

Obsah

| | |
|--|----|
| Předmluva | 1 |
| Úvod | 3 |
| Ing. Gunnar Künzel | |
| 1. Úvod do mechatroniky | 5 |
| 1.1 Vznik, vývoj a definice mechatroniky | 5 |
| 1.2 Mechatronická soustava a její komponenty | 9 |
| 1.3 Mechatronický systém a jeho struktura | 11 |
| 1.4 Příklady a ukázky aplikací principů mechatroniky | 14 |
| 1.5 Slovníček základních pojmů | 14 |
| 1.6 Kontrolní otázky a úlohy | 16 |
| Ing. Gunnar Künzel | |
| 2. Mechatronický výrobek | 17 |
| 2.1 Mechatronický výrobek | 17 |
| 2.1.1 Charakteristika mechatronického výrobku | 17 |
| 2.2 Metodické kroky při návrhu mechatronického výrobku | 19 |
| 2.3 Inteligentní materiály v mechatronice | 19 |
| 2.4 Moderní technologie používané v mechatronice | 26 |
| 2.5 Příklady a ukázky mechatronických výrobků | 35 |
| 2.6 Kontrolní otázky a úlohy | 36 |
| 2.7 Použitá literatura (kapitoly 1 a 2) | 36 |
| Bc. Jindřich Král | |
| 3. Senzory v mechatronických soustavách | 37 |
| 3.1 Úvod | 37 |
| 3.1.1 Definice senzoru | 39 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.1.2 | Inteligentní senzory | 40 |
| 3.1.3 | Struktura inteligentních senzorů | 41 |
| 3.2 | Senzory polohy | 41 |
| 3.2.1 | Optoelektronické senzory | 42 |
| 3.2.2 | Kapacitní senzory | 56 |
| 3.2.3 | Odporové senzory | 59 |
| 3.2.4 | Dotykové maticové senzory | 61 |
| 3.2.5 | Indukčnostní senzory | 63 |
| 3.2.6 | Magnetostrikční senzory | 65 |
| 3.2.7 | Magnetické senzory | 66 |
| 3.2.8 | Fluidní senzory | 68 |
| 3.2.9 | Ultrazvukové senzory | 70 |
| 3.3 | Senzory teploty | 71 |
| 3.3.1 | Dotykové senzory teploty | 71 |
| 3.3.2 | Bezdotykové senzory (pyrometry) | 76 |
| 3.3.3 | Indikátory teploty | 78 |
| 3.4 | Senzory síly, tlaku a hmotnosti | 78 |
| 3.4.1 | Odporové tenzometry | 78 |
| 3.4.2 | Deformační členy | 80 |
| 3.4.3 | Piezoelektrické senzory | 81 |
| 3.4.4 | Kapacitní senzory | 82 |
| 3.4.5 | Optoelektronické vláknové senzory (OVS) | 82 |
| 3.4.6 | Senzory momentu síly | 83 |
| 3.4.7 | Mechatronický přístup | 83 |
| 3.5 | Senzory zrychlení | 84 |
| 3.5.1 | Kapacitní akcelerometr MEMS | 84 |
| 3.5.2 | Rotační akcelerometr | 85 |
| 3.5.3 | Elektrodynamický akcelerometr | 86 |
| 3.6 | Senzory průtoku | 86 |
| 3.6.1 | Objemové senzory | 86 |
| 3.6.2 | Rychlostní senzory | 87 |

Prof. Ing. Jaroslav Nosek, CSc.

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | Akční členy mechatronických soustav | 89 |
| 4.1 | Elektromechanické akční členy | 90 |
| 4.1.1 | Akční členy s magnetickým polem | 91 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.1.2 | Akční členy s elektrickým polem | 113 |
| 4.1.3 | Akční členy využívající vlastností inteligentních materiálů | 113 |
| 4.2 | Pneumatické akční členy | 128 |
| 4.3 | Hydraulické akční členy | 129 |
| 4.4 | Srovnání elektromechanických, pneumatických a hydraulických akčních členů | 131 |
| 4.5 | Inteligentní mikroelektromechanické systémy (MEMS) | 133 |
| 4.6 | Použitá literatura | 135 |

Ing. Ladislav Šmejkal, CSc.

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5. | Řízení mechatronických soustav, automatizace a řídicí systémy | 137 |
| 5.1 | Význam řídicí techniky pro mechatroniku | 137 |
| 5.2 | Řízení a automatizace v našem životě | 139 |
| 5.3 | Programovatelnost řídicích systémů a její důsledky | 140 |
| 5.4 | Řídicí systém a komunikace s okolím | 141 |
| 5.5 | Typy a algoritmy řízení | 145 |
| 5.5.1 | Řízená soustava | 145 |
| 5.5.2 | Algoritmus řízení | 146 |
| 5.5.3 | Dopředné a zpětnovazební řízení | 146 |
| 5.5.4 | Číslicové, logické a hybridní algoritmy | 148 |
| 5.5.5 | Statické a dynamické, kombinační a sekvenční systémy | 149 |
| 5.5.6 | Příklady regulačních algoritmů | 149 |
| 5.5.7 | Logické řízení | 151 |
| 5.6 | Distribučnost a integrace v automatizaci | 154 |
| 5.6.1 | Distribučované systémy | 154 |
| 5.6.2 | Integrovaná a globální automatizace | 154 |
| 5.7 | Přehled řídicích systémů | 156 |
| 5.7.1 | Řídicí systém – úvaha o terminologii | 156 |
| 5.7.2 | Řízená soustava | 157 |
| 5.7.3 | Programovatelný automat, PLC (Programmable Logic Controller) | 157 |
| 5.7.4 | SoftPLC | 159 |
| 5.7.5 | Programovatelný logický modul, chytré relé | 160 |
| 5.7.6 | Průmyslový počítač | 160 |
| 5.7.7 | Distribučovaný řídicí systém | 162 |
| 5.7.8 | Operátorské rozhraní | 162 |
| 5.7.9 | Regulace a regulátory | 163 |

Mechatronika

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.7.10 | Distribuovaný regulační systém IRC | 164 |
| 5.7.11 | Regulátory pohonů | 165 |
| 5.7.12 | Systémy NC a CNC | 166 |
| 5.7.13 | Řízení pohybu, polohy a dráhy v PLC, Motion Control | 168 |

Ing. Ladislav Šmejkal, CSc.

| | | |
|-----------|--|-----|
| 6. | Inteligentní řízení mechatronických soustav | 171 |
| 6.1 | Motivační úvod | 171 |
| 6.2 | Chytrost a inteligence | 175 |
| 6.3 | Minimum o fuzzy logice | 176 |
| 6.3.1 | Důvody pro fuzzy logiku | 176 |
| 6.3.2 | Zjednodušený výklad | 178 |
| 6.3.3 | Fuzzy zobecnění logických výrazů | 179 |
| 6.3.4 | Fuzzy diagnostický systém | 180 |
| 6.3.5 | Typický postup a struktura fuzzy systému | 181 |
| 6.3.6 | Fuzzy zobecnění AND, OR, NOT | 182 |
| 6.3.7 | Typické použití fuzzy algoritmů | 184 |
| 6.4 | Neuronové sítě | 184 |
| 6.4.1 | Od prahových funkcí k neuronům | 184 |
| 6.4.2 | Umělé neuronové sítě | 187 |
| 6.5 | Genetické algoritmy | 189 |
| 6.7 | Použitá literatura (kapitoly 5 a 6) | 191 |

Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc., Doc. RNDr. Ing. Tomáš Březina, CSc.

| | | |
|-----------|---|-----|
| 7. | Návrh mechatronické soustavy | 193 |
| 7.1 | Mechatronický přístup k procesu návrhu soustavy | 193 |
| 7.1.1 | Tradiční metodika konstruování strojních soustav | 194 |
| 7.1.2 | Mechatronický způsob konstruování strojních soustav | 195 |
| 7.2 | Struktura mechatronických soustav a základní principy jejich návrhu | 196 |
| 7.2.1 | Základní struktura | 196 |
| 7.2.2 | Modularizace a hierarchizace | 198 |
| 7.2.3 | Integrace činností a prostorová integrace | 199 |
| 7.3 | Speciální hlediska vývoje a konstruování mechatronických soustav | 200 |
| 7.3.1 | Komunikace a kooperace mezi experty z jednotlivých oborů | 200 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.3.2 | Větší složitost soustavy | 201 |
| 7.3.3 | Tvorba virtuálních prototypů | 202 |
| 7.4 | Metodika mechatronického návrhu | 202 |
| 7.4.1 | Postup | 202 |
| 7.4.2 | Cyklus návrhu na mikroúrovni (mikrocycklus) | 203 |
| 7.4.3 | Cyklus návrhu na makroúrovni (makrocycklus) | 204 |
| 7.4.4 | Pracovní postup pro opakující se pracovní kroky | 206 |
| 7.5 | Návrh soustavy založený na modelu | 209 |
| 7.5.1 | Modelování | 209 |
| 7.5.2 | Postup návrhu soustavy založený na modelu | 211 |
| 7.6 | Nástroje | 212 |
| 7.7 | Příklady návrhu mechatronických soustav | 216 |
| 7.7.1 | Návrh a optimalizace konstrukce humanoidního robotu | 216 |
| 7.7.2 | Návrh vícesouřadnicového pohonu | 223 |
| 7.8 | Slovník pojmů | 229 |
| 7.9 | Použitá literatura | 231 |

Ing. Jaroslav Svoboda

| | | |
|------------|--|------------|
| 8. | Mechatronické systémy | 233 |
| 8.1 | Uživatelé a klíčové trhy | 233 |
| 8.1.1 | Uživatelé | 233 |
| 8.1.2 | Klíčové trhy | 233 |
| 8.2 | Výrobní systém | 234 |
| 8.2.1 | Strojírenská výroba a informační technologie | 234 |
| 8.2.2 | Výrobní stroje | 236 |
| 8.3 | Nevýrobní systém | 238 |
| 8.3.1 | Telekomunikace a síťové produkty | 238 |
| 8.3.2 | Lékařství | 238 |
| 8.3.3 | Technické vybavení budov | 239 |
| 8.3.4 | Spotřební zboží | 241 |
| 8.4 | Dopravní systémy | 242 |
| 8.4.1 | Doprava silniční | 242 |
| 8.4.2 | Doprava kolejová, lodní a letecká | 247 |
| 8.5 | Odborné školství | 247 |

Doc. Ing. František Kelča, DrSc.

| | | |
|-----------|--|-----|
| 9. | Spolehlivost a diagnostika mechatronických soustav | 253 |
| 9.1 | Úvod | 253 |
| 9.1.1 | Definice technické diagnostiky | 253 |
| 9.1.2 | Spolehlivost | 253 |
| 9.1.3 | Předpověď poruch – predikce | 253 |
| 9.1.4 | Význam technické diagnostiky pro mechatroniku | 254 |
| 9.2 | Spolehlivost | 254 |
| 9.2.1 | Spolehlivost funkcí strojů, zařízení a systémů | 254 |
| 9.2.2 | Základy pravděpodobnosti a spolehlivosti | 254 |
| 9.2.3 | Výpočet spolehlivosti a pravděpodobnosti | 257 |
| 9.3 | Údržba strojů a zařízení | 257 |
| 9.3.1 | Způsoby údržby a její organizace | 257 |
| 9.3.2 | Údržba po poruše | 258 |
| 9.3.3 | Údržba v plánovaném čase | 258 |
| 9.3.4 | Údržba dle skutečného času | 259 |
| 9.4 | Metody technické diagnostiky | 261 |
| 9.4.1 | Metoda provozní diagnostiky | 261 |
| 9.4.2 | Metoda operativní diagnostiky | 262 |
| 9.4.3 | Metoda preventivní diagnostiky | 262 |
| 9.4.4 | Diagnostika vibrační, hluková, tribo a thermo | 264 |
| 9.5 | Automatická diagnostika | 268 |
| 9.5.1 | Základní principy | 268 |
| 9.5.2 | Hardwarová automatická technická diagnostika | 270 |
| 9.5.3 | Softwarová automatická technická diagnostika | 271 |
| 9.5.4 | Sběr dat | 271 |
| 9.6 | Technická diagnostika mechatronických a pružných výrobních systémů | 272 |
| 9.6.1 | Diagnostika mechatroniky strojů | 272 |
| 9.6.2 | Diagnostika řídicích systémů a ovládání strojů | 273 |
| 9.6.3 | Autodiagnostika | 273 |
| 9.7 | Expertní systémy pro technickou diagnostiku | 273 |
| 9.7.1 | Aplikace principů umělé inteligence (A. I.) | 273 |
| 9.7.2 | Predikce | 274 |
| 9.7.3 | Příklad expertního systému | 276 |
| 9.7.4 | Moderní metody údržby a technické diagnostiky | 278 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 9.8 Závěr | 279 |
| 9.8.1 Zhodnocení současného stavu | 279 |
| 9.8.2 Směr dalšího vývoje | 280 |
| 9.9 Použitá literatura | 280 |