

Obsah

1	Základy	9
1.1	Obecné vlastnosti	9
1.1.1	Senzor vs. převodník?	9
1.1.2	Bloková algebra	10
1.1.3	Sériové zapojení	10
1.1.4	Paralelní zapojení	11
1.1.5	Zpětnovazební zapojení	13
1.1.6	Příklad použití blokové algebry	15
1.2	Statické vlastnosti	15
1.2.1	Ustálený stav	15
1.2.2	Statická charakteristika	16
1.2.3	Uživatelská charakteristika	17
1.2.4	Přesnost	17
1.2.5	Přesnost měřicích přístrojů	18
1.2.6	Citlivost	20
1.3	Dynamické vlastnosti	20
1.3.1	Přechodová charakteristika	20
1.3.2	Rychlostní charakteristika	24
1.3.3	Frekvenční charakteristika	25
1.4	Nejistoty měření	28
1.4.1	Vyhodnocení nejistot typu A	28
1.4.2	Vyhodnocení nejistot typu B	30
1.4.3	Zákon šíření nejistot	31
1.4.4	Příklad výpočtu nejistoty u složitějšího zapojení	33

2	Elektronické obvody pro snímače	38
2.1	Unifikované signály	38
2.1.1	Napěťový signál	39
2.1.2	Proudový signál	40
2.2	Můstkové obvody	40
2.2.1	Stejnoseměrné můstky	41
2.2.2	Střídavé můstky	47
2.2.3	Diferenciální můstky	48
2.3	Diferenciální zesilovač	49
2.4	Přístrojový zesilovač	51
3	Snímače teploty - kontaktní	52
3.1	Odporové snímače teploty	52
3.1.1	Platinové odporové snímače teploty	54
3.1.2	Niklové odporové snímače teploty	60
3.1.3	Měděné odporové snímače teploty	61
3.2	Termistory	62
3.3	Obvody pro odporové snímače teploty	66
3.3.1	Dvou vodičové zapojení	66
3.3.2	Třívodičové zapojení	67
3.3.3	Zapojení s volnou smyčkou	68
3.3.4	Čtyřvodičové zapojení	68
3.3.5	Ohřev měřícím proudem	69
3.4	Termočlánky	70
3.4.1	Provedení termočlánků	73
3.4.2	Kompenzační krabice	74
3.5	Umíst'ování snímačů teploty	75
4	Snímače teploty - bezkontaktní	81
4.1	Absorpce v atmosféře a materiálech	85
4.2	Materiály pro IR optikou	86
4.3	Monochromatický pyrometr	86
4.4	Pyrometr na celkové záření	88

4.5	Infračervené teploměry	89
4.6	Zásady správného použití bezkontaktních snímačů teploty	90
5	Snímače síly	93
5.1	Kovové tenzometry	93
5.1.1	Důležitost teplotní kompenzace	96
5.1.2	Provedení tenzometrů	98
5.2	Polovodičové tenzometry	99
5.3	Obvody pro tenzometry	100
5.4	Umístění tenzometrů	104
5.5	Deformační členy, příklady aplikací	106
6	Snímače momentu	108
6.1	Dynamometr	108
6.2	Elektronické snímače krouticího momentu	109
7	Snímače polohy	112
7.1	Odporový snímač	113
7.1.1	Relativní chyba odporového snímače polohy	114
7.1.2	Absolutní chyba	115
7.1.3	Provedení odporových snímačů polohy	115
7.2	Indukčnostní snímače	117
7.2.1	Snímač s malou vzduchovou mezerou	117
7.2.2	Lineární diferenciální transformátor - LVDT	119
7.2.3	Resolver	120
7.3	Kapacitní snímače	123
7.4	Magnetické (Hallovy) snímače	128
7.5	Optické snímače polohy	129
7.6	Inkrementální snímač (IRC)	131
7.7	Absolutní rotační snímače polohy	133
7.8	Mikrovlnný senzor polohy (radar)	134
7.9	Interferometry	136
7.10	Proximitní snímače	137
7.10.1	Proximitní induktační snímače	137

7.10.2	Proximitní kapacitní snímače	140
7.10.3	Optické proximitní snímače	141
8	Snímače rychlosti	144
8.1	Elektromagnetické - Tachodynamo	144
8.2	Optoelektronický snímač rychlosti	146
8.3	Induktační snímač rychlosti	147
8.4	Hallův snímač rychlosti	150
8.5	Stroboskop	151
9	Snímače zrychlení	153
9.1	Piezoelektrický snímač zrychlení	153
9.2	Piezorezistivní snímač zrychlení	154
9.3	Obecný princip snímačů zrychlení s měřením posunutí	155
9.4	Kapacitní akcelerometr	155
9.5	Optický akcelerometr	157
10	Snímače tlaku	158
10.1	Kalibrační tlakoměry	159
10.1.1	Zvonový tlakoměr	159
10.1.2	Pístový tlakoměr	161
10.1.3	U trubcový manometr	162
10.1.4	Nádobkový tlakoměr (barometr)	163
10.1.5	Manometr se sklopnou trubicí	164
10.1.6	Kompenzační vakuum-metr (McLeodův)	164
10.2	Deformační manometry	166
10.2.1	Bourdonova trubice	166
10.2.2	Vlnovcový tlakoměr	168
10.2.3	Membránový tlakoměr	169
10.3	Bolometrický vakuumetr - PIRANI	175
10.4	Ionizační snímač tlaku	176
10.5	Umíst'ování snímačů tlaku	178
11	Snímače vlhkosti	181

11.1	Rosný vlhkoměr	182
11.2	Psychrometr	184
11.3	Vlhkoměr s pevným elektrolytem	185
12	Snímače průtoku	187
12.1	Škrtící orgány	189
12.1.1	Clona	189
12.2	Rotametr (plovákový průtokoměr)	193
12.3	Turbínkový průtokoměr	194
12.4	Drátkový anemometr	194
12.5	Ultrazvukový průtokoměr	195
12.6	Magneticko-indukční průtokoměr	199
12.7	Coriolisův průtokoměr	202
13	Snímače výšky hladiny	204
13.1	Vodoznak	204
13.2	Plovákový hladinoměr	205
13.3	Hydrostatický hladinoměr	205
13.4	Pneumatický stavoznak	206
13.5	Vodivostní hladinoměr	207
13.6	Tepelné hladinoměry	208
13.7	Radioizotopový hladinoměr	209
13.8	Kapacitní hladinoměr	209
13.9	Ultrazvukový hladinoměr	211
13.10	Radarový hladinoměr	212
13.11	Vibrační snímače	214
	Použitá literatura	215
	Další doporučená literatura	221
	Přílohy	225

Obrázek 1.3: Uspořádání měřicího řetězce v klasickém senzoru

Obecnou možností jak bloky uspořádat, je integrovaný směr. Jednotlivé bloky jsou obvykle integrovány v jednom přístroji nebo integrovanými obvody. Integrovaný směr opět obsahuje převodňáky,