

APLIKÁCIA SNÍMAČOV V RUČNEJ MONTÁŽI

Ing. Katarína Senderská, PhD.

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Katedra technológií a materiálov

Oddelenie automobilovej výroby

Mäsiarska 74, 040 01 Košice

katarina.senderska@tuke.sk

Ing. Ján Zajac

TAURIS CASSOVIA s.r.o

Čermel'ská 3, 040 01 Košice

zajac@tauris.sk

Abstract

Sensors application at the manual assembly workstations is now a standard results form the need to ensure the quality of the assembled product. The paper deals with basic type of sensors and their application at the manual assembly workstations.

Key words: sensor, manual assembly

Úvod

Dnes sú už prakticky všetky moderné ručné montážne pracoviská vybavené rozličnými typmi snímačov, ktoré monitorujú proces montáže. Sú určené na správnu realizáciu montážneho procesu, kontrolujú predpísané parametre montážnych operácií, umožňujú informovať pracovníka o stave technických zariadení, blokujú vykonávanie operácií v prípade poruchy, pri nesprávne nastavených parametroch resp. pri aplikácii nesprávnych nástrojov, prípravkov a pod. Tieto snímače sú súčasťou komplexného montážneho pracoviska a slúžia predovšetkým pre zabezpečenie kvality výslednej montovanej produkcie (obr.1). Ak sa využívajú aj pre potreby riadenia a hodnotenia procesu montáže, potom sa na základe požiadavky vytvorí špeciálny softvér určený len pre tú ktorú konkrétnu aplikáciu.

Typy snímačov

Snímače sú funkčné prvky, ktoré sú v priamom styku s meraným prostredím. Pojem „snímač“ je ekvivalent pojmu „senzor“, „detektor“, alebo aj „prevodník“. Vlastná citlivá časť snímača je označovaná ako čidlo.

Snímač je primárny zdroj informácie, ktorý sníma fyzikálne, chemické, alebo tiež biologické hodnoty a prevádza ich najčastejšie na elektrické signály ako napätie, prúd, kapacita, odpor a pod [13].

Prevod snímanej hodnoty a tým aj jeho výstupný signál môže byť dvojaký a na základe

toho je možné snímače rozdeliť do dvoch základných skupín:

- binárne snímače
- analógové snímače

U analógového prevodu zodpovedá hodnota meranej veličiny určitej hodnote výstupného napätia, prúdu, odporu a pod. Prenos analógového signálu sa dnes väčšinou rieši pomocou prúdovej slučky o úrovni 20 mA a meraná veličina sa prevádza na jej úmernú úroveň. Pri binárnom prevode je výstup dvojstavový (1/0, áno/nie, zapnutý/vypnutý), pričom zmena stavu nastáva pri určitej vybranej hodnote meranej veličiny a je buď nastavená pevne výrobcom snímača, alebo je možné ju nastaviť podľa potreby priamo na snímači. Grafické znázornenie rozdielneho princípu činnosti a rozdielnej reakcie snímačov na snímanú fyzikálnu veličinu je na obr.2. [13]

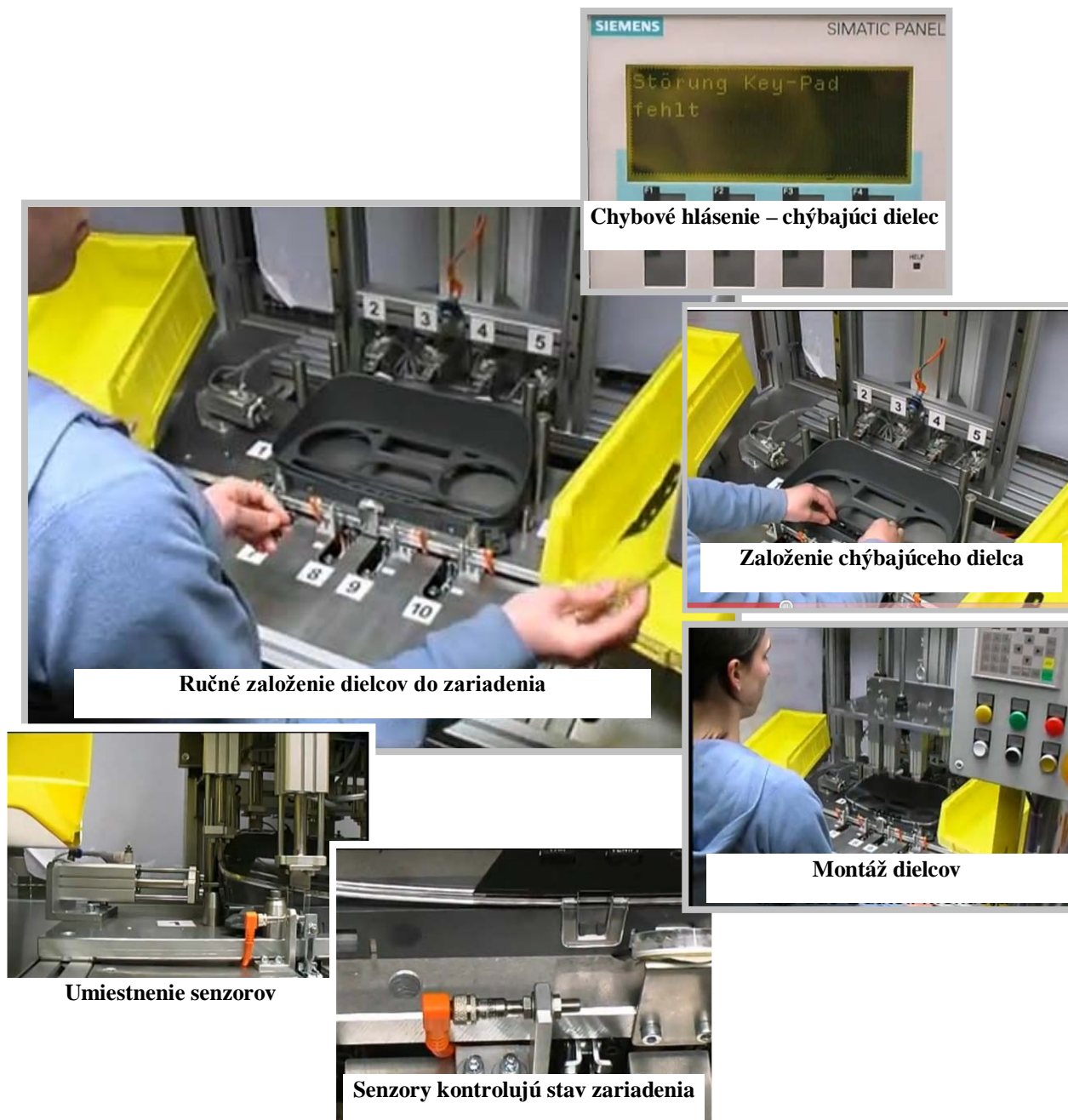
Moderné trendy smerujú k zberniciam, to znamená že výstupy analógových snímačov sa prevádzajú na digitálne a tie komunikujú podľa určitého dátového protokolu po sériovej zbernici. Binárne snímače sa pripájajú podľa šírky zbernice (8, 16, alebo 32) do uzlu, ktorý je prvkom tejto zbernice. Analógové snímače sa v montážnych technológiách používajú podstatne menej ako binárne. Tlaky, teploty, hladiny, alebo vzdialenosti sú iba doplnkové veličiny u ktorých postačuje iba hlásenie prekročenia určitej definovanej hranice. Binárne snímače majú použitie omnoho obcenejšie a v podstatne väčšej miere. Vzhľadom na ich výstup je aplikácia, prenos údajov a tiež spracovanie jednoduchšie a spoľahlivejšie [13].

Jednotlivé fyzikálne veličiny je možné snímať rôznymi spôsobmi. Každý zo spôsobov snímania má pre danú potrebu určité výhody, alebo nevýhody. Preto existujú aj rôzne prevedenie snímačov, ktoré je možné rozdeliť do nasledovných skupín [13]:

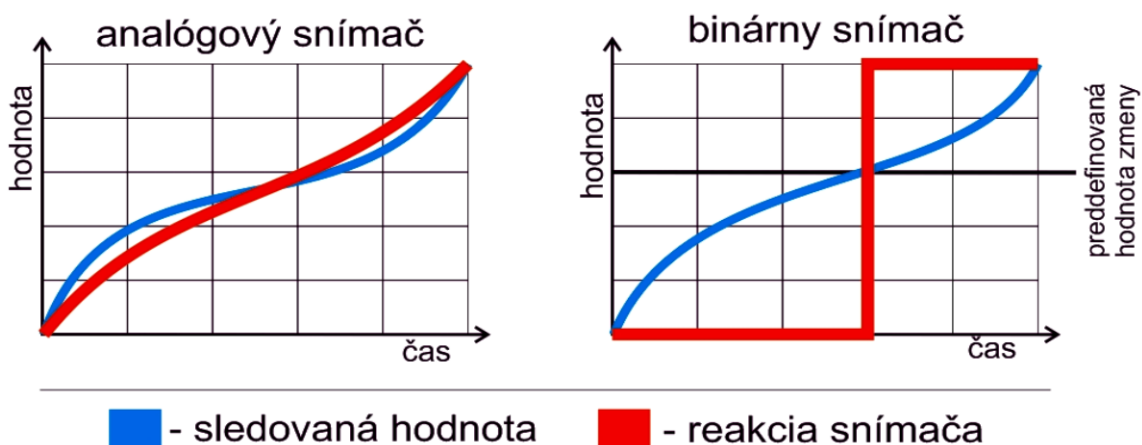
- Indukčné snímače
- Kapacitné snímače
- Magnetické snímače
- Ultrazvukové snímače
- Optické snímače

Indukčné snímače

Indukčné snímače pracujú bezdotykovo a vďaka uzavretému puzdru sú odolné voči vplyvom okolitého prostredia na pracovisku. Majú vysokú spíniacu rýchlosť a prakticky neobmedzenú životnosť (kým nedôjde k mechanickému poškodeniu snímača) [13].



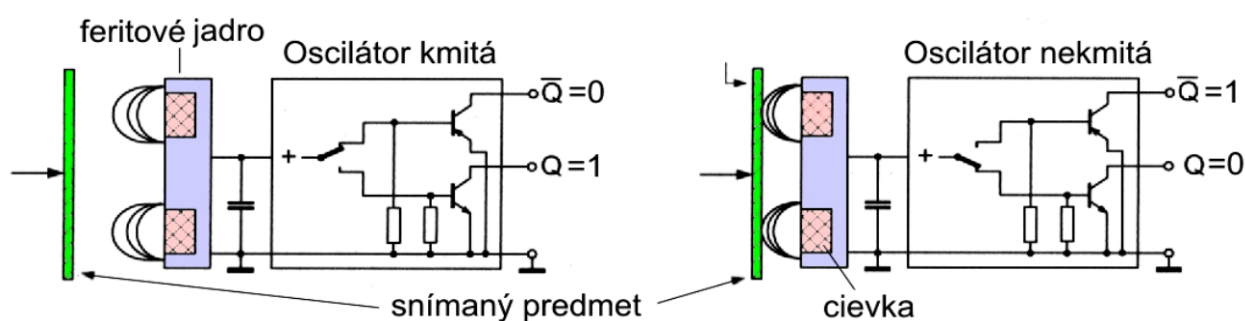
Obr. 1 Príklad senzorického vybavenia ručného montážneho pracoviska podľa [1]



Obr. 2 Zobrazenie činnosti analógového a binárneho snímača.

Aktívnym prvkom indukčného snímača je cievka umiestnená vo feritovom jadre. Vysokofrekvenčný striedavý prúd z generátora preteká cievkou a vytvára tak magnetické pole, ktoré vychádza z otvorenej časti feritového jadra, ktoré je aktívnou plochou snímača.

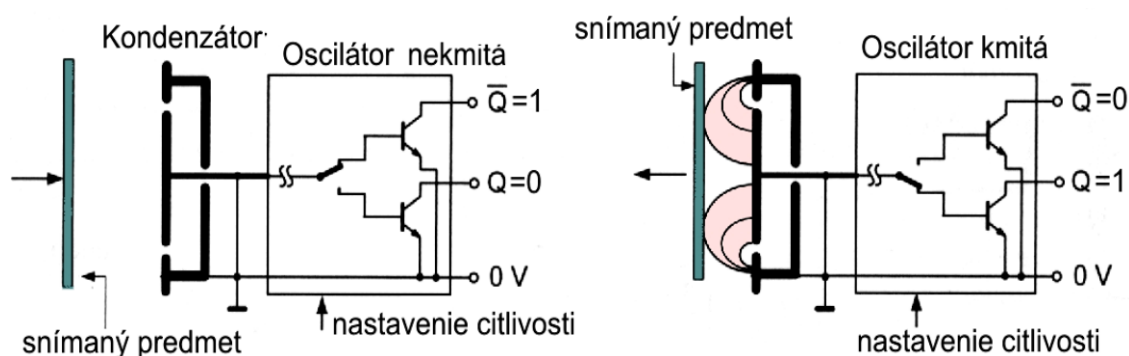
Ak sa v blízkosti aktívnej plochy snímača nachádza nejaký predmet z elektricky vodivého materiálu, naruší sa magnetické pole cievky a to spôsobí prepnutie výstupov snímača. Princíp činnosti je zobrazený na obr.3 a ukážka možných prevedení reálnych indukčných snímačov je na obr. 4.



Obr. 3 Princíp činnosti indukčného snímača [13]



Obr. 4 Rôzne prevedenia indukčných snímačov [9]



Obr.5 Princíp kapacitného snímača [13]

tvorí druhú elektródu a zároveň plní úlohu tienidla. Tieto dve elektródy spolu tvoria kondenzátor. Priblížením predmetu k čelnej ploche snímača sa mení jeho kapacita.. Funkčný princíp kapacitného senzoru je zobrazený na obrázku 5 [13].

Kapacitné snímače sa vyrábajú najčastejšie vo valcovom a kvádrovom prevedení puzdra s aktívnou plochou na jeho čelnej strane. V kvádrovom prevedení môžu mať elektródy snímača umiestnenie a tvar prispôbené podľa požiadaviek danej aplikácie. Ukážka kapacitných snímačov je na obr. 6.



Obr. 6 Prevedenia kapacitných snímačov [8]

Kapacitné snímače sú v priemyselných aplikáciách rozšírené menej ako indukčné, vzhľadom na ich väčšiu závislosť na teplote, rušivých vplyvoch, a ich spínacia frekvencia oveľa nižšia u snímačov indukčných [13].

Magnetické snímače

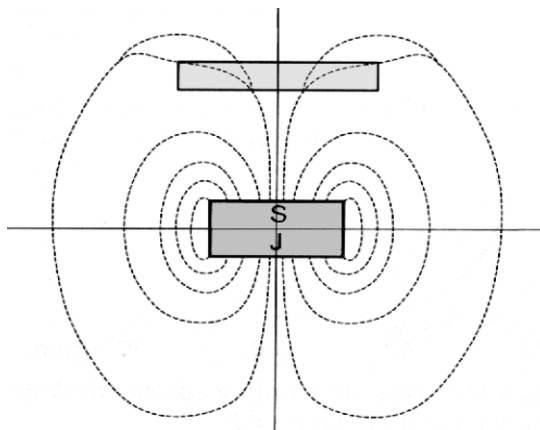
Magnetické snímače pracujú na princípe merania magnetického poľa, ktorého zdrojom býva permanentný magnet umiestnený na snímanom predmete. Existujú prevedenia týchto snímačov, pri ktorých je magnet súčasťou snímača. V takom to prípade musí byť snímaný predmet feromagnetický.

Na obrázku 7 je znázornené ovplyvnenie magnetického poľa valcového magnetu oceľovou doskou. Táto zmena môže byť meraná snímačmi. V priemysle sa najčastejšie používajú Hallove sondy, magnetorezistívne prvky a cievky s presycovaným jadrom [13].

Aplikácie snímača priblíženia s Hallovou sondou sú schematicky znázornené na obrázku 8. V prvom prípade (vľavo) je magnet umiestnený na snímanom predmete, v druhom prípade je magnet umiestnený za snímačom a snímaný predmet má za úlohu narúšať magnetické pole pevného magnetu.

V prvom prípade (vľavo) je magnet umiestnený na snímanom predmete, v druhom prípade je magnet umiestnený za snímačom a snímaný predmet má za úlohu narúšať magnetické pole pevného magnetu. V tomto prípade je možné snímač (Hallovu sondu) použiť aj ako zisťovanie uhlu natočenia. Najčastejšie sa snímače s Hallovou sondou používajú na sledovanie otáčok [13].

Ďalší typ magnetických snímačov - magnetorezistívne sondy sú rezistory závislé na magnetickom poli. Dokážu snímať tie isté parametre ako Hallove sondy. Najčastejšie sú aplikované ako snímače priblíženia.

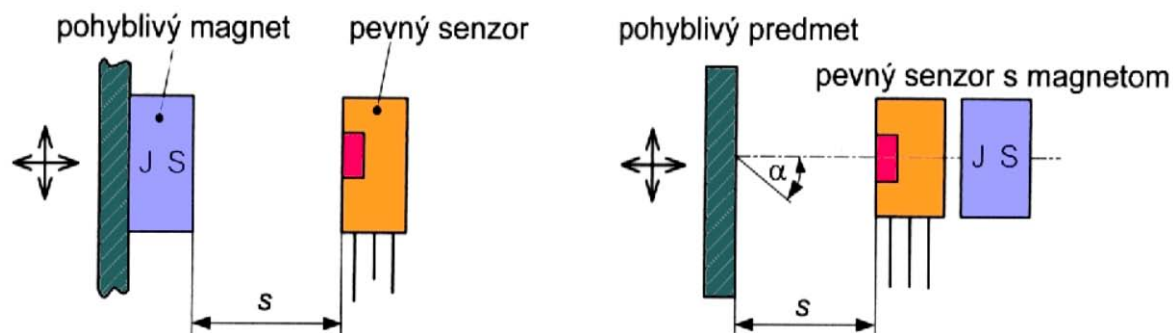


Obr. 7 Ovplyvnenie magnetického poľa valcového magnetu [13]

Snímače s nasycovaným jadrom sú cievky s jadrom z amorfného kovu, ktorý sa vyznačuje vysokou permeabilitou a nízkymi hysteréznymi a prúdovými stratami. Cievka je budená striedavým prúdom. Meranie spočíva v poklese impedancie cievky. Majú vyššiu citlivosť a dosah ako Hallove

merateľ vzdialenosti, alebo tvar zisťovaného predmetu.

Ultrazvukové snímače na meranie vzdialenosti pracujú na princípe merania času odozvy. Ak sa vyhodnocovanie odozvy a vysielanie signálu deje v tom istom mieste, jedná sa o tzv.



Obr. 8 Aplikácie snímačov s Hallovou sondou [13]



Obr. 9 Rôzne typy magnetických snímačov [17]

sondy a používajú sa prevažne na snímanie polohy hydraulických a pneumatických valcov ako snímače priblíženia [13].

Najčastejšie používané aplikácie magnetických snímačov všeobecne sú snímanie polôh pneumatických valcov, snímanie hladiny kvapalín a sypkých materiálov – magnet je v tomto prípade umiestnený v plaváku. Na obrázku 9 sú zobrazené prevedenia rôznych magnetických snímačov [13].

Ultrazvukové snímače

Fyzikálnym základom ultrazvukových snímačov je šírenie akustických vln v pevných, kvapalných a plynných látkach.

Ako meniče zvuku sa pre ultrazvukové snímače používajú najčastejšie piezokeramické meniče. Ich základom sú piezokeramické kryštály, ktoré majú tú vlastnosť, že prechodom elektrického prúdu menia svoje geometrické rozmery. Tieto kryštály prakticky menia elektrickú energiu na mechanickú a naopak, pri mechanickom pôsobení v nich vzniká elektrický náboj [13].

Doplnením takéhoto meniča o ďalšie funkčné prvky vznikne snímač, ktorým je možné

reflexné alebo difúzne snímanie. V danom časovom okamihu vyšle menič niekoľko impulzov šíriacich sa prostredím rýchlosťou zvuku. V prípade že tento impulz narazí na prekážku (meraný predmet), jeho časť sa odrazí po určitom čase späť k tomu istému, prípadne k inému snímaču. Na základe časovej odozvy vysielania a návratu signálu vyhodnocuje elektronika vzdialenosť zisťovaného predmetu. Na obr.10 je zobrazený tvar ultrazvukového signálu a jeho časový priebeh.

V prípade, že vysielateľ a prijímač signálu je ten istý snímač, jedná sa o tzv. jednoduchý systém, ktorý sa používa v praxi najčastejšie. Ak sú prijímač a vysielateľ dva samostatné meniče, jedná sa o tzv. dvojitého systému [13].

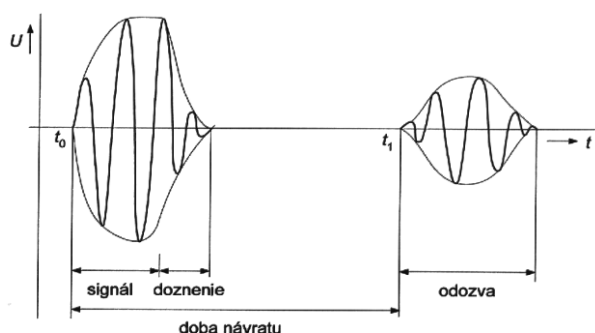
Najčastejšie používané prevedenia ultrazvukových snímačov sú v reflexnom režime ako jednocestná závera s binárnym výstupom snímača. Ďalším často používaným prevedením je snímač s analógovým výstupom pre meranie vzdialeností (napr. výška hladiny kvapaliny) [13].

Konštrukčné prevedenia sú buď vo valcovom alebo hranatom puzdre. Používajú sa prevažne na miestach, kde nie je možné použiť optické senzory, ako je napr. snímanie

priehľadných predmetov. Na obr. 12 je zobrazených niekoľko reálnych vyhotovení ultrazvukových snímačov.



Obr. 10 Rôzne typy ultrazvukových snímačov



Obr. 11 Časový priebeh signálu meniča [13]



Obr. 12 Vyhotovenia ultrazvukových snímačov [12]

Optické snímače

Optické, optoelektronické, prípadne fotoelektrické snímače patria dnes k najviac rozšíreným typom snímačov vďaka ich funkčnému rozsahu a tým aj ich širokým aplikačným možnostiam. Najčastejšie sa používajú v prevedeniach v binárnych aplikáciách, inšpekčných a bezpečnostných aplikáciách a v oblasti merania a kontroly. Niekoľko typov optických snímačov je zobrazených na obrázku 13 [13].

Jednou z veľkých predností optických snímačov je ich neustále sa zmenšujúce rozmery a zvyšujúci sa výkon. Sú vhodné na použitie na veľké vzdialenosti vďaka malej citlivosti na rušivé vplyvy

okolia. Nevýhodou je ich menšia odolnosť voči znečisteniu, vysokej vlhkosti a infračervenému žiareniu.

Základnou vlastnosťou optických snímačov je premena elektrickej energia na svetlo a opačne. Pod pojmom svetlo sa tu rozumie elektromagnetické spektrum v oblasti od ultrafialovej, cez oblasť viditeľného svetla až po oblasť infračervenú.

Ako vysielacie prvky sa používajú luminiscenčné (LED) diódy a polovodičové laserové diódy [13].

Rozdiel medzi lúčom svetla z luminiscenčnej diódy a laserovej diódy je v jeho tvare a spektre. U LED je vyžarované svetelné spektrum spojité, oproti tomu sa spektrum z laserových diód skladá z diskretných čiar vlnenia, z ktorého sa dá špeciálnym spôsobom vybrať jediná čiara [13].

Prijímacie prvky tvoria fotodiódy, fototranzistory a tzv. diódy s laterálnym efektom



Obr. 13 Optické snímače[9]

(PDS). U týchto prvkov prebieha premena svetelného žiarenia na elektrický prúd.

Optické snímače podľa ich princípu činnosti je možné rozdeliť do troch skupín:

- Reflexné snímače
- Reflexné snímače s odrazkou alebo reflexné závory

- Jednocestné závory s oddeleným vysielačom a prijímačom

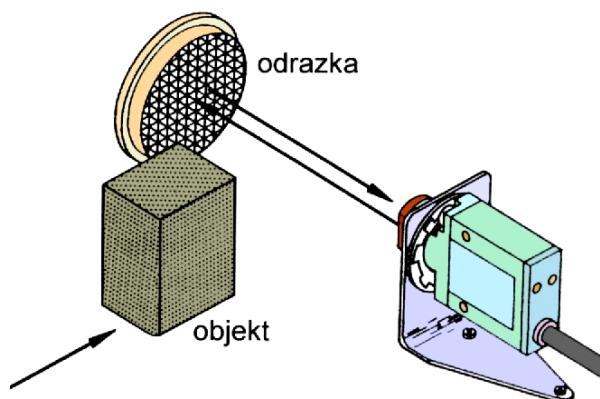
Reflexné snímače zisťujú prítomnosť nejakého predmetu o ktorom je potrebné v určitom technologickom procese vedieť. Tieto snímače snímajú a merajú výkon vyžarovaného svetla a porovnávajú ho s požadovanou hodnotou. Okrem zistenia prítomnosti dokážu tiež odmerať vzdialenosť daného predmetu a zistiť jeho ďalšie optické vlastnosti ako napr. farba predmetu [13].

Reflexné snímače v difúznom prevedení vysielajú svetelný lúč, ktorý sa po difúznom odrazení od predmetu vracia do snímača. Pracovná vzdialenosť je do cca 500m.

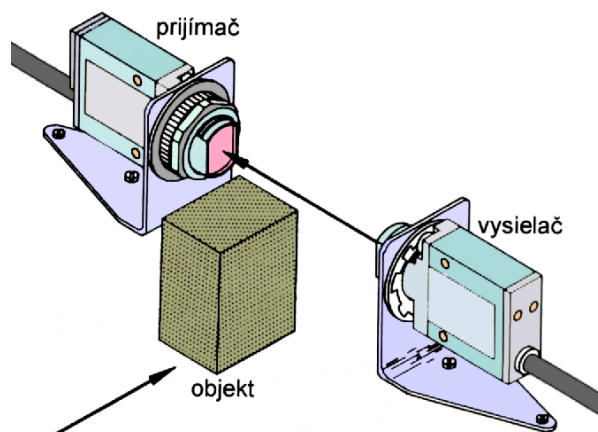
Pre potlačenie strát svetelného signálu boli vyvinuté divergentné (bez kolimačných šošoviek), konvergentné (šošovka so zaostréním do ohniska) a reflexné senzory s potlačeným popredím (pre odstránenie chýb pri čítaní z drsného povrchu).

Ďalšie využitie reflexných snímačov je reflexná závora, kde snímač vysielá svetelný lúč do odrazovej plochy od ktorej sa vracia späť do snímača pri dvojcestnej závore, alebo v prípade jednocestnej závory sú vysielač a prijímač postavené oproti sebe. K Aktivácii výstupu snímača dochádza prerušením svetelného lúča sledovaným predmetom [13].

Pri aplikáciách s optickými snímačmi je v prípadoch nedostatku priestoru, alebo vysokého rušenia vysokou teplotou, chvením, elektromagnetickým rušením pod. výhodné použiť snímače s optickými vodičmi [13].



Obr. 14 Činnosť dvojcestnej reflexnej závory [13]

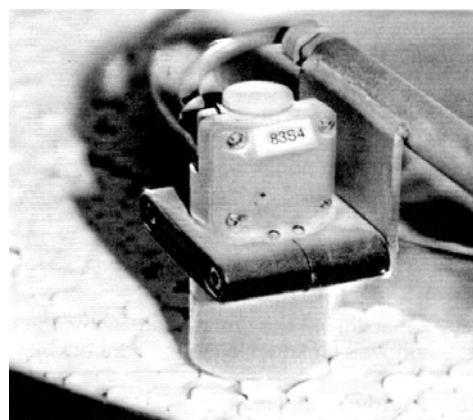


Obr. 15 Činnosť jednocestnej reflexnej závory [13]

Aplikácia snímačov

Sledovanie výšky hladiny súčiastok

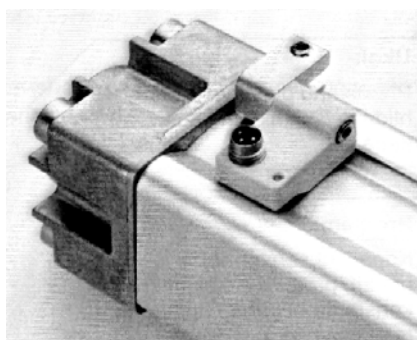
Úlohou je sledovanie rovnomernej výšky materiálu, alebo drobných súčiastok umiestnených na pásovom dopravníku. Na takéto riešenie je vhodný kapacitný snímač. Výška hladiny súčiastok, prípadne materiálu pod snímačom tvorí ďalšiu platňu kondenzátora, čím ovplyvňuje jeho kapacitu. Pre túto aplikáciu je výhodné použiť kapacitný snímač s čo najväčšou čelnou plochou [13].



Obr. 16 Sledovanie výšky hladiny materiálu kapacitným snímačom [13]

Hlásenie krajných polôh pneumatického, alebo hydraulického valca

V tomto prípade bude použitý magnetický snímač ako sledovač krajných polôh pneumatického alebo hydraulického valca. Snímače sú umiestnené na vonkajšej strane koncov valca a magnet je umiestnený v pieste vnútri valca. Ak sa piest dostane do jednej z krajných polôh, magnetický snímač vyšle signál o prítomnosti piesta v krajnej polohe. Valec so snímačom v jeho krajnej polohe je na obr.17 [13].



Obr. 17 Pneumatický valec s magnetickým snímačom v krajnej polohe [13]

Postup výberu typu snímača

Pri postupe výberu vhodného snímača je potrebné zohľadniť niekoľko aspektov, ktoré je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

Charakteristika potrebnej informácie

Pri výbere snímača je potrebné ako prvé dostatočne charakterizovať informácie ktoré požadujeme aby výsledný systém s navrhovaným snímačom dokázal sledovať a spracovať.

Analýza zariadenia, resp. prípravku

Je potrebné analyzovať dané zariadenie, prípravok alebo inú časť montážneho pracoviska, na ktorom bude predpokladaný snímač umiestnený. Jedná sa hlavne o možnosti umiestnenia a upevnenia tak, aby snímač nebol prekážkou iným procesom pri montáži a zároveň aby bol dostatočne blízko sledovaných objektov

Definícia požadovaných presností a výstupných informácií

Na základe požiadaviek je potrebné zohľadniť pri výbere snímača jeho presnosť a rozsah a tiež požadované signály pre ďalšie spracovanie v systéme (analogové, alebo binárne výstupné signály)

Výber typu snímača podľa vhodnosti

Každú fyzikálnu veličinu je možné snímať niekoľkými spôsobmi (indukčné, optické, magnetické, kapacitné snímače). Každý zo spôsobov snímania má pre dané podmienky určité výhody a nevýhody, preto je potrebné zohľadniť všetky okolnosti a uskutočniť výber snímača s maximálne vhodnými vlastnosťami pre danú aplikáciu.

Cenová relácia a spoľahlivosť snímača

Existuje veľké množstvo výrobcov snímačov s rôznymi cenovými reláciami a s tým súvisiacimi kvalitatívnymi parametrami ako sú spoľahlivosť, životnosť, spotreba a pod.

Je potrebné preto zohľadniť aj tieto parametre a primerane ich prispôsobiť potrebám danej aplikácie na montážnom pracovisku, aby bola efektívne vyvážená životnosť, servis a celkové prevádzkové náklady kompletného systému.

Posúdenie kompatibility snímačov

Každé montážne pracovisko môže obsahovať množstvo snímačov s rozličnými vlastnosťami a parametrami. Aby bol celkový systém analýzy pracoviska spoľahlivý, je potrebné zabezpečiť snímače s čo najvyššou kompatibilitou.

Snímače by mali byť vyberané s približne rovnakými parametrami výstupných signálov, aby bola potreba prispôsobovania signálov prevodníkmi a inými zariadeniami minimálna a tiež je vhodné kombinovať snímače s rovnakým typom mechanického prevedenia a montáže pre prípad servisu.

Zohľadnenie ďalších možností rozšírenia a pod.

Ak sa jedná o pracoviská, kde je potenciálny predpoklad zmeny, prípadne rozšírenia výroby alebo montáže, je potrebné zohľadňovať pri výbere snímačov a ich zapojení aj tieto možnosti.

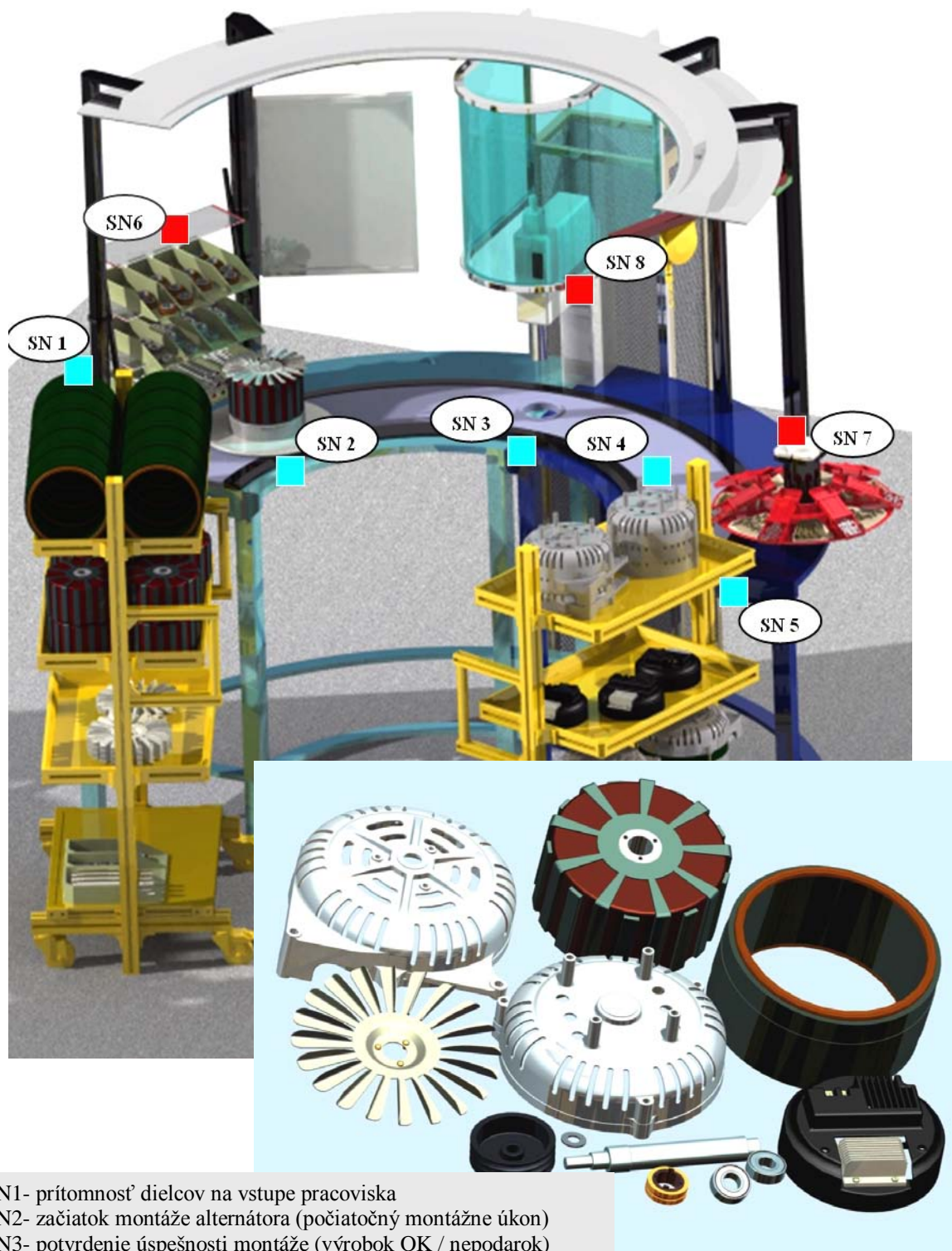
Často sa zvyknú snímačové systémy zapájať do takzvaných zberníc. Je to veľmi efektívny spôsob pripojenia, pretože nevyžaduje montáž kabeláže ku každému snímaču samostatne. Rozšírenie a modifikácia takto zapojeného systému snímačov je konštrukčne jednoduchšie a časovo menej náročné. [13]. V tab. 1 je uvedený prehľad vybraných výrobcov snímačov.

Ručné montážne pracovisko pre montáž alternátora

Pre účely tvorby programu pre on-line analýzu ručných montážnych pracovísk bolo v prvom kroku nutné vytvoriť model pracoviska pre montáž vybraného typu komponentu a navrhnuť jeho vybavenie snímačmi. Pre tento účel bolo vybrané montážne pracovisko pre montáž alternátora [19] zobrazené na obr. 18.

On-line analýza bude realizovaná v procese montáže alternátora z dielcov ktoré sú zobrazené na obrázku 18. Umiestnenie jednotlivých dielcov alternátora počas jeho montáže v príslušných zásobníkoch ako aj rozmiestnenie snímačov na montážnom pracovisku je zobrazené na 3D modeli tohto pracoviska.

Snímače sú očíslované a farebne rozlíšené podľa významu, podobne ako je farebné označenie snímačov v časti „Analýza“ riadiaceho programu. Červenou farbou sú naznačené snímače ktoré sledujú technický stav pracoviska (zásobníky súčiastok, zariadenia), modrou farbou sú naznačené, ktoré sledujú proces montáže (prítomnosť dielcov na určených miestach pracoviska, čas montážneho procesu a pod.).



- SN1- prítomnosť dielcov na vstupe pracoviska
- SN2- začiatok montáže alternátora (počiatočný montážny úkon)
- SN3- potvrdenie úspešnosti montáže (výrobok OK / nepodarok)
- SN4- koniec montáže (posledný montážny úkon)
- SN5- zmontovaný alternátor uložený výstupe pracoviska
- SN6- prítomnosť dostatočného počtu súčiastok v zásobníku 1
- SN7- prítomnosť dostatočného počtu súčiastok v zásobníku 2
- SN8- kontrola funkčnosti zariadenia (lis)

Obr.18 Montáž alternátora na ručnom montážnom pracovisku podľa [19]

Tab. 1. Vybraní výrobcovia a dodávatelia snímačov

Výrobca	www.stránka*
Senzor Košice	http://www.senzor.sk/
IFM Electronic	http://www.ifm-electronic.com/ifmcz/web/home.htm
Mikro-Epsilon	http://www.micro-epsilon.com/company/MICRO-EPSILON_Czech_Republic.html
Balluff	http://www.balluff.com/StaticPages/sk/Balluff%20Slovakia.html
SenzorTech	http://senzortech.sk/neo/?stranka=hlavna&menu=0
FESTO	http://www.festo.com
Tempex	http://www.tempex.sk/
Transcom	http://www.transcom.sk/
Siemens	http://www.siemens.com/entry/cc/en/
EximTech	http://www.eximtech.sk/index.php
ENIKA.CZ	http://www.enika.cz/cz/uvod.html

Záver

Integrálnou súčasťou všetkých typov montážnych systémov je vybavenie snímačmi a riadením a to aj v prípade ručných montážnych pracovísk, ktoré sú vybavené rozličnými typmi snímačov, ktoré monitorujú proces ručnej montáže. Sú určené pre správnu realizáciu montážneho procesu, kontrolujú predpísané parametre montážnych operácií, umožňujú informovať pracovníka o stave technických zariadení, blokujú vykonávanie operácií v prípade poruchy, pri nesprávne nastavených parametroch resp. pri aplikácii nesprávnych nástrojov, prípravkov a pod. Tieto snímače sú súčasťou komplexného montážneho pracoviska a slúžia predovšetkým pre zabezpečenie kvality výslednej montovanej produkcie. Ak sa využívajú aj pre potreby riadenia a hodnotenia procesu montáže, potom sa na základe požiadavky vytvorí špeciálny softvér určený len pre tú ktorú konkrétnu aplikáciu.

Moderné trendy ručnej montáže vzhľadom smerujú k neustálemu zvyšovaniu využívania snímačov, senzorovej a výpočtovej techniky z dôvodu zvyšovania nárokov na kvalitu, efektívnosť a znižovanie strát a chybovosti výrobkov. Preto má využívanie snímačov v oblasti ručnej montáže stále väčší význam. Na základe vykonaných analýz bol vyprofilovaný projekt on-line analýzy montážneho procesu [21], ktorého súčasťou je senzorické vybavenie ručných montážnych pracovísk.

Literatúra

- [1] AUTIS MASCHINENBAU GmbH, Montagearbeitsplatz für Cockpitlelemente.[on line], [cit. 2010-10-09], Dostupné na internete: <www.autis.de>
- [2] BALLUFF: Sensor WorldWilde [online]. Balluff Inc. 2010, [cit. 2010-03-14], Dostupné na internete: <<http://www.balluff.com/Balluff/us/FunctionsChannel/Overview/en/Linear+Position+and+Measurement.htm>>
- [3] BOSCH: Product Catalog [online], Bosh Rexroth AG. 2010, [cit. 2010-02-16], Dostupné na internete: <http://www.boschrexroth-us.com/business_units/br/en/produkte/mps_neu/arbeitsplatz/index.jsp>
- [4] BOSCH: Sensorika [online]. Bosh Rexroth AG. 2010, Aktualizované 12-3-2010, [cit. 2010-02-05], Dostupné na internete: <<http://www.boschrexroth.com/pneumatics-atalog/Vornavigation/VorNavi.cfm?Language=CS&PageID=g94567>>
- [5] CVETKOVIĆ, S.: Modeliranje i upravljanje logističkim sistemom "VIII međunarodna naučno-stručna konferencija MMA 2003, Novi Sad 2003, ISBN 86-85211-96-4
- [6] DESIGN WORLD: Design World Magazine [online]. 2010, [cit. 2010-01-18] Dostupné na internete: <http://www.designworldonline.com/uploads/ImageGallery/Promess_workstation.gif>
- [7] ĎUĎO S., BEJČEK L., PLATIL A.: Sensory neelektrických veličin, BEN Praha, 2005, ISBN: 80-7300-156-X
- [8] EMPEX: Snimače Microdetectors [online]. Tempex Piešťany 2010, [cit. 2010-12-27], Dostupné na internete: <<http://www.tempex.sk/>>
- [9] FESTO: Produkty-Snímače [online]. Festo AG & Co.KG 2010, [cit. 2010-01-12]. Dostupné na internete: <http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites/sk/5a6f9e77319754dec125711d005261fc.htm>
- [10] FRIŠTACKÝ N., KOLESÁR M., KOLENIČKA J., HLAVATÝ J.: Logické systémy, 2. vydanie, Alfa Bratislava, 1990, ISBN: 80-05-00414-1
- [11] KESL J., Elektronika I – Analogová technika, BEN Praha 2007, ISBN: 978-80-7300-143-8
- [12] KROUPA M.: Sensory Siemens v průmyslové výrobě [online],

- Automatizace, Odborný časopis pro automatizaci 2008, [cit. 2010-03-05], Dostupné na internete: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2231>>
- [13] MARTINEK R.: Senzory v průmyslové praxi, Technická literatura BEN Praha 2004, ISBN: 80-7300-114-4
- [14] MICRO-EPSILON: Senzory, systémy a řešení pro měření, testování a automatizaci [online]. Micro-Epsilon Czech Republic 2010, [cit. 2010-03-22], Dostupné na internete: <<http://www.micro-epsilon.cz/index.html>>
- [15] MTS: Senzory Checker [online]. Modern Technologies System, 2007, [cit. 2010-03-07], Dostupné na internete: <<http://www.mts.sk/cognex/cognex-01.php>>
- [16] PITEĽ J., POLANECKÁ I., ŽIDEK K.: Snímače a senzorové systémy, Návod a cvičenia, TU v Košiciach, SjF, 2005, ISBN 80-8073-451-8
- [17] SENZORTECH: Senzorová technika [online], Senzortech s.r.o. Trenčín 2008, [cit. 2010-02-24], Dostupné na internete: <<http://www.senzortech.sk/neo/?stranka=prehlad&menu=D#lnk1.1>>
- [18] VÁCLAV, Š., POKORNÝ, P., ÁČOVÁ, M.: Principle of mechanical structures assembly. In: ICPM 2007. IV. International Congress on Precision Machining 2007: Proceedings. Vol. 1, 2. September 25-28, 2007, Kielce, Poland. - Kielce: Kielce University of Technology, 2007. - ISBN 978-83-88906-91-6. s. 225-229.
- [19] VDOVJAK F., Tvorba 3D modelov zariadení pre one piece flow montážne pracoviská, Bakalárska práca, TU v Košiciach, SjF, KTaM, Košice, 2010
- [20] WHITNEY, D.: Mechanical Assemblies. Their design, manufacture, and role in product development. New York: Oxford university press, 2004. 517s. ISBN 0-19-515782-6
- [21] ZAJAC, J.: On-line analýza ručnej montáže, [Diplomová práca], SjF TU v Košiciach, 2010

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu "Centrum výskumu riadenia technických, environmentálnych a humánnych rizík pre trvalý rozvoj produkcie a výrobkov v strojárstve" (ITMS: 26220120060), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja – aktivita 3.3 Dizajn produktov pre high-tech výrobné systémy a manažment rizík inovačných projektov.