

Prevádzkové riadiace systémy (6) – projektovanie

Článok je posledným dielom seriálu ([1], [2], [3], [4], [5]), ktorý sa zaoberal prevádzkovými riadiacimi systémami a základnými princípmi použitia funkčných blokov pri tvorbe ich programového vybavenia (aplikácie). Venuje sa niekoľkým vybraným činnostiam v rámci životného cyklu riadiaceho systému, ktoré boli ovplyvnené príchodom tejto najnovšej generácie automatických riadiacich systémov spojitých technologických procesov. V prvej časti je popísaný návrh prechodu od schém merania a riadenia k schémam funkčných blokov podľa IEC 61804-1.

Úvod

Prevádzkové riadiace systémy možno stručne charakterizovať ako systémy s totálnou funkčnou a priestorovou decentralizáciou realizovania funkcií spracovania informácií (na úrovni riadenia technologického procesu) vo forme funkčných blokov do inteligentných prevádzkových prístrojov, ktoré medzi sebou komunikujú prostredníctvom digitálneho prevádzkového komunikačného systému. Prechod od prvej generácie decentralizovaných riadiacich systémov k prevádzkovým riadiacim systémom, ktorý bol popísaný v [1], prináša zásadné zmeny do celého životného cyklu riadiaceho systému, ktorý možno vo všeobecnosti rozdeliť na:

- investičný zámer
- plánovanie, projektovanie, objednávanie
- výroba (vývoj, výroba, predaj)
- inštalovanie, uvedenie do prevádzky, skúšobná prevádzka
- prevádzka (údržba, servis)
- zmeny počas prevádzky
- migrácia, likvidácia.

Objektom záujmu tohto článku je fáza projektovania. Cieľom nie je poskytnúť vyčerpávajúci popis metodiky projektovania prevádzkových riadiacich systémov, ale prostredníctvom vybraných problémov poukázať na fakt, že zmienený prechod prináša potrebu prispôbiť resp. v niektorých prípadoch úplne zmeniť filozofiu projekčnej činnosti.

Projektovanie riadiacich systémov zatiaľ nie je ako celok predmetom medzinárodnej normalizácie. Normami sú pokryté iba jeho niektoré čiastkové úlohy, ktoré avšak nemajú záväzný charakter. Spôsob projektovania je preto určený najmä internými pravidlami projekčných organizácií a podnikovými štandardami odberateľa. Význam normalizácie a spôsob akým sa v súčasnosti tvoria medzinárodné normy v oblasti priemyselnej automatizácie, ktorý bol popísaný v [2], sa vzťahujú aj na oblasť projektovania. Práve činnosti spojené s projektovaním a prevádzkou riadiaceho systému sa v súčasnosti dostávajú do pozornosti záujmových združení užívateľov riadiacich systémov, ktoré sa snažia prostredníctvom národných normalizačných komisií zakotviť doterajšie nezáväzné odporúčania určené pre svojich členov do medzinárodných noriem.

Dôvodom uvedených snáh je posun v rozložení nákladov v rámci životného cyklu riadiacich systémov, ktorý je spôsobený zvyšovaním ceny práce a znižovaním ceny automatizačných prostriedkov. Náklady spojené s inžinierskymi činnosťami a prevádzkou ARS začínajú prevažovať nad nadobúdacími nákladmi. Z tohto dôvodu sa v súčasnosti väčšmi zdôrazňuje redukcia nákladov na inžiniersku činnosť pri projektovaní prevádzkových riadiacich systé-

mov a ich uvádzaní do prevádzky spolu s možnosťami prediktívnej diagnostiky prevádzkových prístrojov pred úsporou kabeláže a vstupno-výstupných modulov, ktorú použitie digitálnych komunikačných systémov nie vždy prináša.

Z hľadiska zameranie tohto seriálu sú v rámci projektovania prevádzkových riadiacich systémov zaujímavé nasledujúce úlohy:

- transformácia schém merania a regulácie (MaR) na štruktúru regulačných obvodov v zmysle funkčných blokov (konfigurovanie)
- parametrizovanie funkčných blokov
- priradenie realizácie funkčných blokov inteligentným prevádzkovým prístrojom
- priradenie prístrojov segmentom komunikačného systému
- riešenie otázky iskrovej a funkčnej bezpečnosti riadiaceho systému
- návrh HMI
- definovanie aplikačných funkcií (systém alarmov, archivácia informácií, zložitejšie výpočty a iné)
- optimalizovanie časového harmonogramu realizácie (exekúcie) funkčných blokov a prenosov informácií.

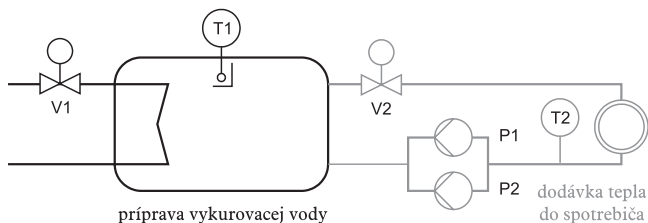
Projektová činnosť má obvykle iteratívny charakter, keďže z dôvodu rôznych technických obmedzení automatizačných prostriedkov býva potrebné vrátiť sa k predchádzajúcej fáze projektu a prepracovať ju. Takýmto situáciám je často možné predísť podrobnou špecifikáciou zadania už v úvodných fázach projektu. Splnenie tejto požiadavky pri projektovaní prevádzkových riadiacich systémov má zásadný vplyv na úspešné realizovanie projektu. V druhej časti tohto dielu bude uvedených niekoľko príkladov toho, čo musí byť jasne definované pri projektovaní moderných riadiacich systémov už na začiatku.

V nasledujúcich kapitolách bude v návaznosti na súčasnú úroveň medzinárodnej normalizácie bližšie analyzovaná problematika prechodu od schém merania a riadenia ku schémam funkčných blokov.

Od schém merania a riadenia k schémam funkčných blokov

Myšlienka štandardizovaných funkčných blokov na riadenie spojitých technologických procesov bola popísaná v tretej časti seriálu [4]. Nezodpovedanou otázkou zostal spôsob prechodu od schém MaR (angl. P&ID – Piping & Instrumentation Diagram) k schémam funkčných blokov, t. j. ku konkrétnej realizácii funkcií riadiaceho systému.

Jeden z možných postupov ponúka norma IEC 61804-1 v informatívnej prílohe A: Životný cyklus systému [6]. Základnou my-

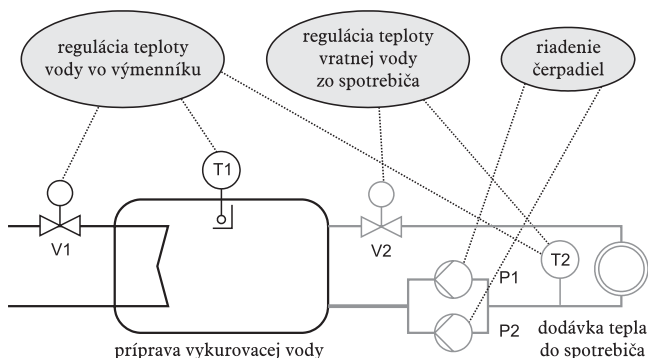


Obr.1 Schéma toku materiálov (PFD)

šlienkou je použitie metodiky funkčných blokov už vo fáze tvorby zadania. Norma predpokladá existenciu tzv. procesného inžiniera, ktorý pozná riadený technologický proces a je schopný vyšpecifikovať zadanie pre projektanta riadiaceho systému. Prechod od technologickej schémy k schémam požiadaviek na funkciu riadiaceho systému prebieha v niekoľkých krokoch.

Proces špecifikácie zadania vychádza zo schém toku materiálov (PFD – Process Flow Diagram), v ktorých sú zakreslené hlavné mechanické celky technológie, potrubia medzi týmito celkami ako aj meracie a akčné členy. PFD slúžia na jednoznačný popis funkcie riadeného technologického procesu. Procesný inžinier rozdelí PFD na tzv. základné technologické operácie. Na obr. 1 je uvedený príklad schémy toku materiálov vykurovacieho systému nepriamo pripojeného na rozvod tepla cez výmenník so zdvojeným čerpadlom na strane spotrebiča tepla. Základné technologické operácie Príprava vykurovacej vody a Dodávka tepla do spotrebiča sú odlíšené farebne. So schémami PFD súvisí problematika štandardizovaných grafických symbolov technologických zariadení. Typy používaných značiek sa zvyknú líšiť v závislosti od aplikácie oblasti automatizácie. V oblasti riadenia spojitých technologických procesov je možné využiť normu STN EN 10628 [7].

V ďalšom kroku definuje procesný inžinier tzv. rozšírené schémy MaR, v ktorých okrem klasických spätnoväzobných regulačných obvodov používaných v schémach MaR zakreslí aj funkcie ovládania, funkcie výpočtu technologických veličín z výstupov viacerých meracích členov, paralelne pracujúce zariadenia, zariadenia pracujúce v záložnom režime a funkcie sekvenčného riadenia, t. j. celú funkciu riadiaceho systému (požiadavky z hľadiska funkčnej bezpečnosti nie sú predmetom záujmu tohto článku). Rozšírené schémy MaR obsahujú jednoznačné priradenie vstupov (meracích členov) a výstupov (akčných členov) funkciám riadiaceho systému. Na obr. 2 je príklad rozšírenej schémy MaR pre riadený systém z obr. 1. Základnej technologickej operácii Príprava vykurovacej vody je priradená jedna funkcia typu doprednej regulácie teploty vody vo výmenníku. Vstupy sú od meracích členov teploty vody vo výmenníku T1 a teploty vratnej vody zo spotrebiča T2. Výstupom je akčný zásah, t. j. zmena prietoku teplotného média realizovaná akčným členom V1. Druhá základná technologická operácia, Dodávka tepla do spotrebiča, je rozdelená do dvoch funkcií. Prvou funkciou je Regulácia teploty vratnej vody zo spotrebiča, ktorá má vstup od meracieho člena teploty vratnej vody T2

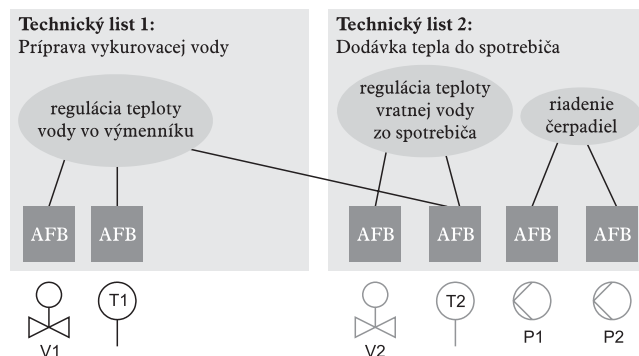


Obr.2 Rozšírená schéma MaR

a výstup realizuje pomocou akčného člena V2. Druhou funkciou je Riadenie čerpadiel, t. j. prevádzka dvoch čerpadiel P1 a P2 v záložnom režime (vždy je zapnuté iba jedno z dvoch čerpadiel). Takto definované schémy predstavujú komunikačné rozhranie medzi procesným inžinierom a projektantom riadiaceho systému.

V ďalšom kroku sú z rozšírených schém MaR vytvorené schémy hierarchickej štruktúry funkcií riadiaceho systému (CHD – Control Hierarchy Diagram). Tieto plnia nasledujúce funkcie:

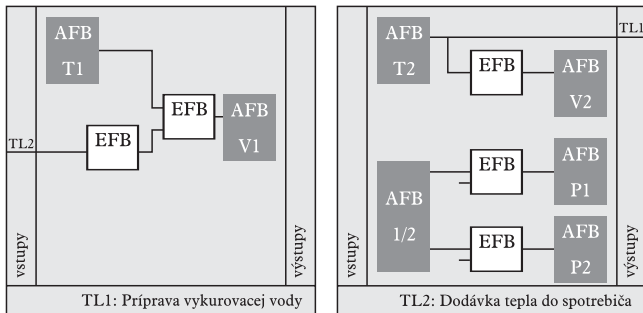
- extrakcia funkcií riadiaceho systému z rozšírených schém MaR
- definovanie požiadaviek na riadiace funkcie a na aplikačné funkčné bloky (AFB – Application Function Block) prevádzkových prístrojov
- definovanie štruktúry ďalšej dokumentácie, t. j. štruktúry schém požiadaviek na funkciu riadiaceho systému (FRD – Functional Requirements Diagram)



Obr.3 Schéma hierarchickej štruktúry funkcií riadiaceho systému (CHD)

Keďže schémy CHD sú určené výhradne k popisu funkcií riadiaceho systému z hľadiska spracovania informácií, schémy technologického procesu už nie sú potrebné. V tejto fáze tvorby zadania sa prvýkrát objavuje použitie funkčných blokov. Ide o aplikačné funkčné bloky, ktoré reprezentujú funkcie prevádzkových prístrojov (meracích a akčných členov). AFB sú nezávislé na konkrétnom riadiacom systéme, sú súčasťou užívateľských knižníc a ich použitie závisí od riešenej aplikácie. Požiadavky na AFB meracieho člena teploty definované procesným inžinierom môžu byť napr. presnosť prístroja, perióda vzorkovania, typ a počet komunikačných objektov v prevádzkovom prístroji prístupné operátorovi atď. Požiadavky na jednotlivé funkcie spracovania informácií môžu obsahovať položky ako perióda realizovania riadiaceho algoritmu, požiadavky na kvalitu regulácie, doba odozvy riadiaceho systému na poruchové hlásenie prevádzkového prístroja atď. Poslednou úlohou v tejto fáze je definovať štruktúru dokumentácie funkcií riadiaceho systému, ktorá je súčasťou projektovanej dokumentácie. Pre ďalšie účely sa požiadavky na funkcie riadiaceho systému rozdelia do tzv. technických listov. Spôsob rozdelenia je na procesnom inžinierovi. Na obr. 3 je príklad rozdelenia dokumentácie na dva technické listy, kde každý list zodpovedá jednej elementárnej technologickej operácii. Väzba medzi listami 1 a 2 naznačuje potrebu získavania informácií zo zariadenia T2 na účely doprednej regulácie teploty vody vo výmenníku (viacnásobné využitie informácie z jedného meracieho člena). Hierarchia funkcií riadiaceho systému je v tomto prípade jednoúrovňová. V prípade potreby je možné vytvoriť viacúrovňovú štruktúru tvorenú nadradenými a podradenými funkciami v zmysle jeho úrovného modelu.

V poslednej fáze tvorby zadania sa pristupuje k detailnej špecifikácii funkcií riadiaceho systému t. j. k schémam FRD. Schémy požiadaviek na funkciu sú tvorené technickými listami (definovanými v predchádzajúcom kroku), ktoré sú rozdelené do štyroch častí: vstupy, výstupy, názov technického listu a samotný popis funkcie. Popis funkcie je vytvorený prepojením aplikačných a elementárnych funkčných blokov (EFB – Elementary Function

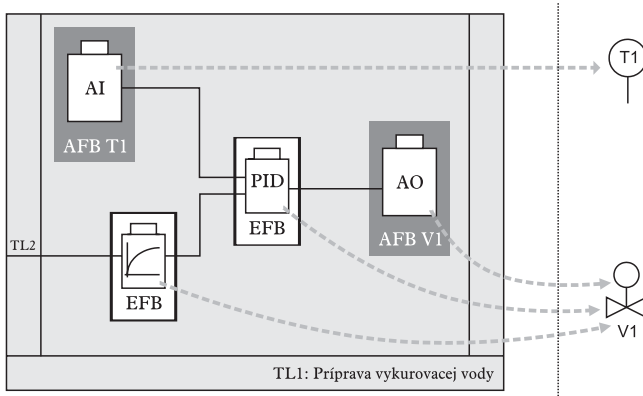


Obr.4 Schéma požiadaviek na funkciu riadiaceho systému (FRD)

Block). EFB predstavujú jednoduché matematické operácie použiteľné v rozličných typoch aplikácií riadenia spojitých technologických procesov (chemický, petrochemický, energetický atď.). Sú nezávislé od programovacieho jazyka konkrétneho riadiaceho systému. Definovanie knižnice štandardných EFB je predmetom činnosti technickej komisie IEC SC 65C. Aplikácie funkčné bloky sa do schém FRD prenášajú zo schém CHD (obr. 3). Na obr. 4 je pokračovanie príkladu z obr. 3. Technický list č. 1 obsahuje konfiguráciu funkčných blokov na realizáciu doprednej regulácie teploty vody vo výmenníku, technický list č. 2 zobrazuje funkciu regulácie teploty vratnej vody a riadenie čerpadiel systémom "1 z 2".

Schémy FRD predstavujú výsledok tvorby zadania procesným inžinierom. Úlohou projektanta je realizovať funkcie definované vo FRD vybraným riadiacim systémom. Procesný inžinier teda používa elementárne a aplikačné funkčné bloky vhodné na popis funkcie riadiaceho systému na definovanie zadania a projektant používa elementárne a aplikačné funkčné bloky vybraného riadiaceho systému na realizovanie zadania. Cieľom normy IEC 61804-1 je dosiahnuť kompatibilitu medzi týmito dvomi druhmi funkčných blokov vytvorením štandardizovaného jazyka funkčných blokov, ktorý umožní projektnej spoločnosti definovať pre procesného inžiniera vlastný jazyk (metajazyk) funkčných blokov na vytvorenie FRD. Výsledkom tohto snaženia bude špecifikácia funkcií riadiaceho systému, implementovateľná v ľubovoľnom riadiacom systéme, ktorý bude podporovať štandardizovaný jazyk funkčných blokov. Pre procesného inžiniera bude podstatné iba rozhranie aplikačných a elementárnych funkčných blokov, t. j. ich vstupy a výstupy. Konkrétnu realizáciu ich vnútornej funkcie určí projektant v závislosti od vybraného riadiaceho systému.

Na obr. 5 je naznačená jedna z možností implementovania funkcie definovanej v technickom liste 1 a lokalizovania vybraných funkčných blokov do prevádzkových prístrojov projektantom riadiaceho systému (červené šípky). Aplikčný funkčný blok meracieho člena T1 je nahradený blokom analógového vstupu AI, AFB akčného člena V1 je nahradený blokom AO a funkcia doprednej regulácie je realizovaná elementárnymi funkčnými blokmi PID a filter 1. rádu. Výber funkčných blokov daného riadiaceho systému a spôsob ich lokalizácie je na projektantovi. V tomto



Obr.5 Implementácia funkcie riadiaceho systému a lokalizácia funkčných blokov

príklade bude blok AI v rámci možností prevádzkových riadiacích systémov, ktoré boli popísané v [2], realizovaný v meracom člene T1 a zvyšné bloky v akčnom člene V1. Takýmto spôsobom spracuje projektant všetky technické listy. Pre jednoduchosť bol zvolený príklad, v ktorom sú aplikačné bloky realizované jedným funkčným blokom. V praxi však môže byť aplikačný blok tvorený viacerými funkčnými blokmi, ktoré navyše môžu byť realizované v rozdielnych prevádzkových prístrojoch.

Uvedený zámer štandardizovania funkčných blokov predstavuje reálny krok k tzv. otvoreným riadiacim systémom, ktoré okrem iného umožnia projektovanie aplikačného vybavenia riadiaceho systému nezávisle od jeho výrobcu.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Použité skratky

AFB	Application Function Block (aplikačný funkčný blok)
CHD	Control Hierarchy Diagram (schéma hierarchickej štruktúry funkcií riadiaceho systému)
CIF	Control In Field (riadenie v prevádzke)
EFB	Elementary Function Block (elementárny/základný funkčný blok)
FRD	Functional Requirements Diagram (schéma požiadaviek na funkciu riadiaceho systému)
MaR	schémy merania a riadenia
P&ID	Piping & Instrumentation Diagram (schémy merania a riadenia)
PFD	Process Flow Diagram (schéma toku materiálov)

Literatúra

- [1] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (1) – úvod. AT&P journal, 2006, č. 1, str. 58.
- [2] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (2) – úvod. AT&P journal, 2006, č. 2, str. 46.
- [3] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (3) – koncept funkčných blokov. AT&P journal, 2006, č. 3, str. 50.
- [4] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (4) – aplikácia funkčných blokov. AT&P journal, 2006, č. 4, str. 20.
- [5] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (5) – aplikácia funkčných blokov. AT&P journal, 2006, č. 5, str. 78.
- [6] IEC/TS 61804-1: Function blocks (FB) for process control – Part 1: Overview of system aspects. Ed 1.0, IEC, Geneva, 2003, 127 s.
- [7] STN EN 10628: Schémy technologických postupov pre výrobné prevádzky. Všeobecné predpisy (ISO 10628:1997). SÚTN, 2004.

Ing. Boris Georgiev

Axess spol. s r.o., Bratislava
e-mail: boris.georgiev@axess.sk

prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD.

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
e-mail: ladislav.juristica@stuba.sk

30