

Radislav Martinek

SENZORY

V PRŮMYSLOVÉ PRAXI

Praha 2004



Radislav Martinek

SENZORY V PRŮMYSLOVÉ PRAXI

Ilustrace Viktorie Vlachová

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky. Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny. Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Ing. Radislav Martinek, Praha 2004

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Radislav Martinek

SENZORY V PRŮMYSLOVÉ PRAXI

BEN – technická literatura, Praha 2004

1. vydání

ISBN 80-7300-114-4

SENZORY v průmyslové praxi

1	Senzory a průmyslová výroba	11
2	Indukční senzory	17
3	Kapacitní senzory	55
4	Magnetické senzory	65
5	Ultrazvukové senzory	79
6	Optické senzory	111

Obsah

ÚVOD	10
1 SENZORY A PRŮMYSLOVÁ VÝROBA	11
Literatura	16
2 INDUKČNÍ SENZORY	17
2.1 Základy	17
2.1.1 Princip činnosti	17
2.1.2 Redukční faktor	19
2.1.3 Velikost cívky a spínací vzdálenost	20
2.1.4 Problematika umístění senzoru	20
2.1.4.1 Pouzdro senzoru	21
2.1.4.2 Vestavné zabudování	21
2.1.5 Elektronické zapojení	21
2.2 Druhy provedení	25
2.2.1 Válcové a kvádrové tvary	25
2.2.1.1 Definice	26
2.2.1.2 Senzory s redukčním faktorem 1	31
2.2.2 Zářezové senzory	34
2.2.3 Kruhové senzory	35
2.2.4 Senzory odolné vůči magnetickému poli	35
2.2.5 Selektivní senzory	36
2.2.6 Senzory se zabudovaným vyhodnocením otáček	37
2.2.7 Analogové senzory	38
2.2.8 Ostatní provedení	41

2.3	Rozhraní indukčních senzorů	42
2.3.1	Elektrická provedení	42
2.3.1.1	Stejnoseměrné senzory	42
2.3.1.2	Univerzální senzory	44
2.3.1.3	Řazení senzorů	44
2.3.1.4	Jiskrově bezpečné senzory do prostředí s nebezpečím výbuchu	45
2.3.2	Ochranná opatření	47
2.3.2.1	Ochrana proti přepólování a přepětí	47
2.3.2.2	Ochrana proti přetížení výstupu	47
2.3.2.3	Ostatní ochranná opatření	48
2.3.3	Zátěže	48
2.3.4	Sběrníkové rozhraní	49
2.4	Technologie výroby senzorů	50
2.5	Závěr	51
	Literatura	51
2.6	Příklady realizovaných aplikací	52
2.6.1	Kontrola správného umístění plechovky	52
2.6.2	Zjištění přítomnosti hliníkové trubky na ocelovém trnu	53
2.6.3	Hlídkání krajních poloh pneumatického ventilu v prostředí s nebezpečím výbuchu (Ex)	54
3	KAPACITNÍ SENZORY	55
3.1	Základy	55
3.1.1	Princip činnosti	55
3.1.2	Citlivost	57
3.1.3	Redukční činitel	57
3.2	Praktické provedení	58
3.2.1	RC oscilátor	58
3.2.2	Potlačení rušení	60
3.2.2.1	Rušivé vlivy	60
3.2.2.2	Kompenzace znečištění čelní plochy	60

3.2.2.3	Vyklíčování rušivých impulzů	61
3.2.3	Druhy provedení	61
3.3	Závěr	61
	Literatura	62
3.4	Příklady realizovaných aplikací	63
3.4.1	Hlídaní výšky hladiny tabletek na dopravníku	63
3.4.2	Hlídaní úniku kapalin (ekologie), hlídání netěsnosti na mechanických spojích	64
4	MAGNETICKÉ SENZORY	65
4.1	Senzory s Hallovou sondou	67
4.1.1	Základní pojmy a vlastnosti	67
4.1.2	Aplikace čidla v senzoru přiblížení	69
4.2	Magnetorezistivní sondy	70
4.2.1	Používané materiály	70
4.2.2	Příklad aplikace čidla	71
4.3	Senzory s nasycovaným jádrem cívky	72
4.3.1	Konstrukce senzorů a činnost	72
4.3.2	Použití	73
	Literatura	76
4.4	Příklad realizované aplikace	77
4.4.1	Hlídaní dolní a horní meze agresivní kapaliny	77
4.4.2	Hlášení krajní polohy pneumatického válce	78
5	ULTRAZVUKOVÉ SENZORY	79
5.1	Fyzikální základy	79
5.1.1	Ultrazvuk v pevných tělesech, kapalinách a vzduchu	79
5.1.2	Odraz a lom na mezních plochách	80

5.1.3	Rychlost šíření zvukových vln ve vzduchu	82
5.1.4	Energie a intenzita vlnění	84
5.1.5	Zeslabení zvukových vln ve vzduchu	84
5.1.6	Směrová vyařovací a snímací charakteristika	86
5.1.7	Generování ultrazvuku ve vzduchu	87
5.2	Činnost ultrazvukových senzorů	90
5.2.1	Ultrazvukové senzory pro měření vzdálenosti	90
5.2.2	Ultrazvukové senzory v režimu závora	95
5.2.3	Možnosti chyb při měření ultrazvukem	97
5.3	Důležité parametry	97
5.4	Druhy provedení	99
5.4.1	Základní provedení	99
5.4.2	Hlídač hladiny	99
5.5	Aplikační upozornění	100
	Literatura	106

Příloha 5.1

Charakteristické akustické hodnoty různých materiálů 107

5.6	Příklady realizovaných aplikací	108
5.6.1	Počítání průhledných tvarovaných plastových lahví	108
5.6.2	Detekování přítomnosti lahví v prostředí se stříkající vodou	109
5.6.3	Zjišťování výšky hladiny materiálu pohlcujícího zvuk	110

6 OPTICKÉ SENZORY 111

6.1	Fyzikální základy	111
6.1.1	Vysílací prvky	112
6.1.1.1	Luminiscenční diody	112
6.1.1.2	Laserové diody	115
6.1.2	Přijímací prvky	118
6.1.2.1	Fotodiody PN a PIN	118

6.1.2.2	Fototranzistory	121
6.1.2.3	Liniový optoelektronický prvek PSD	122
6.2	Technika optických senzorů	124
6.2.1	Základní principy a vlastnosti	124
6.2.1.1	Reflexní senzor	124
6.2.1.2	Reflexní závora	129
6.2.1.3	Jednocestná závora	132
6.2.1.4	Vláknová optika	135
6.2.2	Parametry optosenzorů	139
6.2.2.1	Směrová charakteristika	139
6.2.2.2	Výkonová rezerva	143
6.2.2.3	Kontrast	147
6.2.2.4	Výstupní signály	150
6.2.2.5	Reakční doba	151
6.3	Zpracování signálů v optosenzorech	154
6.3.1	Optické vlastnosti	154
6.3.2	Rušivé vlivy u optosenzorů	156
6.3.3	Optická modulace	157
6.4	Další druhy optických senzorů	160
6.4.1	Laserové binární senzory	160
6.4.2	Laserové senzory pro měření vzdálenosti	161
6.4.3	Optické zářezové senzory	167
6.4.4	Senzory barevné značky	167
6.4.5	Optické senzory do prostředí s nebezpečím výbuchu	169
6.4.6	Luminiscenční senzory	170
6.5	Závěr	170
	Literatura	172
6.5	Příklady realizovaných aplikací	173
6.5.1	Zjišťování přítomnosti průhledné fólie	173
6.5.2	Obsah průhledných obalů	174
6.5.3	Zjišťování chybné etikety	175

6.5.4	Zjišťování přítomnosti pečiva na výrobní lince	176
6.5.5	Kontrola obsahu krabic s mlékem	177
6.5.6	Zjišťování množství papíru na odvíjené roli	178
6.5.7	Kontrola velikosti cukrářských výrobků	179
6.5.8	Počítání plechových dílů po vypadávání z lisu	180
Příloha 6.1		
	Materiály pouzder senzorů a přívodních kabelů	181
Příloha 6.2		
	Materiály čoček	182
Příloha 6.3		
	Klasifikace ochranných prostředků pomocí krytů skříňky, pouzdra)	183
Příloha 6.4		
	Používané normy	184
Příloha 6.5		
	Směrnice 94/9/EU (ATEX) pro výběr senzorů do prostředí s nebezpečím výbuchu	185
Příloha 6.6		
	Příklad typového označení indukčních senzorů firmy TURCK	188
	Profil firmy TURCK	190
	Knihy nakladatelství BEN – technická literatura	192

ÚVOD

Tato kniha pojednává o nejdůležitějších senzorech, které se používají v průmyslové automatizaci, především ve strojírenství.

Je určena především technickým pracovníkům výroby, kteří senzory prakticky používají, ale i studentům, kteří chtějí být informováni o základech sensorové techniky.

Příklady realizovaných aplikací mohou posloužit konstruktérům strojů a projektantům montážních či výrobních linek.

Kniha vznikla na základě mnohaletých pracovních kontaktů autora se zaměstnanci výrobních závodů různých průmyslových odvětví. Rovněž zkušenosti z řady školení daly podnět k jejímu vzniku.

Měla by sloužit především jako uživatelská příručka. Kniha se zabývá senzory používanými hlavně na montážních linkách. Jejich atributem je jeden fyzikální princip (indukční, kapacitní atd.) a od něho je odvozen název kapitoly. Použití senzoru (snímání vzdálenosti, otáček, hladiny atd.) pak záleží na vynalézavosti konstruktéra či projektanta.

To je podstatný rozdíl vůči sensorům procesním (teplota, tlak, průtok atd.), kde se pro snímání jedné fyzikální veličiny využívá několika fyzikálních principů a zvolí se ten, který požadavkům úlohy nejvíce vyhovuje.

Kniha má pět hlavních částí dle druhů senzorů. Každá část má stejnou strukturu:

- fyzikální základy
- blokové vnitřní schéma
- charakteristické parametry a funkční vlastnosti
- druhy provedení
- mechanická konstrukce
- elektrické rozhraní
- příklady použití

Specifická upozornění jsou v každé z uvedených kapitol.

Nejvíce informací bylo získáno od firmy Turck, s. r. o. Hradec Králové, která je součástí firem Hans Turck GmbH (D) a Banner Engineering Corp. (USA). Zde bych také chtěl oběma firmám poděkovat za jejich podporu při vzniku publikace.

Většina obrazových informací byla poskytnuta právě touto firmou. Grafická vyobrazení, u kterých se typ výrobků ani výrobce neuvádí, mají obecný význam, a slouží jen pro čtenářovu orientaci.

Velmi důležité, především pro aktualizaci publikace, byly a jsou informace z významných oborových veletrhů a webovských stránek.