



# Mechatronika všade okolo nás

**V tomto roku uplynú presne štyri desaťročia od okamihu, keď sa zrodil výraz mechatronika.**

**Jeho pôvod siaha do krajiny vychádzajúceho slnka, kde si v tom období začali čoraz viac uvedomovať prepojenie strojárstva a elektroniky. Mechatroniku ako oblasť si osvojila akademická obec, prax i výskum a vývoj. Význam mechatroniky si prispôbili vlastným potrebám, niet sa preto čomu čudovať, že sa dnes eviduje jej dvadsať rôznych definícií.**

**Napriek tomu je ich gro spoločné. Aj o podstate mechatroniky sme sa porozprávali s prof.**

**Ing. Alexandrom Gmiterkom, PhD., vedúcim oddelenia mechatroniky Katedry aplikovanej mechaniky a mechatroniky Strojníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach.**

## Čo je to mechatronika?

Mechatronika je odbor, ktorý ma rôzne definície a výklady. Predstavy sa líšia podľa toho, či ide o akademickú obec alebo prax. Svoj vlastný pohľad majú však aj jednotlivé profesie, napríklad strojáři a elektrotechnici. Samotné slovo vzniklo v roku 1969 a prvý raz ho použil inžinier japonskej spoločnosti Yaskawa Electric Company Tesuro Mori, keď spojil slová mechanika a elektronika do jedného termínu. Japonská spoločnosť sa vtedy zaoberala výrobou riadiacích systémov pre strojársku fabriku, najmä pre obrábacie stroje a výrobné linky. Technici spoločnosti postrehli, že samotné strojárstvo sa bez elektrických častí nezaobíde, keďže požiadavky odberateľov sa orientovali na jednoduché programové ovládanie strojov. To bol impulz k vytvoreniu termínu mechatronika. V roku 1971 si pojem mechatronika registrovali ako obchodnú značku. Postupne sa tento pojem rozširoval po celom svete a získaval na popularite. V roku 1982 sa preto Yaskawa Electric Company rozhodla pojem mechatronika uvoľniť ako svoju obchodnú značku. Od tohto momentu sa začali formulovať rôzne definície mechatroniky, predovšetkým v akademickej obci. Všetci však vychádzali z prvotnej definície, ktorá mechatroniku opisovala ako elektronizáciu mechanizmov. Všetky definície mali jedného spoločného menovateľa, synergiu. Mechatronika sa v zásade chápala ako symbióza a integrácia mechaniky, elektroniky a riadenia. Neskôr s príchodom mikroprocesora na báze integrovaného obvodu a rozmachom informačných technológií sa toto trio obohatilo o informatiku, a preto v mechatronike významnú úlohu zohráva aj softvér. Summa summarum, podstatou všetkých definícií teda je, že mechatronika je integrácia mechaniky, elektroniky, riadenia a informatiky s cieľom návrhu a výroby zariadení. V súčasnosti sa hovorí o synergetickej kombinácii mechaniky, elektroniky a softvéru, čím sa chce zdôrazniť, že jednotlivé súčasti ako samostatný prvok nie sú také efektívne ako ich vzájomná kombinácia.

## Aký je rozdiel medzi mechatronickým a nemechatronickým systémom?

To je háklivá otázka, pretože to závisí od toho, ako je chápaná mechatronika a predovšetkým mechatronický prístup ku konštruovaniu. K najčastejšie uvádzaným vlastnostiam, ktorými sa mechatronický výrobok odlišuje od nemechatronického, patrí inteligentné rozhodovanie a schopnosť prispôbiť sa zmeneným požiadavkám alebo situáciám. Okrem toho existujú aj ďalšie, ako je funkčná interakcia mechaniky, elektroniky a informačných technológií, ktoré spolu musia interagovať tak, aby bola vytvorená hlavná funkcia, a to buď na úrovni modulu, alebo výrobku. Ďalej je to priestorová integrácia mechaniky, elektroniky a informačných technológií v rámci modulu alebo výrobku.

Študentom zvyknem vysvetľovať rozdiel medzi mechatronickým a nemechatronickým zariadením na príklade fotoaparátu alebo práčky. Kedysi bola konštrukcia fotoaparátov založená iba na jemnej optike

a mechanike, kde si musel používateľ nastaviť všetky potrebné parametre ručne, a to najmä clonu, čas uzávierky a citlivosť. Dnešné moderné prístroje to vykonávajú v automatickom režime všetko za neho vrátane zaostrenia na snímaný predmet. Okrem presnej strojárkej technológie dnešné fotoaparáty obsahujú snímače, akčné členy, ako sú napr. motorčeky, výpočtové prostriedky – teda procesor so softvérom. Dnešné fotoaparáty majú všetky atribúty mechatronického systému. A takéto produkty sú v oblasti zariadení pre voľný čas či domácich zariadení bežným javom. Ako príklad môže poslúžiť prehrávač CD, práčka či šijací stroj.

## Z akých základných častí sa skladá mechatronický systém?

Pokiaľ definujeme mechatroniku ako oblasť aplikovanú na tradičné strojársku výrobu, skladá sa mechatronický systém z niekoľkých častí. Jednou z nich je pracovná sústava zodpovedná za vykonávanie všetkých mechanických pohybov a funkcií. Tie sa samy od seba vykonávať nebudú, preto pracovná sústava obsahuje akčné členy dodávajúce mechanickú energiu mechanizmom. Na spätnú kontrolu slúžia snímače. Tieto tri časti – mechanika, akčné členy a snímače – tvoria pracovnú sústavu mechatronického zariadenia. Nad ňou sa nachádza riadiaci člen, ktorý vydáva povely akčným členom na základe signálov zo snímačov a požiadaviek používateľa. Na interakciu človeka so zariadením slúži používateľské rozhranie. Za spojenie s inými technickými sústavami zodpovedá rozhranie s inými technickými sústavami. Základné prvky mechatronického zariadenia teda tvoria pracovná sústava, riadenie a dva druhy spoločného rozhrania s okolím mechatronického systému.

## Aké existujú typy mechatronických systémov?

To závisí od toho, z akého hľadiska ich delíme. Jedno z kritérií vychádza z toho, pre koho sú výrobky určené, či pre používateľov na spotrebnom a masovom trhu, takže ide napr. o prehrávače CD, práčky, alebo pre zákazníkov na medzipodnikových trhoch, potom ide napr. o lietadlá. Prvá skupina výrobkov je konštruovaná podľa trhových pravidiel, kde sa sleduje ekonomická úspešnosť a spokojnosť zákazníka viac ako technické vlastnosti výrobku. Hlavným dôvodom zákazníka pre kúpu výrobku je, že mu prinesie jasný prospech za rozumnú cenu. Hlavný rozdiel druhej skupiny výrobkov v porovnaní so spotrebnými mechatronickými výrobkami spočíva v tom, že mechatronické systémy druhej skupiny – lietadlá, zbrane – sú oveľa zložitejšie a výrazne koncové výrobky pre svoje fungovanie a cenu. Iné kritérium delí mechatronické systémy podľa ich správania na automatizované, inteligentné a na inteligentné mechatronické siete.

## U mnohých určite prevláda názor, že mechatronika súvisí oveľa viac s priemyslom ako komerčnou sférou.

Nemyslím si, že je to tak. Existujú určité hnacie faktory mechatroniky, ktoré vplyvajú rovnako na výrobcov, či už vyrábajú pre spotrebný a ma-



sový trh alebo pre medzipodnikový trh. Ťažko povedať, kde sa uplatňuje viac, pretože mechatronika ako tichá revolúcia je prítomná všade.

#### **Z akých základných etáp sa skladá vývoj mechatronického systému?**

Konštrukčný proces v mechatronike je podobne ako v ktoromkoľvek inom odbore v prvom priblížení rozdelený do dvoch základných etáp. Prvou je etapa koncipovania mechatronickej sústavy, ktorá sa v rámci druhej etapy rozpracuje do konštrukčného návrhu. V rámci koncipovania sa najskôr vytvára technologicky nezávislý model mechatronickej sústavy, ktorý môže reprezentovať celú triedu príbuzných mechatronických sústav, napr. vo forme funkčného opisu. Jednotlivým funkciám sa potom hľadajú vhodné technické princípy – mechanické, elektrické, softvérové alebo ich kombinácie –, na základe ktorých budú funkcie realizované. Tento prechod od funkčného opisu k technickým princípom je v mechatronike kľúčovým bodom, pretože úspešnosť navrhovaného konštrukčného riešenia v technických i v marketingových parametroch veľmi závisí práve od tohto priradovania technológií. Aby komunikácia v tíme zloženom z rôznych profesií bola v tejto prvej etape efektívna, používajú sa na modelovanie nápadov rôzne prostriedky. Na našej katedre v rámci výučby v odbore mechatronika používame jazyky UML, SDL, interakčné diagramy MSC a Hubkov zákon vertikálnej kauzality. V druhej etape návrhu už interakcia medzi jednotlivými profesiami nie je až taká intenzívna ako v prvej etape, a tak tieto profesie väčšinou pracujú oddelene.

#### **Mechatronika je v pozícii akéhosi rozhrania medzi elektrotechnikom, informatikom a strojárjom?**

Je to zaujímavá otázka, ktorá súvisí s organizáciou vývojového procesu vo firme a pozíciou mechatronika v nej. Principiálne takáto možnosť existuje. Treba mať však na zreteli, že výchova odborníkov v oblasti mechatroniky je reakciou na trendy predovšetkým v oblasti strojárskych výrobkov. Vo veľkej väčšine sú títo odborníci vychovávaní na tradičných fakultách, či už strojných alebo elektrotechnických. Absolventi týchto fakúlt majú silný základ mechaniky, resp. elektroniky a informatiky, ktorý je doplnený o znalosti ostatných disciplín patriacich do mechatroniky. Majú tak predpoklady na prácu v tíme, a to už od ra-

nej fázy návrhu. Takisto však môžu pracovať aj v špecializovaných tímoch v neskorších etapách návrhu mechatronického výrobku. Takto to chápeme aj na našej katedre. Naši študenti v odbore mechatronika majú tak rozšírené znalosti z oblasti elektrotechniky, elektroniky, snímačov, akčných členov, riadenia a programovania.

#### **Existujú nejaké všeobecné princípy, ktoré sa zohľadňujú pri návrhu riadenia mechatronických systémov?**

Špecialisti z oblasti riadenia majú pri návrhu systému riadenia väčšinu parametrov už zadaných, čo im bráni optimalizovať navrhovaný systém ako celok, a to aj pri aplikácii optimálnych metód riadenia. Konštrukčný proces v mechatronike je však oveľa viac ako iba manipulácia s algoritmami riadenia a voľba vhodných snímačov a akčných členov. Pri mechatronickom prístupe máme viac parametrov, ktoré možno meniť, ako je to z pohľadu riadenia. Obzvlášť mechanika nie je pevne daná, ale musí sa optimalizovať vzhľadom na všetky možné a vhodné konštrukčné riešenia senzorov, akčných členov a algoritmov riadenia.

#### **Čo je na mechatronike vzrušujúce a akým spôsobom pomáha človeku?**

Vzrušujúce je najmä to, že človek môže v mechatronike naplno rozvinúť svoju tvorivosť. To je na nej najkrajšie, ale zároveň aj ťažké. V mechatronike sa tiež vykonávajú experimenty s kombinovaním technológií alebo sa skúmajú neznáme technológie. Výsledok je neznámy, pretože často nastávajú situácie, ktoré sa nedajú vopred namodelovať. Edison napríklad tiež nebol teoretik, ale popustil uzdu svojej fantázii pri kombinácii rôznych technológií a premenil ich na praktické výsledky, ako napr. v prípade vynálezu fonografu. Ako som spomínal, mechatronika je krásna a ťažká zároveň. Preto z nej majú mladí adepti štúdiá na technických vysokých školách aj obavy. Na myslím najmä potenciálnych študentov odboru mechatroniky.

#### **Mechatronika teda neprináša nové teórie?**

Pokiaľ bude mechatronika ponímaná tak, že konštrukčný problém je dekomponovaný do homogénnych subproblémov podľa jednotlivých materských disciplín mechatroniky, tak pravdepodobnosť novej teórie bude malá. Výsledný výrobok v takomto prípade obsahuje súbor ho-



mogénnych subsystémov mechaniky, elektroniky, riadenia a softvéru, ktoré poskytujú funkčnosť v jednej oblasti, pričom majú relatívne malú vzájomnú interakciu. Z mechatronického hľadiska sa dôraz kladie hlavne na spoločné rozhrania subsystémov. Pri takomto prístupe nevznikajú požiadavky na vývoj určitej technológie ako dôsledok tesnej spolupráce medzi jednotlivými materskými disciplínami. Nové teórie môžu vzniknúť, ak sa bude väčšie úsilie venovať interdisciplinárnym interakciám, na základe ktorých potom možno formulovať nové vedecké problémy.

**Osobitnou kapitolou sú mikromechatronické systémy. Prečo tieto systémy vyžadujú iné poznatky a metódy než všeobecná mechatronika?**

Mikromechatronika predstavuje rovnakú paradigmu ako mechatronika v makrosvete. Je však zameraná na zmenšovanie rozmerov a integráciu funkcií, čo je v súlade so všeobecným trendom k miniaturizácii, ktorý v súčasnosti vidieť v oblasti spotrebnej elektroniky, telekomunikácií, lekárskeho prístrojov a automatizácie. Z hľadiska mikromechatroniky môžeme konštatovať, že riadiace komponenty a snímače sú už dostupné, pričom vďaka zdokonaľovaniu kremíkovej technológie sú tieto komponenty stále menšie, lacnejšie a výkonnejšie. Na druhej strane miniaturizácia mechanizmov a akčných členov predstavuje ešte stále otvorený problém. Z tohto dôvodu sa výskumné a vývojové úsilie sústreďuje predovšetkým na túto oblasť. Jedným z hlavných faktorov je skutočnosť, že veľkosť fyzikálneho systému má významný vplyv na fyzikálne princípy, ktoré určujú jeho dynamické správanie. Napr. makrosystémy sú oveľa viac ovplyvňované zotrvačným efektom ako mikrosystémy, zatiaľ čo na mikrosystémy majú zase väčší vplyv plošné efekty. Príkladom môže byť hmyz stojaci na pokojnej hladine vody v dôsledku pôsobenia povrchového napätia. Preto môžeme sotva očakávať, že

geometricky zmenšené verzie konvenčných akčných členov budú spoľahlivo pracovať. Problém je totiž v zistení, že využitie známych energetických princípov platných v makrosvete nemožno v mikroaktuátoroch vždy využiť. Dôvodom je skutočnosť, že účinnosť energetických polí miniaturizáciou komponentov klesá a ich využitie v makrosvete sa stáva neefektívnym, napr. ak sa pre akčný člen pracujúci na princípe magnetických síl s konštantnou prúdovou hustotou zmenšia geometrické rozmery 10-krát, tak sa sila zmenší 10 000-krát. Je zjavné, že takýto princíp nie je pre mikroakčné členy zaujímavý. Iná situácia je v prípade akčných členov na princípe elektrostatických síl, kde sa obdobným geometrickým zmenšením sila zmenší iba 100-krát. Predpokladá sa využitie mikromechatroniky predovšetkým v medicíne a priemyselnej inšpekcii, no treba ešte vyriešiť množstvo teoretických a technologických problémov.

**Aké trendy sa budú podľa vášho názoru presadzovať v mechatronike v blízkej budúcnosti?**

Bude prebiehať ďalšie zjednodušovanie mechanizmov a nárast obsahu softvéru s cieľom zvyšovania vlastností a inteligencie mechatronických systémov. Snahou však nebude odstraňovať prípadné mechanické neduhy konštrukcie za každú cenu, pretože to je často finančne príliš nákladné. Namiesto toho sa bude hľadať optimálne riešenie mechatronického systému ako celku. Bude pribúdať aplikácia technológií, ktoré vzniknú v dôsledku interdisciplinárných interakcií.

*Ďakujeme za rozhovor.*

**Branislav Bložon  
Martin Karbovanec**