

MULTIAGENTOVÁ INTEGRÁCIA RIADENIA HYBRIDNÝCH ENERGETICKÝCH ZARIADENÍ KOTLOV S DÔRAZOM NA APLIKÁCIE V TEKO

¹Liguš Ján

¹M-D-J spol. s r.o., prevádzka Rampová 6, 040 01 – Košice – Slovensko
Telefón/Mobil: +421905622376, jan.ligus@mdj.sk
<http://www.mdj.sk>

Abstract: Tento príspevok opisuje spôsob integrácie riadenia súčasných moderných energetických zariadení pomocou multiagentových architektúr. Ako hybridné energetické zariadenia kotlov sú uvažované nízkoemisné plynové horáky, uhoľné horáky, mlynské okruhy parných kotlov, technológie denitrifikácie so selektívnou katalytickou redukciou 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 riadiacich systémov vyše 20 rokov v energetickom sektore. Multiagentové architektúry informačných a riadiacich systémov sú postavené na báze sieťových riadiacich systémov s vysokou mierou horizontálnej distribuovanosti ďalej s vysokou mierou rekonfigurovateľnosti a riadenia 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 riadenia jednotlivých novovybudovaných energetických zariadení kotlov a druhá časť príspevku opisuje realizovanú multiagentovú architektúru riadiacich 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, kotol, multiagentové architektúry riadenia, sieťové riadiace systémy, rekonfigurácia a riadenie, 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 diskkrétne snímače (dokonca obyčajný kontakt), regulátory a akčné členy sú reprezentované samostatnými počítačovými jednotkami s komunikačnými (sieťovými) rozhraniami. Práve zložitý počítačový sieť implementované do zložitých riadiacich 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):

- (1) aplikácia teórie tzv. sieťových riadiacich systémov – ďalej označované skratkou SRS, využívané ako pri návrhu informačných a riadiacich systémov IaRS, tak i pri tzv. sieťových PID a stavových regulátoroch;
- (2) aplikácia teórie multiagentového riadenia – multiagentové sieťové riadiace systémy - MASRS, čo predstavujú vyššiu úroveň vzájomnej komunikácie a teda kooperácie medzi heterogénnymi riadiacimi systémami založenými na nižších úrovniach na báze produkovaných a konzumovaných premenných;
- (3) aplikácia riadenia a vzájomnej spolupráce dvoch riadiacich systémov plynových horákov, dvoch systémov BMS – Burner's Management Systems;

- (4) hybridná kombinácia BMS, DCS a monitorovacieho systému spaľovania MSS pod označením RSS3;
- (5) hybridná kombinácia výpočtovej časti a regulačnej časti riadenia NOx pri SCR;
- (6) aplikácia špeciálne vyvinutého regulátora RODIAN s využitím umelej inteligencie ako sú neuronové siete, optimalizačné metódy, matematické opisy riadených sústav, fuzzy riadenie apod. vyvinutý úspešným výskumno-vývojovým projektom – viď poznámku 1;

V oblasti riadenia zložitých systémov a teda kybernetiky narastajú požiadavky na zvyšovanie miery adaptivity, autonómnosti a inteligencie riadiacich systémov a algoritmov s čonajvyššou 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 agenti 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 architektúr 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.

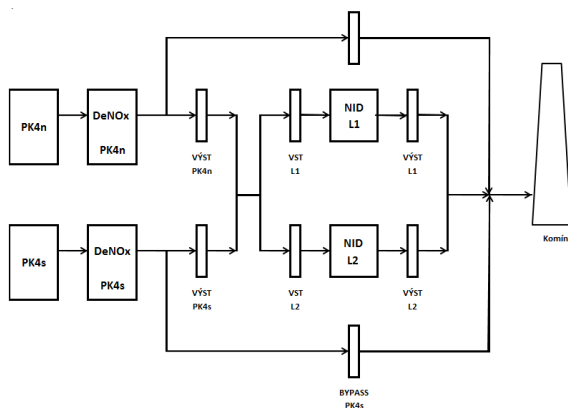
2. OPIS A INTEGRÁCIA ENERGETICKÝCH ZARIADENÍ KOTLOV V TEPLÁREŇ KOŠICE, a.s. AKO RIADENÉHO SYSTÉMU

Celková schéma riadenia energetických zariadení kotlov PK4s a PK4n v spoločnosti Tepláreň Košice, kde tieto vyššie-uvedené 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 odsirenia, bypassové spalínové klapky, systémy elektroodlučovačov, systémy suchého a mokrého odberu popola apod.

Jednotlivé technologické zariadenia jedného z kotlov - kotla PK4s (a jemu príslúchajúce 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 redukciou - SCR, (8) riadiaci systém amoniakového hospodárstva – NH3, (9) riadiaci systém odsirenia spalín polosuchou metódou s dvomi linkami pod označením NID - DeSOx, (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 osmich kompresorov a dúchadiel K1, K2, K3, ..., K8, (17) malý riadiaci systém pre ofuk látkového filtra odsirenia – EFFEIC, (18) malý bezpečnostný systém ochrany spalínových ventilátorov odsirenia – SV, (19) riadiace systémy ostatných pomocných zariadení, ktoré ďalej nie sú uvádzané ako je zauhl'ovanie, 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.

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



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

3. AGENTOVÉ SIEŤOVÉ RIADIACE SYSTÉMY

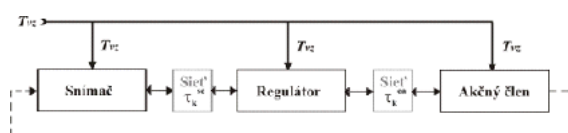
3.1 Sieťové riadiace systémy

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 uzatvorenom 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.



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

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 kabeľáže, redukovanie množstva 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, zahltenia, 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.

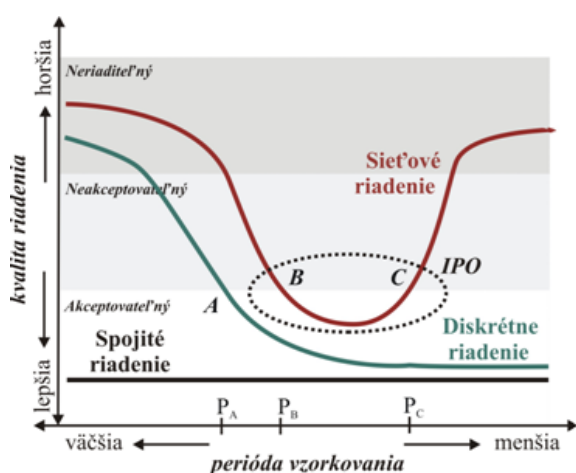
Výhody SRS	Nevýhody SRS
nízka cena kabeľáže	Komun.obmedzenie
redukovanie množstva káblov	závislosť systému na výpadku siete
jednoduchá inštalácia a údržba	asynchronizmus ako dôsledok sieť.pripojenia
ľahká diagnostika systému	sieťou spôsobené oneskorenie
väčšia flexibilita riadiacej architektúry—nová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

Tab.1: Zhrnutie hlavných výhod a nevýhod SRS

Na obrázku č. 3. je zobrazený graf porovnávajúci spojitý, diskretný 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 spojitý riadenie má lineárny tvar, pretože v prípade spojitého 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 sieťové riadenie. PA je maximálna perióda vzorkovania pre diskretné riadenie podľa Shannonovej - Kotelnikovej teóremy. Z krivky diskretného 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 diskrétného riadenia táto perióda menšia, kvalita riadenia sa vylepšuje.

Trochu odlišná situácia nastáva v prípade sieťového riadenia. Maximálna akceptovateľná perióda vzorkovania pre diskrétny systém *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 znižuje, dochádza k zahŕnaniu 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.



Obr. 3: Graf porovnania spojitého, diskrétného a sieťového riadenia, *IPO* (ideálna pracovná oblasť)

Z obrázku č.3 je zjavný vplyv periódy vzorkovania na kvalitu riadenia. Ak sa perióda vzorkovania približuje k nule, tak sa kvalita riadenia diskretného 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 sietí je tendencia krivku sieťového riadenia čo najviac priblížiť krivke diskretného riadenia. Cieľom je teda eliminovať vplyv oneskorení spôsobených sieťou na kvalitu riadenia a tak zabezpečiť kybernetický princíp nevyhnutnej variety.

Postup pri navrhovaní takýchto sieťových riadiacich systémov sú detailne opísané v knihe [].

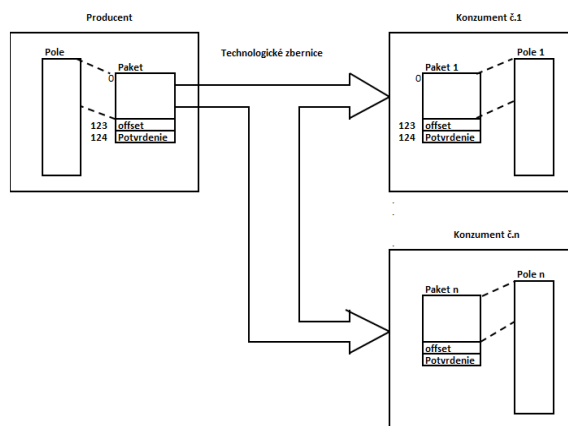
V súčasnosti svetoví výrobcovia riadiacich systémov poskytujú viacero možností spoľahlivej komunikácie medzi samotnými riadiacimi systémami a inými automatizovanými komponentami a priamo prispievajú k rozvoju sieťových riadiacich systémov. Jednou z takýchto možností vzájomnej komunikácie je komunikácia na úrovni operačných systémov reálneho času implementovaných v riadiacich systémov pomocou tzv. produkovaných a

konzumovaných premenných s rôznymi nastaviteľnými parametrami.

3.2 Komunikácia medzi riadiacimi systémami pomocou produkovaných a konzumovaných premenných

Keďže jednou z najdôležitejších vlastností SRS je komunikácia medzi počítačovými 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 následne 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.



Obr. 4: Bloková schéma komunikácie pomocou produkovaných a konzumovaných premenných.

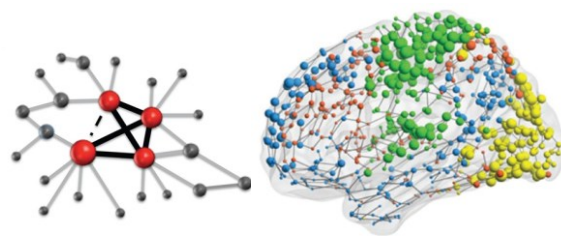
3.3 Inštrukcie a moduly sieťových regulátorov

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-multislave 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]



Obr. 5: Názorný príklad zvyšovania počtu riadiacich systémov – uzlov sietí, ich prepojenosti – konektivity.

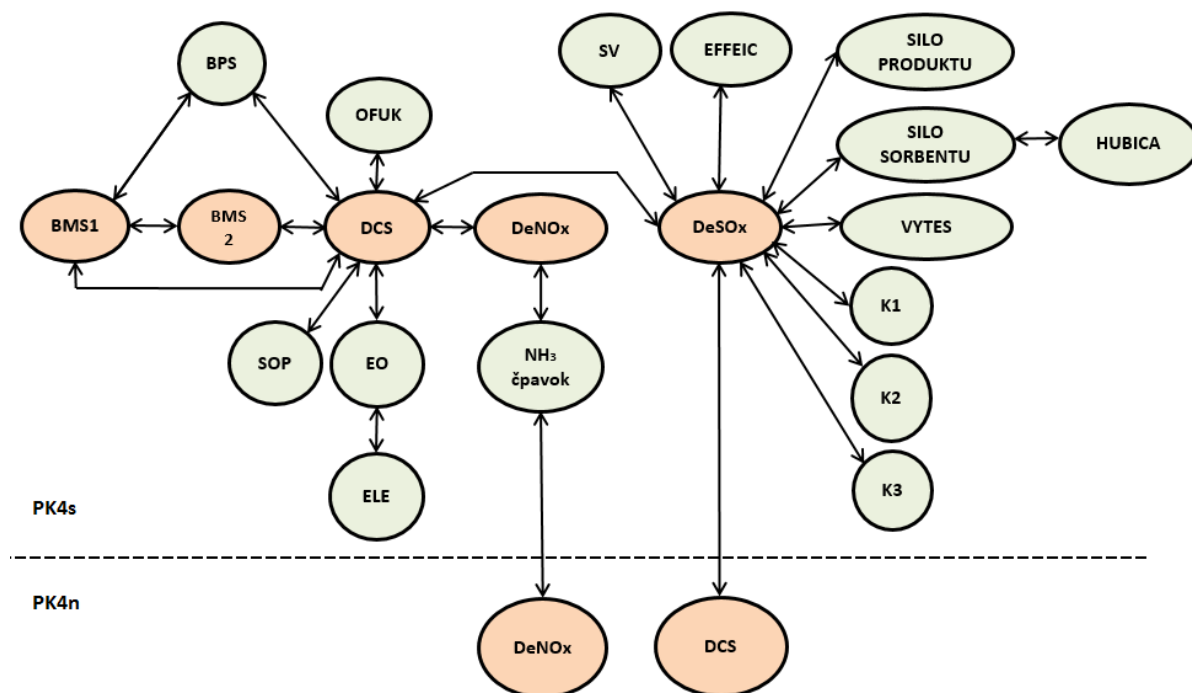
3.4 Multiagentové sieťové riadiace systémy

Je zreteľne vidieť z kapitoly 2 tohto príspevku 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, 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 invariantnosti 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.



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

Agenti v riadiacích 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 úplny výpadok podsystému predstavujú pre MASRS výhodu. Celkový systém nemusí byť odstavený, vypnutý alebo reštartovaný v prípade zmien v podsystéme.

Nutnosť je vhodné konfigurovať agenta pre zmenený podsystém. 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 podsystémami energetických zariadení kotla PK4s realizovaných v Teplárň Košice, a.s. **pomocou oboch uvádzaných prístupov:** sieťových riadiacich 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 riadiacich systémov.

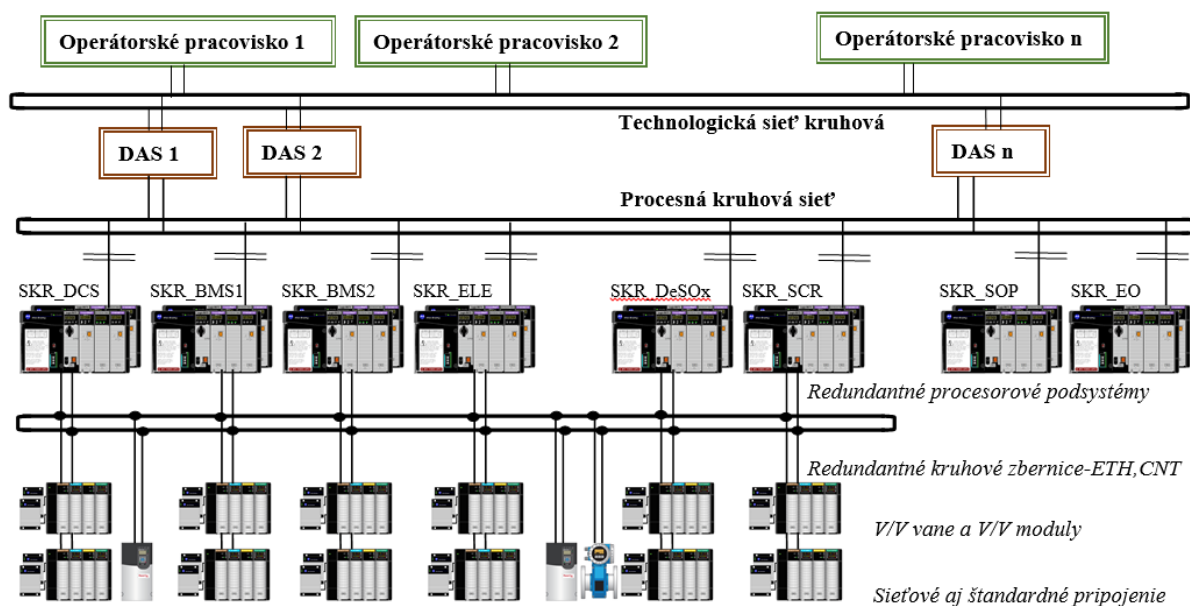
3.5 Celková architektúra riadiacich systémov

Na obrázku č.7 je uvedená bloková schéma architektúry riadiacich systémov kotla PK4s, ktorá je implementovaná do celkovej štruktúry IaRS v TEKÓ a využíva všetky výhody multiagentových sieťových riadiacich 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 (backbonevej) optickej siete vybudovanej v podniku TEKÓ pripojené redundantné procesorové riadiace jednotky. Procesná úroveň je od vyšších úrovni logicky tak aj fyzicky oddelená pomocou tzv. DAS systémov (Data Aquisition Servers).

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



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

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 riadiacich systémov v spoločnosti TEKO. V prvom rade táto architektúra dovoľuje vidieť na ľubovoľnom mieste ľubovoľnú premennú z ľubovoľného 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 spoľahlivosť 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.