

OBSAH

Summary	4
Předmluva	5
ČÁST I. ÚVOD DO PROBLEMATIKY MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ PROCESŮ, MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ SYSTÉMŮ	17
1. Úvod do problematiky měření a řízení (Karel Kadlec)	19
1.1 Úkoly měření a řízení.....	19
1.2 Základní pojmy z měření a regulace.....	20
1.3 Zásady kreslení blokových schémat	21
1.4 Označování měřicích a řídicích obvodů v technologických schématech	21
2. Stručné opakování vybraných pojmů (Miloš Kmínek)	28
2.1 Systém a jeho popis.....	28
2.2 Veličiny	29
2.3 Základní vztahy	31
2.3.1 Transport tepla a hmoty	32
2.3.2 Kinetika chemických reakcí.....	34
2.3.3 Tepelné zabarvení reakcí.....	35
2.3.4 Kinetika biotechnologických procesů.....	35
2.3.5 Fyzikálně chemické vlastnosti vody	37
3. Matematické modely (Miloš Kmínek)	38
3.1 Induktivní matematické modely obecně	39
3.2 Deduktivní matematické modely obecně	40
3.3 Vytváření deduktivních modelů na základě bilancí.....	44
3.3.1 Příklad 1 – matematický model ohřívače	47
3.3.2 Příklad 2 – matematický model fermentace	49
4. Simulace řešení rovnic matematických modelů (Miloš Kmínek)	52
4.1 Princip krokových metod řešení obyčejných diferenciálních rovnic.....	52
4.2 Řešení ukázkových úloh.....	55
4.2.1 Příklad 1 – simulace ohřívače	55
4.2.2 Příklad 2 – simulace fermentoru	56
ČÁST II. MĚŘENÍ TECHNOLOGICKÝCH VELIČIN	61
5. Provozní měřicí přístroje a jejich vlastnosti (Karel Kadlec, Jiří Macháč)	63
5.1 Měřicí přístroj a jeho skladba.....	63
5.2 Rozdělení senzorů	65
5.3 Snímače a převodníky	66
5.4 Datalogery měřených veličin.....	67
5.5 Inteligentní snímače a převodníky.....	67
5.6 Přístroje do prostředí s nebezpečím výbuchu	71
5.7 Bezdrátové snímače.....	72
5.8 Virtuální instrumentace	73
5.9 Charakteristické vlastnosti měřicích přístrojů	75
5.10 Nejistoty měření	78
5.10.1 Základní principy a zásady	79
5.10.2 Stanovení standardních nejistot	80
5.10.2.1 Stanovení standardních nejistot při přímém měření	80
5.10.2.2 Stanovení standardních nejistot při nepřímém měření jedné veličiny	83
5.10.2.3 Stanovení rozšířených nejistot.....	85
5.10.2.4 Všeobecné zásady pro vyjadřování nejistot.....	86
5.10.2.5 Doprovodné informace k údajům o nejistotách	86
5.11 Kontrola správnosti měření a kalibrace snímačů	86
6. Měření teploty (Karel Kadlec)	90
6.1 Dotykové snímače teploty	91
6.1.1 Teploměry dilatační.....	91
6.1.2 Termoelektrické teploměry.....	94
6.1.2.1 Měřicí obvody termoelektrických snímačů.....	96
6.1.3 Odporové snímače teploty	98
6.1.3.1 Kovové odporové teploměry	98
6.1.3.2 Polovodičové odporové teploměry	102
6.1.3.3 Měřicí obvody pro vyhodnocování signálu odporových teploměrů	103
6.1.4 Zpracování signálů elektrických teploměrů.....	105
6.1.5 Zabudování dotykových teploměrů.....	109
6.1.6 Kalibrace dotykových snímačů teploty.....	111
6.2 Speciální teploměry.....	112
6.3 Bezdotykové snímače teploty	113
6.3.1 Teoretické základy bezdotykového měření teploty	113
6.3.2 Uspořádání IČ teploměru a termokamery.....	119
6.3.2.1 Bezdotykové teploměry.....	120
6.3.2.2 Optický systém bezdotykového teploměru	122
6.3.2.3 Vlivy působící při měření bezdotykovými teploměry	123

6.3.3	Termokamery a termografie.....	124
6.3.3.1	Termokamera.....	124
6.3.3.2	Termografické měření.....	128
6.3.3.3	Termogram a jeho vyhodnocení.....	130
6.3.4	Kalibrační kontrola bezdotykových teploměrů.....	132
6.3.5	Aplikační možnosti bezdotykového měření teploty.....	133
7.	Měření tlaku (Karel Kadlec).....	138
7.1	Hydrostatické tlakoměry.....	141
7.2	Tlakoměry se silovým účinkem.....	142
7.3	Deformační tlakoměry.....	143
7.4	Snímače tlaku s elektrickým výstupem.....	145
7.4.1	Převod signálu deformačního prvku na elektrický signál.....	145
7.4.2	Tlakoměry s potenciometrickým a indukčnostním senzorem polohy.....	145
7.4.3	Kapacitní snímače tlaku.....	146
7.4.3.1	Princip kapacitního čidla.....	146
7.4.3.2	Keramická membrána.....	147
7.4.3.3	Provozní snímače s kapacitním čidlem.....	148
7.4.4	Snímače tlaku s odporovými tenzometry.....	150
7.4.4.1	Princip odporového tenzometru.....	150
7.4.4.2	Měřicí členy s polovodičovými tenzometry.....	151
7.4.4.3	Provozní snímače s piezorezistory.....	154
7.4.5	Piezoelektrické snímače tlaku.....	156
7.4.5.1	Piezoelektrický jev.....	156
7.4.5.2	Konstrukce piezoelektrického snímače tlaku.....	157
7.4.6	Rezonanční snímače tlaku.....	158
7.4.6.1	Princip rezonančních snímačů.....	158
7.4.6.2	Mikromechanický rezonanční senzor.....	159
7.4.7	Inteligentní snímače tlaku.....	160
7.4.8	Elektrické tlakoměry pro extrémní tlaky.....	162
7.5	Zabudování provozních tlakoměrů.....	163
7.6	Kalibrace provozních snímačů tlaku.....	165
7.7	Výběr vhodného typu snímače tlaku.....	167
8.	Měření hladiny (Karel Kadlec).....	172
8.1	Mechanické hladinoměry.....	174
8.1.1	Jednoduchá mechanická měřidla.....	174
8.1.2	Hladinoměry založené na měření hmotnosti.....	175
8.1.3	Plovákové hladinoměry.....	175
8.1.3.1	Plovákové spínače.....	176
8.1.3.2	Plováky s vodící tyčí.....	177
8.1.3.3	Překlápěcí plovákové spínače.....	178
8.1.3.4	Plovákové hladinoměry s magnetostrikčním senzorem.....	178
8.1.3.5	Obtokový plovákový hladinoměr.....	179
8.1.3.6	Uplatnění plovákových hladinoměrů a spínačů.....	180
8.1.4	Hladinoměry vztlkové.....	180
8.1.5	Elektromechanické hladinoměry.....	181
8.1.6	Vibrační spínače hladiny.....	182
8.1.6.1	Princip a konstrukce vibračního spínače hladiny.....	182
8.1.6.2	Uplatnění vibračních spínačů hladiny.....	183
8.1.6.3	Instalace a montáž vibračních spínačů hladiny.....	184
8.1.7	Lopatkové spínače hladiny.....	185
8.2	Hydrostatické hladinoměry.....	185
8.2.1	Připojení snímačů hydrostatického tlaku.....	188
8.2.1.1	Měření v otevřené nádobě.....	188
8.2.1.2	Měření v uzavřené nádobě.....	188
8.2.1.3	Měření s membránovými oddělovači.....	191
8.2.1.4	Měření s ponornou sondou.....	191
8.2.1.5	Měření s probubláváním.....	192
8.2.2	Vlastnosti a využití hydrostatických hladinoměrů.....	193
8.3	Elektrické hladinoměry.....	194
8.3.1	Vodivostní hladinoměry a spínače.....	194
8.3.2	Kapacitní hladinoměry a spínače hladiny.....	195
8.3.2.1	Princip funkce kapacitního snímače hladiny.....	195
8.3.2.2	Vlastnosti měřeného média.....	197
8.3.2.3	Elektrody kapacitních snímačů.....	198
8.3.2.4	Umístění elektrod v technologických aparátech.....	201
8.3.2.5	Vyhodnocovací obvody.....	204
8.3.2.6	Uplatnění kapacitních hladinoměrů a spínačů.....	205
8.4	Tepelné spínače hladiny.....	205
8.5	Optické hladinoměry.....	205
8.5.1	Transmisní snímače.....	206

8.5.2	Reflexní snímače.....	206
8.5.3	Refrakční snímače	206
8.6	Ultrazvukové hladinoměry	207
8.6.1	Vlastnosti ultrazvuku	207
8.6.2	Principy ultrazvukových hladinoměrů.....	208
8.6.2.1	Spojité měření polohy hladiny	208
8.6.2.2	Ultrazvukové spínače hladiny	211
8.6.3	Montáž ultrazvukových hladinoměrů	211
8.6.4	Použití ultrazvukových hladinoměrů	213
8.7	Radarové hladinoměry	213
8.7.1	Permitivita a šíření mikrovln.....	214
8.7.2	Bezkontaktní radarové hladinoměry.....	214
8.7.2.1	Pulzní radarový hladinoměr	214
8.7.2.2	Radar s rozmiřtaným spojitým signálem	215
8.7.2.3	Antény radarových hladinoměrů	216
8.7.2.4	Instalace radarových hladinoměrů.....	219
8.7.3	Kontaktní radarové hladinoměry	221
8.7.4	Použití radarových hladinoměrů	223
8.8	Radioizotopové hladinoměry	224
8.8.1	Radioaktivní zářiče a detektory záření	224
8.8.2	Použití radioizotopových hladinoměrů	225
8.9	Výběr snímače hladiny.....	225
9.	Měření průtoku a proteklého množství (Karel Kadlec).....	230
9.1	Pojmy a definice z oblasti měření průtoku	230
9.2	Klasifikace snímačů průtoku a proteklého množství	232
9.3	Objemová měřidla	234
9.4	Rychlostní měřidla.....	236
9.4.1	Průtokoměry s měřením rozdílu tlaků	236
9.4.1.1	Rychlostní sondy	236
9.4.1.2	Průřezová měřidla	237
9.4.1.3	Laminární (kapilární) průtokoměry.....	241
9.4.2	Rotametry – průtokoměry s proměnným průřezem	242
9.4.3	Náporová měřidla – terčíkové průtokoměry	244
9.4.4	Průtokoměry turbínové a lopatkové.....	245
9.4.5	Indukční průtokoměry.....	246
9.4.5.1	Princip indukčního průtokoměru.....	246
9.4.5.2	Konstrukce indukčního průtokoměru	248
9.4.5.3	Vliv měřeného média na výsledky měření.....	251
9.4.5.4	Vlastnosti indukčního průtokoměru	253
9.4.5.5	Použití indukčního průtokoměru	254
9.4.6	Ultrazvukové průtokoměry.....	256
9.4.6.1	Rozdělení ultrazvukových průtokoměrů.....	256
9.4.6.2	Průtokoměry s vyhodnocením doby průchodu signálu.....	256
9.4.6.3	Průtokoměry využívající Dopplerův jev	258
9.4.6.4	Průtokoměry se zásuvnými a příložnými snímači	259
9.4.6.5	Několikanálové ultrazvukové průtokoměry.....	260
9.4.6.6	Vlastnosti ultrazvukových průtokoměrů.....	261
9.4.6.7	Použití ultrazvukových průtokoměrů.....	262
9.4.7	Vírové průtokoměry.....	263
9.4.7.1	Princip vírového průtokoměru	264
9.4.7.2	Uspořádání vírového průtokoměru	265
9.4.7.3	Vlastnosti vírového průtokoměru.....	268
9.4.7.4	Použití vírových průtokoměrů.....	272
9.5	Měření průtoku v otevřených kanálech.....	274
9.5.1	Přepady a žlaby.....	274
9.6	Hmotnostní průtokoměry	276
9.6.1	Metody měření hmotnostního průtoku.....	276
9.6.2	Coriolisovy průtokoměry.....	276
9.6.2.1	Princip Coriolisova průtokoměru	277
9.6.2.2	Měřicí trubice.....	279
9.6.2.3	Elektronické řídicí a vyhodnocovací obvody	280
9.6.2.4	Vlastnosti a použití Coriolisových průtokoměrů	280
9.6.3	Tepelné průtokoměry.....	283
9.6.3.1	Hmotnostní termoanemometr.....	283
9.6.3.2	Kalorimetrický hmotnostní průtokoměr.....	285
9.7	Kalibrace průtokoměrů.....	286
9.8	Výběr vhodného typu snímače průtoku	287
10.	Měření množství tepla (Karel Kadlec)	294
10.1	Princip měřičů přeneseného tepla	294

10.2	Měření tepla přenášeného kapalným médiem.....	294
10.3	Měření tepla přenášeného vodní párou	297
10.4	Použití měřičů tepla.....	299
11.	Měření hmotnosti – průmyslová vážicí technika (Michal Mikulec – BEUMER Group Czech Republic a.s., Karel Kadlec).....	301
11.1	Přesnost vážení	302
11.2	Snímače zatížení.....	302
11.3	Diskontinuální váhy.....	303
11.3.1	Plošinové váhy	304
11.3.2	Zásobníkové váhy	304
11.3.3	Váhy ve válečkových tratích.....	306
11.3.4	Váhy pro silniční a kolejová vozidla	306
11.3.4.1	Váhy pro silniční vozidla	306
11.3.4.2	Váhy pro kolejová vozidla	308
11.3.4.3	Elektronické vyhodnocovací jednotky vah	308
11.3.4.4	Software pro silniční a kolejové váhy	308
11.4	Kontinuální váhy	309
11.4.1	Pásové váhy.....	310
11.4.2	Průtokoměry sypkých hmot se skluzovou nebo odraznou deskou	311
11.4.3	Průtokoměry sypkých hmot na Coriolisově principu.....	312
11.4.4	Vyhodnocovací jednotky pro kontinuální váhy	313
11.5	Kontinuální dávkování.....	313
11.5.1	Dávkovací pásové váhy.....	314
11.5.2	Diferenční dávkovací váhy	315
11.5.3	Vyhodnocovací a řídicí systémy pro dávkovací váhy.....	316
12.	Měření vlhkosti (Dušan Kopecký, Karel Kadlec).....	319
12.1	Vyjadřování vlhkosti	319
12.2	Měření vlhkosti v plynech.....	321
12.2.1	Psychrometrické vlhkoměry	321
12.2.2	Sorpční vlhkoměry.....	322
12.2.2.1	Dilatační vlhkoměry.....	322
12.2.2.2	Odporové vlhkoměry	323
12.2.2.3	Kapacitní vlhkoměry.....	323
12.2.2.4	Rezonanční vlhkoměry	326
12.2.3	Vlhkoměry kondenzační	327
12.2.4	Coulometrický vlhkoměr	328
12.2.5	IČ vlhkoměry a mikrovlnné vlhkoměry	329
12.3	Měření vlhkosti v pevných látkách	329
12.3.1	Chemické metody měření vlhkosti v pevných látkách.....	329
12.3.2	Gravimetrické metody měření vlhkosti v pevných látkách.....	330
12.3.3	Metody založené na měření elektrických veličin	332
12.3.3.1	Odporové vlhkoměry	333
12.3.3.2	Kapacitní vlhkoměry.....	333
12.3.4	Spektrometrické metody.....	334
12.3.4.1	Infračervená absorpce a reflexe.....	334
12.3.4.2	Snímače vlhkosti na bázi mikrovlnné spektroskopie	336
12.3.5	Nukleární magnetická rezonance.....	339
12.3.6	Neutronová moderační metoda.....	341
12.3.7	Metoda časové reflektometrie.....	341
12.4	Použití vlhkoměrů.....	342
13.	Měření složení (Tomáš Bartovský, Karel Kadlec, Pavel Kadlec).....	345
13.1	Obecně o analyzátoch složení.....	345
13.1.1	Funkční principy samočinných analyzátorů	345
13.1.2	Charakteristické vlastnosti analyzátorů složení	346
13.2	Měření složení kapalných směsí	348
13.2.1	Snímače hustoty kapalin	348
13.2.1.1	Hydrostatické hustoměry.....	348
13.2.1.2	Ultrazvukové hustoměry	349
13.2.1.3	Vibrační hustoměry	352
13.2.1.4	Kombinované snímače hustoty a rychlosti zvuku	356
13.2.1.5	Radiační hustoměry	357
13.2.1.6	Mikrovlnné hustoměry	358
13.2.1.7	Další principy využívané k měření hustoty.....	361
13.2.1.8	Možnosti využití snímačů hustoty	362
13.2.2	Optické snímače.....	363
13.2.2.1	Refraktometrické snímače	363
13.2.2.2	Snímače zákalu – turbidimetry a nefelometry	368
13.2.2.3	Polarimetrické snímače.....	373
13.2.2.4	Optický senzor rozpuštěného kyslíku	378
13.2.3	Infračervené analyzátory pro kapaliny.....	381

13.2.3.1	Infračervené spektrometry s Fourierovou transformací.....	381
13.2.3.2	Infračervené analyzátory s odrazem záření	384
13.2.4	Snímače viskozity	384
13.2.4.1	Vnitřní tření tekutin – viskozita	384
13.2.4.2	Viskozimetry	387
13.2.5	Snímače elektrolytické vodivosti kapalin	395
13.2.5.1	Teoretický základ	395
13.2.5.2	Konstanta měřicí cely snímače.....	397
13.2.5.3	Měřicí metody a konstrukce snímačů	397
13.2.5.4	Možnosti aplikace vodivostních snímačů.....	401
13.2.6	Elektrochemické snímače.....	402
13.2.6.1	Ampérometrické snímače.....	403
13.2.6.2	Potenciometrické snímače.....	404
13.2.6.3	Polovodičové senzory pH	409
13.2.6.4	Snímače oxidačně-redukčního potenciálu (ORP).....	410
13.3	Měření složení plyných směsí.....	412
13.3.1	Tepelně-vodivostní analyzátory.....	412
13.3.1.1	Tepelná vodivost	412
13.3.1.2	Tepelná vodivost směsi plynů	413
13.3.1.3	Měřicí metoda	414
13.3.1.4	Elektrické zapojení a vliv napájecího proudu.....	416
13.3.1.5	Výměna vzorku	416
13.3.1.6	Příklady tepelně vodivostních analyzátorů	417
13.3.2	Analyzátory s katalytickými senzory	418
13.3.2.1	Princip funkce.....	418
13.3.2.2	Pelistorové senzory	418
13.3.2.3	Příklady analyzátorů s pelistorovými senzory.....	420
13.3.2.4	Použití analyzátorů s pelistorovými senzory	421
13.3.3	Analyzátory s polovodičovými senzory	422
13.3.3.1	Princip polovodičových senzorů.....	422
13.3.3.2	Uspořádání senzoru	423
13.3.3.3	Použití polovodičových senzorů	424
13.3.4	Fotometrické analyzátory.....	424
13.3.4.1	Principy fotometrických analyzátorů.....	424
13.3.4.2	Analyzátory s absorpcí v UV oblasti.....	425
13.3.4.3	Infračervené analyzátory	426
13.3.4.4	Fluorescenční analyzátory.....	434
13.3.4.5	Chemiluminiscenční analyzátory	436
13.3.5	Magnetické analyzátory	438
13.3.5.1	Magnetické vlastnosti látek	438
13.3.5.2	Měřicí metody	441
13.3.5.3	Možnosti použití magnetických analyzátorů.....	445
13.3.6	Analyzátory s fotoionizačním detektorem (PID).....	445
13.3.7	Elektrochemické senzory plynů	446
13.3.7.1	Ampérometrické senzory.....	446
13.3.7.2	Potenciometrické senzory.....	448
13.4	Odběr a úprava vzorku	450
13.4.1	Odběr a úprava vzorků plynu.....	450
13.4.1.1	Odběr vzorku plynu.....	450
13.4.1.2	Doprava vzorku plynu	451
13.4.1.3	Odstranění mechanických nečistot z plynu	452
13.4.1.4	Úprava vzorku plynu	452
13.4.1.5	Likvidace plyných vzorků.....	453
13.4.2	Odběr a úprava vzorků kapalin.....	454
13.4.2.1	Odběr vzorku kapaliny	454
13.4.2.2	Doprava vzorku kapaliny.....	454
13.4.2.3	Odstranění mechanických nečistot z kapaliny.....	454
13.4.2.4	Odstranění plynů z kapaliny.....	455
13.4.2.5	Úprava tlaku a teploty.....	455
13.4.2.6	Likvidace kapalných vzorků.....	455
13.5	Měření barvy potravin	455
13.5.1	Základy teorie barev	455
13.5.2	Základní veličiny a vztahy používané ve spektrofotometrii	456
13.5.3	Rychlá kontrola kvality barvy potravin.....	458
13.5.4	Aplikace měření barvy v reálném čase v potravinářství	460
13.5.5	Měření barvy cukru v reálném čase	461
14.	Obrazová analýza a měření velikosti částic	
	(Anna Korbářová, Evžen Šárka, Jiří Štětina, Zdeněk Bubník)	467
14.1	Obrazová analýza.....	467
14.1.1	Princip obrazové analýzy.....	468
14.1.2	Ukázky aplikací obrazové analýzy v potravinářství	469

14.1.2.1	Nalezení povrchových vad	470
14.1.2.2	Rozpoznání, nalezení polohy a počítání	470
14.1.2.3	Měření a kontrola tolerancí	471
14.1.2.4	Identifikace barev a tvaru	472
14.1.2.5	Čtení a verifikace textů a kódů	473
14.2	Měření velikosti částic	474
14.2.1	Měření distribuce velikosti částic metodou laserové difrakce	478
14.2.2	Využití obrazové analýzy k vyhodnocení velikosti částic	480
ČÁST III. ŘÍZENÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ		485
15.	Základy řízení výrobních procesů (Miloš Kmínek)	487
15.1	Základní pojmy	487
15.2	Regulovaná soustava	491
15.2.1	Co potřebujeme vědět o regulované soustavě	491
15.2.2	Klasifikace regulovaných soustav podle dynamického chování	492
15.2.3	Statická charakteristika soustavy	498
15.2.4	Stabilita soustavy	498
15.3	Měřicí člen	499
15.4	Akční člen	499
15.4.1	Obecné vlastnosti akčního členu	499
15.4.2	Regulační ventil a regulační klapka	500
15.4.3	Čerpadla jako regulační orgány	503
15.5	Spojité regulace	504
15.5.1	Struktura a funkce spojitého regulátoru	504
15.5.2	Regulační pochod, kvalita regulace	507
15.5.3	Volba typu regulátoru	509
15.5.4	Praktické metody nastavování parametrů regulátoru	510
15.5.4.1	Metody nastavení regulátoru pro statickou soustavu	514
15.5.4.2	Metody nastavení regulátoru pro astatickou soustavu	518
15.5.4.3	Regulátory se dvěma stupni volnosti	519
15.5.4.4	Zásady pro intuitivní doladování parametrů regulátoru	519
15.5.5	Rozvětvené regulační obvody	520
15.5.6	Vícerozměrová regulace	525
15.5.7	Příklad 3 – simulace jednoduchého regulačního obvodu	527
15.6	Dvoupolohová a třípolohová regulace	530
15.7	Číslicová regulace	532
15.7.1	Číslicové zpracování signálů	532
15.7.2	Číslicové regulátory	537
15.7.3	Adaptivní regulace	542
15.7.4	Regulace nelineárních soustav	543
15.7.5	Kompaktní regulátory	544
16.	Logické řízení (Iva Nachtigalová)	547
16.1	Matematický základ logického řízení	548
16.1.1	Základní logické funkce	548
16.1.2	Způsoby zápisu logických funkcí	550
16.1.3	Převod zápisu logických funkcí na algebraický výraz	552
16.1.4	Minimalizace logických funkcí	554
16.2	Typy logického řízení	555
16.2.1	Kombinační logické obvody	555
16.2.1.1	Postup návrhu	556
16.2.1.2	Příklad 4 – kombinační logický obvod	556
16.2.2	Sekvenční logické obvody	558
16.2.2.1	Bistabilní klopné obvody	558
16.2.2.2	Sekvenční funkční diagramy (SFC)	559
16.2.2.3	Postup návrhu	561
16.2.2.4	Příklad 5 – návrh sekvenčního logického obvodu	562
16.3	Realizace logického řízení	564
16.3.1	Programovatelné logické automaty (PLC)	564
16.3.1.1	Vnitřní struktura a konstrukční provedení	566
16.3.1.2	Pracovní režimy a vykonávání uživatelského programu	569
16.3.1.3	Výkonnost	570
16.3.1.4	Programování	570
16.3.1.5	Příklad 6 – vytvoření uživatelského programu PLC	574
17.	Řízení vsádkových procesů v průmyslové praxi (Vlastimil Braun – COMPAS automatizace, spol. s r. o.)	577
17.1	Úvod do vsádkových výrob	577
17.2	Standardy pro řízení vsádkových výrob	578
17.3	Řízení vsádkové výroby	580
17.3.1	Řízení výroby více produktů	583
17.3.2	Řízení výroby na více technologických linkách	583
17.3.3	Příklad batch systému pro řízení vsádkových výrob	584

17.4	IT funkce pro vsádkové výroby	585
17.4.1	Plánování, přidělování a řízení výroby	586
17.4.2	Řízení lidských zdrojů	586
17.4.3	Sběr, analýza a archivace dat z technologických procesů	587
17.4.4	Sběr a zpracování výrobních dat	588
17.4.5	Supervizní řízení výroby	589
17.4.6	Správa materiálů	589
17.4.7	Optimalizace procesu	589
17.4.8	Řízení jakosti	589
17.4.9	Záznamy o výrobě, protokoly a dokumentace	590
17.4.10	Statistiky výkonnosti zařízení	590
17.4.11	Podpora řízení údržby	591
18.	Počítačové řídicí a informační systémy (Miloš Kmínek a kol.)	592
18.1	Struktura moderních počítačových řídicích systémů	593
18.2	Funkce a přínosy počítačového řízení	595
18.3	Struktura a činnost řídicích počítačů	596
18.3.1	Struktura a činnost PAC	596
18.3.2	Struktura a činnost průmyslového PC	596
18.4	Komunikace s operátorem	598
18.4.1	Základní funkce komunikace s operátorem	599
18.4.2	Struktura komunikace s operátorem	599
18.4.3	Obsah komunikace s operátorem	600
18.4.4	Programování komunikace s operátorem	601
18.4.5	Zásady grafického návrhu obsahu oken	602
18.4.6	Situační povědomí	603
18.5	Bezpečnost počítačového řízení technologických procesů	604
18.5.1	Bezpečnost průběhu technologického procesu	604
18.5.2	Spolehlivost řídicího systému	605
18.5.3	Bezpečnost instalace řídicího systému	605
18.6	Návrh a realizace počítačového řídicího systému	606
18.7	Příklady procesních řídicích systémů a jejich architektura	608
18.7.1	Řídicí systém firmy Siemens	608
18.7.2	Řídicí systém firmy TECO	610
19.	Moderní metody řízení (Miloš Kmínek, Jaromír Kukal, Pavel Hrnčířík, Jan Mareš)	615
19.1	Fuzzy množiny v řízení	616
19.1.1	Základní pojmy a operace	616
19.1.2	Fuzzifikace	618
19.1.3	Fuzzy pravidla	618
19.1.4	Defuzzifikace	619
19.1.5	Využití fuzzy přístupu v řízení procesů	619
19.1.6	Fuzzy regulace	620
19.1.7	Příklad syntézy fuzzy regulátoru se dvěma vstupy	621
19.2	Umělé neuronové sítě (ANN)	624
19.2.1	Pojem ANN	624
19.2.2	Obecný třívrstvý model ANN	625
19.2.3	Vícevrstvý perceptron	626
19.2.4	Síť s radiální bází (RBF)	627
19.2.5	ANN je univerzální aproximace	628
19.2.6	Konkurenční modely se stejnou strukturou	628
19.2.7	Metody učení ANN	629
19.2.8	Využitelnost ANN k řízení procesů	630
19.3	Znalostní řízení	631
19.3.1	Systémy přímého znalostního řízení	634
19.3.2	Systémy dohlížecího znalostního řízení	634
19.3.3	Znalostní řízení v laboratorním měřítku	635
19.3.4	Znalostní řízení v průmyslové praxi	636
19.4	Prediktivní řízení	638
19.4.1	Zobecněné prediktivní řízení (GPC)	639
19.4.2	Účelová funkce	639
19.4.3	Minimalizace účelové funkce	640
19.4.4	Získání predikčního modelu metodou inverzní matice	641
19.4.5	Algoritmus řízení	643
20.	Počítačové simulace technologických provozů v potravinářství (Jiří Hloska – iSILOG GmbH)	645
20.1	Automatizace průmyslových provozů	645
20.1.1	Diskrétní simulace	645
20.1.2	Simulace potravinářských provozů pomocí SW Plant Simulation a knihovny Brewing Library	646
20.2	Simulační modely potravinářských provozů	646
20.3	Příklad – simulace provozu pivovaru	647
20.4	Budoucí vývoj	649
20.5	Závěr	649

ČÁST IV. UKÁZKY LABORATORNÍCH A PRŮMYSLOVÝCH APLIKACÍ		
ŘÍZENÍ POTRAVINÁŘSKÝCH A BIOTECHNOLOGICKÝCH VÝROB		651
21.	Řízení modelových a laboratorních stanic	653
21.1	Řízení školního pivovaru na VŠCHT Praha (<i>Miloš Kmínek, Iva Nachtigalová, Pavel Dostálek</i>)	653
21.1.1	Úvod	653
21.1.2	Technologie vaření piva obecně	654
21.1.2.1	Vystírání a zapařování	654
21.1.2.2	Rmutování	655
21.1.2.3	Scezování a vyslazování	655
21.1.2.4	Chmelovar	655
21.1.2.5	Chlazení	655
21.1.2.6	Kvašení a dokvašování	656
21.1.3	Technologie výroby piva v minipivovaru VŠCHT Praha	656
21.1.4	Řídicí systém	659
21.1.5	Algoritmy řízení	660
21.1.6	Vizualizace	660
21.1.7	Využití zařízení	661
21.2	Automatizace mikroskladovny VŠCHT Praha (<i>Miloš Kmínek, Pavel Dostálek</i>)	662
21.2.1	Úvod	662
21.2.2	Technologie sladování	663
21.2.2.1	Máčení	663
21.2.2.2	Klíčení	664
21.2.2.3	Hvozdění	666
21.3	Laboratorní filmová odparka (<i>Miloš Kmínek</i>)	668
21.3.1	Popis odpařovací stanice	668
21.3.2	Řízení procesu	669
21.3.3	Využití	671
21.4	Kontinuální chromatografická separace (<i>Svatopluk Henke</i>)	672
21.4.1	Základní charakteristika stanice KCHS-SMB-8-N	672
21.4.2	Popis kontinuální chromatografické separace	673
21.4.3	Řízení	675
21.4.4	Aplikace	679
21.5	Membránová separace (<i>Svatopluk Henke, Andrea Hinková</i>)	680
21.5.1	Popis membránové filtrace	680
21.5.2	Řízení procesu	682
21.5.3	Aplikace	684
21.6	Laboratoř řízení bioprocusů (<i>Jan Náhlík, †Jaroslav Vovsík</i>)	686
21.6.1	Biotechnologické procesy	686
21.6.2	Řízení bioprocusů	686
21.6.3	Přístrojové vybavení laboratoře	688
21.6.4	Řídicí systém	690
21.6.5	Komunikace s operátorem	693
21.6.6	Algoritmy řízení	694
21.6.6.1	Softwarové senzory	694
21.6.6.2	Klasifikace metabolických stavů	695
21.6.6.3	Řízení	696
21.6.7	Závěr	697
21.7	Použití LabVIEW v chemii, potravinářství a biotechnologiích (<i>Radim Štefan – National Instruments (Czech Republic), s.r.o., Anna Korbářová, Jan Bartáček</i>)	698
21.7.1	LabVIEW – základní popis	698
21.7.2	Sběr dat pomocí LabVIEW	699
21.7.3	SCADA	699
21.7.4	Automatizace jednotlivých provozů/experimentů	700
21.7.5	Náročné řízení	700
21.7.6	Aplikace LabVIEW se zpracováním obrazu	700
21.7.7	Výuka na různých stupních škol	703
21.7.8	Aplikace LabVIEW ve výzkumu na Ústavu technologie vody a prostředí, VŠCHT Praha	704
21.7.8.1	Vypírání sulfanu z bioplynu	704
21.7.8.2	Biologické odstraňování amoniakálního dusíku z odpadní vody ve vsádkovém reaktoru SBR	705
21.8	Kalibrace průtokoměrů s využitím mobilní kalibrační tratě (<i>Jaroslav Čadil – Endress + Hauser Czech s.r.o.</i>)	707
21.8.1	Metody kalibrace průtokoměrů	707
21.8.1.1	Objemová metoda	707
21.8.1.2	Gravimetrická metoda	708
21.8.2	Co ovlivňuje výsledky kalibrací	709
21.8.3	Nejistoty měření při kalibraci průtokoměrů	710
22.	Řízení průmyslových aplikací v potravinářství	712
22.1	Automaticky řízený obilný mlýn (<i>Miloš Kmínek, Josef Příhoda, Karel Kadlec</i>)	712
22.1.1	Základní zásady mlýnské technologie	712
22.1.2	Principy řízení mlýna	714
22.1.3	Čištění zrna přístrojem Sortex	716

22.2	Regulace a řízení provozu v průmyslové velkopekárně (<i>Miloš Kmínek, Josef Příhoda</i>)	719
22.2.1	Technologie výroby v průmyslové pekárně	719
22.2.2	Řízení výrobní linky	721
22.3	Využití vakuového chlazení v procesu řízení výroby pekařských výrobků (<i>Petr Čadil – REVENT PRAHA s.r.o., Jiří Holas – REVENT PRAHA s.r.o., Kurt Spirig – REVENT INTERNATIONAL AB, SWEDEN, Miloš Kmínek</i>)	723
22.3.1	Technologie pro zefektivnění periodické výroby pekařských výrobků	723
22.3.2	Řízení vakuového chlazení	725
22.4	Řízení výroby hlubokozmrazených pekařských výrobků (<i>Miloš Kmínek, Marcela Sluková</i>)	728
22.4.1	Popis technologie výroby hlubokozmrazených pekařských výrobků	728
22.4.1.1	Příprava těsta	728
22.4.1.2	Pečení	728
22.4.1.3	Šokové zmrazování tvarovaných výrobků	729
22.4.2	Řízení výrobní linky	731
22.5	Automatizace scezování v pivovaru (<i>Miloš Kmínek, Pavel Dostálek</i>)	733
22.5.1	Úvod	733
22.5.2	Technologie scezování sladiny a vyslazování mláta	733
22.5.3	Řízení scezování a vyslazování	734
22.6	Řízení procesu uzení (<i>Miloš Kmínek, Petr Pipek</i>)	737
22.6.1	Způsoby uzení	737
22.6.2	Konstrukce udíren	738
22.6.3	Řízení procesu uzení	739
22.7	Řízení procesu zahušťování a sušení mléka (<i>Miloš Kmínek, Ladislav Čurda</i>)	743
22.7.1	Popis technologie	743
22.7.2	Řízení procesu	744
22.7.2.1	Řízení odparky	746
22.7.2.2	Řízení sušárny	747
22.8	Komplexní automatizace rafinerie jedlých olejů (<i>Ivo Kunc – COMPAS automatizace, spol. s r.o., Roman Brázda – COMPAS automatizace, spol. s r.o., Vladimír Filip, Miloš Kmínek</i>)	748
22.8.1	Obecný popis technologie rafinace jedlých olejů	748
22.8.1.1	Bělení pro fyzikální rafinaci	749
22.8.1.2	Fyzikální rafinace (deodorace)	749
22.8.1.3	Winterizace – devoskace oleje	750
22.8.2	COMPAS architektura řídicího systému rafinerie Olomouc	750
22.8.3	Popis řízení procesu bělení	752
22.9	Řízení hydrolýzy tuků (<i>Miloš Kmínek, Vladimír Filip</i>)	754
22.9.1	Popis technologie	754
22.9.2	Štěpení tuků	754
22.9.3	Řízení procesu	756
22.10	Řízení extraktoru – regulace s rozloženými parametry (<i>Miloš Kmínek, Pavel Kadlec, Vladimír Ulrich – Tereos TTD, a.s.</i>)	757
22.10.1	Technologie těžení šťávy	757
22.10.2	Řízení extraktoru	758
22.11	Řízení diskontinuálního zrnice při svařování cukrovin (<i>Miloš Kmínek, Pavel Kadlec, Vladimír Ulrich – Tereos TTD, a.s.</i>)	762
22.11.1	Technologie svařování cukrovin	762
22.11.2	Řízení svařování cukrovin	763
22.12	Skladování ovoce v řízené atmosféře (<i>Miloš Kmínek, Rudolf Ševčík</i>)	769
22.12.1	Posklizňové skladování ovoce	769
22.12.2	Sklad jablek s řízenou atmosférou	769
22.13	Řízení fermentace v lihovaru Tereos TTD a.s. Dobruška (<i>Miloš Kmínek, Mojmír Rychtera, Václav Černý – Tereos TTD, a.s.</i>)	772
22.13.1	Popis technologie fermentace	772
22.13.2	Řízení procesu fermentace	773
22.14	Řízení provozních fermentací v závodě LONZA Biotec s.r.o. (<i>Aleš Nesrsta – COMPAS automatizace, spol. s r.o., Vlastimil Braun – COMPAS automatizace, spol. s r.o., Mojmír Rychtera, Miroslava Čikošová – LONZA Biotec s.r.o., Zdena Čermáková – LONZA Biotec s.r.o.</i>)	777
22.14.1	Obecný úvod k fermentačnímu procesu v závodě LONZA Biotec s.r.o.	777
22.14.2	Procesní řídicí systém biotechnologie a jeho architektura	779
22.14.3	Příklad řízení vzorové jednotky – feed tank	780
22.14.3.1	Příklady operací	780
22.14.3.2	Implementace výrobních operací – fází	780
22.14.4	Souhrn	782
22.15	Řídicí systém DeltaV ve farmaceutické výrobě (<i>Jan Dostál – Emerson Process Management, s.r.o.</i>)	784
22.15.1	Distribučný řídicí systém DeltaV	784
22.15.1.1	Obecný popis a vývoj systému	784
22.15.1.2	Oblasti použití	784
22.15.1.3	Syncade – Inteligentní řízení provozů	785
22.15.2	Řídicí systém DeltaV ve farmaceutické výrobě	785
22.15.3	Moderní trendy v řízení – Human Centered Design	786
	Seznam zkratk	789
	Rejstřík	796