

# Prevádzkové riadiace systémy (3) - koncept funkčných blokov

Článok je voľným pokračovaním [1], v ktorom bola popísaná problematika prevádzkových riadiacích systémov a zaoberá sa systémovým pohľadom na možnosti použitia štandardizovaných funkčných blokov. Úvodná časť je založená na modeli programovateľných logických automatov. V druhej časti je definovaný funkčný blok ako nástroj na modelovanie funkcií spracovania informácií v decentralizovaných riadiacích systémoch technologických procesov. Článok vychádza z relevantných medzinárodných štandardov [2], [3] a [4].

## Úvod

Prehľad problematiky prevádzkových riadiacích systémov, ktoré predstavujú najnovšiu generáciu automatických riadiacích systémov spojených technologických procesov bol prezentovaný v [1]. Využívajú vlastnosti prevádzkových komunikačných systémov a inteligentných prevádzkových prístrojov, schopných vykonávať funkcie spracovania informácií pre účely automatického riadenia. Tieto funkcie sú reprezentované pomocou tzv. funkčných blokov.

Myšlienka použitia funkčných blokov nie je nová. Funkčné bloky v prevádzkových riadiacích systémoch predstavujú softvérovú realizáciu praxou overených funkcií riadiaceho systému, ktoré boli v generáciách konvenčných stavebnicových elektronických riadiacích systémov realizované hardvérovo. Tento prístup umožňoval zostavovať potrebné funkcie zo štandardných hardvérových blokov bez potreby podrobnej znalosti ich vnútornej činnosti. Zostavenie funkcií riadiaceho systému komunikačným prepojením softvérových funkčných blokov je obdobou elektrického prepájania fyzických zariadení pomocou unifikovaných analógových signálov, avšak na kvalitatívne vyššej úrovni. Z hľadiska tvorby aplikačného programového vybavenia digitálneho riadiaceho systému možno hovoriť o prechode od jeho programovania ku konfigurovaniu (prepojovaniu funkčných blokov) a parametrizovaniu (nastavovaniu parametrov blokov) za pomoci graficky orientovaných vývojových prostredí. Tento prístup je rozšírený nielen v oblasti riadenia spojených technologických procesov, ale aj v ostatných odvetviach priemyselnej automatizácie.

Neustále sa zvyšujúci tlak na ekonomickú efektívnosť zavádzania automatizácie sa v poslednej dobe zameriava popri nákladoch spojených s prevádzkou riadeného systému aj na spôsob tvorby aplikačného vybavenia riadiaceho systému. Z rôznych aplikačných oblastí automatizácie prichádzajú požiadavky najmä na zjednodušenie a urýchlenie inžinierskych činností, zvyšovanie spoľahlivosti a zjednodušenie správy aplikačného programového vybavenia a možnosť jeho rekonfigurovania z dôvodu zmeny výrobného postupu alebo poruchy časti riadiaceho systému, potrebu jednotného prístupu všetkých členov tímu pracujúcich na jednom projekte ako aj na možnosť prenositeľnosti aplikačného vybavenia medzi riadiacimi systémami rôznych výrobcov. Tieto požiadavky sa zabezpečujú štandardizáciou inžinierskych prostriedkov a činností pri projektovaní riadiaceho systému.

Prirodzeným krokom pri hľadaní spôsobu ako zefektívniť inžinierske činnosti, je preberanie overených postupov a princípov z oblastí softvérového inžinierstva a výpočtovej techniky. Následkom toho sa do terminológie používanej v priemyselnej automa-

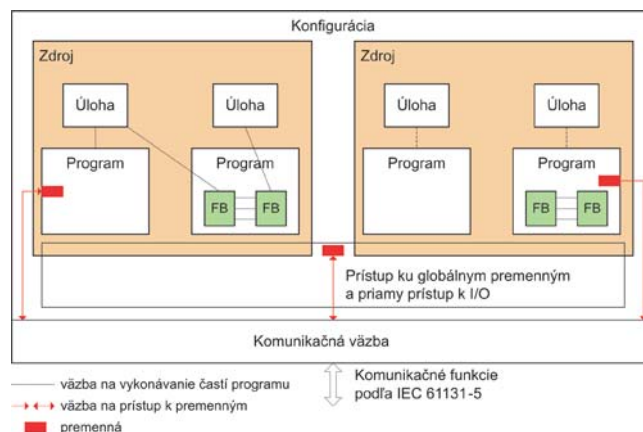
tizácii zavádzajú doteraz neznáme pojmy, s ktorými je potrebné sa vysporiadať. Za zdroj informácií pri ich výklade boli v tomto článku použité štandardy [2], [3] a [4].

Štandardizačné práce v oblasti definovania vlastností funkčných blokov a metodiky ich použitia iba dobiehajú potreby užívateľov, ktoré sú spojené s možnosťami najnovšej generácie riadiacích systémov. Keďže táto generácia je založená na spolupráci automatických prostriedkov od rôznych výrobcov, ktoré medzi sebou komunikujú za pomoci odlišných typov komunikačných systémov, vyššie uvedené požiadavky je možné dosiahnuť iba spoločným všeobecným prístupom k úlohám modelovania funkcií decentralizovaného riadiaceho systému. Vyžaduje sa teda existencia nástroja, ktorý by umožňoval systémový prístup k popisu funkcií rôznych typov decentralizovaných aplikácií. Vychodzí bod pri tvorbe takéhoto nástroja predstavoval jazyk funkčných blokov na konfigurovanie programovateľných logických automatov (PLC – Programmable Logical Controller).

## 1. Funkčné bloky pre PLC

PLC boli vyvinuté ako náhrada elektrických a elektronických logických obvodov, t. j. boli určené na čisto logické riadenie, avšak vďaka nárastu ich výpočtového výkonu bolo ich použitie rozšírené aj na riadenie regulačného typu. Z hľadiska vývoja, ktorý bol uvedený v [1] ich možno zaradiť do prvej generácie decentralizovaných riadiacích systémov s realizovaním funkcií spracovania informácií na úrovni riadenia technologického procesu a s účelovým prepojením prevádzkových prístrojov.

Príkladom presadenia sa myšlienky funkčných blokov môže byť v súčasnosti preferovaný jazyk na programovanie PLC, jazyk funkčných blokov (FBD – Function Block Diagram), ktorý je jedným z piatich jazykov definovaných v štandarde IEC 61131-3 [2]. Tento štandard sa široko uplatnil v praxi a podpora programovacích jazykov ktoré definuje je v súčasnosti implementovaná vo vývojových prostrediach všetkých významných výrobcov PLC. Za jeho ďalší vývoj zodpovedá pracovná skupina č. 7 (WG7: Programovateľné logické automaty) podvýboru SC65B (Zariadenia). V rámci IEC 61131-3 sú funkčné bloky základnými stavebnými prvkami pri štruktúrovanom programovaní PLC a vzhľadom na obmedzenia ktoré na ne štandard kladie, ich možno definovať



Obr.1 Model PLC z hľadiska štruktúry softvéru podľa IEC 61131-3 [2]

ako „nezávislé, zapuzdrené štruktúry dát s definovanými algoritmami, ktoré s nimi pracujú“ [5].

Na obr. 1 je zobrazený model PLC z hľadiska štruktúry jeho softvéru. Konfigurácia, ktorá predstavuje samotné PLC, môže obsahovať jeden alebo viacero zdrojov (resource), ktoré zodpovedajú jednotkám na spracovanie dát a ich HMI (HMI – Human-Machine Interface) rozhraní. V zdrojoch sú realizované programy, ktoré pozostávajú z funkčných blokov. Riadenie realizovania funkčných blokov je určené typom úloh, ku ktorým sú priradené (cyklická realizácia, realizovanie programu po nastaní definovanej udalosti a pod.).

Možnosti využitia funkčných blokov podľa IEC 61131-3 sú obmedzené už zmienou úrovňou funkčnej a priestorovej decentralizácie PLC. Vzhľadom na cyklický charakter realizovania funkčných blokov v PLC, nemožnosť distribuovať ich vykonávanie do viacerých zdrojov, obmedzené možnosti komunikácie medzi zdrojmi resp. zariadeniami, nedostatočnú flexibilitu priradenia programov jednotlivým úlohám a nie vždy jasne definované resp. definovateľné poradie realizácie funkčných blokov nie je softvérový model definovaný štandardom IEC 61131-3 vhodný na použitie v decentralizovaných riadiacich systémoch [6]. Avšak myšlienka funkčných blokov, ktorú je z pohľadu softvérového inžinierstva možno považovať za objektovo orientovaný prístup k tvorbe programového vybavenia riadiaceho systému, spolu s jazykmi definovanými v IEC 61131-3 boli použité ako základ ďalších prác.

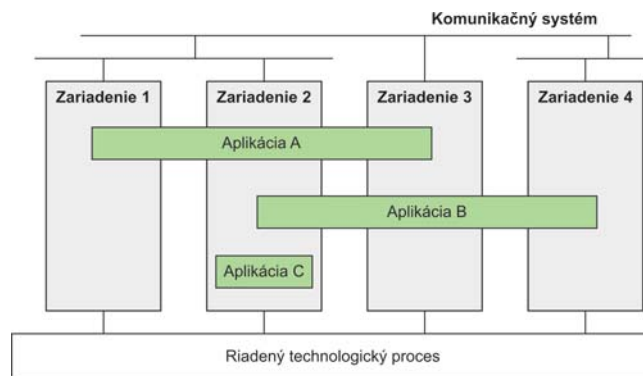
## 2. Modelovanie funkcií decentralizovaných riadiacich systémov

Základnou vlastnosťou súčasnej generácie decentralizovaných riadiacich systémov na rozdiel od systémov s PLC je ich možnosť rozdeliť realizovanie programového vybavenia (aplikácie) podľa potreby do viacerých automatizačných prvkov, ktoré medzi sebou komunikujú prostredníctvom komunikačného systému. Za aplikáciu sa bude v ďalšom považovať softvérová funkčná jednotka, ktorá rieši špecifické úlohy spracovania informácií v systémoch merania a riadenia technologických procesov (časť 1.3.6, [3]). Realizácia aplikácie môže byť decentralizovaná medzi viac zdrojov a môže komunikovať s inými aplikáciami.

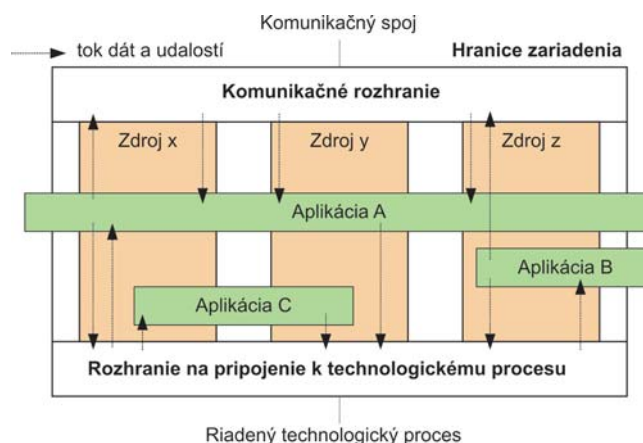
Definovať spôsob popisu funkcií takýchto systémov pomocou metódy funkčných blokov vo forme medzinárodného štandardu IEC dostala za úlohu začiatkom deväťdesiatych rokov minulého storočia pracovná skupina č. 6 (WG 6: Funkčné bloky) technickej komisie TC 65. Výsledkom bol štandard IEC 61499: Funkčné bloky pre meracie a riadiace systémy priemyselných procesov. V prvej časti štandardu, ktorý bol v januári tohto roka publikovaný ako medzinárodný štandard [3], je definovaná architektúra decentralizovaného systému, zariadenia, zdroja a funkčného bloku, typy funkčných blokov, spôsob ich použitia na modelovanie funkcií decentralizovaného systému, komunikácie medzi časťami aplikácie a na modelovanie manažmentu zdroja, zariadenia a celej aplikácie v decentralizovanom systéme. V druhej časti štandardu [4] sú definované základné požiadavky na softvérové nástroje, ktoré budú podporovať vlastnosti a funkcie definované v jeho prvej časti.

Model systému podľa [3], uvedený na obr. 2 korešponduje s myšlienkou prevádzkových riadiacich systémov, ktorá bola prezentovaná v [1]. Systém tvoria samostatne pracujúce zariadenia (napr. prevádzkové prístroje) prepojené cez komunikačný systém, v ktorých sú realizované jednotlivé časti jednej alebo viacerých aplikácií (napr. v zariadení 2 na obr. 2 sú realizované časti aplikácie A a B a celá aplikácia C).

Na obr. 3 je uvedený model zariadenia (príklad zariadenia 2 z obr. 2), ktorý vychádza z modelu PLC podľa IEC 61131 (obr. 1).



Obr.2 Model decentralizovaného riadiaceho systému [3]

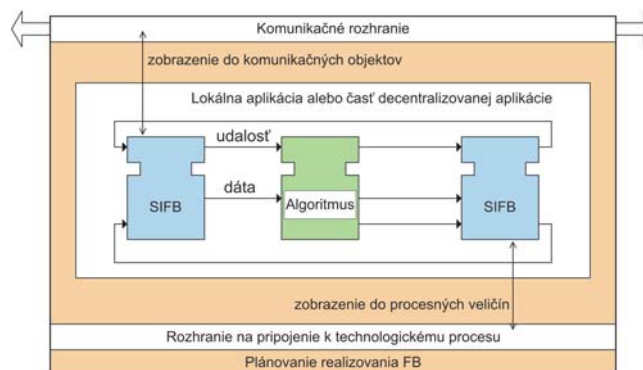


Obr.3 Model zariadenia [3]

Realizácia jednej alebo viacerých aplikácií je v rámci zariadenia priradená jednému alebo viacerým zdrojom (časťami na spracovanie dát), v ktorých sú realizované konfigurácie funkčných blokov. Zdroj možno na tomto mieste definovať ako funkčnú jednotku so samostatným riadením jej činnosti, ktorá poskytuje aplikáciám rôzne služby ako napr. ich plánovanie a vykonávanie (časť 3.1.34 [2]). Zariadenie obsahuje rozhranie na pripojenie k jeho hardvérovej časti, ktoré je pripojené k riadenému procesu a komunikačné rozhranie na informačné prepojenie funkčných blokov, ktoré sú realizované v rôznych zariadeniach ale pritom tvoria jednu aplikáciu.

Hlavným cieľom štandardu IEC 61499 je modelovať správanie sa funkčného bloku v rámci každého zdroja (obr. 4). Na modelovanie prepojenia aplikácie s rozhraniami ktoré poskytujú funkčným blokom prístup jednak ku komunikačnému systému a k riadenému procesu, je v štandarde definovaný špeciálny typ funkčného bloku – servisný funkčný blok (SIFB – Service Interface Function Block).

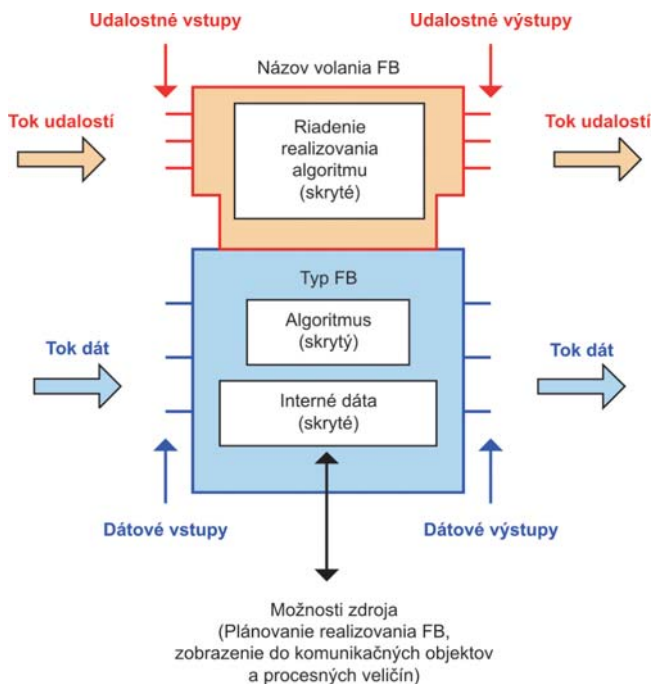
Rozloženie realizácie funkčných blokov do viacerých zdrojov a/alebo zariadení je možné iba ak je zabezpečená ich synchronizácia v rámci aplikácie, t. j. ak je zabezpečené riadenie požadovanej



Obr.4 Model zdroja [6]

postupnosti realizovania všetkých funkčných blokov, ktoré spoločne vytvárajú aplikáciu. Explicitným odlišením dvoch typov informačného prepojenia funkčných blokov pre účely ich synchronizácie sa zavádza nový prvok do metodiky funkčných blokov. Rozlišuje sa prenos informácií (o procesných veličinách) a prenos udalostí (informácií o nastaní udalostí). Udalosti riadia realizovanie funkčných blokov. Spúšťanie funkčných blokov v návaznosti na príchod udalostí riadi funkcia plánovania. Toto explicitné definovanie spracovania udalostí zároveň umožňuje modelovať dynamické zmeny riadenia realizácie funkčných blokov, t. j. predstavuje nástroj na modelovanie procesu rekonfigurovania aplikácie.

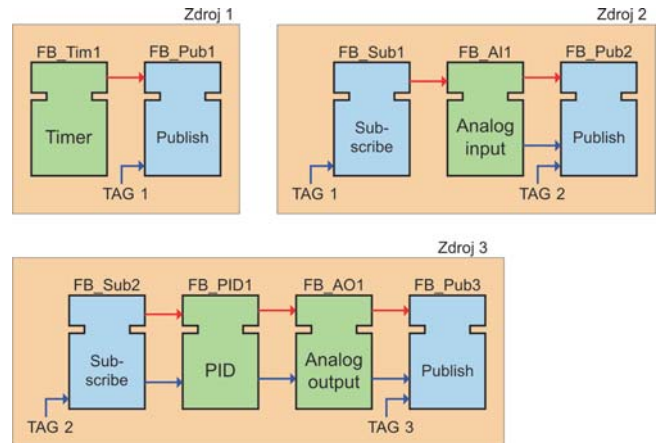
Aplikáciu možno pri bližšom pohľade považovať za systém funkčných blokov, prepojených pomocou dátových a udalostných spojov, ktoré sú realizované v jednom alebo viacerých zariadeniach. Model funkčného bloku je symbolicky rozdelený na časť spracovania udalostí a časť spracovania procesných informácií (obr. 5). Blok riadenia realizovania algoritmu (ECC – Execution Control Chart) na základe udalostných vstupov riadi algoritmus spracovania procesných dát a generuje udalostné výstupy. Štandard rozdeľuje funkčné bloky na základné, zložené a servisné. Oproti definícii funkčného bloku podľa IEC 61131-3 je v prípade IEC 61499 pridaná možnosť existencie viacerých algoritmov na spracovanie vstupných informácií v rámci jedného bloku, ktoré sú použité v závislosti od udalostných vstupov.



Obr.5 Model funkčného bloku podľa IEC 61499-1 [3]

Na obr. 6 je príklad aplikovania funkčných blokov podľa IEC 61499-1 na jednoduchý regulačný obvod (analogový vstup, PID regulátor a analogový výstup) decentralizovaný do troch zdrojov, ktoré sú prepojené cez komunikačný systém. Použitie štandardu je nezávislé od komunikačného systému, preto v ňom nie sú definované konkrétne funkčné bloky na modelovanie procesu komunikácie. Predpokladá sa iba spolahľivosť požadovaného informačného prepojenia. V tomto príklade bol vybraný komunikačný systém Foundation Fieldbus, ktorý pracuje na princípe Arbitrator – Producer – Consumer [1]. Proces riadenia komunikácie možno v tomto systéme modelovať pomocou servisných komunikačných funkčných blokov Publish (vyšli na zbernicu dáta označené ako TAG x) a Subscribe (prijmi zo zbernice dáta s označením TAG x).

Funkčný blok Časovač (Timer) v zdroji č. 1 generuje v pravidelných intervaloch informáciu o udalosti, ktorá sa vysielá na zber-



Obr.6 Jednoduchý regulačný obvod v štruktúre funkčných blokov

nicu pomocou bloku FB\_Pub1 pod označením TAG 1. Táto sa pomocou bloku FB\_Sub1 prijíma v zdroji č. 2 a slúži na pravidelné spúšťanie bloku analogového vstupu FB\_AI1 (zabezpečenie konštantnej periódy vzorkovania). Po ukončení získania informácie o procesnej veličiny generuje blok analogového vstupu udalosť, ktorou informuje blok FB\_Pub2 o potrebe prenosu jej novej hodnoty. Tá sa pod označením TAG 2 vysielá na zbernicu. Prijatá je blokom FB\_Sub2 v zdroji č. 3, v ktorom je realizovaný blok PID regulátora FB\_PID1. Ten po ukončení výpočtu opravnej veličiny generuje udalosť, ktorou spúšťa blok analogového výstupu FB\_AO1. Skutočná hodnota opravnej veličiny je pre potreby ďalšieho spracovania vysielaná na zbernicu blokom FB\_Pub3 pod označením TAG 3.

Spôsob popisu modelu aplikácie a jej jednotlivých komponentov (základných a zložených funkčných blokov) je významnou vlastnosťou štandardu IEC 61499. Jednoznačný popis externého rozhrania funkčného bloku resp. celej aplikácie (deklarovanie dátových a udalostných vstupov a výstupov, vnútorných premenných, vnútorných stavov bloku a spôsobu riadenia realizovania algoritmu) je definovaný v textovom formáte. Použitie textového formátu je dôležitý faktor, ktorý umožňuje prenositeľnosť modelu aplikácie medzi rôznymi vývojovými prostrediami (platformami). Na definovanie vnútorného algoritmu funkčného bloku môžu byť využité jednak jazyky z IEC 61131-3 napr. štruktúrovaný text (ST – Structured Text) ale aj štandardné jazyky ako sú napr. C a JAVA. Druhá časť štandardu sa zaoberá aj popisom grafického rozloženia funkčných blokov v softvérových nástrojoch pomocou jazyka XML (Extended Markup Language).

Štandard IEC 61499 definuje univerzálne použiteľnú metodiku popisu decentralizovaných systémov t. j. predstavuje nástroj použiteľný v úvodnej fáze projektovania na tvorbu systémového pohľadu. Ucelené informácie o použití FB podľa IEC 61499 na modelovanie funkcie decentralizovaných riadiacich systémov možno nájsť napr. v [6].

Keďže jednotlivé aplikačné oblasti automatizácie kladú rozdielne požiadavky na riadiace systémy, líšia sa aj ciele využitia nástrojov ktoré popisuje tento štandard. Napr. v oblasti pružných výrobných systémov sa metóda funkčných blokov používa na modelovanie celých výrobných buniek a umožňuje modelovať zmeny riadiacej aplikácie potrebné pri zmene výroby [7]. Realizovanie takéhoto konceptu umožňujú napr. riadiace systémy, ktoré využívajú komunikačný systém Profinet CBA (CBA – Component Based Automation). Pri riadení spojitých technologických procesov je zaužívané použitie štandardných funkčných blokov. Keďže zmena výroby nie je v tejto oblasti častým javom, modelovanie flexibility riadiacej aplikácie možno využiť napr. pri riešení problematiky jej rekonfigurovateľnosti z dôvodu poruchy v riadiacom systéme.



## Záver

V tomto článku bol predstavený systémový pohľad na koncept funkčných blokov použiteľných v decentralizovaných riadiacich systémoch v návaznosti na úroveň ich medzinárodnej štandardizácie. V úvodnej časti boli definované zdroje vývoja funkčných blokov a dôvody nutnosti ich štandardizácie. V hlavnej časti bol prezentovaný všeobecný spôsob popisu funkčne a priestorovo decentralizovanej realizácie funkcií spracovania informácií pre účely riadenia technologického procesu a riadenia procesu komunikácie na báze funkčných blokov podľa štandardu IEC 61499.

Ďalší diel sa bude zaoberať problematikou využitia konceptu funkčných blokov v oblasti riadenia spojitých technologických procesov.

## Použité skratky

ECC	Execution Control Chart (časť funkčného bloku na riadenie realizovania algoritmu)
FB	Function Block (funkčný blok)
HMI	Human-Machine Interface (rozhranie človek – stroj)
IEC	International Electrotechnical Commission (Medzinárodná normalizačná organizácia pre elektrotechniku)
PLC	Programmable Logical Controller (programovateľný logický automat)
SC	Subcommittee (podvýbor)
SIFB	Service Interface Function Block (servisný funkčný blok)
WG	Working Group (pracovná skupina)
XML	Extended Markup Language (textovo orientovaný jazyk určený najmä na ukladanie štruktúrovaných dát v textovej forme)

## Literatúra

- [1] GEORGIEV, B., JURIŠICA, L.: Prevádzkové riadiace systémy (1) – úvod. Časopis AT&P journal, 2006, č. 1, str. 58.
- [2] IEC 61131-3: Programmable controllers – Part 3: Programming languages. Ed. 2.0, IEC, Geneva, 2003, 230 s.
- [3] IEC 61499-1: Function blocks – Part 1: Architecture. Ed 1.0, IEC, Geneva, 2005, 111 s.
- [4] IEC 61499-2: Function blocks – Part 2: Software tool requirements. Ed 1.0, IEC, Geneva, 2005, 41 s.
- [5] JOHN K. H., TIEGELKAMP, M.: IEC 61131-3: Programming industrial automation systems. Springer – Verlag Berlin, 2001.
- [6] LEWIS, R: Modelling control systems using IEC 61499 : Applying function blocks to distributed systems. IEE, London, 2001, 192 s.
- [7] Function Block-Based, Holonic Systems Technology. Online informácie na [www.holobloc.com](http://www.holobloc.com). Prezreté dňa 1. 12. 2005. Posledná revízia 27. 08. 2005.

**Ing. Boris Georgiev**  
**prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD.**  
Slovenská technická univerzita  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra automatizácie a regulácie  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava  
e-mail: [boris.georgiev@stuba.sk](mailto:boris.georgiev@stuba.sk)  
[ladislav.jurisica@stuba.sk](mailto:ladislav.jurisica@stuba.sk)

17