

Hierarchia a funkcie informačných systémov vo výrobnom podniku

Výrobné podniky sa v súčasnom období stretávajú s globálnou konkurenciou, ktorú vyvolávajú stále náročnejší zákazníci. Preto sa podniky riadením svojich činností snažia účinnejšie pôsobiť vo svojom prostredí, t. j. v rámci dodávateľských reťazcov (Supply Chain – SC) a spájajú sa do sieťových produkčných štruktúr, z čoho vyplýva, že aj dodávatelia a zákazníci sa stávajú súčasťou produkčných štruktúr. Tieto zložité systémy treba nielen riadiť, ale ich činnosť aj optimalizovať na základe vhodných kritérií. A práve rozvoj nových informačných technológií (Information Technology – IT) umožňuje využívať sieťové (počítačové) komunikačné štruktúry na prenos a riadenie informačných tokov, na riadenie materiálových a finančných tokov a na vyhľadávanie optimálnych podmienok pri produkcii podniku, a to všetko na základe požiadaviek zákazníka.

Informačné a riadiace systémy v produkčnom systéme

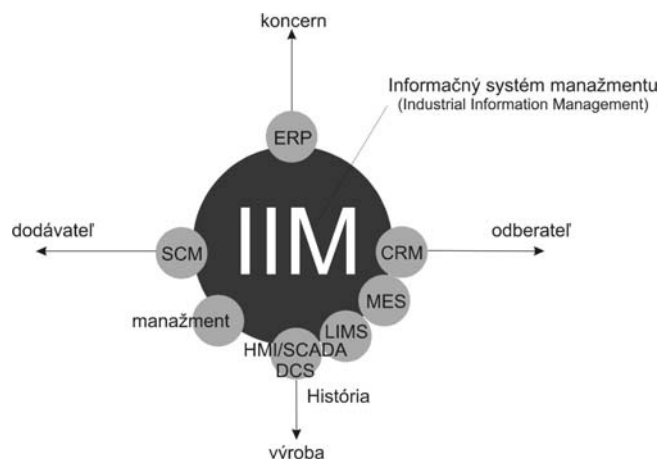
S rastúcou zložitou výrobných procesov veľmi prudko narastá objem informácií potrebných pri ich riadení. Vo všeobecnosti sa vyžaduje stále viac priamych informácií o veličinách ovplyvňujúcich sledovaný proces. Niekedy však treba spracovať ešte väčší objem informácií o veličinách, ktoré ovplyvňujú proces nepriamo, pričom sú dôležité aj ich väzby a kombinácie. Stále zložitejšie je racionálne využívanie informácií, získaných „manuálne“, t. j. obsluhou. Dôležitú stránku tohto problému, ktorá nie je dosiaľ uspokojivo riešená, predstavuje dodatočné spracovanie údajov z výrobného procesu produkovaných informačným pod-systémom riadiacich systémov, t. j. spracovanie výrobných alebo technologických údajov. V súčasnosti sa najčastejšie tieto údaje používajú len na okamžité rozhodovanie pri riadení technologického procesu, a aj to len v minimálnej, čiže nevyhnutne potrebnej miere. No z výrobných údajov možno ďalším spracovaním získať mnohé užitočné informácie. Pritom na technické prostriedky, t. j. na zdroje na získanie týchto informácií (senzorové, meracie systémy) boli už financie vynaložené pri realizácii riadiaceho systému výrobného procesu. Informácie získané ďalším spracovaním týchto údajov predstavujú pre používateľa už akýsi bonus. Novú kvalitu ponúkajú netriviálne závislosti získané z kolísania hodnôt vstupných alebo interných veličín procesu, charakterizujúce napr. kvalitu výsledného produktu, efektivitu výroby a pod. Využívanie „historických“ výrobných údajov umožňuje vytvárať rôzne predpovede sledovaných kritérií. Prostredníctvom takýchto informácií možno optimalizovať vlastnosti celého výrobného procesu (kvalita produkcie, výrobné náklady), čo môže mať pozitívne ekonomické a trhovo-konkurenčné dôsledky pre výrobný podnik. Preto sa neustále zvyšujú nároky na úroveň spracovania a na kvalitu prístupu k výrobným údajom z vyšších riadiacich podnikových úrovní. Na uplatnenie naznačených možností je potrebná informačná podpora riadenia zložitých výrobných procesov alebo podpora vyplývajúca z dodatočného spracovania výrobných údajov pochádzajúcich z výrobného procesu. Preto väčšina výrobných podnikov v súčasnosti vyžaduje, aby okrem sledovania údajov na úrovni operátora boli tieto informácie sprístupnené aj na úrovni stredného a vyššieho manažmentu v agregovanej forme.

Na konci minulého storočia si manažmenty priemyselných výrobných podnikov začali uvedomovať nutnosť vzájomného prepojenia čiastkových informačných blokov do celopodnikového

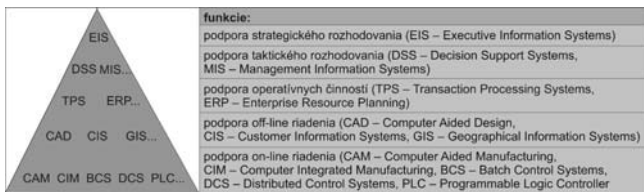
informačného systému. Táto nutnosť vyplývala hlavne z toho, že sa najskôr vytvárali špecializované aplikácie zamerané na zber a ukladanie údajov, dávkové riadenie výroby, na analýzu jednotlivých výrobných zariadení a pod. Pod tlakom nových ekonomických „síl“, ktoré vznikajú v poslednom desaťročí, ako sú globalizácia, zapájanie podnikov do dodávateľských reťazcov, ale hlavne elektronické obchodovanie, sa výrobné procesy intenzifikujú a často i geograficky rozširujú, pričom však výrobné podniky hrajú naďalej ústrednú rolu. Globalizácia firiem aj výrobných procesov vytvárajú požiadavku na nové organizačné štruktúry. Treba si uvedomiť, že výroba dnes nie je proces, ktorý môže byť dokončený v jednom podniku, ale sa rozširuje za hranice podniku, krajiny či koncernu. Grafické vyjadrenie nových organizačných štruktúr výrobného procesu z hľadiska toku a spracovania údajov či informácií je na obr. 1.

Vzájomný koordinačný prvok, na obr. 1 nazvaný priemyselný informačný manažment (Industrial Information Management – IIM), organizuje spoluprácu ostatných systémov s väzbami na dodávateľov a odberateľov (horizontálna línia) a podnik či podniky a podnikové združenie – koncern (vertikálna línia). Spolupracujúce systémy v rámci IT produkčného systému možno v krátkosti charakterizovať ako:

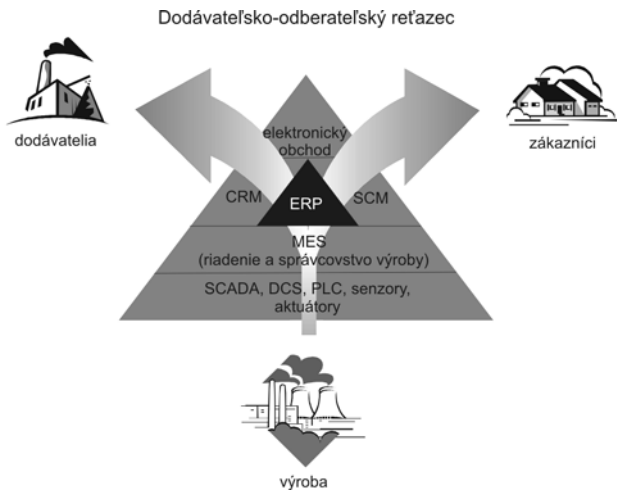
- ERP – Enterprise Resource Planning, integrované systémy riadenia podniku,
- SCM – Supply Chain Management, riadenie dodávateľských reťazcov,



Obr.1 Štruktúra informačného systému výroby



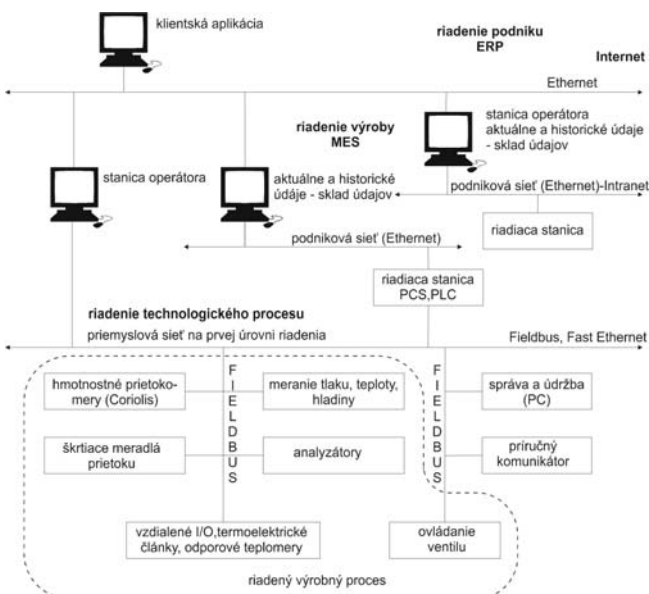
Obr.2 Príklad hierarchie a funkcií informačných a riadiacich systémov vo výrobnom podniku



Obr.3 Konceptia IT výrobného podniku

- CRM – Customer Relationship Management, správcovstvo vzťahov so zákazníkmi,
- MES – Manufacturing Executive System, systémy riadenia výrobných procesov, spojovací článok medzi (ekonomickými) informačnými systémami na úrovni podniku a systémami na automatizáciu výrobných procesov (výroby) na jej procesnej (fyzickej) úrovni,
- SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition, systémy sledovania a riadenia procesov,
- HMI – Human-Machine Interface, operátorské rozhranie,
- LIMS – Laboratory Information Management System, laboratórny informačný systém,
- DCS – Distributed Control System, distribuovaný riadiaci systém výrobného (technologického) procesu.

Iný pohľad na štruktúru informačného systému výroby predstavuje hierarchicky usporiadaný model, tzv. riadiaca pyramída. Táto štruktúra zdôrazňuje komplexný prístup k riadeniu podniku



Obr.4 Jednoduchá bloková schéma IT výrobného podniku

na všetkých jeho úrovniach, od úrovne priameho riadenia výrobných procesov v reálnom čase až po riadenie na úrovni vrcholového manažmentu. V tomto poňatí rastie agregácia údajov (informácií) smerom hore, lebo na úrovni vrcholového manažmentu netreba rozlišovať jednotlivé udalosti a transakcie (obchodné podujatie, obchod). Hierarchický model nástrojov riadenia podniku vytvára pyramídu, ktorá obsahuje na jednotlivých úrovniach aplikačné funkcie. Na obr. 2 je uvedený veľmi podrobný, pre potreby tohto textu len ilustračný príklad, riadiacej pyramídy výrobného podniku.

Jednoduchší model je na obr. 3. Je to hierarchický model, ktorý kladie dôraz na úroveň MES. Zdôrazňuje miesto a funkciu MES systému ako rozhrania poskytujúceho funkcie, ktoré sú medzi sebou koordinované v súlade s podnikovou výrobnou stratégiou. Nejde len o množinu funkcií, ktoré umožňujú komunikáciu riadiaceho systému a systému ERP, ukladanie výrobných údajov a pod. Ide o kompletný prístup k úrovni MES, ktorý je založený na architektúre umožňujúcej používateľovi sledovať a opísať všetky operácie prebiehajúce v podniku pri použití hierarchického modelu.

Jednoduchá bloková schéma naplňajúca koncepciu IT výrobného podniku s bližšou špecifikáciou prvkov na jednotlivých úrovniach a so zameraním na procesnú úroveň je na obr. 4.

Manažment výrobného podniku a automatizácia

Z uvádzaných zmien v oblasti štruktúry produkčných systémov vyplýva, že aj termín automatizácia a jeho obsah sa z hľadiska manažmentu podniku mení. Automatizácia bola ešte nedávno chápaná len ako nástroj na zvyšovanie výkonnosti, zlepšovanie účinnosti a reprodukovateľnosti jednotlivých výrobných operácií, prípadne ich sekvencií (postupov) na dosahovanie vyrovnanej kvality výrobkov a dokumentovanie postupu ich výroby. Dotýkala sa len jedného článku výrobného reťazca – výrobného procesu. Potenciál, ktorý takýto prístup ponúka, sa už skoro vyčerpal a využitie automatizácie len na samotné riadenie činnosti výrobných zariadení patrí vo veľkej miere k rutinným operáciám. Aj teória automatického riadenia v mnohých smeroch prebehla požiadavky a možnosti súčasnej priemyselnej praxe a poskytuje relatívne dostatok (až nadbytok) všeobecných a aj špeciálnych riadiacich algoritmov. Tieto algoritmy sú vhodné na riadenie skôr izolovaných subsystemov a mnohé z nich sa len veľmi ťažko presadzujú v praxi, a to hlavne v dôsledku pôsobenia viacerých faktorov, napr. pre ich teoretickú náročnosť a existenciu silných obmedzujúcich podmienok, pre ich úzke, špeciálne zameranie, malé schopnosti používateľov kombinovať jednotlivé algoritmy, nedostatočné overenie praxou atď.

Súčasný trendy v priemyselnej automatizácii vychádzajú z aktuálnych požiadaviek manažerov podnikov, čiže používateľov automatizačnej techniky. Ide predovšetkým o požiadavky zamerané hlavne na:

- flexibilitu výroby, čiže schopnosť výrobných úsekov reagovať na požiadavky spojené s možnou zmenou konfigurácie produktu, na zmenu veľkosti sérií a na priebežné úpravy a inovácie výroby,
- kontinuálny rast produktivity, pričom sa vyžaduje možnosť postupného nárastu výroby bez väčšieho prírastku pracovných síl, prípadne až s klesajúcim počtom pracovníkov,
- zlepšovanie kvality výrobkov, ktorá sa stáva rozhodujúcou pri uplatňovaní produkcie na svetových trhoch,
- znižovanie celkových nákladov, či už investičných alebo prevádzkových.

Podľa toho je úlohou komplexnej automatizácie v modernom poňatí predovšetkým poskytovať koncepcie, nástroje a techniku

na integráciu čiastkových, často teoreticky náročných riešení do veľmi flexibilných (pružných) a efektívnych celkov (obr. 4). Je preto prirodzené, že sa komplexná automatizácia stále viac opiera o výsledky výskumu v oblasti informatiky, ale tiež umelej inteligencie. V súčasnosti sa vo všeobecnosti od automatizácie vyžaduje prispievať k rastu trhovej hodnoty výrobných podnikov a podľa tohto príspevku sa aj oceňuje. Komplexný pohľad na výrobu predstavuje pohľad na automatizovaný reťazec tvorby hodnôt, do ktorého sa postupne zapájajú až dosiaľ viac-menej samostatné činnosti podniku. Pracuje sa s jedným integrovaným modelom podniku zahŕňajúcim okrem vlastných výrobných operácií aj operácie predchádzajúcich činností (nákup, skladovanie a príprava polotovarov a komponentov), ako aj pokračujúcich činností (dokončovacie práce, balenie, skladovanie a expedícia hotových výrobkov) pri súbežnom zabezpečovaní obchodných procesov.

Z uvedeného vyplýva, že moderný priemysel od automatizačnej techniky očakáva viac než len to, že bude úspešne riadiť daný výrobný proces alebo operáciu. Vytvára sa kategória otvorených riadiacich systémov označovaných ako OPCS (Open Process Control Systems), prípadne CPAS (Collaborative Process Automation Systems). Ich vývoj súvisí so stratégiou Collaborative Manufacturing, t. j. pôvodne samostatne pracujúce linky, ktorých úlohou bolo čo najrýchlejšie alebo najlacnejšie vyrobiť potrebný počet kusov alebo ton produktov, sa spájajú do jednotného systému a spolupracujú tak, aby výkon celého podniku (meraný finančným ziskom) bol čo najväčší. To znamená, že do riadiacich systémov sa integruje rozhranie, ktoré umožní komunikáciu medzi výrobnými linkami navzájom a ich komunikáciu so systémami riadenia a plánovania výroby (MES, ERP). Automatizácia a informatika sa spájajú do jedného nedeliteľného celku.

Ďalšia dôležitá požiadavka kladená na moderné riadiace systémy vyplýva z toho, že inovačné cykly vyrábaných produktov sa stále skracujú a výrobné dávky sa často menia. Preto je nevyhnutné, aby výrobné linky boli modulárne a poskytovali možnosť pružne reagovať na požiadavku zmeny objemu výroby a aj druh alebo typ vyrábaného produktu. S tým súvisí aj ďalšia požiadavka – štandardizácia. Štandardné rozhranie umožňuje v prípade potreby pridávať alebo uberať ďalšie moduly alebo meniť konfiguráciu výrobných linky. Prítom ide o otvorené, nefiremné štandardy, z čoho vyplýva pre používateľa istota, že v prípade potreby sa môže systém rozšíriť aj o komponenty iných dodávateľov.

Informačné systémy podnikovej úrovne riadenia

Počítačom riadený výrobný podnik usporiadaný podľa známeho modelu CIM (Computer Integrated Manufacturing) má mnoho výhod – vyrába efektívnejšie, produktívnejšie a kvalitnejšie, s menším množstvom odpadu, kratšími výpadkami a lacnejšie. Napriek tomu sa v priemyselnej praxi často nevyskytuje. Hlavný dôvod tohto stavu reprezentujú vysoké začiatkové náklady, ktoré dosiaľ spoľahlivo odrádzali väčšinu možných záujemcov. Preto dnes možno vo výrobnom podniku sledovať dve veľmi odlišné oblasti počítačového spracovania údajov, t. j. systémy na automatizáciu výroby a riadenia procesov (Process Control Systems – PCS) a systémy riadenia podniku ERP, MIS a iné. Systémy riadenia výrobných zariadení a procesov PCS riadia výrobu na jej fyzickej/procesnej úrovni v reálnom čase. Monitorujú a riadia jednotlivé výrobné skupiny a podskupiny a zabezpečujú trvalo rastúcu kvalitu výroby pri konkurencieschopných nákladoch a pri požadovanej bezpečnosti výroby. Systém na riadenie podniku ERP predstavuje obchodno-ekonomickú časť počítačového systému podniku. V rámci ERP sa pracuje s objednávkami, technickými a kvalitatívnymi špecifikáciami surovín a výrobkov, požiadavkami na materiál, cenami a ďalšími informáciami vo vzťahu k obchodným činnostiam podniku. Dnes možno úlohu systému CIM

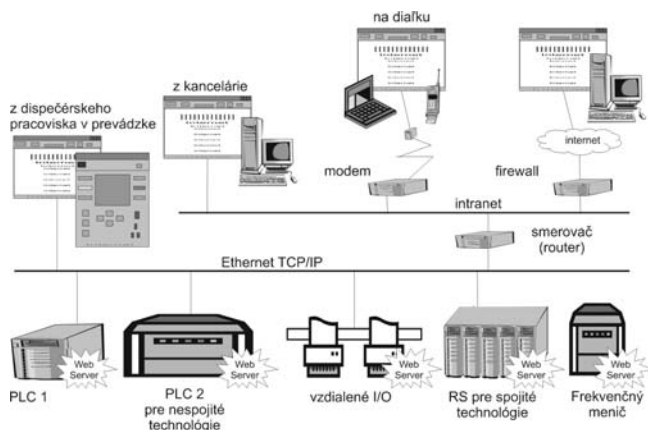
charakterizovať ako integračnú, t. j. spájanie PCS a ERP do celopodnikového informačného systému (Enterprise Production Management – EPM), ktorý koordinuje výrobné činnosti od prijatia objednávky, cez vlastnú výrobu až po expedíciu výrobkov.

Do 90. rokov minulého storočia boli podnikové riešenia CIM veľmi zložitá a nákladná. Boli to väčšinou riešenia jednoúčelové – podnikové, ktorých tvorba, realizácia, prevádzkovanie a údržba boli a sú principiálne veľmi nákladné. Zvyšovanie výkonnosti a pokles cien počítačovej techniky spolu s rozvojom automatizačnej techniky (inteligentné meracie a akčné členy, rozvoj priemyselnej komunikácie) spolu s pokrokom v teórii CIM v oblasti informačných systémov výroby umožnili vytvoriť tretiu zložku (MES), ktorá spája PCS a ERP a spolu vytvárajú transparentný celopodnikový informačný systém EPM. Informácie z MES o výrobe potrebné na formuláciu výrobných a zásobovacích stratégií, vstupujú do ERP a naopak do PCS prichádzajú informácie o objednávkach a meniacich sa požiadavkách na výrobu. Aktuálna úloha v súčasnosti znie „zmena údajov na informácie“, pretože získané údaje predstavujú len potenciálne informácie – môžu, ale nemusia z nich vzniknúť užitočné informácie. Aby sa to dalo uskutočniť, treba vlastniť správne nástroje na všetkých úrovniach automatizačnej hierarchie, a to od najnižšieho bodu až po vrchol výrobného procesu, t. j. od úrovne meracích alebo akčných členov až po podnikové a manažérske informačné systémy. Automatizačná štruktúra ako celok musí v súčasnom chápaní zbierať údaje a meniť ich na požadované informácie, ktoré sú prístupné všetkým zainteresovaným pracovníkom podniku, kdekolvek a kedykoľvek. Táto požiadavka je jednoznačná a kategorická. Ak niektorý pracovník na korejkolvek úrovni nerozumie údajom a nemá informácie, rozhoduje neobjektívne. Potom sa podnikový organizmus správa ináč, ako by sa mal, čiže neefektívne.

Informačný podnikový systém pre malé a stredné aplikácie

Ako príklad informačného podnikového systému bola zvolená jednoduchšia štruktúra vhodná pre malé a stredné aplikácie. Tieto systémy zabezpečujú požadované informácie všetkým zainteresovaným pracovníkom na ľubovoľnom mieste z riadeného procesu alebo procesov malých a stredne veľkých podnikov. Pre efektívne riadenie samotnej výroby a celého podniku predstavuje informačný systém zásadný prínos v tom, že každý používateľ s príslušnými právami má prístup k selektovaným informáciám, čiže práve k tým, ktoré potrebuje, a nemusí sledovať mnoho pre neho nepotrebných údajov. Celé riešenie sa musí prispôbovať nárokom všetkých používateľov (operátorov, manažmentu, pracovníkov údržby a pod.). Konceptia systémov pre malé a stredné aplikácie býva orientovaná napr. na služby internetovej technológie, ktorá vhodne rozširuje funkcie priemyselných zariadení vzhľadom na prenos informácií a údajov. V takomto prípade sú základné prvky riešenia webové servery, integrované v moduloch priemyselných zariadení, ktoré umožňujú sledovať informácie a ovládať výrobný proces z prostredia bežného internetového prehľadávača. Potom IT podniku poskytujú informácie o prevádzkových hodnotách, diagnostike zariadení a procesu, umožňujú správu alarmov, ale tiež prístup do vnútornej údajovej pamäte riadiaceho systému, prípadne diaľkové programovanie RS. Vhodný príklad reprezentuje systémové riešenie IT spoločnosti Schneider Electric s názvom Transparent Factory.

Z toho vyplýva, že riadiace systémy, moduly vstupov a výstupov, operátorské stanice, meniče frekvencie, ochrany, ističe a ďalšie prvky sú vybavené jednotným komunikačným rozhraním, napr. Ethernet TCP/IP s integrovanou funkciou webového servera (obr. 5). Niektoré zariadenia, hlavne riadiace systémy, môžu vytvárať aj tzv. koncentrátor, na ktorý sú pripojené ostatné zariadenia nižších úrovní riadenia, komunikujúce po rovnakom type



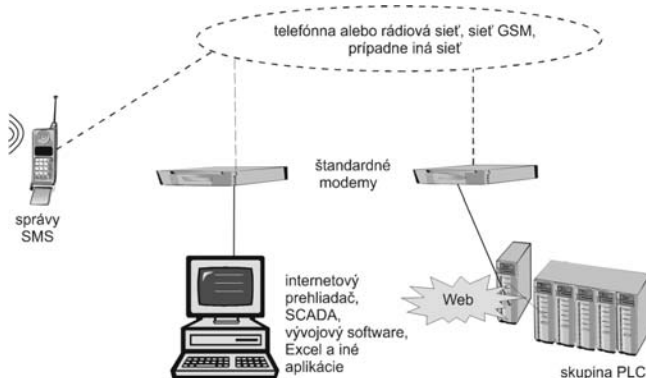
Obr.5 Schéma konceptu komunikačného systému

zbernice. Môžu to byť doteraz prevádzkované zariadenia, ktoré nemajú vlastné rozhranie vhodné pre Ethernet.

Aplikácia Web Server obsahuje grafickú interpretáciu údajov, ktorá sa prenáša k používateľovi. Preto všetci používatelia podnikovej siete s definovaným prístupom majú možnosť pripojiť sa na ľubovoľné zariadenie a sledovať tak prevádzkové, diagnostické a iné údaje v podobe uloženej v aplikácii Web Server. Takýto prístup nevyžaduje ďalší software, čiže ani ďalšie finančné náklady. K všetkým informáciám sa možno dostať pomocou bežných prehľadávačov typu Internet Explorer, Netscape a pod.

Uvádzané riešenie je spoľahlivé a odolné voči nežiaducim vplyvom, napr. kolíziám a výpadkom podnikovej siete. Používatelia totiž komunikujú s modulom Web Server a nemajú prístup na vlastný mikropočítač riadiacej jednotky daného zariadenia, ktorá zabezpečuje plynulý chod procesu. Web Server si priebežne vymieňa po vnútornej zbernici s mikropočítačom riadiacej jednotky aktuálne údaje, podobne ako s inými modulmi. Činnosť Web Server-a nevyžaduje spomalenie riadiacej jednotky uvažovaného zariadenia a ani zvýšené zaťaženie riadiacej jednotky na úkor riadeného procesu. Dôležitá je aj otvorenosť systému. Opísaný spôsob riešenia sa dá aplikovať vo veľmi rôznorodých prevádzkach a na rôznej topológii siete, pričom možno prenášať údaje do ľubovoľnej aplikácie, ktorú pracovníci používajú (Excel, Word a pod.). Veľmi jednoducho možno takýto systém pripojiť do podnikových systémov MES, ERP a pod. Celé riešenie unifikuje spôsob interpretácie a prenosu údajov do rôznych podnikových úrovní pri takmer nulových nákladoch na rozširovanie celého systému.

Výhody uvádzaného informačného systému spočívajú hlavne v tom, že prevádzkové, diagnostické, ale aj štatistické a ďalšie údaje sú prístupné všetkým používateľom nielen z kancelárie, ale v podstate z ľubovoľného miesta podniku alebo cez telefónne, prípadne iné pripojenie (obr. 6). Včasný diagnostikovanie stavu všetkých prevádzkových zariadení, riadiacich systémov, elektrických pohonov, ochrán a pod. predchádza ich poruchám, a tak chráni



Obr.6 Spravovanie zariadení na diaľku

vložené investície. To znamená, že využitím informačného podnikového systému možno dosiahnuť zvýšenie spoľahlivosti a plynulosti výroby. Systém priaznivo ovplyvňuje:

- inžiniering: zjednotenie typov komunikačných prostriedkov, jednotný prístup k riadeniu a informáciám,
- údržba: zlepšenie servisu v prípade technickej poruchy, rýchla a včasná preventívna údržba,
- výrobu: zvýšenie spoľahlivosti a plynulosti výroby, zlepšenie prístupu k prevádzkovým údajom,
- manažment: zníženie výrobných nákladov a nákladov na opravy.

Opísané riešenie je vhodné pre najmenšie aplikácie, t. j. od samostatných strojov alebo výrobných liniek až po stredne veľké podniky.

Záver

Aktuálna úloha súčasnosti vo výrobnom podniku alebo produkčnom reťazci je o prepojení dvoch odlišných oblastí počítačového spracovania údajov, a to systémov na automatizáciu výroby a riadenia procesov PCS a systémov riadenia podniku ERP. S tým súvisí aj zabezpečenie premeny získaných údajov v rámci výrobného podniku na použiteľné informácie. Aby táto úloha bola riešiteľná, je nevyhnutné používať správne nástroje na všetkých úrovniach automatizačnej hierarchie, a to od najnižšieho bodu až po vrchol výrobného procesu. To znamená, že informačná a komunikačná štruktúra výrobného podniku musí pracovať ako celok, zbierať údaje a vytvárať z nich požadované informácie, ktoré sú prístupné všetkým zainteresovaným pracovníkom podniku. Takáto požiadavka je kategorická, lebo len jej plnenie zabezpečí, že pracovník na ktorejkoľvek úrovni riadenia získa potrebné informácie a je veľmi pravdepodobné, že v takomto prípade rozhoduje objektívne a efektívne.

Literatúra

- [1] ARMITAGE, A. (2001): Transforming Plant Data into Business Advantage. Alex, Ci Technologies.
- [2] BYRES, E. J., HOFFMAN, D. (2002): IT security and the plant floor. InTech, vol. 49, No. 12, p. 76. e-Focus, časopis o digitálnej ekonomike a informačných technológiách, <http://www.manager.sk>
- [3] FIALA, P. (2001): Integrace podniků do dodavatelských řetězců. AUTOMA, roč. 6, č. 9, s. 73 – 75.
- [4] GLANZER, D. A., VERHAPPEN, I. (2001): Digital control systems: an open solution for plant-wide data
- [5] ČERVINKA, M. (2002): Výkonný a spoľahlivý transparentný systém pro malé i rozsáhlé aplikace. AUTOMA, roč. 7, č. 5.
- [6] HUMPRIES, M. a kol. (2002): Data warehousing. Computer Press, Praha.
- [7] KRANTZ, LARS. (2000): Průmyslové informační technologie – nový způsob myšlení. AUTOMA, roč. 5, č. 8.
- [8] WALLER, A. P. (2002): Witness for Six Sigma. Materiál spoločnosti Lanner Group.

doc. Ing. Ján Šturcel, PhD.

STU Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: 02/60 29 16 78
e-mail: jan.sturcel@stuba.sk

5