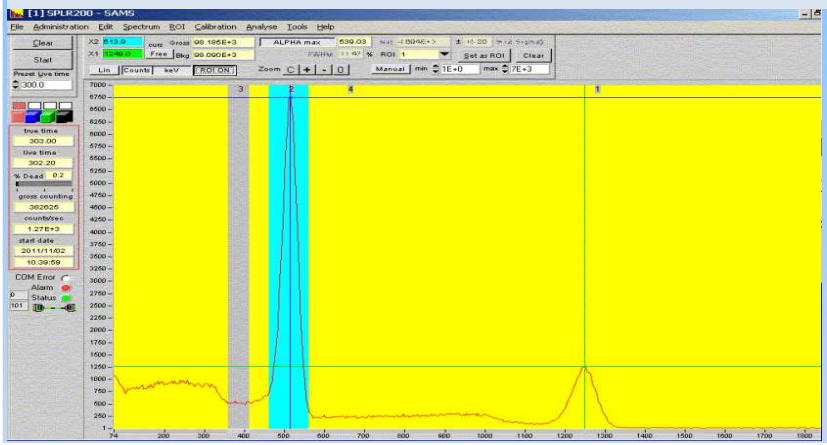
RAMON EMO12



Merané spektrum na SPLR 200

základný merací kanál SPLR200 - scintilačný gama spektrometer (1024 kanálov)
sledované energetické okná:

hlavné okno (461 ÷ 561 keV) s centroidom 511 keV z pozitrónovej premeny (príspevok aj od interferujúceho ^{18}F (T1/2 = 1,83 hod) - nesie rovnakú informácia ako ^{13}N, aktivita je o 2 rády nižšia)
kompenzačné okno (361 ÷ 411 keV)



Testovacie spektrum ^{22}Na:

gama 1275 keV
výťažok 99,94%

beta plus 90,3%
Emax=546 keV, Estr=216 keV

elektrónový záchyt 9,64%
vzniká Ne-22

Princíp činnosti systému RAMON (VUJE)

- z meranej početnosti impulzov je vypočítaná objemová aktivita.
- z objemovej aktivity je vypočítavaná hodnota **úniku chladiva z PO** v jednotkách [l/hod], (pomocou konverzného faktora, [(l/h)/(Bq/m^3)])
- Energetický rozsah detegovaného žiarenia: 0,1 ÷ 3,5 MeV
  - vlastné monitorovanie únikov 0,1 až 2,5 MeV,
  - horná časť spektra (do 3500 keV) - „kvázi“ gama pík od zabudovaného kontrolného žiariča ^{241}Am.
- MDA (doba merania 600 s, ext. PD=0): **1 640 Bq/m^3**
- MDA (doba merania 3600 s, ext. PD=0): **668 Bq/m^3**
- Minimálny detekovateľný únik (rovnovážny stav, doba merania 1 hod.): **2,95 l/h**
- Minimálny detekovateľný únik (doba merania 10 min): **26,3 l/h**

Westinghouse ARMS

Airborne particulate radioactivity monitoring system

The Westinghouse ARMS is used primarily to **detect leaks in the head area of a PWR**, such as Control rod drive mechanism canopy seals and nozzles and associated welds. Leakage in this head area releases radioactive particles, mainly **Rb–88 and Cs–137**, into the air volume surrounding the head.

ARMS draws air from the volume through a **filter** to concentrate the particulates. Radiation from the collected particulates is detected by a detector consisting of a **beta–sensitive plastic** scintillator disk and a photomultiplier tube. The typical operation of ARMS involves collecting samples from two sources. One sample comes from the ambient atmosphere of the containment, while the other is from the reactor head. The difference of the radioactivity levels in the two samples provides a measure of leak rate.

Each sampling time takes several hours. Response time is several hours to a day.

ARMS provides a measure of reactor vessel leakage, but it is difficult to accurately relate the amount of rubidium and cesium particulates collected by the sensor filter to the total mass of leakage, and thus the system may **not be able to determine the leakage rate** reliably.

However the general **location** of a leak can be determined with ARMS.

Westinghouse reports a **sensitivity** of 0,36 kg/h.

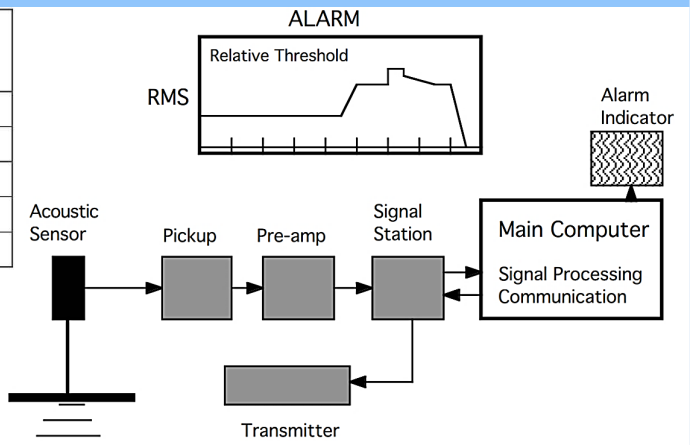
ALŰS – diagnostický systém únikov

- Systém kontinuálne dozoruje **prevádzkové šumy** s cieľom zistenia a lokalizácie vzniknutej netesnosti PO.
- Pri úniku média cez mikrotrhlinu alebo malú netesnosť sa predpokladá vznik **vysokofrekvenčného signálu**, ktorý sa sníma na povrchu alebo na vlnovodoch privarených ku konštrukcii PO.
- Snímače pracujú vo frekvenčnom pásme **100 až 550 kHz** a sú rozmiestnené tak, aby umožňovali lokalizáciu úniku – TNR, HCP, HUA, KO, PVKO.
- Citlivosť systému je minimálne **4 L za minútu** unikajúceho média do 1 hodiny.
- Prekročenie prahových hodnôt (alarmu) je signalizované na BD, archivované v PC a vytlačené na protokoloch.
- Dodávateľom systému je **SIEMENS resp. Framatome–ANP**.

Acoustic Emission Leak Monitoring basics

- Typically, leakage will be detectable if the total signal is 3 dB (41%) above the background noise.
- The estimated sensitivity for a near field sensor < 3 m from the source, varies from 0.0002 to 0.063 kg/s (0.72 to 220 kg/h) **depending on the background noise**.

Component Position	Average Background Noise Level (dB)	Estimated Leakage Sensitivity Range with Lowest Limit (kg/s)
Main Isolation Valve (hot)	41.2	0.003 to 0.006
Reactor Coolant Pump	48.0	0.006–0.06
Reactor Pressure Vessel	41.7	0.03 to 0.006
Pressurizer	17.3	0.0002–0.006
Pressurizer Safety Valve	45.0	0.004 to 0.013



HUMON – meranie absolútnej vlhkosti v HZ (VUJE)

FLŰS humidity sensor system (Framatom-ANP)

- priestory HZ: box PG, priestor KO, káblový priestor okolo reaktora
- **citlivosť** vyhovuje požiadavkám **LBB 4L/min do 1 hodiny**
- pracuje nezávisle od iných systémov JE

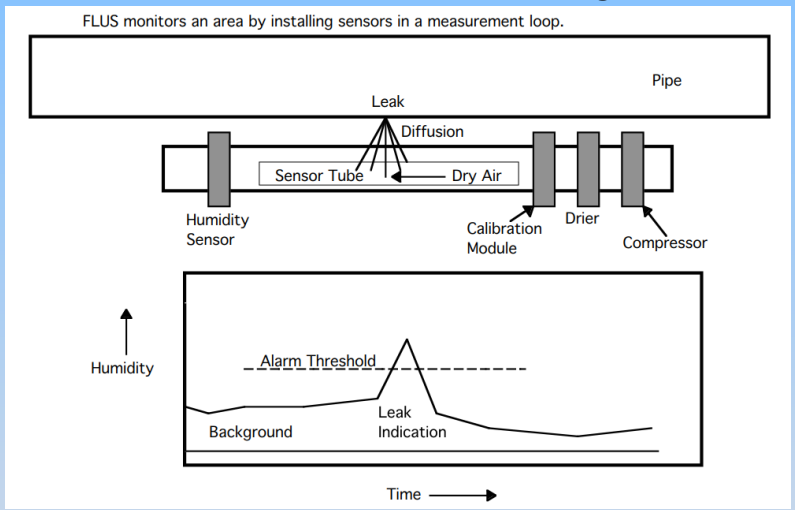
Meracia jednotka je zložená:

- pneumatická časť - prívod vzduchu k meracím komôrkam rúrkami
- elektronická časť - napájanie, meranie, vyhodnocovanie a riadenie pneumatickej časti

- Monitoruje vlhkosť na 27 miestach HZ určených anemometricky pri fungujúcej ventilácii.
- Signál sa privádza do CS LBB (logika 2 z 3 formuje alarmové hlásenie "Netesnosť") a alarm sa zobrazí na poruchovom tablo na BD

Schéma monitora FLŰS

Field tests with FLUS have confirmed that leak rates less than 0.0003 kg/s (0,018kg/min resp. 1 kg/hod) can be detected without false alarms. Leaks can be located within distances less than 2% of the total length of the line monitored.



SMV - diagnostický systém vibrácií

- SMV má za úlohu monitorovať **dilatačné** posuvy jednotlivých slučiek PO pri náhreve alebo dochladzovaní PO, **vibrácií** slučiek počas stabilnej prevádzky a **periodicky** analyzovať vibračný stav **TNR a HCP**
- Mikroprocesorom riadený systém, skladá sa z meracej a vyhodnocovacej časti
- Umožňuje jednorazovú, periodickú, a kontinuálnu diagnostiku chvenia, na základe vyhodnocovania signálov získaných prostredníctvom snímačov vibrácií umiestnených na konštrukčných častiach PO:
  - **TNR vo vertikálnom smere,**
  - **PG v horizontálnom smere,**
  - **HCP horúca vetva vo vertikálnom smere a**
  - **merania tlakových pulzácií PO**
- Vyhodnocujú sa zmeny frekvenčných spektier signálov

Diagnostický systém voľných častí

Kontinuálne monitorovanie voľných častí v PO

Systém sa skladá z:

- meracej časti - 19 **piezosnímačov**, rázové kladivká, predzosilňovače, zosilňovače
- vyhodnocovacej časti - digitálne spracovanie signálov, signálový procesor a PC

Rozmiestnenie snímačov:

- 7 ks TNR
- 1 ks na každom PG
- 1 ks na každom HCČ

SNŠD - diagnostický systém neutrónových šumov
SVRD - systém vnútro-reaktorovej diagnostiky

- systém je určený na detekciu vibračných pohybov vnútro-reaktorových častí
- využívajú sa **merania ex-core** (IK) **a in-core** (SPND a TČ)
- spracováva sa **striedavá zložka signálu**, získaná prostredníctvom izolačnej šumovej zosilňovacej aparatúry
- vyhodnocujú sa **histogramy**, vlastné a vzájomné výkonové **spektrálne hustoty**, **fázy**, **koherencie**, štandardné odchýlky vo frekvenčnom intervale **0,01 až 158 Hz**.
- referenčné meranie sa získa na začiatku kampane
- V prípade podozrenia na zhoršenie mechanického stavu komponentov reaktora treba urobiť rozšírené merania počas GO

Diagnostický systém HCČ

- Posúdenie **mechanického stavu** a prevádzkyschopnosti jednotlivých HCČ na základe sledovania mechanických **vibrácií** a emisie **ultrazvuku**
- **Systém na detekciu využíva**
  - akcelerometre
  - ultrazvukové snímače

SMNZ PO - systém monitorovania nešpecifických zaťažení PO

- Monitorovanie **nízkocyklovej únavy** vplyvom teplotných zmien na vybraných miestach PO
- doplnkové sledovanie tesnosti a správnej funkcie vybraných **armatúr v boxe PG**
- Meracia časť obsahuje TČ na technologických prvkoch (napr. **nátrubok** napájacej vody PG, odkalov PG, odluhov PG, teleso PG horná a dolná časť, **eliptické dná**, **hrdlo** SK a HK PG, **nátrubok** vstreku vody do KO, potrubie za PV KO, dolný nátrubok KO, vyrovnávacie potrubie KO, potrubie NT SHCHAZ)

Dakel – LMS - systém monitorovania netesností parovodov

- Úlohou je kontinuálne monitorovanie netesností potrubí PG a HPK na základe akustickej emisie
- Snímače sú umiestnené na **parovodoch** všetkých PG, na **HPK**, na parovodoch k turbínam, pred a za spätnými klapkami HA
- V systéme sú použité **piezoelektrické snímače MTRA-15** so zabudovanými predzosilňovačmi, pripevnené k potrubiam navarenými vlnovodmi

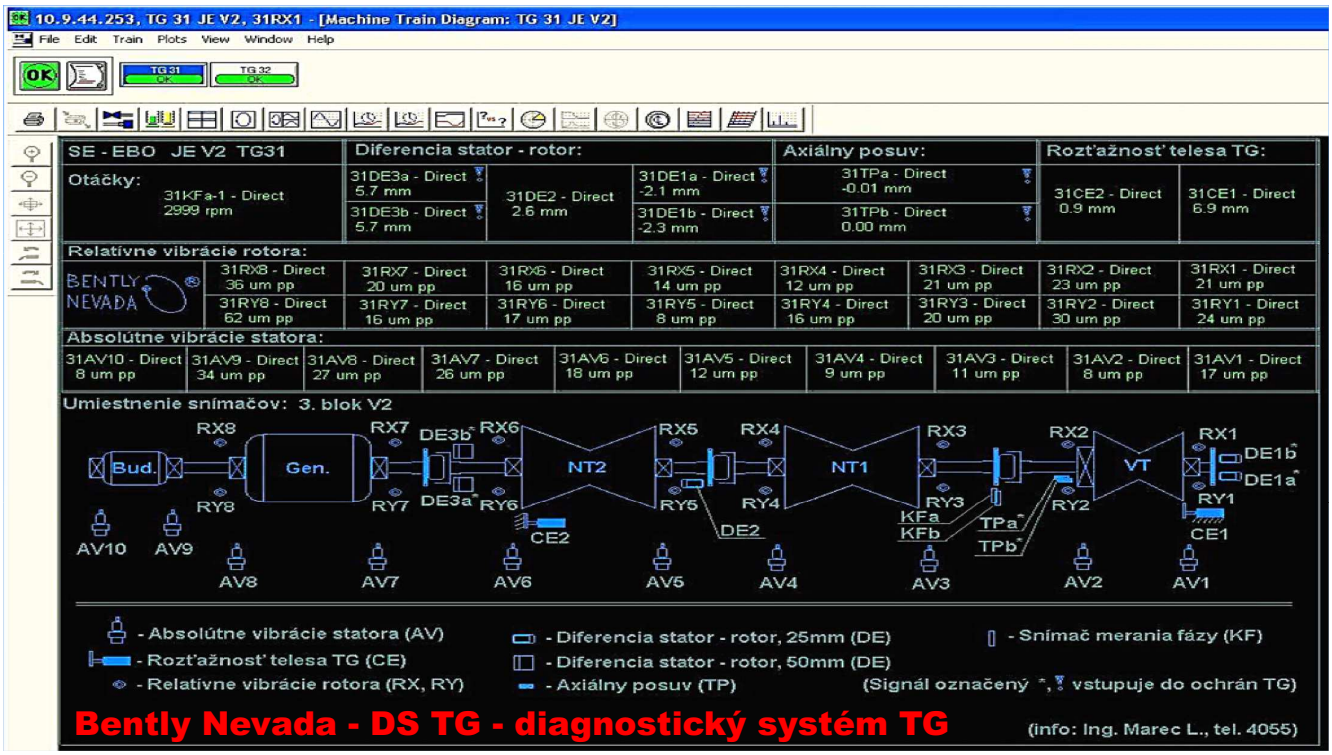
Bently Nevada - DS TG - diagnostický systém TG

Úloha systému je objavenie, sledovanie vývoja a odstránenie postupných závad u neľahko rozoberateľného zariadenia TG

Vibroakustika TG:

- **meranie hriadeľových vibrácií:** absolútne a relatívne kmity **hriadeľa** - nevyvážky rotora, zlé vyrovnanie, ohyb hriadeľa, nestability (olejový film, upchávky, kolesá, trenie trhliny rotora a pod.)
- **meranie ložiskových vibrácií:** absolútne **kmity ložiskových stojanov** alebo skrine - chybné valivé ložisko, uvoľnená podpora, rezonancie skrine alebo základov, uvoľnenie častí, problémy v ozubení alebo lopatkovaní

Ochranná funkcia znamená, že **systém môže odstaviť TG** na základe alarmu bez zásahu obsluhy.



TPS - Technologický počítačový systém

Technologický počítačový systém slúži pre priame meranie a spracovanie technologických údajov **zo sekundárneho a primárneho okruhu** JE, vrátane špeciálnych **In-core** meraní a pre komunikáciu s inými informačnými a riadiacimi systémami. Spracované údaje odovzdáva do častí MMI pre účely archivácie a prezentácie údajov obsluhe dozorní a ďalšiemu personálu JE. Pre odovzdanie údajov do nadväzujúcich systémov používa zabezpečené rozhranie.

Systém TPS pre JE V2 je navrhnutý ako viacúrovňový informačno-riadiaci systém pozostávajúci na blokovej úrovni z časti vstupnej, procesnej a MMI.

MMI (man - machine interface) časť systému TPS slúži na prezentáciu údajov v grafickej podobe. Pri jej tvorbe boli zohľadnené všeobecné znalosti o ergonómii s ohľadom na prehľadné znázornenie a zrozumiteľnosť zobrazených informácií a s ohľadom na jednoduchosť ovládania.

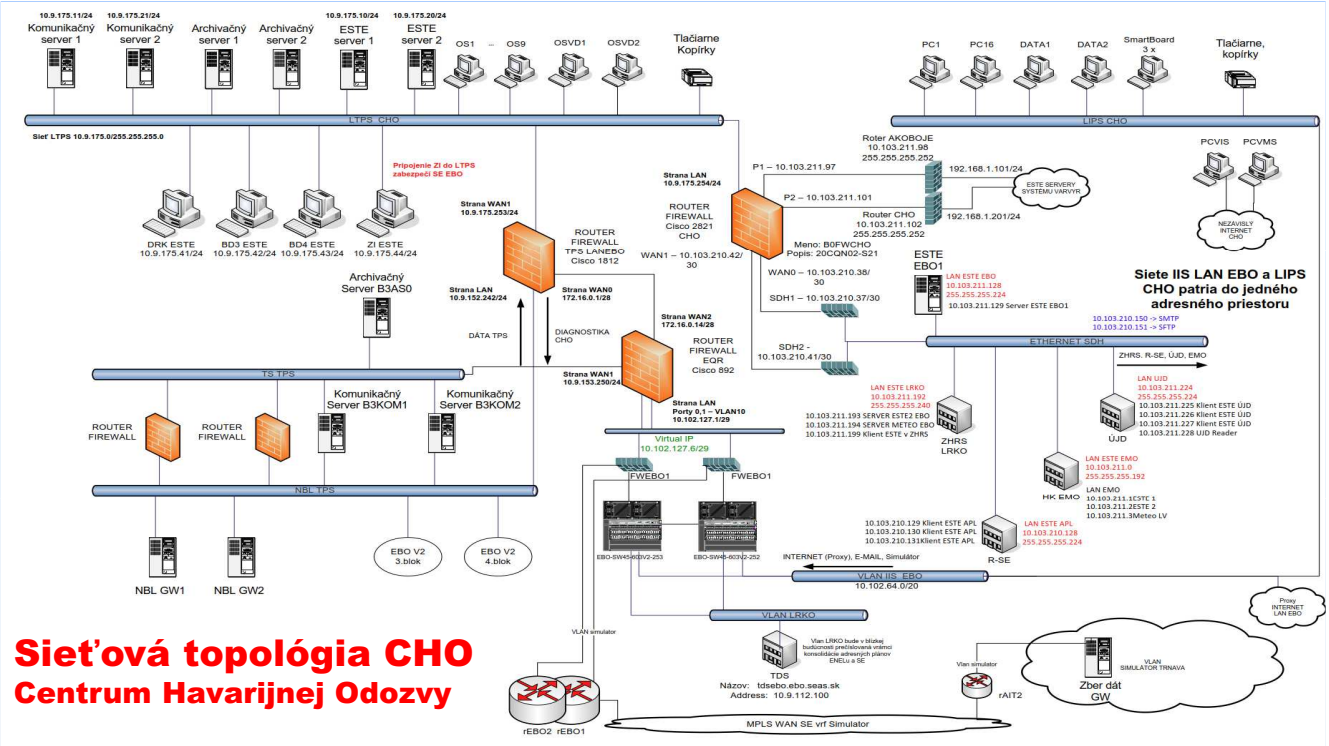
Data pre **systém monitorovania AZ SCORPIO** sú preberané z TPS.

TPS zabezpečuje:

- **vstup a výstup údajov**, komunikácia s externými systémami, administrácia a zaistenie bezpečnosti, uloženie údajov, diagnostika a testovanie, jednotný čas
- **zobrazenie technologických údajov** vo forme fragmentov technologických schém, tabuliek, histogramov, grafov a oznamov na obrazovkách operátorských staníc v BD, ND, CTP a staniciach systémového inžiniera,
- **spracovanie a vyhodnotenie** meraných vstupných údajov – kontrola platnosti, linearizácia, korekcia na hodnotu inej veličiny, filtrácia, kontrola vierohodnosti, prevod na fyzikálne jednotky, kontrola režimových medzí (výstražné a havarijné medze, základné matematické a logické operácie, vyhodnotenie redundantných meraní, výpočet nepriamych meraní, ručné vyradenie a simulácia údajov,
- **špeciálne funkcie**, ako je monitorovanie kritických bezpečnostných funkcií - implementovaný systém SPDS, funkcie pre podporu sekundárnej regulácie, vybrané funkcie operátorskej stanice VZT, **funkcie operátorskej stanice bezpečnostných systémov RPS, RLS**, s MMI rozhraním na operátorských staniciach BD, ND, CTP a staniciach systémového inžiniera,
- kalibrácia snímačov teplôt počas izotermického stavu

Realizovaná je plne funkčná komunikácia s externými systémami (vrátane spracovania prenášaných údajov):

- RPS, RLS, RCS,
- Systém merania neutrónového toku AKNT, systém SCORPIO - VRK,
- PAMS (v časti rozsahu signálov doplnených podľa TD na VZ pre PAMS),
- systém monitorovania Breakerov, systém technickej diagnostiky,
- diagnostika chemických režimov (NF),
- systém Elektro (monitorovací systém dieselgenerátorov)
- systém vzduchotechniky (VZT),
- Dozimetria (Systém radiačnej ochrany a monitorovania),
- Stanica fyzikálneho spúšťania (SFS),
- Systém sekundárnej regulácie (SSR),
- systém DIAMO a TVER - systém PCS7 (ZSB,2xZSTG,2xTVER),
- informačný systém generátora ISG31 a ISG32,
- systém dodávky tepla a pary pre JAVYS,
- systém ROVE, CHEMIS, KKC ÚJD, ZHRS, SAIA
- Komunikačné servery technologickej počítačovej siete TPS (RSE, EQR, CHO, ÚJD,),
- AKE, Bently Nevada, Regulačné systémy POaSO, RaO, BQDV, SHCČ.
- SKR SAM



Funkcie počítačov MMI

Počítače v MMI časti sú na platforme Microsoft Windows. Na jednotlivých staniciach je nainštalovaný operačný systém Windows XP Professional, na serveroch Windows 2003 Server Standard.

Časť MMI tvoria:

redundantné **archivačné stanice** InSQL server systému TPS, (AS1, AS2)

redundantné stanice InSQL server systému **RPS, RLS**, (AS3, AS4)

redundantné I/O serverové stanice systému **RPS, RLS**, (I01, I02)

redundantné stanice **Real-time alarmov**, (RA1, RA2)

redundantné stanice **Historických alarmov**, (HA1, HA2)

operátorské stanice s 19´´LCD displejmi na BD pre **OPO, OSO, VRB, ME, BI/ZI**,

operátorské stanice s 19´´ LCD displejmi na ND, SD a v CTP,

X-terminál, ktorý nahradí zobrazovanie funkcie demontovaného terminálu SCORPIO

veľkoplošné (40´´ LCD) displeje (4ks), veľkoplošné prehľadové (46´´ LCD) displeje (2 ks),

technologické **klávesnice** typu touch-screen (4 ks),

radiče domén, (RD1, RD2)

časové ústredne, NTPS servery (NTPS1, NTPS2), servisná stanica (SS),

stanice systémového inžiniera (SI1, SI2), stanica Query (QR) pre dotazovanie dát z archívov,

tlačiarne 8 ks

Bezpečnostné pravidlá pre prácu na TPS

- Technologická počítačová sieť TPS **nie je prepojená s Internetom**.
- Všetky prepojenia na externé systémy s ktorými TPS komunikuje sú chránené **firewalom** na úrovni IP adresy.
- V TPS je nainštalovaný antivírusový systém **NOD firmy ESET**.
- Najväčšie nebezpečenstvo infiltrácie škodlivého kódu do TPS teda predstavujú prenosné pamäťové média (**USB kľúče, USB disky**) využívané osobami pristupujúcimi k softvérovým prostriedkom TPS.
- Na všetkých staniciach TPS je možné používať len **autorizované USB kľúče**, ktoré sa používajú pre prenos dát len v rámci TPS. Ak je potrebné takýto kľúč pripojiť aj do počítača mimo TPS (napr. pre nahratie update alebo upgrade softvéru), je nutné ho pred použitím v TPS preveriť externým aktualizovaným antivírusovým programom!

ZAT a.s. sídlo v Plzeň a Příbram,
automatizace technologických procesů
organizačná zložka v SR: ZAT a.s., Sereďská 90, 917 01 Trnava

S obdobím výstavby prvých československých jadrových elektrární sú spojené dodávky systému **DIAMO-KŘS a DIAMO-K** spoločnosti ZAT a.s.

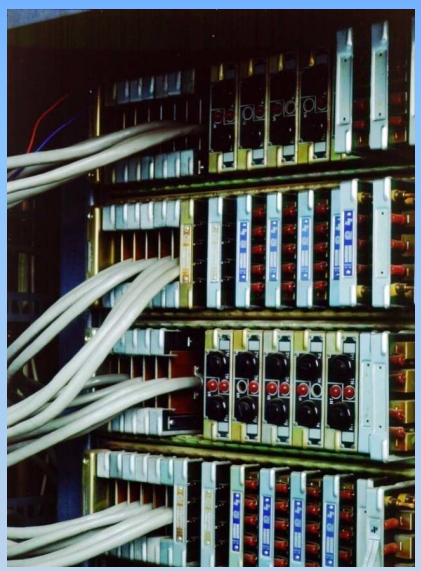
Systém Diamo KŘS bol využitý na jednotlivé regulátory už na elektrárni A1, neskôr boli nasadené v Jaslovských Bohuniciach a Dukovanoch. V 90. rokoch sa spoločnosť ZAT podieľala na dodávkach vlastného riadiaceho systému pre jadrové elektrárne Mochovce a Temelín.

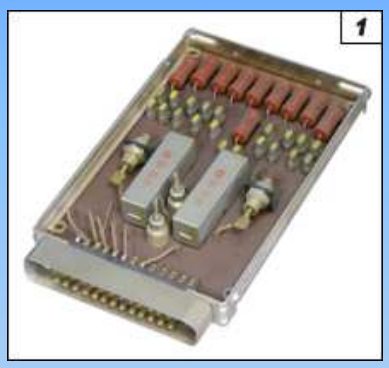
Okrem systému ZAT pre pomocné prevádzky JE Temelin bolo skompletovaných a dodaných viac ako **600 skríň riadiaceho systému Westinghouse**.

V roku 2006 boli dodané pre oba bloky JE Temelín modernizované systémy silového riadenia lineárnych krokových pohonov regulačných orgánov jadrového reaktora VVER 1000.

Pre firmu Škoda Praha a v spolupráci bol vytvorený a nasadený systém **PeekelView** (Easy Control) slúžiaci ako dátový a užívateľský interface pre diagnostické merania sekundárneho okruhu **ETE**.

Diamo – K, riadiaci systém 90-tych rokov





Reléový modul

Modulárna stavebnica analógových automatizovaných systémov na báze polovodičových prvkov.

DIAMO - obchodný názov systému logického riadenia fy VZUP Kamenná (Příbram), ktorým bol realizovaný pôvodný systém ZSB a ZSTG.

ZAT-PRIMIS

Riadaci systém HRK, riadiaci a ochranný systém TG

Odkoupením know-how od **ŠKODA Controls** získány řídící systémy rodiny **Primis** (mikropočítačová stavebnice Primis 2000 a soubor jednodeskových autonomních mikropočítačů Primis 196).

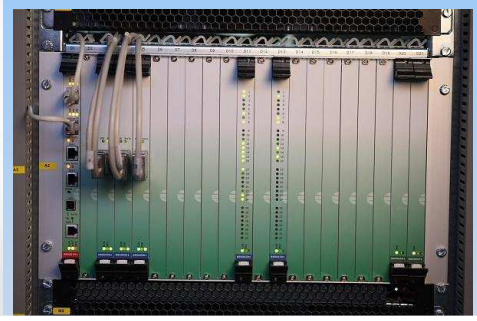
Speciální aplikace v jaderné a klasické energetice (RS regulačních kazet jaderných reaktorů typu VVER, řídící a ochranný systém parní turbíny).

ZAT Z100
vaňa riadenia pohonov reaktora VVER-440

Procesorová doska ZAT SandRA

ZAT SandRA (Safe and Reliable Automation)
Procesorová doska Z200.
Soubor jednodeskových autonomních mikropočítačů Z100 je určen k vytváření speciálních řešení jak svojí funkčností (např. řízení měniče pohonu, speciální měřící deska, regulátor napětí, atd.), tak svým mechanickým provedením (např. deska na DIN lištu, zásuvný modul do mechaniky, kompaktní přístroj, atd.)

Procesorová stanica ZAT SandRA



Vaňa riadenia pohonov reaktora VVER-440 Z-100