

Mechatronika a potrubné mikrostroje

Tatiana Maťašovská, Michal Kelemen

Úvod

Slovo mechatronika bolo vytvorené kombináciou dvoch slov, a to mecha z mechanics a tronics z electronics. Obsah tohto pomenovania sa chápe ako synergická integrácia mechaniky, elektroniky a inteligentného počítačového riadenia v návrhu a výrobe produktov a procesov. Inak povedané, mechatronika je definovaná ako technológia, ktorá kombinuje mechaniku s elektronikou a informačnou technológiou na formovanie funkčnej interakcie a priestorovej integrácie v komponentoch, moduloch, produktoch a systémoch. Cieľom mechatronického návrhu je výrobok s optimálnou kombináciou mechaniky, elektroniky a softvérového inžinierstva, ktorý je vyhotovený v čo najkratšom čase a s minimálnymi nákladmi [1].

Prečo je potrebná mechatronika?

Klasické mechanizmy majú obmedzenú flexibilitu a rozsah pohybu. Obmedzený je aj ich potenciál pri tvorbe komplexných funkčných väzieb medzi pohybmi rôznych elementov. Funkcia synchronizácie pohybov je presunutá z mechanických komponentov na flexibilný softvérový riadiaci systém (obr. 1). Veľké množstvo pohybov môže byť synchronizované aj na veľké vzdialenosti medzi sebou, a to práve vďaka aplikácii mechatronického prístupu.

Tieto ohraňovania môžu byť zmiernené elimináciou alebo zjednodušením „silových pohybov“ medzi akčným členom a ovládanými elementmi. Pre každý ovládaný element je k dispozícii hnací motor (akčný člen) a snímač polohy. Riadiaci systém pohybu vytvára požadované väzby medzi pohybmi rôznych elementov. Funkcia synchronizácie pohybov je presunutá z mechanických komponentov na flexibilný softvérový riadiaci systém (obr. 1). Veľké množstvo pohybov môže byť synchronizované aj na veľké vzdialenosti medzi sebou, a to práve vďaka aplikácii mechatronického prístupu.

Pôsobenie vonkajších síl a veľkého množstva sekundárnych vplyvov (ako sú vibrácie a hluk) môže nepriaznivo ovplyvniť správanie strojových dielov a zariadení. Na elimináciu týchto sekundárnych javov môže byť použité pasívne tlmenie, ktoré však má tiež svoje aplikačné obmedzenia. Mechatronický prístup poskytuje omnoho efektívnejšie riešenie. Na základe informácií o vibráciách a úrovni hluku, ktoré sa získavajú z vhodných snímačov, sú vibrácie rušené (neutralizované) pomocou akčných členov rozložených v celej štruktúre. Strojové časti sa tak stávajú aktívnymi „smart“ štruktú-

rami. Termín adaptívnych štruktúr môže byť použitý vtedy, ak sa správanie štruktúry môže zmeniť bez modifikácií mechanických vlastností jednotlivých častí štruktúry.

Mechatronické inžinierstvo a mechatronický prístup

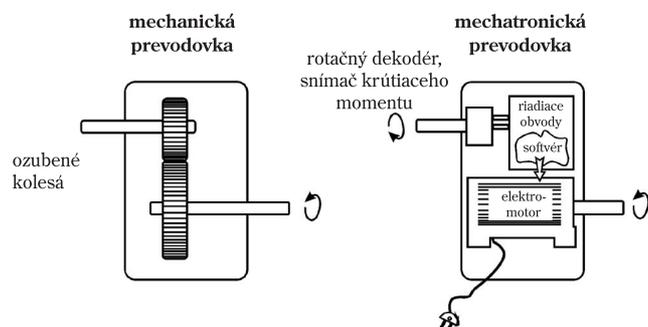
Mechatronické inžinierstvo je disciplína syntetizujúca mechatronické komponenty, moduly, produkty a systémy. Túto disciplínu rozvíjajú mechatronici, ktorí disponujú nasledovnými schopnosťami a zručnosťami (charakteristika mechatronického inžinierstva):

- Interdisciplinárnosť – všeobecné znalosti o produkte a výrobných princípoch zo širokého spektra technológií zahrňujúcich mechaniku, elektroniku a informatiku.
- Systémové myslenie – systematický postoj (stanovisko) vo vzťahu ku kombinovaniu princípov na rozdiel od technológií, ktoré formujú optimálnu koncepciu.
- Kreativita – odvaha navrhnúť a experimentovať s doposiaľ neznámou kombináciou technológií.
- Obchodné (podnikateľské) stanovisko – podnikateľský postoj orientovaný smerom k vývoju koncepcie návrhu v súťaživom kontexte [2].

Mechatronický prístup je „paralelné inžinierstvo“ umocnené synergickým efektom dosahovaným pri návrhoch mechatronických výrobkov.

Paralelné inžinierstvo (angl. concurrent engineering) je systematický prístup k integrovanému súbežnému návrhu výrobkov a k procesom, ktoré pri nich prebiehajú, a to vrátane ich výroby, prevádzky a údržby. Tento prístup núti vývojárov zamýšľať sa nad tým, ako do návrhu zahrnúť všetky podstatné náležitosti vo všetkých etapách technického života výrobku – od jeho ideového návrhu, až po likvidáciu vrátane hľadísk výroby – funkčnosti, kvality, nákladov, plánovania, požiadaviek zákazníkov, údržby atď. Inými slovami možno povedať, že je to spôsob vymedzenia a inžinierska filozofia na zdokonaľovanie kvality a znižovanie výrobných nákladov. Znamená prechod od postupného vývoja nových a inovovaných výrobkov ku koncentrovanému vývoju do návrhovej etapy.

Paralelné inžinierstvo je centrálné riadený systémový a tímový prístup k vývoju nových a k inovovaniu existujúcich technických objektov. Je charakterizovaný tým, že v návrhovej etape sa realizuje komplexný návrh technického objektu tímom pracovníkov so zohľadnením všetkých podstatných fáz technického života. Kolektív pritom využíva rozpracované metódy paralelného inžinierstva a je usmerňovaný koordinátorom projektu. Nezastupiteľnú úlohu zohrávajú informačné technológie v podobe počítačových podpôr, inžinierskych databáz a počítačových sietí. Základnou charakteristikou paralelného inžinierstva je, že do oblasti návrhu sú koncentrované všetky podstatné rozmerové, tvarové, spoľahlivostné, technologické, výrobné, testovacie, diagnostické, manipulačné, servisné a iné atribúty. Technický objekt je teda navrhovaný komplexne zo všetkých podstatných hľadísk, čím sa pravdepodobnosť opakovanej rekonštrukcie technického objektu po jeho otestovaní znižuje prakticky na nulu. Je pochopiteľné, že technický objekt realizovaný paralelným inžinierstvom bude na tr-



Obr.1 Porovnanie princípov imaginárnej mechatronickej prevodovky a klasickej mechanickej prevodovky [2]



hu skôr, než objekt realizovaný klasickým prístupom s využitím metód CA (computer aided). Takýto objekt bude technicky, a tým aj komerčne úspešnejší [3].

Vymedzenie nadväzujúcich oblastí a terminológia

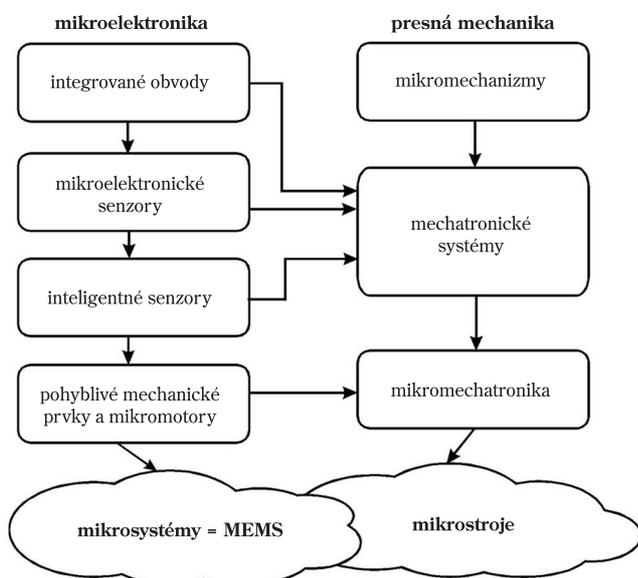
V rôznych literárnych prameňoch sa používajú rozličné pojmy ako MEMS (mikroelektromechanické systémy), mikrosystémy, mikrostroje, mikromechanizmy, mikromechatronika a ďalšie, pričom sú často používané ako synonymá na označenie miniatúrnych zariadení. Vzájomné vzťahy medzi týmito termínmi sú naznačené na obr. 2 [4].

Uvedená koncepcia technologickej evolúcie naznačuje vývoj od integrovaných obvodov k mikrosenzorom a mikrosystémom, ďalej od presnej mechaniky k mikromechatronike a mikrostrojom. Integrované obvody spracúvajú iba informácie, ale MEMS (mikroelektromechanické systémy) aj hmotu. Mikrostroje, na rozdiel od MEMS, majú 3D charakter a pracujú podobne ako makrostroje. Mikrostroje však nie sú nutne určené pre hromadnú výrobu, ale vyrábajú sa aj v malých množstvách pri vysokej cene [4].

Pri návrhu a riadení mikromechatronických systémov je výsostne dôležité zohľadniť škálovanie (angl. scaling effect). Ak dochádza k zmenšovaniu systémov, fyzikálne javy sú v tejto oblasti odlišné a do popredia vstupujú predovšetkým tie, ktoré sa v makrosystémoch pri ich navrhovaní zanedbávajú. Napríklad viskózne a trecie sily sa stávajú dominantnejšími než zotrvačné účinky, nakoľko dochádza k zmenšovaniu hmoty systému. Škálovanie teda vyžaduje rozdielny prístup medzi mikromechatronikou a konvenčnou mechatronikou [5], [6], [7].

Všetky mikrozariadenia, ako napr. mikroaktuátory, mikrosenzory a mikroprocesory, vyžadujú energiu a elektrická energia je často použitá aj na riadenie týchto produktov. Pri vývoji mikromechatronických systémov musí byť klasifikovaný druh použitej energie, ktorá sa uplatňuje ako hnacia energia, a musí byť určené, akým spôsobom bude dodávaná. V mikromechatronických systémoch je to často elektrická energia dodávaná prostredníctvom káblov. Prekážkou vyššej výkonnosti systému sa často stávajú napájacie káble v dôsledku ich hmotnosti, pričom na ich presun je často potrebná väčšia sila než na samotný pohon a prevádzku mikromechatronického systému. Typickými metódami prísunu energie sú:

- Bezkontaktné metódy – energiu je možné dodávať napr. vzduchom, vodou, vo forme svetelného žiarenia, vo forme magnetického poľa, ultrazvukovým vlnením a pod.
- Prísun energie z batérií – batéria vo vnútri mikromechatronického systému dodáva energiu pre každé zariadenie systému.



Obr.2 Koncepcia technologickej evolúcie [4]

Často používanými sú chemické články na báze lítia, niklu a kadmia atď. Kapacita batérií závisí aj od ich veľkosti, pričom je obťažne ich miniaturizovať.

Rozdiely rozmerov medzi makro a mikrosvetom vplyvajú na rozdiely v pôsobení fyzikálnych javov ovplyvňujúcich pohyb objektov a výkonnosť systému medzi týmito dvomi svetmi. "Mikrofyzika" je definovaná ako prírodná veda na štúdium pohybu, štruktúry objektov, tepelných, optických, elektrických a magnetických javov, ktoré sa menia alebo stávajú viac či menej dominantnými pri miniaturizácii kľúčových prvkov.

Na vysvetlenie vplyvu miniaturizácie na výkonnosť (účinnosť) systému je často používaný „zákon škálovania“. Napr. výkon aktuátora je podstatne ovplyvnený miniaturizáciou. Na báze analýzy škálovania je možné určiť vhodný princíp aktuátora. „Zákon škálovania“ je tiež nápomocným nástrojom pri návrhoch mikromechatronických systémov, ktoré zahŕňajú mikromechanizmy, komponenty na dodávku energie atď. Špeciálna pozornosť sa venuje mikroaktuátorom, ktoré sa stávajú kľúčovými komponentmi na dosiahnutie vyššej výkonnosti systému. Volí sa pritom vhodný typ aktuátora, ktorý vyplýva zo škálovania pri miniaturizácii. Je dôležité uviesť, že príťažlivé sily sú v mikrosвете dominantné v porovnaní s gravitačnou silou. Medzi typické sily, ktoré majú značný vplyv na výkon systému môžeme začleniť:

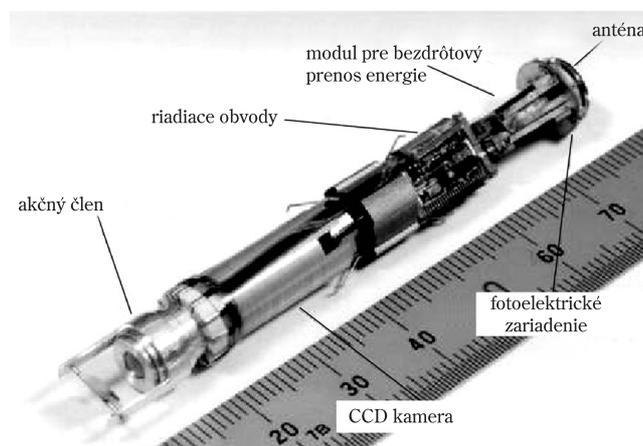
- Van der Waalsove sily,
- elektrostatické sily,
- sily povrchového napätia a i.

Tieto sily závisia od podmienok okolia, ako je vlhkosť, teplota, stav povrchu, materiál a relatívny pohyb [8].

Potrubný mikrostroj – integrácia mechaniky, elektroniky a riadenia

Funkciou potrubného mikrostroja je pohyb v potrubí s cieľom inšpekcie vnútornej steny potrubia a rozlíšenia cudzích objektov na povrchu potrubia. Jeho úlohou tiež býva aplikácia káblov do existujúcich potrubí alebo iné špeciálne úlohy v potrubí [1]. Požiadavka pohybu v horizontálnom alebo vertikálnom smere a prekonávanie zakrivení potrubia vyplýva z ich konkrétnej aplikácie.

Potrubný mikrostroj (obr. 3) obsahuje mechanické štruktúry, ktoré sú určené na realizáciu pohybu, pričom pre samotnú transformáciu elektrickej energie na pohybový účinok je použitý vhodný akčný člen. Integráciou elektroniky a riadenia je zabezpečený významný posun k vyššej účinnosti a lepším výkonovým parametrom mikrostroja. Energia pre mikrostroj je dodávaná bezdrôtovo, a to pomocou mikrovlnovej technológie prenosu energie. Na riadenie mikrostroja sú integrované radiacie obvody, ktoré zabezpečujú riadenie pohybového akčného člena. Ako akčný člen je možné použiť tie typy, ktoré dosahujú relatívne vysokú účinnosť pri nízkej spotrebe energie. Na tento mikrostroj je možné upevniť napr. vhodné inšpekčné zariadenie.



Obr.3 Vývojový model potrubného mikrostroja [9]

Záver

Mechatrický prístup pri návrhu potrubného mikrostroja, ale aj iných zariadení, prináša so sebou množstvo výhod. Ide predovšetkým o vyššiu účinnosť a výkonnosť pri úspore energie, čo je pri miniatúrnych zariadeniach obzvlášť dôležité. Mechatronika tu poskytuje širšie možnosti pri návrhu, a predovšetkým väčšiu voľnosť pri výbere jednotlivých prvkov. Týmto spôsobom dosahujú zariadenia výhodnejšie pozície na trhu a stávajú sa tak atraktívnymi aj pre bežných používateľov.

Podakovanie

Autori týmto ďakujú za čiastkovú podporu Slovenskej grantovej agentúry pre vedu (grant VEGA 1/0410/03 pri práci „Optimalizácia pohybu štetinového potrubného mikrostroja“).

Literatúra

- [1] KELEMEN, M.: Mechatronické aspekty optimalizácie pohybu potrubného mikrostroja. Doktorandská dizertačná práca. Košice, apríl 2002.
- [2] BUUR, J.: A Theoretical Approach to Mechatronics Design. PhD thesis. Technical University of Denmark. Lyngby 1990.
- [3] JANÍČEK, P., ONDRÁČEK, E.: Řešení problému s modelováním PC-DIR Real. Brno 1998.
- [4] FUKUDA, T., MENZ, W.: Micro mechanical systems, principles and technology. Amsterdam: Elsevier 1998. ISBN: 0444823638
- [5] GMITERKO, A., DOVICA, M.: Dependence of the Body Sensitivity Function on Geometrical Size for the Mechatronic System. International Conference Mechatronics and Robotics' 97. 29. 9. - 2. 10. 1997. Czech Republic, Brno, s. 27 - 30.

[6] DOVICA, M., GMITERKO, A.: To some Questions of Components and Modules of Mini and Micromechanisms. Mechanics '98. Proceedings of the International Scientific Conference. Volume I. Rzeszów University of Technology. Poland, June 1998, pp.191 - 198.

[7] SLIMÁK, I., DOVICA, M., GMITERKO, A.: K niektorým otázkam komponentov a modulov mini a mikromechanizmov. Acta Mechanica Slovaca 1997, č. 2, s. 65 - 77.

[8] ISHIHARA, H., ARAI, F., FUKUDA, T.: Micro Mechatronics and Micro Actuators. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. Vol. 1, No. 1. March 1996, pp. 68 - 78. ISSN: 1083-4435

[9] KAWAHARA, N.: In-pipe Wireless Micromachine [online]. [Cit. 2000-10-24] <http://www.denso.co.jp/DTR/vol5_no1/dissertation3.pdf>

Ing. Tatiana Maťašovská

Katedra prístrojového a biomedicínskeho inžinierstva
SjF, Technická univerzita v Košiciach
Letná 9, 041 87 Košice
Tel.: 055/602 23 80
e-mail: Tatiana.Matasovska@tuke.sk

Ing. Michal Kelemen, PhD.

Katedra prístrojového a biomedicínskeho inžinierstva
SjF, Technická univerzita v Košiciach
Letná 9, 041 87 Košice
Tel./Fax: 055/602 23 88
e-mail: michal.kelemen@tuke.sk