

Multiagentová integrácia riadenia hybridných energetických zariadení kotlov s dôrazom na aplikácie v TEKO

Tento príspevok opisuje spôsob integrácie riadenia súčasných moderných energetických zariadení pomocou multiagentových architektur. Ako hybridné energetické zariadenia kotlov sú uvažované nízkoemisné plynové horáky, uhol'né horáky, mlynské okruhy parných kotlov, technológie denitrifikácie so selektívnou katalytickou redukciov a technológie odsírenia spalín polosuchou metódou a podobne. V rámci projektu bolo realizovaných viacero inovácií a nových prístupov. Jednou z inovácií prezentovanou v tomto príspevku je aplikácia princípu multiagentového riadenia, ktorý vychádza zo skúseností v oblasti riadenia a budovania informačných a radiacích systémov vyše 20 rokov v energetickom sektore. Multiagentové architektúry informačných a radiacích systémov sú postavené na báze sieťových radiacích systémov s vysokou mierou horizontálnej distribuovanosti ďalej s vysokou mierou rekonfigurovateľnosti a radenia jednotlivých energetických podsystémov, a v neposlednom rade s vysokou mierou kooperatívnosti medzi jednotlivými podsystémami kotlov. Tento princíp je konfrontovaný s riadením pomocou tzv. DCS systémov. Príspevok je rozdelený do dvoch hlavných častí, pričom prvá časť opisuje logiky rekonfigurácie a radenia jednotlivých novovybudovaných energetických zariadení kotlov a druhá časť príspevku opisuje realizovanú multiagentovú architektúru radiacích a informačných systémov. Obidve vyššie uvedené časti sú opísané s dôrazom na aplikácie pre dva kotle v spoločnosti TEKO a to konkrétne kotla PK4s a kotla PK4n. V závere príspevku sú uvedené výhody a nevýhody uvedených inovácií.

Keywords: energetické zariadenia, kotel, multiagentové architektúry riadenia, sieťové riadiace systémy, rekonfigurácia a radenie, denitrifikácia spalín, odsírenie spalín, multiagentové riadenie.

1. ÚVOD

V súčasnosti neexistujú lepšie a všeobecnejšie formálne opisy fyzikálnych javov, procesov a systémov ako sú sieťové formalizmy. Sme svedkami vývoja tzv. „totálne“ distribuovaných systémov riadenia, kde analógové a diskrétné snímače (dokonca obyčajný kontakt), regulátory a akčné členy sú reprezentované samostatnými počítačovými jednotkami s komunikačnými (sieťovými) rozhraniami. Práve zložité počítačové siete implementované do zložitých radiacích systémov, algoritmov a modelov predstavujúce siete vyžadujú nové prístupy pri návrhu metód riadenia. Preto je výzvou v oblasti riadenia sa sústreďovať na sieťový a multiagentový prístup v heterogénnom prostredí pri všetkých fázach analýzy, návrhu a verifikácie modelovania a riadenia systémov ako pre akademické, tak aj pre komerčné prostredie.

V predkladanom príspevku sú opísané niektoré z viacerých základných inovácií, ktoré boli navrhnuté, aplikované a implementované pri integrácii riadenia zložitých technologických energetických celkov spoločnosťou M-D-J spol. s r.o. a to z pohľadu elektro a teda konkrétne z pohľadu systémov kontroly a riadenia (ďalej SKR):

- aplikácia teórie tzv. sieťových radiacích, systémov – ďalej označované skratkou SRS,
- využívané ako pri návrhu informačných a radiacích systémov IaRS, tak i pri tzv. sieťových PID a stavových regulátoroch,
- aplikácia teórie multiagentového riadenia – multiagentové sieťové riadiace systémy – MASRS, čo predstavujú vyššiu úroveň vzájomnej komunikácie a teda kooperácie medzi heterogénnymi radiaciami systémami založenými na nižších úrovniach na báze produkovaných a konzumovaných premenných,
- aplikácia riadenia a vzájomnej spolupráce dvoch,

- radiacích systémov plynových horákov, dvoch systémov BMS – Burner's Management Systems,
- hybridná kombinácia BMS, DCS a monitorovacieho systému spalovania MSS pod označením RSS3,
- hybridná kombinácia výpočtovej časti, a regulačnej časti riadenia NOx pri SCR,
- aplikácia špeciálne vyvinutého regulátora RODIAN s využitím umelej inteligencie ako sú neurónové siete, optimalizačné metódy, matematické opisy riadených sústav, fuzzy riadenie apod. vyvinutý úspešným výskumno-vývojovým projektom – vid' poznámku 1.

V oblasti riadenia zložitých systémov a teda kybernetiky narastajú požiadavky na zvyšovanie miery adaptivity, autonómnosti a inteligencie radiacích systémov a algoritmov s čorajvyššou mierou optimálnosti a ich vzájomnej kooperácie. Najmä optimalizácia súčasných energetických systémov v zložitom a heterogénnom prostredí predstavuje výzvu pre návrh a realizáciu takýchto systémov.

Riadiace systémy, v ktorých snímače, regulátory, akčné členy a ostatné prvky komunikujú ako agenty cez komunikačnú sieť, sú nazývané multiagentové sieťové riadiace systémy (MASRS). Nové požiadavky na riadiace systémy, ktoré zahŕňajú modularitu, decentralizáciu riadenia, integrovanú diagnostiku, rýchlu a ľahkú údržbu limitujú použitie tradičných analógových metód prepojenia v priemyselnom riadení.

Implementácia siete do riadiacej slučky otvára novú dimenziu v oblasti automatizácie a má niekoľko výhod, medzi ktoré patria nižšia cena celkovej kabeláže v porovnaní s analógovým prepojením, jednoduchšia inštalácia a údržba, ľahšia diagnostika systémov, zvýšenie flexibility riadiaceho systému, zvýšenie miery

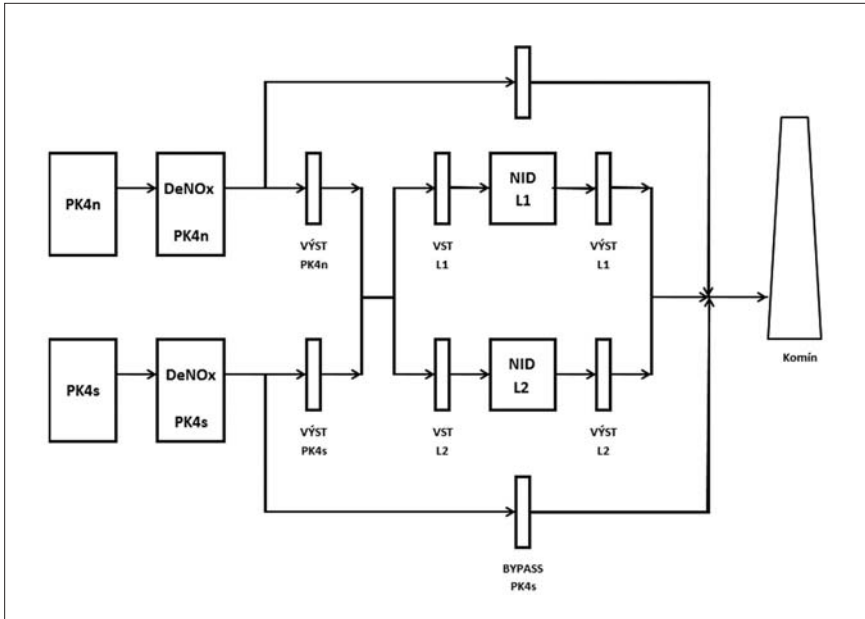
rekonfigurovateľnosti a adaptívnosti systému a iné. Avšak toto sieťové prepojenie má tiež niekoľko nevýhod, napríklad komunikačné obmedzenia, závislosť kvality riadenia od výpadkov siete, negatívne vplyvy asynchronizmu, nepredvídateľné výpadky siete ap. Všetky uvedené nevýhody vedú k deterministickým a náhodným oneskoreniam údajov prenášaných sieťami.

Návrh dynamických architektur riadenia so zvýšenou spoľahlivosťou je v súčasnosti výzvou v rôznych aplikačných oblastiach, kde treba odpovedať na mnohé podstatné otázky, a to nielen v automatizácii technologických energetických procesov, ale aj automobilovom priemysle, v mobilnej robotike ap.

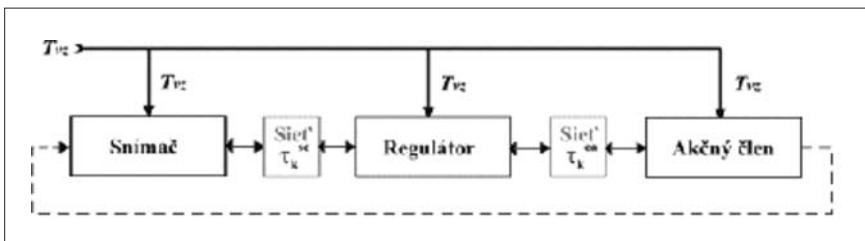
Odporúčaním pre priemyselných výrobcov multiagentových sieťových prvkov – snímačov, regulátorov a akčných členov je navrhovať hardvérové a softvérové časti akčných členov tak, aby zahŕňali implementáciu adaptívneho modelu systému, komunikačných blokov a rozhraní, supervízneho bloku, umelej inteligencie a záložných regulátorov. Nové dynamické architektúry riadenia umožňujú tiež siahnuť na niektoré metódy, ktorými sa zaoberá nová oblasť, nová paradigma v oblasti kybernetiky tzv. Kyberneticko-fyzikálne systémy. Vedie to k novej neustále sa rozvíjajúcej paradigme teórie riadenia.

2. OPIS A INTEGRÁCIA ENERGETICKÝCH ZARIADENÍ KOTLOV V TEPLÁREŇ KOŠICE, a.s. AKO RIADENÉHO SYSTÉMU

Celková schéma radenia energetických zariadení kotlov PK4s a PK4n v spoločnosti Tepláreň Košice, kde tieto vyššie-uvádzané inovácie boli projektované, realizované a aplikované sú znázornené na základnej blokovej schéme - obr.č.1. Každý z týchto dvoch kotlov má svoj systém denitrifikácie, má dve spoločné linky odsírenia, bypassové spalínové klapky, systémy



Obr. 1 – Celková základná bloková schéma konfigurácie energetických zariadení kotlov PK4s a PK4n v Teplárni Košice, a.s.



Obr. 2 – Bloková schéma zapojenia SRS a sekvencia toku riadiacich dát medzi jednotlivými prvkami sieťového riadiaceho systému pri synchronizovanom vzorkovaní

elektroodlučovačov, systémy suchého a mokrého odberu popola a pod.

Jednotlivé technologické zariadenia jedného z kotlov - kotla PK4s (a jemu prislúchajúce systémy kontroly a riadenia) boli v projektovej fáze rozdelené do 19 podsystémov podľa požiadaviek jednotlivých výrobcov technologických zariadení s dôrazom na čonajvyššiu mieru distribuovanosti a to nasledovne: (1) riadenie nových 4ks nízkoemisných plynových horákov označené ako BMS1, (2) riadenie pôvodných 2ks plynových horákov označené ako BMS2, (3) monitorovací systém spaľovania - MSS, (4) systém ochrán kotla - BPS, (5) systém základných logík, regulácií a sekvenčného riadenia kotla - DCS, (6) riadiaci systém elektrických pohonov - ELE, (7) riadiaci systém denitrifikácie spalín selektívnou katalytickou redukciami - SCR, (8) riadiaci systém amoniakového hospodárstva - NH3, (9) riadiaci systém odsírenia spalín polosuchou metódou s dvomi linkami pod označením NID - DeSO_x, (10) riadiaci systém elektroodlučovačov - EO, (11) riadiaci systém suchého odberu popola - SOP, (12) riadiaci systém vytesňovacích spalínových klapiek - VYTES, (13) riadiaci systém sila sorbentu - SILO-SORBENT, (14) riadiaci systém sila produktu - SILO-PRODUKT, (15) malý riadiaci systém

výkladky produktu - HUBICA-PRODUKT, (16) malé riadiace systémy každého z osemich kompresorov a dúchadiel K1, K2, K3, ..., K8, (17) malý riadiaci systém pre ofuk látkového filtra odsírenia - EFFEIC, (18) malý bezpečnostný systém ochrany spalínových ventilátorov odsírenia - SV, (19) riadiace systémy ostatných pomocných zariadení, ktoré ďalej nie sú uvádzané ako je zauhľovanie, okruhy mletia uhlia, atď.

Integrácia takto projektovaných riadiacich systémov kotla PK4s a v neposlednom rade PK4n si vyžadovala zvláštny prístup pri návrhu algoritmov a ich vzájomnej prepojenosti. Bola využitá teória sieťových riadiacich systémov a teórie multiagentových sieťových riadiacich systémov.

3. AGENTOVÉ SIEŤOVÉ RIADIACE SYSTÉMY

3.1 Sieťové riadiace systémy

Pri klasickom prístupe návrhu riadiacich systémov sú snímače a ostatné prvky riadiacich systémov pripojené k riadiacemu systému analógovým spôsobom (prostredníctvom prúdových (0/4-20 mA) a napätových (0-10V) slučiek). Ich analógové signály sú privedené na vstupno-výstupné karty priemyselných automatov (PLC), kde sú následne spracované. Všetky regulátory sú realizované centralizovane

v PLC. Vytváranie modelov takýchto riadiacich systémov je už popísané v teórii automatického riadenia. Jednou z formulácií SRS je [8]:

„SRS je distribuovaná riadiaca štruktúra, v ktorej je komunikácia medzi jednotlivými uzlami riadiaceho systému zabezpečená pomocou komunikačnej siete.“

Na obrázku č. 2 je bloková schéma a sekvencia toku riadiacich dát pri sieťovom uzatvorení regulačnom a riadiacom obvode. Snímač je počítačovou sieťou spojený s regulátorom a podobne regulátor je počítačovou sieťou spojený s akčným členom, čo v oblasti automatizácie otvára novú dimenziu návrhu riadenia a rekonfigurácie.

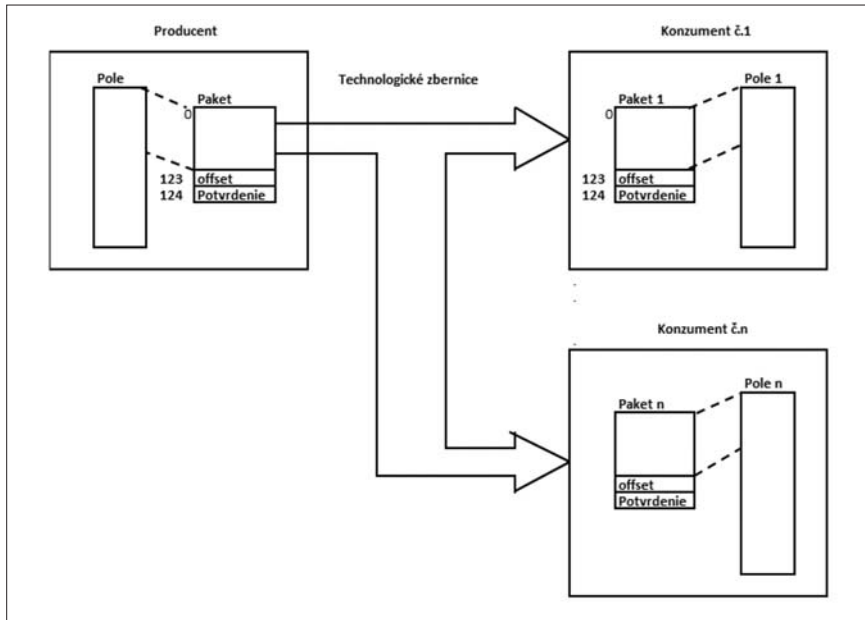
Vlastnosťou SRS je, že informácia (referenčný vstup, výstup systému, riadiaci zásah a pod.) sú vymieňané prostredníctvom lokálnej siete prepájajúcej prvky riadiaceho systému (snímače, regulátory a akčné členy a iné prvky). Na rozdiel od široko používaných informačných sietí, špeciálne riadiace siete v SRS sú zamerané na spoľahlivosť prenosu dát pri real-time procesoch. Medzi ich výhody patria nízka cena celkovej kabeláže, redukované množstvo káblov, montáže a energie, jednoduchá inštalácia a údržba, ľahká diagnostika systému pomocou už existujúcej siete, väčšia výkonnosť a modularita systému atď. SRS predstavuje najvyšší stupeň distribuovateľnosti riadiaceho systému. No na druhej strane prináša použitie siete nový analytický problém, pretože sieť so sebou prináša komunikačné obmedzenie a to, že len jeden uzol v sieti môže vysielat v danom čase. Dôsledkom aj tohto obmedzenia sú oneskorenia dát na sieti. Ďalšou z nevýhod SRS je napríklad to, že vo väčšine prípadov poruchy, zahlietenia, či výpadku SRS dôjde k výpadku komunikácie medzi všetkými alebo niektorými uzlami siete a následne k nestabilite systému. Navyiac, každý uzol na sieti má vlastné vzorkovanie, takže predpoklad jednotnej vzorkovacej frekvencie je vo väčšine aplikácií nereálny. Zhrnutie hlavných výhod a nevýhod SRS je uvedené v tab. 1.

Na obrázku č. 3. je zobrazený graf porovnávajúcí spojitě, diskretné a sieťové riadenie. Rozmerom horizontálnej osi tohto grafu je perióda vzorkovania, resp. perióda diskretizácie, ktorá narastá v smere doľava a klesá v smere doprava. V ďalšom rozmere je výkonnosť a kvalita riadenia. Táto vertikálna os je rozdelená na tri časti, ktoré popisujú či je riadený systém akceptovateľný, neakceptovateľný alebo neriaditeľný. Priamka označená spojitě riadenie má lineárny tvar, pretože v prípade spojitěho systému perióda vzorkovania nezohráva žiadnu rolu. Periódou vzorkovania na horizontálnej osi PA, PB a PC reprezentujú hraničné periódou vzorkovania, kde PA je charakteristickou periódou vzorkovania pre diskretné riadenie a periódou PB a PC sú charakteristické pre

Poznámka 1 - Priemyselny výskum a experimentálny vývoj, Kybernetes - experimentálny vývoj novej regulačnej technológie pre optimalizáciu riadiacich procesov (interný akronym - RODIAN - Regulator Optimálny Distribuovaný Inteligentný Adaptívny Neurónový), Kód ITMS: 25110320026, 04/2011 - 12/2012.

Výhody SRS	Nevýhody SRS
nízka cena kábeláže	Komun.obmedzenie
redukovanie množstva káblov	závislosť systému na výpadku siete
jednoduchá inštalácia a údržba	asynchronizmus ako dôsledok sieť.pripojenia
ľahká diagnostika systému	sieťou spôsobené oneskorenie
väčšia flexibilita riadiacej architektúry – nová dimenzia	
zvýšenie miery rekonfigurovateľnosti a adaptívnosti systému	

Tab. 1 – Zhrnutie hlavných výhod a nevýhod SRS



Obr. 4 – Blokavá schéma komunikácie pomocou produkovaných a konzumovaných premenných

sieťové riadenie. PA je maximálna perióda vzorkovania pre diskkrétne riadenie podľa Shannonovej - Kotelnikovej teórie. Z krivky diskkrétneho riadenia je zjavné, že ak je táto perióda väčšia, už nie je postačujúca na vzorkovanie daného systému vzhľadom na jeho dynamiku. Ak je v prípade diskkrétneho riadenia táto perióda menšia, kvalita riadenia sa zlepšuje.

Trochu odlišná situácia nastáva v prípade sieťového riadenia. Maximálna akceptovateľná perióda vzorkovania pre diskrétne riadenie PA už v prípade sieťového riadenia nie je postačujúca, pretože pri sieťovom riadení je potrebné uvažovať oneskorenia spôsobené sieťou a asynchronizmom prvkov na sieti. Z toho dôvodu je maximálna akceptovateľná perióda vzorkovania pre sieťový systém PB. Ak sa však perióda vzorkovania pri sieťovom riadení zmenšuje, dochádza k zahmleniu siete a systém sa stáva neriaditeľným. Perióda vzorkovania PC reprezentuje minimálnu akceptovateľnú periódu vzorkovania pre sieťový systém. Oblasť IPO reprezentuje ideálnu pracovnú oblasť, resp. prípustný rozsah periódy vzorkovania pre sieťové riadenie.

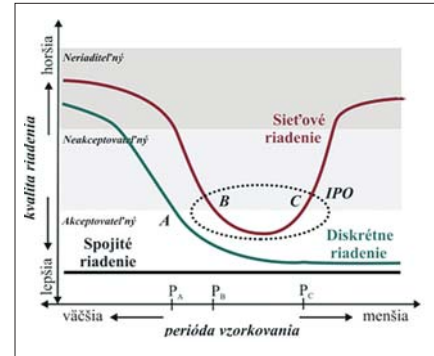
Z obrázku č.3 je zjavný vplyv periódy vzorkovania na kvalitu riadenia. Ak sa perióda vzorkovania približuje k nule, tak sa kvalita riadenia diskkrétneho systému približuje kvalite spojitého systému. Avšak v prípade SRS je kvalita riadenia závislá aj od saturácie sieťového

média. Za kritickým bodom saturácie siete bod C, má znižujúca sa perióda vzorkovania nepriaznivý vplyv na kvalitu riadenia. So zväčšujúcim sa počtom paketov na sieti vzniká oneskorenie týchto paketov. V oblasti analýzy a návrhu riadiacich sieťí je tendencia krivku sieťového riadenia čo najviac priblížiť krivke diskkrétneho riadenia. Cieľom je teda eliminovať vplyv oneskorenia spôsobených sieťou na kvalitu riadenia a tak zabezpečiť kybernetický princíp nevyhnutnej variety.

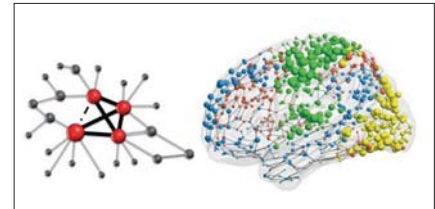
Postup pri navrhovaní takýchto sieťových riadiacich systémov sú detailne opísané v knihe [1]. V súčasnosti svetoví výrobcovia riadiacich systémov poskytujú viacero možností spoľahlivej komunikácie medzi samotnými riadiacimi systémami a inými automatizovanými komponentami a priamo prispievajú k rozvoju sieťových riadiacich systémov. Jednou z takýchto možností vzájomnej komunikácie je komunikácia na úrovni operačných systémov reálneho času implementovaných v riadiacich systémov pomocou tzv. produkovaných a konzumovaných premenných s rôznymi nastaviťelnými parametrami.

3.2 Komunikácia medzi riadiacimi systémami pomocou produkovaných a konzumovaných premenných

Keďže jednou z najdôležitejších vlastností SRS je komunikácia medzi počítačovými



Obr. 3 – Graf porovnania spojitého, diskkrétneho a sieťového riadenia, IPO (ideálna pracovná oblasť)



Obr. 5 – Názorný príklad zvyšovania počtu riadiacich systémov – uzlov sieťí, ich prepajenosti – konektivity

komponentami riadiacich obvodov preto je bolo potrebné sa sústrediť na spoľahlivú vzájomnú komunikáciu s možnosťami nastavenia mnohých parametrov komunikácie a to tak, aby bolo možné dosiahnuť požadovanú kvalitu spojenia tzv. QoS (Quality of Service) – kvalitu sieťovej služby. Komunikáciu pomocou produkovaných a konzumovaných premenných poskytujú na systémovej úrovni aj riadiace systémy Rockwell Automation. V riadiacom systéme sa zvolia premenné, ktoré sú produkované, zdieľané a poskytované producentom všetkým komunikačným uzlom nachádzajúcim sa v zložitých počítačových sieťach. Ľubovoľný uzol – konzument môže tieto produkované premenné zachytiť a nasledne využiť pre svoje algoritmy riadenia. Prenos hodnôt všetkých premenných po počítačovej komunikačnej sieti je zabezpečený na úrovni služieb operačného systému riadiacich systémov PLC. Programátor nemusí programovať komunikačné algoritmy a ich spoľahlivosť. Stačí definovať, ktoré premenné chce konzument čítať a s akou periódou vzorkovania. Spôsob komunikácie producent/konzument je zobrazený na obrázku č. 4.

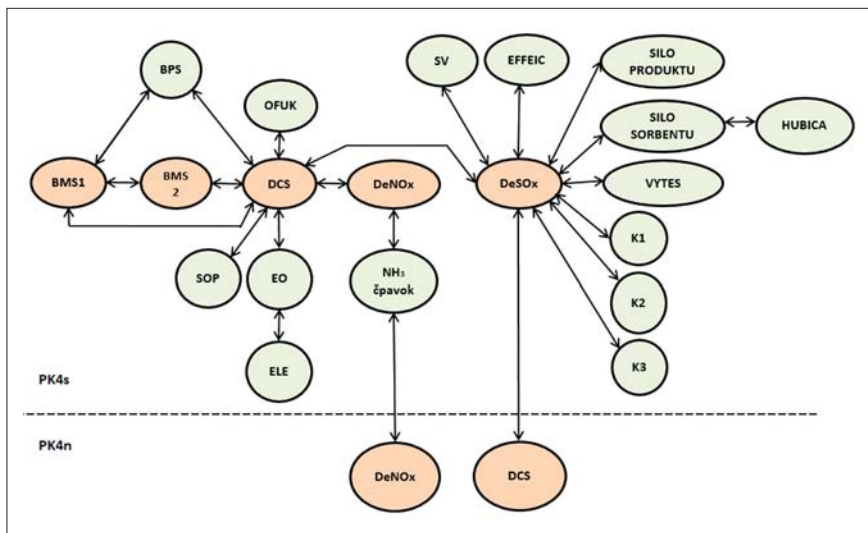
3.3 Inštrukcie a moduly sieťových regulátorov

Na základe rozpracovanej teórie SRS boli navrhnuté spoločnosťou M-D-J spol. s r.o. inštrukcie a moduly sieťových PID a stavových regulátorov, kde boli navrhnuté štruktúry, obojsmerné komunikačné telegramy medzi jednotlivými komponentami riadiacich obvodov (snímač, regulátor, akčný člen). Ďalej boli navrhnuté komunikačné obojsmerné telegramy medzi regulátormi rôznych topológií ako napríklad pre kaskádne sieťové regulátory, master-multi-slave sieťové regulátory a pod. Tieto inštrukcie so sieťovou obosmernou štruktúrou a iné programové sieťové moduly boli tiež využité

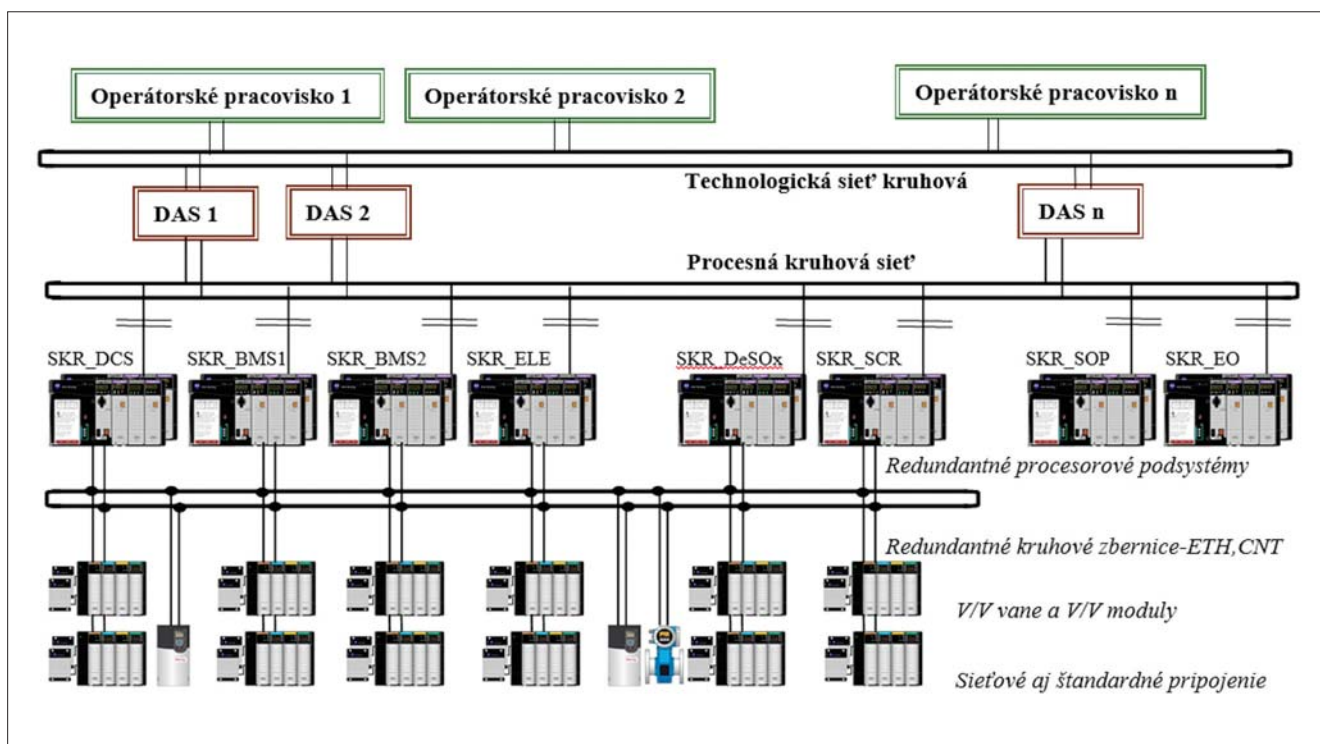
pri algoritmoch riadenia energetických zariadení kotla PK4s. Štruktúru komunikačných obojsmerných telegramov a ich položky je možné odporúčať a poskytnúť pre výrobcov rôznych automatizačných produktov. Detailnejší opis sieťových regulátorov a ich komunikačných podsystémov je uvedený v knihe [6]

3.4 Multiagentové sieťové riadiace systémy

Je zreteľne vidieť z kapitoly 2 tohto príspievku pri rozdelení jednotlivých riadiacich systémov v projekovej fáze energetických zariadení kotla PK4s, že v súčasnosti dochádza k zvyšovaniu miery distribuovanosti riadiacich systémov. Ako hlavné dôvody zvyšovania miery distribuovanosti je možné spomenúť: (a) každý výrobca technologického zariadenia sa snaží dodávať zariadenie spolu s riadiacim systémom, kde je implementované jeho know-how, (b) stupeň sofistikovanosti, zložitosti, integrácie sa posúva na úplne dolné úrovne riadenia,



Obr. 6 – Sieť komunikačných prenosov a väzieb medzi jednotlivými riadiacimi podsystémami energetických zariadení kotla PK4s realizovaných v Teplárňi Košice, a.s. na báze aplikácie teórie multiagentových sieťových riadiacich systémov



Obr. 7 – Bloková schéma riadiacich systémov PK4s implementovaných do celkovej architektúry Informačných a riadiacich systémov v podniku TEKO

kde dnes takmer každý komponent elektro a MaR (meranie a regulácia) začína predstavovať zložitú počítačovú jednotku so zložitým a sofistikovaným algoritmom, ktoré je nutné komunikačným, sieťovým spôsobom integrovať do jedného väčšieho celku.

Názorný príklad pre vznik zložitejších sieťových riadiacich systémov so zvýšením miery komunikácie, kooperatívnosti, autonómnosti a invariančnosti jednotlivých riadiacich počítačových jednotiek je uvedený na obrázku č.5.

Programy ako agenti v PLC a v iných systémoch v našich aplikáciách používajú štandardizovaný jazyk pre agentovú komunikáciu (Agent Communication Language – ACL) presnejšie je použitá FIPA ACL komunikácia [3], [2].

Je realizovaná na báze princípu produkovaných a konzumovaných premenných, pričom je možné sa dostať na ľubovoľnú premennú v sieťovom riadiacom systéme.

Rozšíriteľnosť, štandardizácia a distribúcia agentov sú hlavné výhody tohto riešenia. Každý riadiaci podsystém má svojho agenta a reprezentuje svoj subsystém so svojím riadením a svojimi lokálnymi kritériami a komunikuje s agentami ostatných podsystémov prostredníctvom PLC riadiacich systémov.

Agenti v riadiacich systémoch, ktoré obsahujú koordinačných agentov koordinujú a optimalizujú riadenie riadeného systému pomocou MASRS. Koordinačný agent komunikuje s operátorom pomocou grafického užívateľského

prostredia na operátorskom počítači. Agent vezme nové požiadavky od operátora, alebo reaguje na zmeny v systéme.

V prípade zmeny konfigurácie riadenia technologických procesov v hociktorom podsystéme, potom koordinačný agent zozbiera aktuálne lokálne informácie zo všetkých prístupných podsystémov a následne vygeneruje optimalizačné kritéria za účelom nájsť optimálnu konfiguráciu pre požadované trajektórie výstupov.

Jednoduchá ad-hoc integrácia nových podsystémov, zmena konfigurácie jestvujúcich podsystémov, dočasný alebo úplný výpadok podsystému predstavujú pre MASRS výhodu. Celkový systém nemusí byť odstavený,

vypnutý alebo reštartovaný v prípade zmien v podsysteme.

Nutnosť je vhodne konfigurovať agenta pre zmenený podsystem. Takéto zmeny môžu byť vytvárané dynamickým spôsobom a za behu systému.

Na obrázku č. 6 je uvedená schéma komunikačných prenosov a väzieb medzi jednotlivými riadiacimi podsystemami energetických zariadení kotla PK4s realizovaných v Tepláreň Košice, a.s. pomocou obidvoch uvádzaných prístupov: sieťových riadiacích systémov (ako komunikačné telegramy realizované na báze produkovaných a konzumovaných premenných), alebo je možné prepnúť riadenie pomocou multiagentovej komunikácie - MASRS. Ďalej tieto prístupy boli aplikované nielen pri riadení, ale aj pri budovaní štruktúry a architektúry informačných a riadiacích systémov. Naša spoločnosť M-D-J spol. s r.o. ponúka komunikačný modul, ktorý vytvorí riadiaceho agenta podporujúceho agentovú komunikáciu podľa FIPA ACL štandardov a to z ľubovlného lokálneho riadiaceho systému, ktorý v sebe nezahŕňa protokol agentovej komunikácie. Ako komunikačné médium na jednej strane môže byť metalické, optické, GSM/GPRS, linkové modémové a iné.

3.5 Celková architektúra riadiacích systémov

Na obrázku č. 7 je uvedená bloková schéma architektúry riadiacích systémov kotla PK4s, ktorá je implementovaná do celkovej štruktúry laRS v TEKO a využíva všetky výhody multiagentových sieťových riadiacích systémov. Pozostáva z troch základných úrovní.

Na najnižšej úrovni riadenia sú pomocou kruhových optických a metalických sietí zapojené snímače, akčné členy a vzdialené vstupy/výstupy pomocou kruhových redundantných sietí Ethernet a ControlNet.

V druhej úrovni riadenia sú prostredníctvom LAN sietí a procesnej kostrovej (backbonej) optickej siete vybudovanej v podniku TEKO pripojené redundantné procesorové riadiace jednotky. Procesná úroveň je od vyšších úrovní logicky tak aj fyzicky oddelená pomocou tzv. DAS systémov (Data Acquisition Servers).

Tretia úroveň riadiacích systémov je úroveň operátorských pracovísk (SCADA/HMI). Operátorské pracoviská sú pripojené do kruhovej kostrovej oddelenej tzv. Technologickej siete. Vyššie úrovne laRS nie sú uvedené. Táto architektúra umožňuje vidieť ľubovlnú premennú na ľubovlnom operátorskom pracovisku resp. Na ľubovlnom mieste podniku.

5. ZÁVER

Prístupy multiagentového sieťového riadenia v súčasnosti predstavuje jednu z najvýhodnejších systémových riešení hybridného riadenia pre podniky veľkého, stredného a malého rozsahu. Na báze prekladaných prístupov bola dôsledne dlhodobo navrhovaná a budovaná architektúra informačných a riadiacích systémov v spoločnosti TEKO. V prvom rade táto architektúra dovoľuje vidieť na ľubovlnom mieste ľubovlnú premennú z ľubovlného technologického miesta podniku (vlastnosť tzv. "Anywhere View"). Táto vlastnosť je v súčasnosti nutná a postačujúca pre optimalizáciu výroby s rôznymi stupňami obmedzení, lokálnych aj globálnych kritérií. V druhom rade uvádzané prístupy umožňujú vysokú dostupnosť a spohľivosť riadenia celého výrobného procesu v tak heterogénnom prostredí. Multiagentové a sieťové riadenie otvára novú dimenziu a umožňuje optimalizáciu riadenia jednotlivých technologických zariadení, agregátov a celkov, výroby, umožňuje optimalizáciu konfigurácie jednotlivých agregátov a technologických celkov a to v normálnych, neštandardných a havarijných stavoch.

REFERENCIE

- [1] Barger, P., J. M. Thiriet and M. Robert (2002): Performance and dependability evaluation of distributed dynamical systems, European Conference on System Dependability and Safety (ESRA 2002/lambda-Mu13), Lyon, France, pp. 16-22.
- [2] BROOKS, C. H., DURFEE, E. H. Congregation Formation in Multiagent Systems. In: Autonomous Agents and Multiagent Systems. Vol. 7., 2003, pp. 145-170.
- [3] The Foundation for Intelligent Physical Agents: The FIPA'97 Specification. [online].

[cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://leonardo.chiariglione.org/standards/fipa/spec/fipa97/fipa97.htm>

- [4] Lian F.L., J.R. Moyne and D. M. Tilbury (2001): Performance evaluation of control networks, IEEE control systems magazine, pp. 66-83.
- [5] Lian, F.L., J. R. Moyne and D. M. Tilbury (2002). Network design consideration for distributed control systems, IEEE Trans. on Control Systems Technology, vol. 10, no. 2, pp. 297-307.
- [6] Liguš, J., Ligušová, J. (2014). Inteligentné riadiace siete, monografia, ISBN: 978-80-8086-226-8
- [7] Ligušová, J., J. Liguš and P. Barger (2003). Modification of the Smith Predictor for Random Delays Treatment in the Network Control Systems, 2nd IFAC Conference CSD'03, Bratislava, Slovakia, pp.14.
- [8] Ligušová, J., J.M. Thiriet, J. Liguš and P. Barger (2004): Effect of Element's Initialization in Synchronous Network Control System to Control Quality, RAMS'04, Los Angeles, CA USA.
- [9] Nilsson, J., B. Bernhardsson and B. Wittenmark (1997): Stochastic analysis and control of real-time systems with random time delays, Automatica 34:1, pp. 57-64
- [10] NWANA, H., L. LEE a N. JENNINGS. Coordination in Software Agent Systems. In: BT Technology Journal. 14(4), 1996.
- [11] Otanez, P., J.R. Moyne and D.M. Tilbury (2002): Using deadbands to reduce communication in networked control systems, Proceedings of the 2002 American Control Conference
- [12] Walsh, G. C. and H. Ye (2001). Scheduling of Network Control Systems, IEEE Control System Magazine, pp. 57-65.
- [13] WOOLDRIDGE, M. J. An introduction to multiagent systems. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2009, xviii, 348 s. ISBN 978-0-470-51946-2.

Liguš Ján,
M-D-J spol. s r.o.,
jan.ligus@mdj.sk, www.mdj.sk

Multi-agent integration control of hybrid energy boiler equipment with an emphasis on applications in TEKO

This article describes how to integrate the control of advanced energy equipment at present using multi-agent architectures. Hybrid energy boiler equipment are considered low-emission gas burners, coal burners, the mill circuits of steam generators, denitrification technology with selective catalytic reduction, flue gas desulphurization technology using the semi-dry method, and the like. The project also included implementing a number of innovations and new procedures. One of the innovations presented in this article is the application of the principle of multi-agent management, based on experience in controlling and building information and control systems for over 20 years in the energy sector. The multi-agent architectures of information and control systems are built on network control systems with a high degree of horizontal distribution, furthermore with high reconfiguration capability and shifting of individual energy sub-systems, and last but not least with a high degree of cooperation between the various boiler subsystems. This principle is tasked with managing control by using so-called DCS systems. This article is divided into two main parts, with the first part describing the logic of reconfiguration and shifting of newly built, individual boiler energy devices, and the second part of the article describes the implementation of a multi-agent architecture of control and information systems. Both the above parts are described with emphasis on the applications for two boilers in the company TEKO, specifically PK4s boiler and PK4n boiler. The end of the article presents the advantages and disadvantages of the aforementioned innovations.