

Nové řídicí stanice SandRA pro 3. a 4. blok JE Mochovce

Společnost ZAT a.s. představila svým zákazníkům v loňském roce novou rodinu řídicích stanic s označením SandRA. Tato nová generace systémů SandRA Z100 a SandRA Z200 byla první použita při návrhu řídicího systému RRCS pro jaderné reaktory VVER 440 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Mochovce. Příspěvek se zabývá právě systémem skupinového a individuálního řízení regulačních mechanismů jaderného reaktoru VVER 440, který bývá označován zkratkou RRCS a popisuje řízenou technologii i aplikované technické řešení řídicího systému RRCS.

Firma ZAT se specializuje kromě jiného na řídicí systémy pro tlakovodní reaktory typu VVER. Jde o ruské reaktory vyrobené v Rusku nebo v licenci v České republice. Tradičním produktem firmy jsou systémy řízení regulačních mechanismů pro reaktory typu VVER 1000 a VVER 440. V této oblasti firma působí již 25 let. K dnešnímu dni jsou vyrobené systémy řízení regulačních mechanismů firmy ZAT použity na jedenácti blocích reaktorů VVER 1000 a čtyřech blocích reaktorů VVER 440. Další dva řídicí systémy regulačních kazet nové generace pro reaktory typu VVER 440 jsou v současné době připraveny na montáž na 3. a 4. bloku do- stavované jaderné elektrárny Mochovce.

Do rodiny produktů firmy spadají také řídicí systémy pro primární a sekundární části jaderných elektráren. Tyto systémy vychází z obecných řídicích systémů ZAT (SandRA Z100, SandRA Z200, ZAT-PRIMIS a ZAT-DV). Při návrhu a výrobě nové generace systému RRCS pro jaderné reaktory VVER 440 byly použity nové moderní systémy ZAT SandRA Z100 a SandRA Z200. Dodávané systémy splňují velmi přísné požadavky na bezpečnost a spolehlivost, které jsou kladeny na jaderná zařízení, a jsou navrženy tak, aby vyhověly všem současným požadavkům mezinárodních norem na elektromagnetickou kompatibilitu, klimatickou a seismickou odolnost, apod.

Návrh systému byl zahájen bezprostředně po podepsání smlouvy na jaře roku 2009. Pro realizaci tohoto obchodního případu byly postupně v letech 2009 až 2010 navrženy nové technické prostředky i programové vybavení této generace systému RRCS, která plně nahrazuje systém první generace, který je úspěšně provozován v JE Dukovany. Projekt byl poměrně náročný, protože musel zohlednit i skutečnost, že se nejedná o rekonstrukci původního systému, ale o dodávku na nově stavěné bloky. Odchytek od původního ruského projektu bylo poměrně dost. Tato nová generace systému je samozřejmě využitelná i pro případné další zákazníky, kteří dosud provozují původní ruské systémy SORR, instalované v době výstavby elektrárny. Všechny typové, kvalifikační a funkční zkoušky proběhly bez problémů a v květnu 2011 byl zákazníkem převzat systém pro 3. blok a v srpnu pro 4. blok. Systém byl navržěn tak, aby jej bylo možné použít i při rekonstrukcích původních systémů. Na návrh systému se podílelo v různých etapách přibližně 30 pracovníků a další desítky zajišťovala zkoušky.

POPIS SYSTÉMU RRCS

Systém ovládání HRK (havarijních a regulačních kazet) je určen pro regulaci, zastavení nebo zpomalení štěpné reakce v aktivní zóně reaktoru v závislosti na řídicích signálech.



Pohled na jadernou elektrárnu Mochovce

Regulace štěpné reakce se provádí pohybem regulačních kazet HRK v aktivní zóně. Regulačních kazet je 37 a jsou rozděleny do šesti skupin. V prvních pěti skupinách je vždy šest kazet a v šesté skupině je sedm kazet. Rozmístění kazet HRK je znázorněno na obr. 1. Řez reaktorem VVER 440 znázorňuje obr. 2.

Maximální rychlost pohybu kazet v pracovním režimu je 20 mm/s, při zapůsobení záložních signálů havarijní ochrany reaktoru (AO1/Z) na odstavení, dojde k odpojení napájení všech motorů, a tím ke spuštění kazet rychlostí 200 až 300 mm/s na mechanický doraz. Rychlost je v tomto případě omezo- vána mechanickým odstředivým regulátorem, který je součástí pohonu kazet HRK.

Součástí každého pohonu kazety HRK je čidlo polohy typu LD-1, jehož výstupní signály jsou zpracovávány v systému RRCS. Výsledkem zpracování signálů z čidla polohy je údaj o hrubé poloze (zobrazený v blokové a nouzové dozorně) v 10 zónách po 250 mm a ve dvou krajních polohách (elektrické koncové vypínače). Systém vyhodnocení polohy umožňuje navíc rozlišit polohu kazety na mechanickém dorazu a dolním koncovém vypínači.

Pro zabezpečení všech základních režimů nutných pro řízení reaktoru plní systém RRCS funkce, které lze rozdělit do dvou skupin. K první skupině patří funkce, které systém RRCS realizuje samostatně a ke druhé skupině patří funkce, které systém RRCS realizuje na základě povelů od navazujících systémů (od ochranného systému

reaktoru - breaker A a breaker B a od systémů RLS, RCS, IN-CORE a EX-CORE).

Funkce vykonávané samostatně:

- vyhodnocení polohy všech kazet HRK na základě signálů z čidel polohy LD-1,
- indikace polohy všech kazet HRK na blokové dozorně (BD),
- indikace polohy všech kazet HRK na nouzové dozorně (ND),
- pohyb kazety vybrané pro individuální řízení na základě povelu operátora,
- pohyb vybrané skupiny kazet na základě povelu operátora,
- vyslání signálů o polohách jednotlivých kazet HRK do IN-CORE a informačního systému bloku,
- vyslání ochranných signálů přijatých z limitačního systému do systému RCS,
- vyslání ochranných redundantních signálů do systému řízení turbíny.

Funkce vykonávané na základě přijatých povelů:

- Rychlé odstavení reaktoru AO1. Na základě signálů z logické části Breaker-A, nebo Breaker-B je vyvoláno odpojení napájení motorů a tím spuštění všech kazet rychlostí 200 až 300 mm/s. Tento způsob vypnutí je záložní. Hlavní způsob vypnutí je odpojení silového napájení 220V DC ve výkonové části Breaker-A/Breaker-B.
- Zásah limitačního systému AO3. Na základě signálů ze systémů EX-CORE, nebo RLS



Obr. 1 – Uspořádání kazet HRK v reaktoru VVER 440 (žluté číslice označují skupinu kazet HRK, modré číslice označují pořadí pohonu ve skupině)

je vyvoláno spuštění jednotlivých skupin kazet HRK v projektové posloupnosti s pracovní rychlostí 20 mm/s. Po zrušení signálů z RLS a EX-CORE je další pohyb kazet zastaven.

- Zásah limitačního systému AO4. Na základě signálů ze systémů RLS, nebo EX-CORE, nebo IN-CORE je vyvolán zákaz pohybu pracovní skupiny kazet nahoru (ve smyslu zvyšování reaktivity). Po zrušení signálů z RLS, EX-CORE a IN-CORE je možný další pohyb kazet nahoru.
- Pohyb skupin kazet HRK v pevné projektové posloupnosti na základě povelů od regulačního systému reaktoru (RCS).

Pohon kazet HRK PRO-M pro VVER 440/V-213

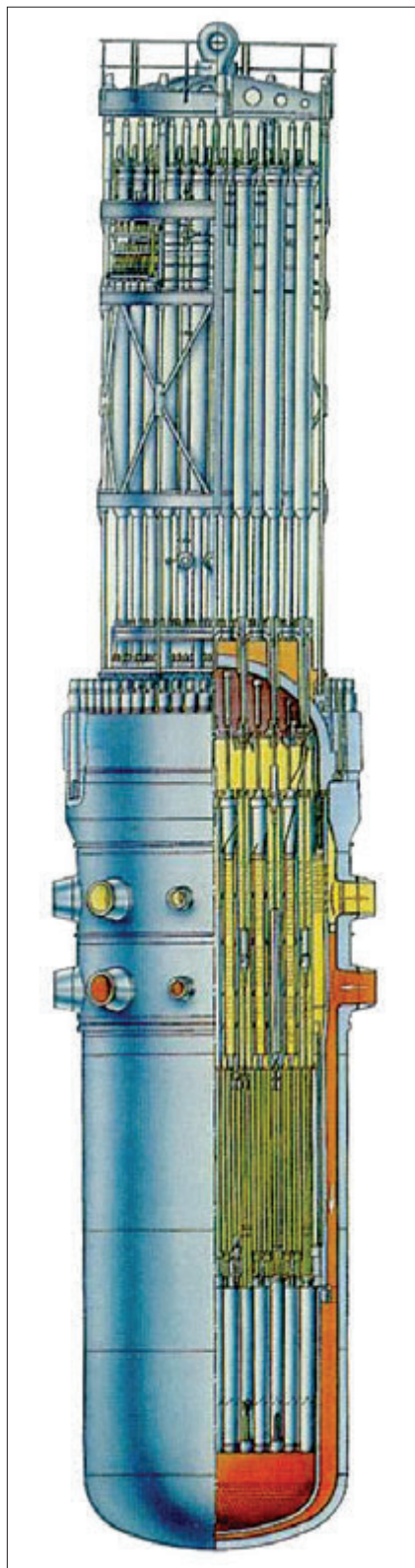
Pohony kazet HRK jsou osazeny na horním víku reaktoru (Pozn. redakce - s pohony se na víku manipuluje v pravidelné odstavce na výměnu paliva (na záměnu palivových kazet), přičemž na začátku odstavky se z víka demontují, pak se demontuje vlastní víko a po přeskušení a částečné výměně kazet, osazení víka se zase namontují zpět).

Celková délka pohonu včetně čidla polohy je 10,5 m. Pracovní zdvih pohonu odpovídá délce aktivní zóny reaktoru a je 2 500 mm. Hmotnost kazety HRK, kterou pohon zdvihá je 330 kg, ale celková hmotnost pohyblivých hmot včetně částí pohonu je 500 kg. Pro zjednodušení je zde uveden popis elektrických částí pohonu, které navazují na systém RRCS. Pohon zároveň tvoří hermetickou bariéru primární chladicí vody reaktoru. Délka kabeláže mezi pohonem (motorem RD42 a čidlem polohy LD-1) a skříněmi systému RRCS se pohybuje mezi 100 až 300 m.

Synchronní reaktanční motor RD 42-4RV

Motor je nasazen na horní přírubě pouzdra pohonu (obr. 3). Jedná se o třífázový reaktanční motor. Při základním provozním režimu motoru, kdy je kazeta HRK držena v dosažené poloze (pohon stojí) je vinutí statoru napájeno stejnosměrným napětím. Motor má následující provozní parametry (2):

- Počet a spojení fází / počet pólů 3Y/4
- Jmenovité napájecí napětí 127V
- Frekvence napájecího napětí (pohyb / stání) 1,1Hz/0Hz
- Maximální statorový proud 12,8 A

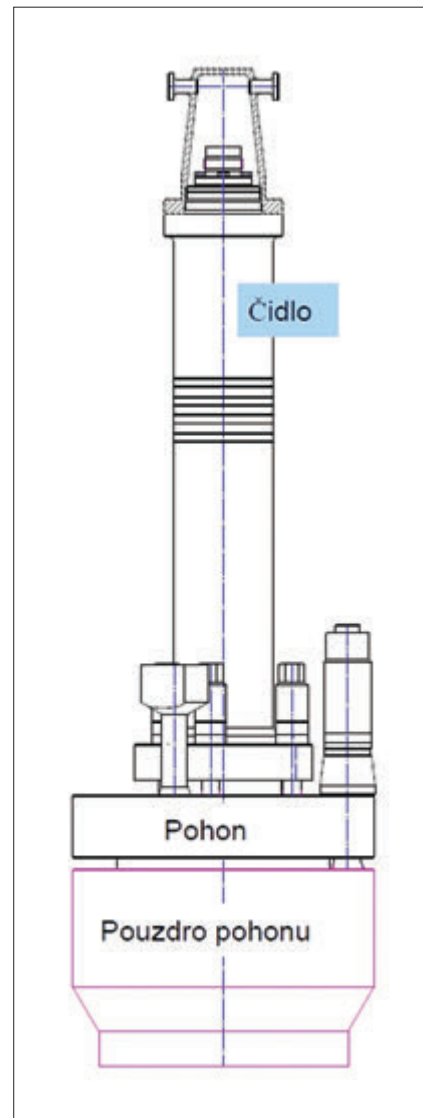


Obr. 2 – Řez reaktorem VVER 440 typ 213

- Jmenovitý proud statoru při dlouhodobém brzděném momentu 10,5 A
- Jmenovité otáčky $33 \pm 1\%$ ot./min
- Dlouhodobě dovolený brzděný moment max. 29,4 Nm

Čidlo ukazatele polohy LD-1

Čidlo ukazatele polohy LD-1 je namontováno ve vertikální poloze na přírubu elektromotoru

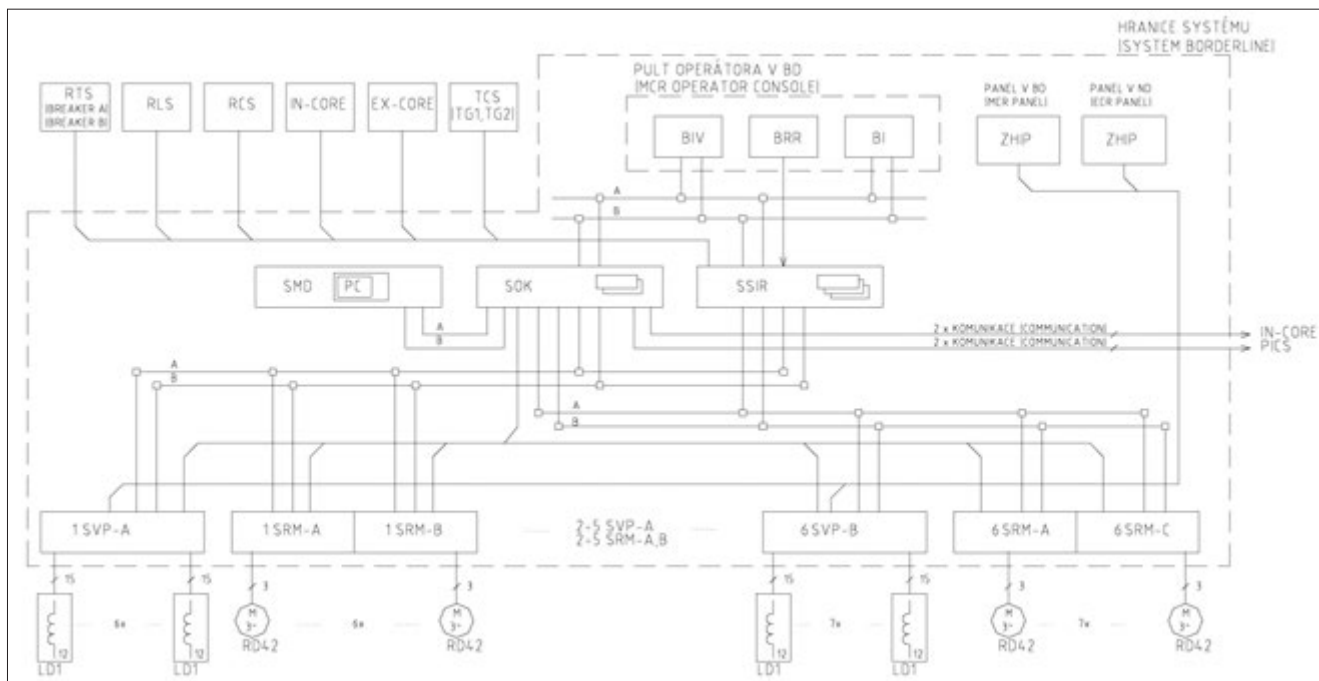


Obr. 3 – Pohon kazet HRK – motor RD42 a čidlo polohy LD-1

(obr. 3) se kterým je mechanicky spojeno. Čidlo je zdrojem elektrických signálů pro každé posunutí hříbenového uzlu o vzdálenost 250 mm. Signály z čidla polohy jsou zavedeny do systému RRCS do skříní vyhodnocení polohy, kde je na základě signálů vyhodnocována hrubá poloha kazety HRK s přesností ± 10 mm. V čidle ukazatele polohy je 12 stejných indukčních cívek. Deset cívek vykonává funkci snímače polohy, dvě krajní mají funkci koncových spínačů. Každá cívka má dvě vinutí: primární, které je budicí, a sekundární, které je signalizační. Všechny cívky pracují stejně, velikosti jimi indukovaných signálů vzrůstají při průchodu jádra do prostoru příslušné cívky.

Rozsah zařízení

Systém řízení polohy regulačních kazet RRCS je relativně rozsáhlý systém sdružující v sobě principy digitálního a analogového řízení a výkonové elektroniky. Jedná se o distribuovaný systém s velkým množstvím lokálních podsystémů. Zařízení je rozmístěno v 34 rozváděčových skříních, z nichž 21 skříní obsahuje elektronický systém pro řízení kazet HRK, 12 skříní obsahuje prvky systému



Obr. 4 – Blokové schéma řídicí části systému RRCS pro 3. a 4. blok JE Mochovce

elektronapájení a jedna skříň zařízení pro zkoušky pohonů regulačních mechanismů reaktoru VVER 440. Nedílnou součástí systému RRCS jsou i zařízení pro blokovou a nouzovou dozoru. V rámci nového systému RRCS bylo navrženo 15 typů skříní, sedm speciálních konstrukcí bloků pro blokovou a nouzovou dozoru, šest typů van pro zásuvné elektronické desky a 35 typů bloků, desek a modulů. Celkem bylo na jeden blok JE Mochovce vyrobeno 1 270 samostatných elektronických komponent, které dohromady obsahují více než 400 mikropočítačů a 400 programovatelných hradlových polí (FPGA). Vyvinuté komponenty jsou součástí nových řídicích systémů ZAT SandRA Z100 a SandRA Z200. Všechny použité typy desek, bloků a modulů byly vyvinuty a vyrobeny ve firmě ZAT. Jejich technické řešení je nedílnou součástí firemního know-how.

Uživatel získává jistotu, že si pořizuje zařízení od dodavatele, který má k uvedeným systémům největší know-how. Takový dodavatel je schopen bez problémů zapracovat do nového projektu konkrétní specifika daného bloku a nové požadavky zákazníka.

Pro zkoušky pohonů (včetně životnostních zkoušek) používá a vždy používala společnost ŠKODA JS a.s. (výrobce pohonů) systémy řízení od svého dlouholetého partnera (ZAT a.s.). Obě společnosti tím získávají společné know-how, což má pozitivní dopad na kvalitu dodávky. Zařízení pro zkoušky bylo vždy vyvíjeno „na míru“ danému typu pohonu.

Díky úzké a dlouhodobé spolupráci se ŠKODA JS a.s. jako výrobcem pohonů regulačních mechanismů má ZAT a.s. k dispozici veškeré technické informace o pohonech (včetně informací z jejich vývoje) a jejich řízení, jakož i technické a statistické údaje týkající se provozovaných pohonů. To je nezbytným předpokladem pro správný návrh řídicího systému i pro jeho další modernizace.

Kvalifikační požadavky

Systém RRCS představuje samostatný funkční celek patřící do komplexu systému kontroly a řízení (SKŘ) primárního okruhu, má minimální vazby s ostatními navazujícími systémy SKŘ a systémy elektronapájení. Systém plní funkce klasifikované jako B, C a N podle normy IEC61226. Při návrhu byly respektovány požadavky následujících předpisů a norem: IAEA NS-R-1, IEC 61508, IAEA NS-G-1.3, IEC 61513, IEC 61226 a IAEA NS-G-1.1, IEC 62987, IEC 62138 a IEC 62566. Základní kvalifikační a bezpečnostní požadavky na systém RRCS pro 3. a 4. blok JE Mochovce:

- Bezpečnostní funkce (BF) podle vyhlášky ÚJD SRČ. 50/2006Z.z IIIk.
- Bezpečnostní třída (BT) podle vyhlášky ÚJD SRČ. 50/2006Z.z III.
- Klasifikace podle STN IEC 61226 B, C a N.
- Klasifikace podle STN IEC 61513 2.
- Požadavky na SW dle IEC 62138 B, C.
- EMC požadavky kritérium A.
- Seismická podle IAEA NS-G-1.6 2a.

ŘÍDICÍ ČÁST SYSTÉMU RRCS

Použité zkratky: V této kapitole je uveden význam zkratk, které nejsou vysvětleny v textu:

- BREAKER** Výkonový vypínač rychlého odstavení reaktoru
- EX-CORE** Systém měření neutronového toku
- IN-CORE** Systém vnitroreaktorové kontroly
- PICS** Počítačový informační řídicí systém
- RCS** Řídicí systém reaktoru
- RLS** Limitační systém reaktoru
- RTS** Systém rychlého odstavení reaktoru
- TCS** Systém řízení turbíny

Blokové schéma řídicí části systému RRCS je uvedeno na obr. 4. Nejnížší úroveň systému je

tvořena skříními řízení motorů (SRM) a skříními vyhodnocení polohy (SVP). K nejnižší úrovni patří také zařízení hrubé indikace polohy (ZHIP), která jsou umístěna na blokové a nouzové dozorně a jsou připojena k jednotlivým kanálům podsystému vyhodnocení polohy.

Vyšší úroveň tvoří skříní skupinového a individuálního řízení (SSIR), skříní optické komunikace (SOK) a zařízení pultu operátora v blokové dozorně. Skříní optické komunikace (SOK) zajišťuje komunikační rozhraní pro navazující systémy PICS a IN-CORE. Zároveň tvoří komunikační rozhraní mezi řídicí částí systému RRCS a pomocnou diagnostikou systému RRCS, která je obsažena ve skříní monitorování a diagnostiky (SMD). Zařízení pultu operátora obsahuje blok ručního řízení (BRR), Blok individuálního výběru (BIV) a Blok indikace (BI).

Systém obsahuje dvojúrovňovou diagnostiku, která poskytuje personálu provozovatele nezbytné informace o stavu systému, výrazně zjednodušuje lokalizaci vzniklých poruch a tím zkracuje dobu, potřebnou na jejich odstranění.

Popsaná architektura vychází z analýzy předpokládaného způsobu začlenění systému RRCS do SKŘ bloku a zkušeností s rekonstrukcí systémů skupinového a individuálního řízení regulačních orgánů reaktorů VVER 440. Provedených vylepšení na základě provozní zkušenosti z JE Dukovany bylo několik, a to jak v HW části, tak i v programovém vybavení. Pro příklad můžeme uvést vylepšení ergonomie a designu, rozsáhlé vylepšení diagnostických funkcí (viz skříní SMD). Při návrhu systému byla samozřejmě použita nejmodernější součástková základna, současně s návrhem systémů SandRA Z100 a Z200 byly modernizovány výrobní technologie firmy a vybavení zkušebních pracovišť. Zmínit můžeme i návrh zcela nového designu komponent systému SandRA.

Zralá firma s mladou tváří



Obr. 5 – Vana řízení motoru (vlevo), vana vyhodnocení polohy (vpravo)

Vnitrosystémové komunikace

Komunikace uvnitř systému je tvořena třemi nezávislými redundantními komunikačními sítěmi. Struktura těchto sítí je také patrná z obr. 4. Dvě sítě propojují nejnižší úroveň systému (skříň SRM a SVP) s vyšší úrovní, která je tvořena skříňí skupinového a individuálního řízení (SSIR) a skříňí optické komunikace (SOK). Třetí síť spojuje prostorově oddělené části vyšší úrovně systému tj. skříň SSIR a SOK se zařízením pultu operátora na blokové dozorně. Každá z těchto komunikačních sítí je tvořena dvěma nezávislými komunikačními linkami (A a B) pro přenos technologických dat, které jsou deterministické a jsou realizovány na bázi sériové komunikační linky s rozhraním RS485. Systém obsahuje ještě čtvrtou jednoduchou nezávislou komunikační linku typu RS485 určenou k pomocné provozní diagnostice skříňí systému RRCS. Celá komunikační síť obsahuje 217 komunikačních uzlů.

Skříň řízení motorů

Skříň řízení motorů (SRM) jsou vyrobeny ve třech konstrukčních provedeních (SRM-A, SRM-B a SRM-C). Každá z nich obsahuje identické a funkčně nezávislé kanály pro řízení motoru RD42. Počet kanálů v systému RRCS odpovídá počtu kazet HRK tj. 37 kanálů. Každý kanál (vana řízení motoru) je vyobrazena na obr. 5) obsahuje dvě desky komunikace RDD, jeden blok měření a indikace a dva bloky střídače. Desky jsou součástí systému ZAT SandRA Z100. Desky komunikace zajišťují spojení s jednotlivými ka-

nály skříňí skupinového a individuálního řízení a kanály skříňí optické komunikace. Blok měření a indikace plní funkci nezávislého monitorování funkce obou střídačů a provádí měření jemné polohy kazety HRK. Měření jemné polohy se provádí ve všech provozních režimech pohonu kazety HRK, a to na základě měření průběhů fázových napětí pro napájení motorů nebo v případě pádu kazety HRK na základě indukovaných napětí z motoru při odpojení střídače.

V pravé polovině vany jsou vedle sebe dva bloky střídače – jeden je hlavní a druhý záložní. V normálním režimu je hlavní střídač aktivní (napájí motor) a záložní pracuje v režimu rezerva. V případě, že dojde k poruše hlavního střídače, dojde k automatickému přepnutí na záložní střídač. Přepnutí je vyřešeno tak, aby při něm došlo k minimálnímu prodávnutí kazety HRK.

Skříň vyhodnocení polohy

Skříň vyhodnocení polohy (SVP) jsou vyrobeny ve dvou konstrukčních provedeních (SVP-A a SVP-B). Skříň SVP-A obsahuje šest a skříň SVP-B sedm identických, funkčně nezávislých kanálů měření polohy kazet HRK. V každé vaně (s výjimkou čtvrté vany ve skříni SVP-B) jsou umístěny dva nezávislé kanály měření polohy kazet HRK. Počet kanálů v systému RRCS odpovídá počtu kazet HRK tj. 37 kanálů. Každý kanál (1/2 vany vyhodnocení polohy – Obr. 5) obsahuje dvě desky komunikace RDD a jeden blok vyhodnocení polohy. Desky jsou součástí systému ZAT SandRA Z100. Desky komu-

nikace zajišťují spojení s jednotlivými kanály skříňí skupinového a individuálního řízení a kanály skříňí optické komunikace. Blok vyhodnocení polohy zajišťuje napájení čidla polohy LD-1, vyhodnocení polohy kazet v deseti zónách a dvou koncových polohách a rovněž vyhodnocení propadnutí kazety HRK.

Blok vyhodnocení polohy dále zajišťuje napájení modulů indikace hrubé polohy na BD a ND a jejich řízení proudovým signálem 4÷20 mA. Blok vyhodnocení polohy umožňuje rozlišit polohu kazety na mechanickém dorazu a dolním koncovém vypínači a tyto polohy signalizovat odlišným symbolem na zařízení hrubé indikace polohy.

Skříň skupinového a individuálního řízení

Skříň skupinového a individuálního řízení SSIR obsahuje tři nezávislé, galvanicky oddělené kanály skupinového a individuálního řízení. Všechny tři kanály mají identické programové vybavení a plní stejné funkce. Každý kanál vykonává všechny řídicí funkce systému RRCS, které jsou spojeny s funkcemi ovládání polohy kazet HRK. V jednotlivých kanálech skříň SSIR jsou zpracovány logické vstupní signály od navazujících systémů RCS, RLS, breaker A, breaker B, EX-CORE, IN-CORE a od ovládacích klíčů umístěných na pultu operátora. Po přijetí povelu na pohyb kazety vysílá každý kanál skříň SSIR po redundantní komunikační síti do skříňí řízení motorů (SRM) povel na pohyb jednotlivých kazet HRK. Povel je přijímán odpovídajícími kanály skříňí řízení motorů (bloky střídače). K pohybu



Obr. 6 – Vana systému Z100 – kanál skříň SSIR (vlevo), vana systému Z200 – kanál skříň SOK (vpravo)

kazety HRK dojde pouze v případě, že blok střídače přijme shodné povely minimálně od dvou kanálů skupinového a individuálního řízení. Každý kanál (vana Z100 - obr. 6) obsahuje jednu desku mikropočítače, šest desek RDD komunikace, šest desek speciálních vstupů / výstupů a dvě desky zdroje. Desky jsou součástí systému ZAT SandRA Z100.

Všechny tři kanály skříně SSIR jsou na horní úrovni pomocí dvojité redundantní RDD komunikace spojeny se zařízením umístěným v pultu operátora (s blokem individuálního výběru (BIV), blokem indikace 1 (BI1) a blokem indikace 2 (BI2) a se dvěma kanály skříně optické komunikace (SOK). Na spodní úrovni jsou jednotlivé kanály SSIR propojeny se skříněmi vyhodnocení polohy (SVP) a skříněmi řízení motorů (SRM), a to prostřednictvím dvou redundantních RDD linek. Propojení horní a spodní úrovně komunikace je patrné z obr. 4.

Výstupní signály pro navazující systémy jsou



Obr. 7 – Systém RRCS na zkušebně ZAT



Obr. 8 – Zařízení hrubé indikace polohy (vlevo), Zařízení pultu operátora (vpravo)

posílány ze třech nezávislých reléových van. Každá vana obsahuje 14 reléových desek výběru 2 ze 3.

Skřín optické komunikace

Skřín optické komunikace slouží ke sběru provozních a diagnostických dat ze systému RRCS. Skřín je připojena ke všem komunikačním sítím systému RRCS. Přijatá data jsou roztržena, galvanicky oddělena a předána prostřednictvím dvojité optické komunikace do navazujících systémů (PICS a IN-CORE). Skřín obsahuje dva pasivní identické nezávislé sběrné automaty (vany), které jsou připojeny ke vnitrosystémovým komunikačním RDD linkám (obr. 4). Každý kanál (vana Z200 – obr. 6) obsahuje sedm desek komunikace RDD, které čtou data z RDD komunikačních linek, dvě desky binárních vstupů, které sbírají binární signály ze systému RRCS (např. sumární poruchové signály jednotlivých skříní), dvě desky binárních výstupů, které ovládají poruchové signálky na horním diagnostickém platu skříně monitorování a diagnostiky (SMD) a dvě desky zdroje, které slouží k napájení vany napětím 24VDC. Dále automaty obsahují dvojici desek mikropočítače, které přijímaná data zpraco-

vávají, třídí a předávají je pomocí komunikace Ethernet s protokolem Modbus TCP/IP do optických převodníků a následně do navazujících systémů. Dvě metalické komunikační linky typu Ethernet jsou přivedeny do skříně monitorování a diagnostiky (SMD). Skřín SOK také zajišťuje vyhodnocení sumárních poruch systému RRCS.

Skřín monitorování a diagnostiky

Skřín monitorování a diagnostiky (obr. 7) slouží k pomocné provozní diagnostice systému RRCS. Do skříně jsou přivedeny dvě nezávislé komunikační linky typu Ethernet ze skříně SOK. Každá linka je přivedena do jednoho průmyslového PC. Skřín dále obsahuje HMI rozhraní (LCD monitor, klávesnici, touchpad, atd.) a příslušný SW. Počítač provádí třídění, vizualizaci a archivování dat. Archivace dat se provádí ve formě databázových souborů za zvolené období (den až rok).

Skřín monitorování a diagnostiky plní tyto funkce:

- detekci a signalizaci poruch vzniklých v systému RRCS;

- sběr, předzpracování a zobrazení měřených dat;
- zobrazení povelů a řídicích signálů; archivaci vybraných dat a poruchových hlášení;
- zobrazení, vyhodnocení a archivaci důležitých dat v průběhu zkoušek jednotlivých pohonů nebo skupin pohonů na reaktoru;
- vytvoření tiskových protokolů o provedených zkouškách;
- zobrazení funkčnosti všech mikroprocesorových jednotek systému RRCS prostřednictvím kontroly věrohodnosti dat;
- zobrazení tabulek dat přijímaných z jednotlivých částí zařízení podle volby obsluhujícího personálu;
- zobrazení registru provozních informací až do úrovně jednotlivých desek a bloků.

V horní části skříně je umístěno diagnostické a poruchové plato, které slouží k prvotní orientaci vzniklé poruchy některé části systému RRCS nebo k identifikaci provozního stavu systému. Signálky jsou ovládány ze skříně SOK.

Zkoušky systému

Rozsah zkoušek je dán legislativou a je velmi rozsáhlý. Pro každý typový nově navržený výrobek byl vyroben prototyp, který byl podroben typovým zkouškám. Rovněž byly navrženy a následně vyrobeny tři tzv. kvalifikační stendy, což jsou rozváděče obsahující veškeré elektronické komponenty použité v systému, a které plní všechny hlavní funkce systému. Tyto rozváděče byly podrobeny předepsaným kvalifikačním zkouškám (např. EMC, seismická odolnost, odolnost proti vlivu prostředí, odolnost proti změnám v napájecích sítích apod.). Funkční zkoušky zařízení proběhly s reálným pohonem na zkušebně ŠKODA JS a.s., která pohony pro JE Mochovce vyrábí. Po úspěšném absolvování zkoušek byla zahájena výroba systému pro JE Mochovce. Každý typový výrobek prošel kusovými zkouškami a následně byl systém RRCS postaven na zkušebně ZAT v identické konfiguraci (i prostorově), v jaké bude provozován v jaderné elektrárně. Proběhly interní funkční zkoušky a po nich byli zástupci zákazníka pozváni na zkoušky FAT, během kterých zákazník zařízení přebírá a povoluje jeho expedici na stavbu. K finálnímu převzetí dojde samozřejmě až po provedení zkoušek v elektrárně.

Inovace

Inovace v oblasti bezpečnostních systémů jaderných elektráren a systémů s bezpečností souvisejících nejsou tak časté jako v jiných oblastech elektrotechniky. Zákazník obvykle požaduje provozně ověřené řešení, státní dozor bývá také velmi opatrný a tak je tento obor ve srovnání s jinými hodně konzervativní. Zásadní inovace se povede jen výjimečně (nám se to povedlo např. při realizaci prvních systémů RRCS pro VVER 1000 (rok 1992), kdy jsme jako první ve východním bloku použili technické prostředky na bázi mikropočítačů nebo při návrhu systému RRCS pro JE Dukovany (rok 2000), kde jsme také nahradili původní ruský analogový systém moderním mikropočítačovým systémem využívajícím komunikační linky pro řízení i přenos dat). Systém RRCS pro JE Mochovce je z tohoto pohledu pouze „evoluční“ (využívá ověřenou architekturu systému RRCS z JE Dukovany), ale je postaven na nových HW prostředcích, využívá rychlejší komunikace, má několik nových funkcí a nepoměrně rozsáhlejší možnosti monitorování stavu i diagnostiku. Obecně lze říci, že vývoj v oblasti řídicích systémů v jaderné energetice směřuje k maximálně spolehlivým systémům (z hlediska provozní spolehlivosti) a bezpečným z hlediska jaderné bezpečnosti. Tomuto trendu jsme podřídili i návrh nového systému RRCS pro JE Mochovce.

Zařízení blokové a nouzové dozorní

Zařízení pultu operátora (obr. 8) je umístěno na blokové dozorně v pracovní části stolu operátora. Zařízení slouží jako HMI rozhraní (rozhraní člověk – stroj) mezi operátorem a systémem RRCS. Pult operátora tvoří ucelený konstrukční celek, který je zabudován do konstrukce stolu operátora. Zařízení pultu operátora umožňuje ruční řízení polohy regulačních kazet ve všech provozních režimech. Na pultu jsou soustředěny ovládací a indikační prvky nezbytné pro tuto činnost. Pult operátora obsahuje blok ručního řízení (BRR), blok individuálního výběru (BIV) a dva bloky indikace (BI1, BI2). Bloky jsou součástí systému ZAT SandRA Z100. Blok ručního řízení obsahuje klíče určené k ručnímu ovládání kazet HRK. Blok individuálního výběru slouží k ručnímu výběru kazety pro ruční řízení. Blok indikace 1 obsahuje zobrazovací LED segmenty pro zobrazení pomocných pracovních údajů (skupinu vybranou pro automatické řízení, skupinu vybranou pro ruční řízení, souřadnice pohonu vybraného pro individuální řízení, jemnou polohu pohonu

vybraného pro individuální řízení, jemnou střední polohu kazet 1+6 skupiny a šipky zobrazující zadaný povel „nahoru“ nebo „dolů“). Blok indikace 2 obsahuje displej pro zobrazení doplňkových informací pro operátora (sloupkové diagramy – přesné polohy jednotlivých kazet HRK ve skupině, střední polohu jednotlivých skupin, jemnou polohu kazety vybrané pro individuální řízení atd.).

Zařízení hrubé indikace polohy (obr. 8) je určeno pro indikaci hrubé polohy kazet HRK na blokové a nouzové dozorně. Zařízení je umístěno v informační části panelů. Na obou dozornách je zařízení v identickém konstrukčním provedení.

Závěr

Popisovaná nová generace systému RRCS pro jaderné reaktory VVER 440 zúročuje mnoholeté zkušenosti firmy ZAT a.s. s návrhem a výrobou systémů RRCS. Při návrhu nové generace byly uplatněny praktické zkušenosti z provozu systémů RRCS firmy ZAT a.s. na čtyřech blocích JE Dukovany. Systém je postaven na moderní součástkové

základně nových systémů ZAT SandRA Z100 a SandRA Z200, které jsou na začátku svého životního cyklu. Nový systém RRCS byl úspěšně kvalifikován pro náročné aplikace a použití v jaderných elektrárnách. Jedná se o první krok v modernizaci stávající rodiny systémů ZAT a zároveň o další referenci firmy ZAT a.s. v systémech RRCS.

LITERATURA:

- [1] OKB Gidropress, Jaderná bibliotéka – obrázky: Schéma jaderného reaktoru VVER 440 (typy V-179, V-230, V-213, V-270), <http://www.csvts.cz/cns/jb/obr/vwer1000.jpg>
- [2] ŠKODA JS a.s., TPE Ae2377/09/rev.1: Technické podmínky na dodávku, Pohon regulačních orgánů modernizovaný
- [3] Slovenské elektrárne, Postup výstavby MO34 – foto: <http://www.seas.sk/sk/media/galeria-medii/foto>

Ing. Jan Horn,
úsek jaderná energetika,
ZAT a.s.

New SandRA control stations for 3rd and 4th blocks at Mochovce Nuclear Power Plant

Last year, ZAT a.s. presented their clients with a new family of SandRA control stations. This new generation of SandRA Z100 and SandRA Z200 systems was first used when designing the RRCS control system for VVER 440 nuclear reactors and the 3rd and 4th blocks at Mochovce nuclear power plant. The article deals with the system of group and individual control of regulation mechanisms of the VVER 440 nuclear reactor, which is indicated with the abbreviation RRCS and describes the controlled technology and the applied technical solution of the RRCS control system for the 3rd and 4th blocks at Mochovce nuclear power plant.

Новые управляющие станции «SandRA» для 3 и 4 блоков АЭС Моховце

Акционерное общество «ZAT» в прошлом году представило своим заказчикам новую серию управляющих станций с обозначением «SandRA». Это новое поколение систем SandRA Z100 и SandRA Z200 было впервые использовано при проекте управляющей системы RRCS для атомных реакторов VVER 440 3 и 4 блоков АЭС Моховце. Статья рассказывает о системе группового и индивидуального управления регуляционными механизмами атомного реактора VVER 440, который обычно обозначается сокращением RRCS, и описывает управляемую технологию и применяемые технические решения управляющей системы RRCS для 3 и 4 блоков АЭС Моховце.