

Riadenie automatizovaného skladu – zakladača PLC systémom

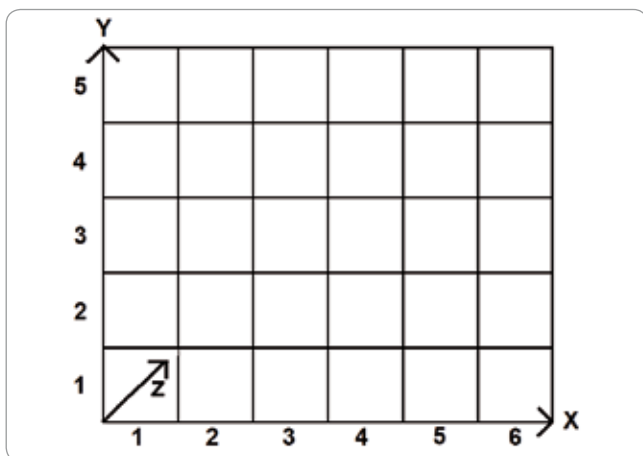
Článok sa zaoberá návrhom a realizáciou riadenia skladového zakladača na základe zmenšenému modelu reálneho skladového systému. Riadenie je realizované prostredníctvom nadradeného riadiaceho PLC (Programmable Logic Controller) systému, ktorý ovláda jednotky EPOS (Easy to Use Positioning System). Komunikáciu medzi PLC systémom a jednotkami EPOS zabezpečuje priemyselná komunikačná zbernica CAN (Controller Area Network). Navrhovanú metódu riadenia skladového zakladača možno využiť na implementáciu podobného riešenia v reálnej prevádzke. Dosaiahnuté výsledky budú využité vo výučbe v pedagogickom procese aj vo výskume na FEI STU.

Úvod

Logistika a riešenie jej materiálových a informačných tokov predstavuje dosiahnutie optimálneho pomeru nákladov a výnosov pomocou optimalizácie jednotlivých činností. Manipulácia s materiálom a skladovanie sa významne podieľa na položkách nákladov v logistike. [14], [11], [1] Častou automatizácie skladov a ich riešení sú skladové zakladače. Sú to žeriavovo-výťahové zariadenia, ktoré slúžia na automatické uskladňovanie paliet. Tieto zariadenia sú ovládané riadiacim softvérom v PC, PLC systéme alebo inom programovateľnom systéme. Zakladač môže pracovať v automatickom, poloautomatickom alebo manuálnom móde. Funkčný model skladového zakladača sa dá využiť v pedagogickom procese na prezentáciu riadenia a komunikácie. Ďalej sa bude využívať na modelovanie optimalizácie riadenia a generovanie automatizácie operácií v logistike. [5], [6], [9], [1]

Návrh riešenia

Cieľom návrhu a realizácie je riadenie fyzického modelu skladového zakladača pohybujúceho sa v troch súradnicových osiach. Na obr. 1 je model skladu a pohyb v troch súradnicových osiach. Na riadenie je použitý PLC systém od firmy Siemens. Komunikácia medzi zakladačom a riadiacim systémom je realizovaná priemyselnou zbernicou typu CAN s komunikačným modulom CAN 300 PRO[4]. Riadiace jednotky EPOS na riadenie DC (jednosmerný motor) motorov sú použité na ovládanie výkonového subsystému pozostávajúceho z troch DC motorov a snímačov. Systém kontrolujú kamery pracujúce v reálnom čase. Navrhnuté je aj riadenie a sledovanie systému cez internet pomocou webových technológií.



Obr. 1 Model skladu a pohyb zakladača v troch súradnicových osiach

2.1 Riadiaci subsystém

Riadiaci subsystém tvorí súbor technických zariadení, ktoré realizujú algoritmus riadenia [10]. V navrhnutom zariadení sa riadenie realizuje v dvoch úrovniach, ktoré pracujú v reálnom čase. Horná úroveň riadenia je realizovaná PLC systémom Simatic S7-300 od firmy Siemens, dolná úroveň riadenia predstavuje dve riadiace jednotky EPOS 24/5 od firmy Maxon Motor na horizontálny a vertikálny

pohyb. [7], [8] Ovládanie tretieho smeru pohybu – zasúvanie a vysúvanie – je realizované pomocou H mostu IO obvodu typu L298 od firmy STMicroelectronics.

Komunikačný subsystém

Komunikačný subsystém pozostáva z troch komponentov:

1. z komunikačného modulu CAN 300 Pro,
2. zo zbernice CAN,
3. zo zbernice Profinet IO.

Prepojenie komunikačného modulu CAN PRO, PLC a riadiacich jednotiek EPOS je zabezpečené pomocou CAN zbernice. Zbernica Profinet IO zabezpečuje komunikáciu medzi PLC a OPC serverom.

Výkonový subsystém

Výkonový subsystém je realizovaný s tromi DC motormi na zabezpečenie pohybu v troch osiach. Na pohyb v horizontálnom a vo vertikálnom smere sú použité motory RE-max 29 s planetárnou prevodovkou GP26B a inkrementálnym snímačom otáčok. [7], [8] Skladový zakladač sa pohybuje v horizontálnom smere po dvoch koľajniciach. Prenos otáčok motora na pohyb po koľajniciach je zabezpečený pomocou mechanizmu prevodovky a klinového remeňa na priamočiary pohyb. Na obr. 2 je pohľad na konštrukčné riešenie pohybu v horizontálnom smere.



Obr. 2 Konštrukčné riešenie pohybu v horizontálnom smere

Na tretí smer pohybu – zasúvanie a vysúvanie – stačí jednoduchý DC motor s vhodným napájacím napätím. [7], [8] Na obr. 3 je konštrukčné riešenie pohybu lyžiny.



Obr. 3 Konštrukčné riešenie pohybu lyžiny

Vo vertikálnom smere slúži na pohyb k jednotlivým pozíciám skladu výťahový mechanizmus a rovnaký spôsob prevodu.

Senzorový subsystém

Pozostáva z inkrementálnych snímačov na snímanie aktuálnej pozície zakladača. Na zistenie nulovej, koncovej, home pozície a krajnej polohy sú použité koncové spínače. Na ošetrovanie stavu – zasúvanie a vysúvanie – boli realizované snímače nárazu a meranie napätia na výstupe z H mostu IO obvodu typu L298.

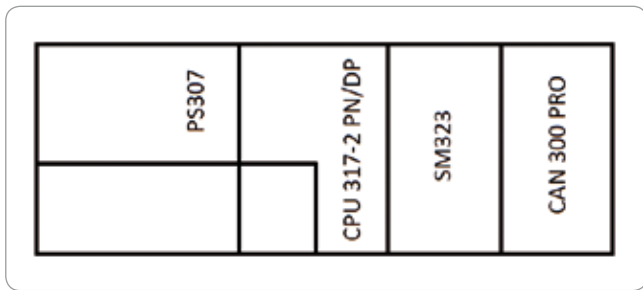
Realizácia systému

PLC systém

Na riadenie bol použitý PLC systém namontovaný na montážnej lište a zložený z nasledujúcich komponentov:

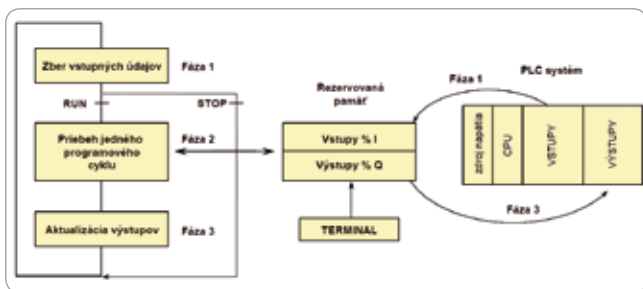
- PS307 – stabilizovaný zdroj jednosmerného prúdu,
- PU 317-2 PN-DP – modul centrálnej procesorovej jednotky
- 323 signálny modul.

Ďalej bol na montážnej lište namontovaný modul CAN 300 PRO na zabezpečenie komunikačného rozhrania pre zbernicu CAN. Konfigurácia PLC systému spolu s CAN 300 PRO je na obr. 4. Konfigurácia systému bola realizovaná pomocou PC s komunikačnou kartou CP5611 a so softvérom Simatic STEP7. Nastavila sa IP adresa pre CPU, ďalej rozsah adres vstupov a výstupov pre signálne moduly a CAN300 PRO. Po nahratí konfigurácie do PLC bol systém pripravený na programovanie a komunikáciu cez ethernet.



Obr. 4 Konfigurácia PLC systému

Zaroveň sa konfigurovalo spojenie medzi PLC systémom a OPC serverom, ktorý bol inštalovaný ako časť aplikácie Simatic NET. Počítač s OPC serverom dostal verejnú IP adresu. Konfigurácia bola importovaná do OPC servera. PLC systém pracuje v dvoch módoch – STOP a RUN. RUN mód má nasledujúci cyklus: zber vstupných dát – štart programového cyklu – aktualizácia výstupov. Mód STOP vykoná len zber vstupných dát. Na obr. 5 je bloková schéma programového cyklu pre mód RUN aj STOP. [12], [13], [1]



Obr. 5 Bloková schéma programového cyklu pre PLC

Riadiaca jednotka EPOS 24/5

EPOS 24/5 je riadiaca jednotka firmy Maxon Motor. Služi na riadenie kefkových DC motorov s permanentnými magnetmi, ktoré sú vybavené inkrementálnymi snímačmi polohy. Riadiaca jednotka pracuje vo viacerých režimoch riadenia. Režimy riadenia využité v tomto príspevku sú:

- „Home mode“ – určenie začiatkovej pozície,
- „Profile Position mode“ – polohovanie zakladača.

Využili sa nasledujúce vstupy a výstupy:

Vstup:

- vstup inkrementálneho snímača,

- digitálne vstupy,
- analógové vstupy,
- DIP prepínač na konfiguráciu CAN-ID.

Výstup:

- digitálne výstupy.

Na komunikáciu slúžia rozhrania RS-232 a dve CAN. Na riadenie DC motorov boli použité dve riadiace jednotky EPOS. Konfigurácia jednotiek EPOS sa realizovala na PC so softvérom EPOS User Interface s prepojením na EPOS cez RS232. Vypočítali sa a optimalizovali hodnoty PI regulátorov prúdu, rýchlosti a PID regulátor polohy. K jednotkám EPOS boli pripojené koncové snímače a snímač začiatkovej polohy. Analógový vstup v EPOS-e sníma napätie z IO obvodu typu L298 a je použitý na riadenie zasúvania a vysúvania lyžín v treťom smere pohybu. [8], [15], [1]

Komunikácia a komunikačné rozhranie v systéme

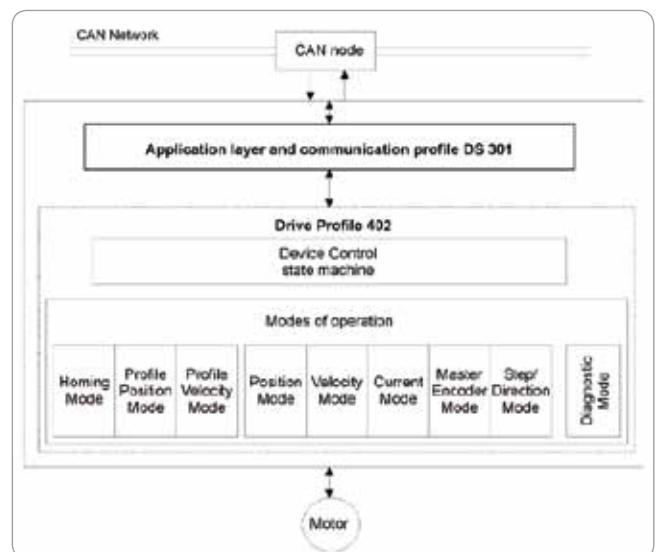
Zbernica CAN a protokol CANopen

CAN (Controller Area Network) je sériová dátová zbernica, ktorú v roku 1986 predstavila spoločnosť Bosch. Pôvodne sa využívala hlavne v automobilovom priemysle v komunikačnej sieti senzorov a riadiacich jednotiek v automobiloch. Po krátkom čase sa úspešne rozšírila aj do priemyselnej automatizácie. V roku 1992 bolo ustanovené združenie výrobcov a používateľov zbernice CAN s názvom CiA (CAN in Automation). V roku 1995 CiA publikuje špecifikáciu protokolu CANopen, ktorý sa bude využívať aj v tomto systéme.

CAN protokol umožňuje pristupovať na zbernicu viacerým uzlom súčasne. Pri súčasnom prístupe viacerých uzlov využíva CAN nedeštruktívnu, bitovo orientovanú metódu rozhodovania nazývanú CSMA/CD + AMP (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority). Priorita správy je kódovaná v identifikátore rámca. Zariadenie EPOS použité v návrhu podporuje iba štandardný typ rámca s 11-bitovým identifikátorom (CAN2.0A). [2], [3]

Komunikačná architektúra meniča EPOS

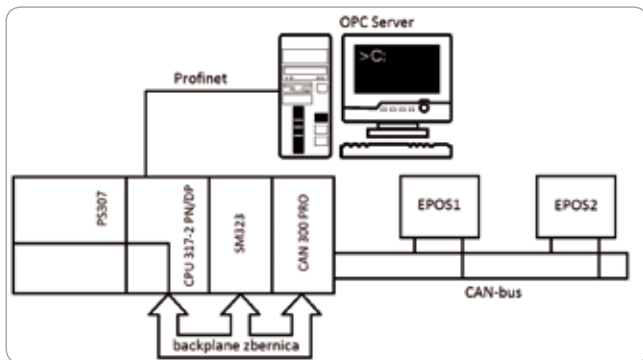
Pri komunikácii meničov s komunikačným modulom je použitá komunikácia typu Master/Slave, kde komunikačný modul CAN 300 PRO bude Master a meniče EPOS boli nastavené ako Slave. Na obr. 6 je znázornená komunikačná architektúra EPOS-u. [7], [8] Celková bloková schéma zapojenia komunikačného subsystému je na obr. 7.



Obr. 6 Komunikačná architektúra EPOS-u

Konfigurácia a komunikácia

Konfigurácia CAN 300PRO sa realizovala pomocou softvéru CANParam v.4 cez rozhranie USB podľa manuálu firmy Helmholtz a podľa CiA štandardu DS402. Komunikačný modul pracoval ako zariadenie typu Master a jednotky EPOS ako Slave. Komunikačné

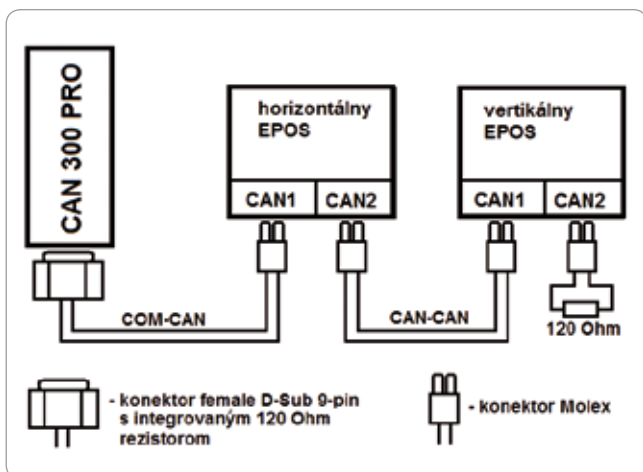


Obr. 7 Bloková schéma zapojenia komunikačného subsystému

objekty na prenos dát medzi zariadeniami na zbernici boli typu PDO (Proces Data Objects) – na prenos dát v reálnom čase a SDO (Service Data Objects) na čítanie a zapisovanie do objektov zariadení zo slovníka objektov. PDO objekty boli priamo mapované v CAN module, ako aj v EPOS-och. Pre SDO sa pristupovalo k objektom cez funkčné bloky s definíciou indexu a subindexu objektu zo slovníka objektov zariadenia. [16], [17]

Kabeláž pre zbernicu CAN

Kábel typu COM – CAN spája komunikačný modul s horizontálnym meničom EPOS a kábel typu CAN – CAN zase obidva meniče EPOS. Na strane modulu CAN 300 PRO je ukončovací člen integrovaný priamo do konektora na káblí. Na strane vertikálneho meniča EPOS je plnohodnotný ukončovací CAN konektor. [16], [17] Na obr. 8 je zapojenie zbernice CAN v tomto zariadení.



Obr. 8 Zapojenie CAN zbernice

Riadenie zakladača

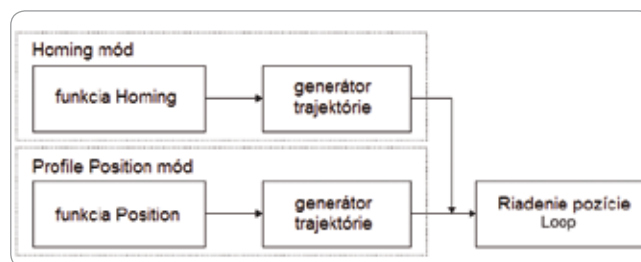
Na riadenie zakladača bol vytvorený program, ktorý okrem samotného riadenia vytvoril aj API rozhranie na riadenie cez operátorskú konzolu na diaľku. Toto API rozhranie je tvorené pamäťovými bitmi, na ktoré sú naviazané určité operácie. Tieto pamäťové bity sú sprístupnené pomocou OPC servera, takže sa dajú čítať aj nastavovať na diaľku. Programy v PLC sa skladajú z objektov. Slovník objektov (Object Dictionary) je jednou z najdôležitejších súčastí CANopen zariadenia. Pomocou objektov v tomto slovníku ovládame celé zariadenie. Slovník tvoria skupiny objektov, ku ktorým možno pristupovať cez sieť (CAN zbernica). Každý objekt je adresovaný pomocou 16-bitového indexu a 8-bitového subindexu. Na spresnenie 16-bitový index adresuje celú štruktúru a následne 8-bitový subindex adresuje element v tejto štruktúre. [12], [13]

Typy objektov:

- OB organizačný blok, prebieha v ňom hlavný cyklus programu,
- FB funkčný blok podobný procedúre v jazyku Pascal, obsahuje vstupné a výstupné parametre naviazané na určitý údajový blok,
- FC funkcia, ako FB, ale vie vrátiť hodnotu,
- DB údajový blok,
- UDT údajový typ,
- VAT tabuľka premenných.

Operačné módy

Na riadenie zakladača boli použité dva módy: Homing a Profile Position. Obidva tieto módy využívajú generátor trajektórie, ktorý pomocou vstupných údajov a nastaveného profilu pohybu vypočíta trajektóriu. Následne sa riadenie dostane do slučky, kde sa kontroluje dosiahnutie žiadanej pozície. [16], [17], [8], [1] Na obr. 9 je bloková schéma funkčnosti módov.



Obr. 9 Bloková schéma funkčnosti módov

Mód Homing slúži na nastavenie zakladača do nulovej pozície. Aktivujeme ho nastavením PDO objektu. Nastavenie módu vykonáme prostredníctvom jeho parametrov. Tieto nastavenia sa do EPOS-ov posielajú pomocou SDO objektov.

Mód Profile Position slúži na pohyb zakladača na určenú pozíciu. Aktivujeme ho nastavením PDO objektu. Tento mód tiež využíva generátor trajektórie. Vstupmi generátora sú parametre, ktoré nastavujeme pomocou SDO objektov.

Pohyby zakladača

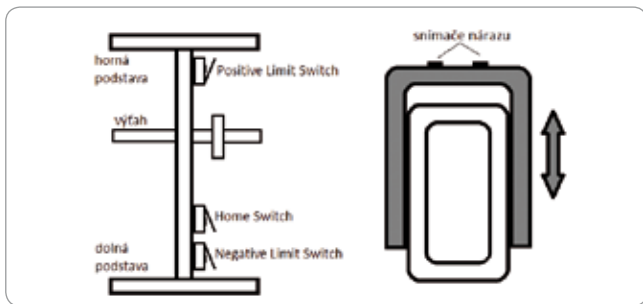
Model skladu obsahuje šesť pozícií v horizontálnom smere a päť vo vertikálnom smere. Aby sa zakladač mohol pohybovať po pozíciách, musí byť aktivovaný mód Profile Position. Následne sa nastaví správna poloha osobitne pre horizontálny a vertikálny smer pohybu. Polohy nastavujeme pomocou PDO objektov „Požadovaná poloha“. Vždy nastavujeme absolútnu polohu, čo znamená, že požadovanú polohu reprezentuje počet krokov, ktoré treba prejsť od nulovej polohy. Po aktivovaní spúšťača (triggera) sa zakladač presunie na danú polohu. Na obr. 10 je znázornený reálny model zakladača, na obr. 11 model výťahovej konštrukcie a výsuvný mechanizmus lyžín. [1] Po aktivovaní spúšťača (triggera) program kontroluje pozíciu zakladača a porovná ju s požadovanou polohou a pošle príkazy jednotkám EPOS. Cez jednotku EPOS sa ovláda aj vysunutie a zasunutie lyžín. Kontrola pozície lyžín sa realizuje snímaním a vyhodnotením hodnoty napätia na výstupe z IO L298.



Obr. 10 Reálny model zakladača

Riadenie pomocou webových technológií

Na riadenie zakladača webovými technológiami bola vytvorená aplikácia klient – server a komunikačné rozhranie na riadenie automatizovaného skladu. Vytvorila sa lokálna operátorská konzola na kontrolu a riadenie zakladača v prostredí WINCC. Pomocou

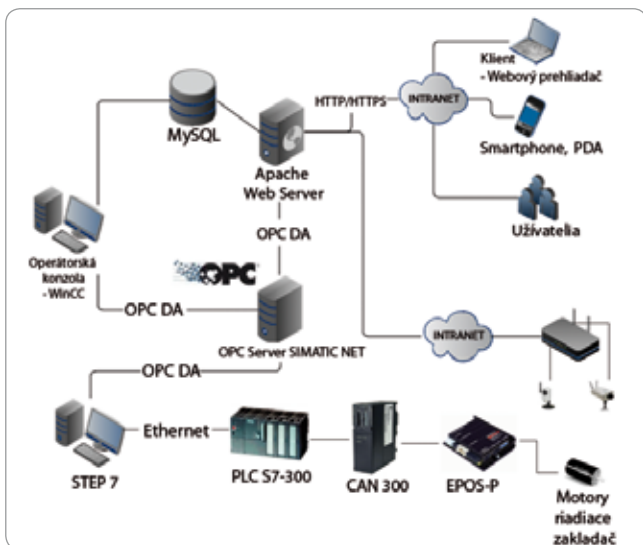


Obr. 11 Model výťahovej konštrukcie a výsuvný mechanizmus lyží

webových technológií bola navrhnutá aplikácia klient – server, ktorá realizovala riadenie a pozorovanie činnosti zakladača aj viacerými používateľmi. Riešila sa administrácia používateľov rôznych úrovní, archivácia a export dát na štatistické vyhodnotenie činností. Na obr. 12 je architektúra celej aplikácie.

Na strane webového klienta bola riešená komunikácia klientskeho PC s distribuovanou databázou na serveri, komunikácia klient – server a vizualizácia na uľahčenie práce klienta. Ide o diaľkové riadenie navrhnutého procesu prostredníctvom servera s distribuovanou databázou s využitím webových technológií.

Klient (PC – webový klient) po pripojení do systému (meno, heslo) riadil technologický proces, sledoval priebeh riadenia v reálnom čase a výsledky riadenia prostredníctvom vizualizácie, ale aj na streamovanom zázname z videokamery. Na strane operátorskej konzoly sa riešila komunikácia OPC servera s operátorskou konzolou, plnenie databázy na serveri a obojsmerná komunikácia operátorskej konzoly s technologickým procesom. [18]



Obr. 12 Architektúra aplikácie

Záver – zhodnotenie výsledkov

V príspevku je realizovaný detailný návrh riadenia reálneho modelu skladového zakladača. Bol vytvorený riadiaci program pre PLC na riadenie zakladača a zároveň bola navrhnutá a realizovaná komunikácia medzi PLC systémom a OPC serverom a medzi PLC systémom a riadiacimi jednotkami EPOS prostredníctvom CAN zbernice. Komplexne sme overili funkcionálnosť navrhnutého riešenia. Vytvorením operátorskej konzoly a webovej aplikácie na riadenie bol vytvorený priestor na návrh metód modelovania, optimalizácie a riadenia zakladača, ako aj generovania automatizácie operácií v logistike. Vzhľadom na to, že k dispozícii bol reálny model zakladača a uvedené metódy možno aj reálne overiť a vyhodnotiť, predstavuje tento projekt cenný prínos aj v pedagogickej oblasti zameranej na automatizáciu.

Podakovanie

Táto práca vznikla s podporou VG -0690, prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD. – Sk 1.

References:

- [1] Vizsus, Bc. Eugen. Návrh a realizácia riadenia automatického skladu (diplomová práca). Bratislava : STU FEI, 2011.
- [2] CiA. CAN Physical Layer [pdf]. Erlangen : CiA, 1999. [cit. 2011.12.05].
- [3] CiA. CAN Data Link Layer [pdf]. Erlangen : CiA, 1999. [cit. 2011.12.05].
- [4] CiA. CANopen Application layer and communication profile [pdf]. Erlangen : CiA, 2007. [cit. 2011.12.05].
- [5] LAMBERT, Douglas M. – STOCK, James R. – ELLRAM, Lisa M. Logistika. 1. vyd. Praha : Computer Press, 2000. 589 s. ISBN 80-7226-221-1.
- [6] MAJERČÁK, J. Rozhranie logistického reťazca v prepravnom procese. In Logistický monitor. [online]. 2005, [cit. 2011.20.05]. Dostupné na internete: <<http://www.logistickymonitor.sk/en/images/prispevky/rozhranie-logistickeho-retazca-v-prepravnom-procese.doc>>. ISSN 1336-5851.
- [7] MAXON MOTOR AG. EPOS 24/5 Hardware Reference [pdf]. Sachseln : maxon motor ag, 2008. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://test.maxonmotor.com/docsx/Download/Product/Pdf/275512_Hardware_Reference_E.pdf>.
- [8] MAXON MOTOR AG. EPOS Firmware Specification [pdf]. Sachseln : maxon motor ag, 2010. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://test.maxonmotor.com/docsx/Download/Product/Pdf/EPOS_Firmware_Specification_E.pdf>.
- [9] MECALUX. Stacker cranes for pallets [pdf]. Product Catalogue. L'Hospitalet de Llobregat : Mecalux. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <<http://img.mecalux.sk/external/catalogue/sk-SK/pdf/stacker-cranes-pallets-int-13972.pdf>>.
- [10] MURGAŠ, J. Automatizácia I [online]. Bratislava : STU Online, 2002. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <<http://www.kasr.elf.stuba.sk/predmety/kyb/Automatizacia%20I.htm>>.
- [11] KRAJČOVIČ, M. Projektovanie výrobných systémov – prednáška 6 [pdf]. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://fstroj.utc.sk/kpi/krajcovic/pvs/PVS_prednaska6_text.pdf>.
- [12] SIEMENS AG. Programmable Logic Controllers S7-300 Module Data [pdf]. Nuernberg : Siemens AG, 2004. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://siemens.5130cn.com/images/Article/Technical/S7-300_RHB_e.pdf>.
- [13] SIEMENS AG. SIMATIC S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Technical specifications [pdf]. Nuernberg : Siemens AG, 2008. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://www.ad.siemens.com.cn/products/as/simaticplc/s7-300/download/s7300_cpu_31xc_and_cpu_31x_manual_en-US_en-US.pdf>.
- [14] ŠTEHLÍK, A. Logistika – strategický faktor manažerského úspechu. 1. vyd. Brno : Studio Contrast, 2002. 231 s. ISBN-80-238-8332-1.
- [15] STMICROELECTRONICS. L298 Dual Full-Bridge Driver [pdf]. Italy : STMicroelectronics, 2000. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <<http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/1773.pdf>>.
- [16] SYSTEME HELMHOLZ GmbH. CAN 300 PRO Manual [pdf]. 5. vyd. Hannberger : Systeme Helmholtz GmbH, 2010. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://www.helmholz.de/dnl/manual_600-CAN12_CAN300PRO_5.zip>.
- [17] SYSTEME HELMHOLZ GmbH. CAN 300 PRO Application Example DS402 Maxon [pdf]. 3. vyd. Hannberger : Systeme Helmholtz GmbH, 2010. [cit. 2011.12.05]. Dostupné na internete: <http://www.helmholz.de/dnl/Manual_CAN300PRO_DS402_Example_Maxon_3.zip>.
- [18] Hochel, Bc. Martin. Návrh server – klientskej aplikácie a komunikačného rozhrania pre riadenie automatického skladu (diplomová práca). Bratislava : STU FEI, 2011.

Jozef Dorner
jozef.dorner@stuba.sk

Jozef Dúbravský
jozef.dubravsky@stuba.sk

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave
Slovenská republika