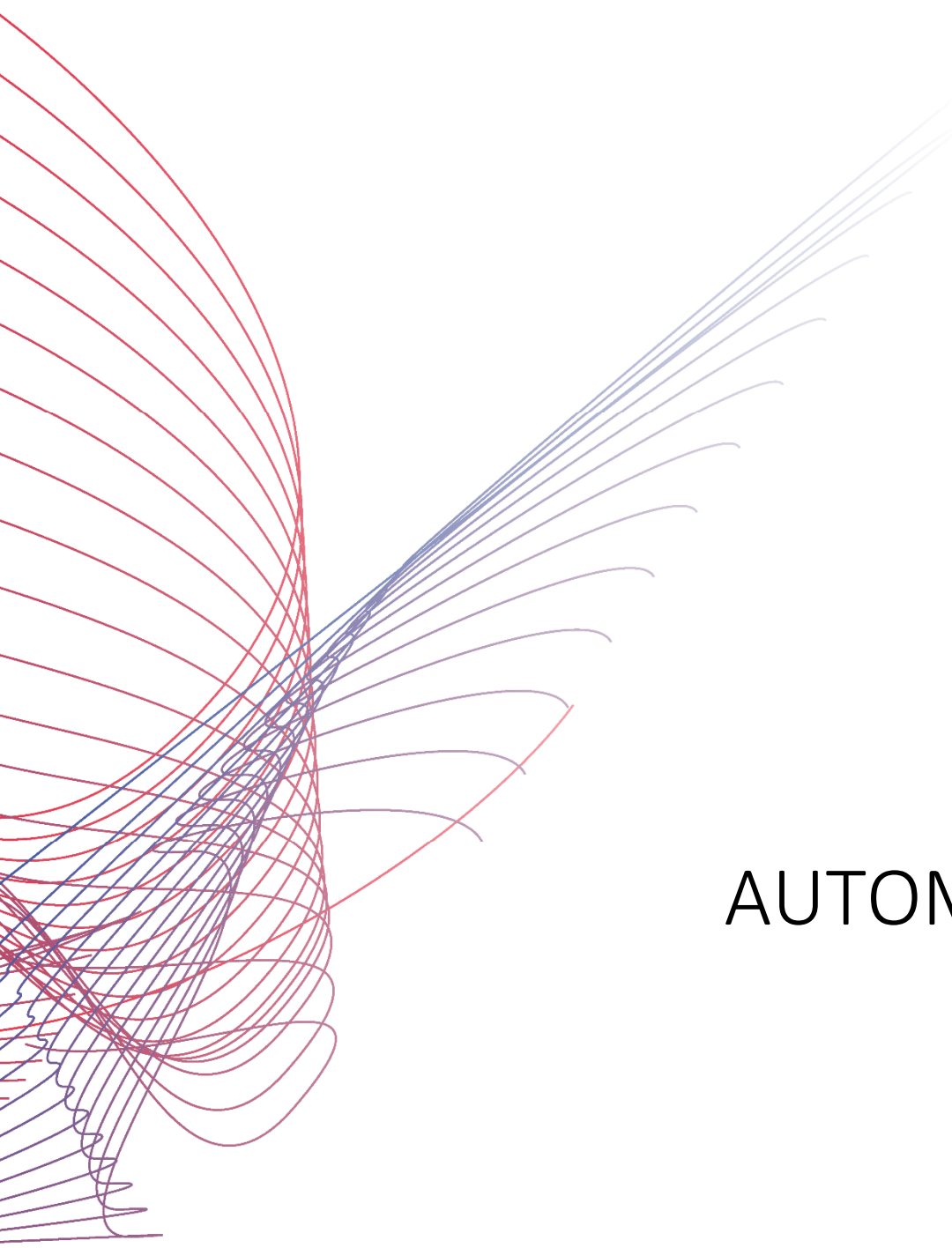




TECH pedia



AUTOMATIZÁCIA

OTO SLÁDEK

Názov: Automatizácia
Autor: Oto Sládek
Preložil: Peter Trúchly
Vydalo: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Kontaktná adresa: Technická 2, Praha 6, Česká republika
Tel.: +420 224352084
Tlač: (iba elektronická)
Počet strán: 36
Edícia (vydanie): 1. vydanie, 2017
ISBN 978-80-01-06220-3

TechPedia

European Virtual Learning Platform for
Electrical and Information Engineering

<http://www.techpedia.eu>



Tento projekt bol financovaný s podporou Európskej Komisie.

Táto publikácia (dokument) reprezentuje výlučne názor autora a Komisia nezodpovedá za akékoľvek použitie informácií obsiahnutých v tejto publikácii (dokumente).

VYSVETLIVKY



Definícia



Zaujímavosť



Poznámka



Príklad



Zhrnutie



Výhody



Nevýhody

ANOTÁCIA

Tento modul poskytuje úvod do problematiky priemyselnej automatizácie a automatizácie všeobecne. Opisuje teóriu logických systémov, senzorov, akčných členov, typy riadiacich systémov ako sú PLC, PAC a pod.. Hlavné princípy riadenia a SCADA systémy.

CIELE

Teória logických systémov a riadenia.

Senzory - na meranie teploty, prietoku, tlaku, výšky a polohy.

Akčné členy - pneumatiké, hydraulické, elektrické motory, pohony.

PLC, PAC, DCS systémy, priemyselné riadenie - opis a rozdiely.

Regulácia - prístupy a opis PID.

SCADA systémy - účel a charakteristika.

LITERATÚRA

- [1] Buch-Vishniac, J.: Electromechanical sensors and actuators: Birkhäuser, 1998. 341 p. ISBN 978-03-879-8495-7.
- [2] De Silva, C., Control, Sensors and Actuators: New Jersey: Prentice Hall 1989
- [3] Harmut, J.: Actuators: basics and applications: Springer, 2004. 343 p. ISBN 978-35-406-1564-4.
- [4] J. W. Webb, R. A. Reis: Programmable logic controllers: principles and applications, Prentice Hall, 2003, 460 p., ISBN: 9780130416728.
- [5] K. Clement-Jewery, W. Jeffcoat: The PLC workbook: programmable logic controllers made easy, Prentice Hall, 1996, 197 p., ISBN: 9780134898407.
- [6] Levine, s., W. et al, The Control Handbook: Salem: CRC Press, Inc. 1996.
- [7] M. Rabiee: Programmable Logic Controllers: Hardware and Programming, Goodheart-Willcox Pub, 2009, 300 p., ISBN: 9781605250069.
- [8] Martinásková, M. Šmejkal, L.: PLC a automatizace 1. Základní pojmy, úvod do programování, BEN – technická literatura, Praha, 2002, 224 s.

- [9] Massood, T: Microactuators: electrical, magnetic, thermal, optical, mechanical, chemical & smart structures: Springer, 1998. 287 p. ISBN 978-07-923-8089-4.
- [10] Novák, P.: Průmyslové řídicí systémy.(skriptum), Ostrava: VŠB-TU, 2000, s. 104, ISBN 80-7078-733-3.
- [11] Pansini A.: Basics of electric motors: including polyphase induction and synchronous motors: PennWell Books, 1996. 218 p. ISBN 978-08-781-4673-4.
- [12] Kalman. On the general theory of control systems. In Proc. IFAC World Congress, 1960.
- [13] Satori M. A., Passino KM., Antsaklis P. J.: A Multilayer Perceptron Solution to the Match Phase Problem in Rule-Based Artificial Intelligence Systems. IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering, Vol. 4 (1992), No. 3 (June), 290-297.
- [14] Spiridonov V.: Selbststrukturiendes neuronales Netz mittels geometrischen Lernalgorithmus als Wissenserwerbskomponente für Expertensysteme. Proceedings 3 9. Internationalies Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Ilmenau, 27-29. září 1994, 372-377.
- [15] Šmejkal, L.: PLC a automatizace 2. Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky, BEN-technická literatura, Praha, 2005, 208 s.
- [16] Tauchman, M.: Vizualizace technologických procesů – novinky od firmy Wonderware. Automatizace, 46, č. 3, 2003, s. 174–176.
- [17] Tzou H., Fukuda T.: Precision sensors, actuators, and systems: Springer, 1992. 470 p. ISBN 978-07-923-2015-9.

Obsah

1	Teoretické základy	7
1.1	Implementácia základných logických funkcií rôznych technológií	9
2	Senzory	13
2.1	Senzory na meranie teploty	14
2.2	Senzory pre meranie tlaku	16
2.3	Senzory na meranie prietoku	18
2.4	Senzory pre meranie tepelného toku	22
2.5	Senzory na meranie výšky a polohy	23
3	Akčné členy	24
3.1	Hydraulické aktuátory	26
4	PLC, PAC, PCS	28
5	Ostatné riadiace systémy	30
5.1	DCS	32
6	Regulácia	33
6.1	Regulácia	33
7	SCADA systémy	35

1 Teoretické základy

Riadiace systémy je možné rozdeliť do troch skupín:

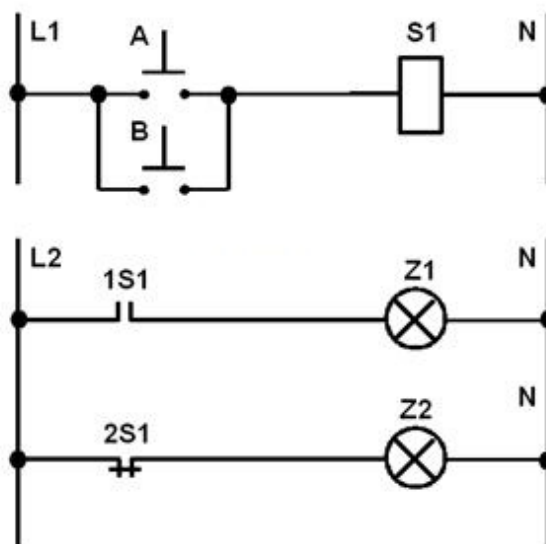
- logické systémy
- číslicové systémy
- hybridné systémy

Logické systémy

Logické systémy sú systémy, ktoré komunikujú s okolím pomocou binárnych signálov (áno/nie alebo 1/0 a pod.). Informácie z týchto binárnych systémov sa generujú na základe pravidiel Booleovskej algebry. Bývajú označované ako Booleovské. Binárny systém môže byť realizovaný kontaktným alebo bezkontaktným spínaním.

Binárne systémy môžu byť implementované v rôznych technológiách napr. v riadiacich obvodoch s použitím tranzistorov a zapuzdrením: pevná logika, FPGA, μC , DSP, PC a pod.

Schémy elektrických riadiacich obvodov sú výkresy, v ktorých je zobrazené ovládanie a napájacie obvody. Prvky hlavného obvodu riadia prepínače, spínače, kontakty relé. Riadiaci obvod sa skladá z ovládacích prvkov ako sú tlačidlá, spínače, časovače a limitné spínače, cievky, relé alebo stýkače. Všetky prvky môžu byť nahradené slaboprúdovou a výkonovou elektronikou.



Príklad riadiaceho systému

Na obrázku je zobrazená schéma riadiacich a silových obvodov s jednoduchými funkciami. Stlačením tlačidla A je ovládacie napätie privedené na cievku stýkača, S1 je uzavretý. Obyčajne ide o otvorený kontakt pripojenia 1S1 k napájaniu spotrebiča (lampy) Z1, zatiaľ čo pri 2S1 je Z2 spotrebič odpojený od napájania. Funkcia obvodu je taká, že stlačením tlačidla A sa rozsvieti žiarovka Z1 a Z2 zhasne. Keď sa tlačidlo uvoľní, výsledok bude opačný.

Numerické systémy

$E = m \cdot c^2$

Numerické systémy sú systémy, ktoré pracujú s aritmetickými operáciami a pracujú podľa algebraických pravidiel. Ide hlavne o základné algebraické operácie sčítanie, odčítanie, násobenie a delenie. Prípadne využívajú aj omnoho zložitejšie operácie a funkcie. Numerické systémy sú vykonávané s použitím mikroprocesora.

Hybridné systémy

$E = m \cdot c^2$

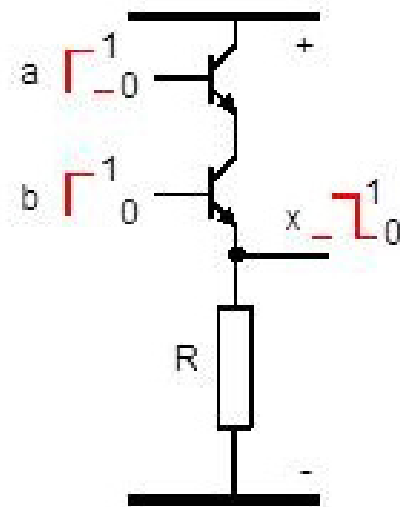
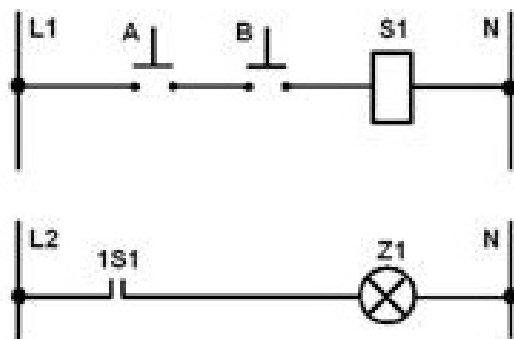
Hybridné systémy sú kombináciou logických a numerických systémov, vyznačujú sa špecifickým chovaním. Hybridné systémy sú tiež realizované pomocou mikroprocesora.

1.1 Implementácia základných logických funkcií rôznych technológií

Logická konjunkcia (násobenie) – AND



Na nasledujúcich príkladoch je možné študovať technickú implementáciu konjunkcie dvoch nezávislých premenných. Závislá (výstupná) premenná má hodnotu pravda iba v prípade, že obidve nezávislé premenné majú tiež túto hodnotu. Riadiaci obvod je riešený sériovým zapojením tlačidiel. Implementácia pomocou tranzistorov sa rieši sériovým spojením tranzistorov.

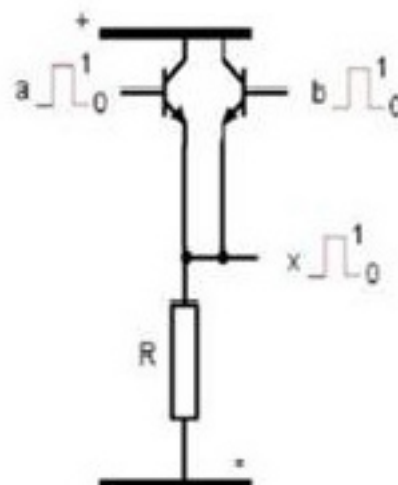
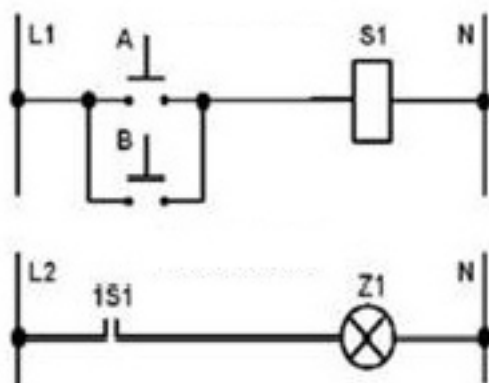


Funkcia logickej konjunkcie – AND

Logická disjunkcia (sčítanie) – OR



Na nasledujúcich príkladoch je možné študovať technickú implementáciu disjunkcie dvoch nezávislých premenných. Závislá (výstupná) premenná má hodnotu pravda, ak aspoň jedna nezávislá premenná má tiež túto hodnotu. Riadiaci obvod je realizovaný paralelným zapojením tlačidiel. Implementácia pomocou tranzistorov sa realizuje paralelným zapojením tranzistorov.

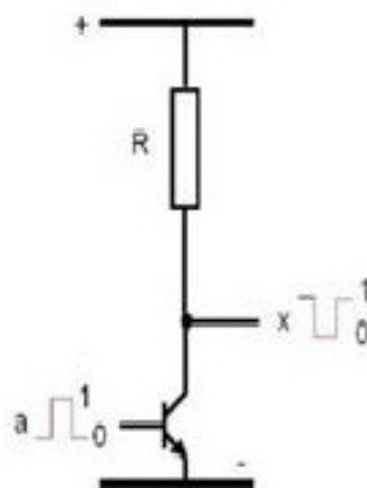
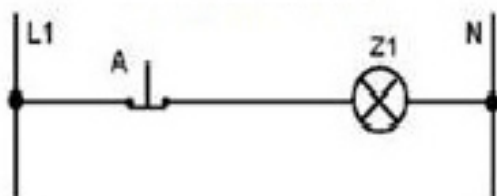


Funkcia logickej disjunkcie - OR

Logická negácia – NOT



Na nasledujúcich príkladoch je možné analyzovať technickú implementáciu negácie jednej nezávislej premennej. Závislá premenná má hodnotu pravda v prípade, že nezávislá premenná má hodnotu nepravda. Riadiaci obvod ovláda tlačidlo spájajúce/rozpájajúce obvod. Implementácia je riešená pomocou tranzistora.



Funkcia logickej negácie – NOT

Schematické symboly pre logické obvody

Vzhľadom k tomu, že logické operácie môžu byť realizované použitím rôznych technológií, sú využívané logické diagramy. V diagramoch logických obvodov sa používajú symboly. Prvý obrázok ako symbol obvodu reprezentuje logický súčet, ktorý má dva vstupy (vľavo) a jeden výstup. Prostredný obrázok je schematický symbol pre logický súčin, ktorý má dva vstupy a jeden výstup. Koliesko na treťom obrázku znamená negáciu. Diagramy nie sú vypracované samostatne, ale vždy vrátane vstupného alebo výstupného bodu pre daný súčin alebo súčet.



Piktogramy pre logické operácie

Poznámka: V niektorých, najmä starších, diagramoch sa môžu objavovať značky iného tvaru. Napr. štvorcového a obdĺžnikového. Označenie pre negáciu zostáva bez zmeny.

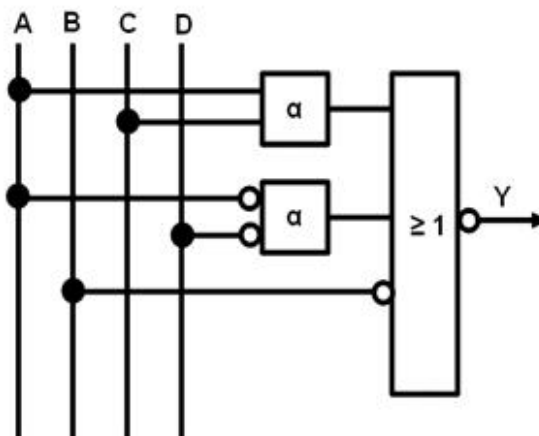


Schéma obvodu

Nakreslenú logickú schému obvodu je možné vyjadriť vzťahom: $Y = A \times C + \overline{A} \times \overline{D} + B$

Úpravy logických výrazov

Je zrejmé, že každá logická operácia je reprezentovaná jedným blokom v logickom diagrame, ktorý reprezentuje zodpovedajúcu technológiu. Čím viac logických blokov, tým viac súčastí a tým väčšia pravdepodobnosť zlyhania riadiaceho systému. Zníženie počtu použitých logických blokov je možno dosiahnuť úpravou a zjednodušením logických funkcií. Zjednodušenie sa vykonáva na základe logických pravidiel Booleovej algebry. Pre prehľadnosť uveďme nasledujúci príklad:

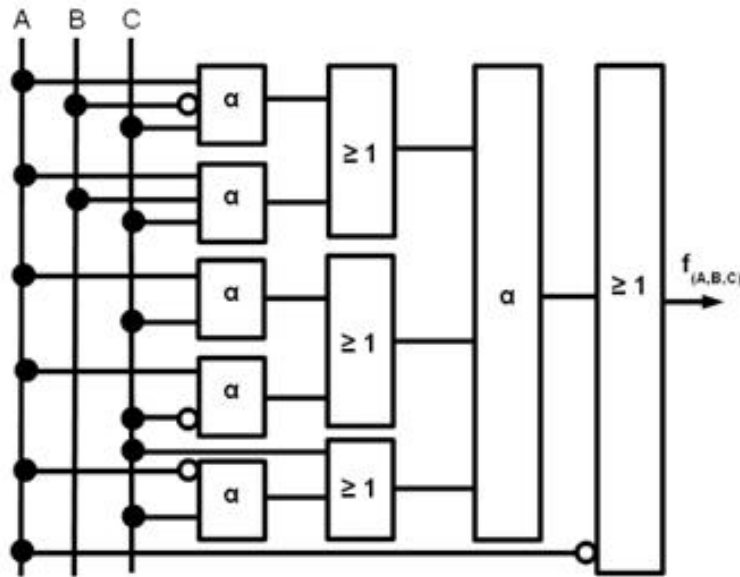


Príklad 1:

Funkcia $f(A, B, C)$ troch logických premenných je daná nasledujúcim vzťahom:

$$f_{(A,B,C)} = (A \times \bar{B} \times C + A \times B \times C) \times (A \times C + A \times \bar{C}) \times (\bar{C} + C \bar{A}) + \bar{A}$$

Na jeho implementáciu je potrebných 14 logických blokov. Logický diagram je znázornený na nasledujúcom obrázku:



Logická schéma

Po vykonaní zmien pomocou matematických logických funkcií je výsledok nasledujúci:

$$f_{(A,B,C)} = A \times C \times (\bar{B} + B) \times A \times (C + \bar{C}) \times (\bar{C} + \bar{A}) + \bar{A} = A \times C \times (\bar{C} + \bar{A}) + \bar{A} = \bar{A}$$

To znamená, že výsledok nezávisí na hodnotách logických premenných B a C. Výsledok je iba negácia A. Implementácia v logickom diagrame je zobrazená na nasledujúcom obrázku:



Negácia



Porovnaním týchto dvoch systémov bolo dokázané, že je možné dosiahnuť výraznú úsporu logických blokov čím sa znižuje pravdepodobnosť zlyhania riadiaceho systému.

2 Senzory

Ide o technické prvky, ktoré zabezpečujú premenu fyzikálnej veličiny na dobre spracovateľné signály (napr. tlak na elektrický prúd). Senzory sú založené na rôznych fyzikálnych princípoch a poskytujú prevod na signály, ktoré by mohli byť spracované v riadiacich systémoch. V dnešnej dobe sa bežne používa termín inteligentné senzory, ktoré integrujú všetky funkcie meracieho reťazca do jedného prvku s digitálnym výstupom, napr. pomocou dátového rozhrania (RS-232C, RS-485, EIB atď.). Inteligentné senzory sa typicky skladajú z nasledujúcich častí:

- merací obvod (senzor) a zosilňovač;
- obvody spracovávajúce signál;
- analógovo digitálny prevodník;
- komunikačný obvod.



Senzory môžu byť rozdelené na základe nasledujúcich kritérií:

- transformácia signálu – aktívne, pasívne senzory
 - merané veličiny – tlakové, prietokové, teplotné (atď.) senzory
 - technológia výroby – mechanické, elektrochemické (atď.) senzory
 - fyzikálne princípy – odporové, vodivostné, na princípe termoelektrického javu (atď.) senzory
 - interakcia s meraným prostredím – kontaktné, bezkontaktné senzory
-

2.1 Senzory na meranie teploty

Teplota je jedným z najčastejších vstupov pre automatické spracovanie signálu v technológiách. Všeobecne sa tiež zaraďuje medzi najdôležitejšie veličiny opisujúce podmienky a procesy v prírode.

Odporové teplotné senzory



Kovové odporové teplotné senzory predstavujú najčastejšie používanú metódu merania teploty v praxi. Princípom kovových odporových teplotných senzorov je závislosť odporu čistého kovu na teplote, kedy sa odpor kovu zvyšuje takmer úmerne s absolútnou teplotou.

Materiál snímača	Rozsah merania (°C)	Teplotný koeficient odporu
Pt	-200 až +850	3,85 až 3,93
Ni	-60 až +180	6,17 až 6,70
Cu	-200 až +200	4,26 až 4,33

Polovodičové polykryštalické senzory (NTC)

Ide o senzory vyrobené z amorfných polykryštalických polovodičov, tzv. termistory (tepelné citlivé rezistory). V tomto prípade sa využíva závislosť elektrického odporu materiálu od teploty. Odpor polovodičového materiálu klesá s rastúcou teplotou.

Termistory **NTC** (*Negative Temperature Coefficient*) majú záporný teplotný súčiniteľ odporu, čo zodpovedá uvedenému rozpisu skratky. Tieto termistory sa využívajú tam, kde je dôležitá rýchlosť merania pretože ich malá tepelná kapacita skraca čas merania na sekundy. Obvyklé teplotné rozsahy sú -50 až 150 °C, ale vyrábajú sa tiež špeciálne keramické termistory pre extrémne teploty (t.j. od napr. -269,15 °C až do 1 000 °C).

Polovodičové monokryštalické senzory

Tieto senzory sa vyrábajú z kremíka, germánia a india. Využívajú teplotnú závislosť PN prechodu v priepustnom smere.

Termoelektrické teploměry

Tento druh senzorov využíva na meranie teploty termočlánok, skladajúci sa z dvoch vodičov tvorených dvomi rôznymi kovovými materiálmi A a B vodivo spojenými

na jednom konci. Podľa rozdielu teplôt t_m a t_s na ich druhom konci sa generuje termoelektrické napätie a termoelektrický prúd, ktoré sa následne merajú.

Bezkontaktné meranie teploty

Toto meranie pracuje na základe fyzikálneho efektu, kedy sa v dôsledku tepelného pohybu základnej časti vyžaruje energia vo forme elektromagnetického žiarenia v tej časti spektra, ktorá sa nazýva infračervené ale aj vo viditeľnej časti svetelného spektra.

Bezkontaktné meranie teploty – Bolometer

Princípom bolometra je, že jeho elektrický odpor sa mení v závislosti od jeho teploty. Tá je závislá od intenzity dopadajúceho infračerveného žiarenia. Zmena odporu bolometra je teda charakterizovaná množstvom dopadajúceho infračerveného žiarenia. V tomto prípade je dôležitá tepelná izolácia senzora od okolia. Mikrobolometer integruje viac odporových prvkov na jednej strane, čo umožňuje tvorbu 2D tepelných snímok zobrazujúcich vyžarujúce objekty pred detektorom. V súčasnej dobe sú k dispozícii zariadenia v mnohých kategóriách, od jednoduchého jednobodového manuálneho infračerveného teplomera až po termokamery s použitím vyššie uvedených princípov so sofistikovaným digitálnym ovládaním.

Hlavným prínosom je bezkontaktnosť merania. Za zmienku stoja aj mnohé ďalšie výhody. Napríklad možnosť merania pohybujúcich sa objektov alebo možnosť 2D zobrazenia, t.j. termovízie.

2.2 Senzory pre meranie tlaku

Meranie tlaku je tiež jedným z najčastejšie vykonávaných meraní. Využívajú sa rôzne fyzikálne princípy, ktoré sa obvykle vyznačujú prevodom závislosti tlaku na výstupný signál senzora. V priemyselnej praxi je možné tlakomery rozdeliť podľa princípu na hydrostatické, deformačné, piestové a elektrické.

Tlakomery

Prístroje na meranie tlaku a podtlaku sa bežne nazývajú manometre. Merače podtlaku sa nazývajú vakuometre, zariadenia pre meranie tlakových rozdielov sa nazývajú diferenčné tlakomery, prístroje na meranie barometrického tlaku sa nazývajú barometre a prístroje používané na meranie absolútneho tlaku sa nazývajú tlakomery absolútneho tlaku. Ďalší termín je tzv. senzor tlaku - tlakomer, ktorý funguje ako prvok automatizácie. Prevodník tlaku má veľmi podobný význam ako senzor tlaku. Je to elektronické zariadenie určené na meranie tlaku, ktoré je schopné preniesť namerané údaje tlaku prostredníctvom elektrických signálov k iným zariadeniam. Ak je funkcia tlakového prevodníka alebo senzora riadená mikroprocesorom, nazývajú sa inteligentné.

Senzory na meranie tlaku	Typ senzora na meranie tlaku	Možné využitie
Hydrostatické tlakomery	U-trubica	V laboratóriách, v meteorologických laboratóriách, presné barometre
	Nádobkový	
	Mikromanometer so sklopným ramenom	
	Kompresný vakuometer	
Senzory prítlačnej sily	Zvonový, piestový tlakomer	Štandardné tlakomery (manometer na meranie nafúknutia pneumatík)
Deformačné tlakomery	Bourdonova trubica, membránový, vlnovcový tlakomer	Najbežnejšie, priamo zobrazujúce praktické tlakomery
	Krabicový tlakomer	Aneroid na meranie barometrického tlaku
Tlakomery s elektrickým výstupom (elektromechanické tlakomery)	Potenciometrický, indukčný a optický tlakomer	Ako doplnok deformačných tlakomerov
	Kapacitný, tenzometrický tlakomer	Najpoužívanéjšie senzory v moderných meničoch tlaku, praktické a laboratórne prístroje
	Rezonančný tlakomer	Patrí k najpresnejším tlakomerom, praktické a laboratórne prístroje
	Piezoelektrický tlakomer	Meranie rýchlych pretlakových procesov a pulzácií
Elektrické tlakomery pre extrémne hodnoty tlaku	Odporový tlakomer	Meranie veľkého pretlaku
	Tepelne - vodivostný tlakomer	Meranie veľkého podtlaku
	Ionizačný tlakomer	Meranie extrémneho podtlaku

2.3 Senzory na meranie prietoku

Existuje mnoho zariadení na meranie prietoku a pretečeného množstva tekutín (kvapalín a plynov). Merače sú vybavené pokročilým spracovaním nameraných hodnôt a výstupné dáta udávajú veľkosť prietoku. Prietok môže byť tiež hodnotený pomocou okamžitej alebo strednej rýchlosti média pretekajúceho cez prierez, obvykle pri daných prevádzkových podmienkach (p , T). Výsledok merania prietoku môže byť buď prietokový hmotnostný tok QM (napr. $kg \cdot s^{-1}$), alebo objem QV (napr. $m^3 \cdot s^{-1}$), kde M je hmotnosť a V je objem meraného média. Moderné zariadenia sú vybavené elektronickým obvodom pre automatické korekcie teploty a tlaku v priebehu merania. Súčasný trend prietokomerov je zameraný na priame meranie hmotnostného prietoku, t.j. meranie nezávislé na teplote, tlaku a viskozite meranej tekutiny.

Objemové prietokomery

$E=m \cdot c^2$

Objemové prietokomery využívajú tzv. absolútnu metódu - slúži k presnému meraniu a overovaniu iných typov prietokomerov. Samotné meranie je založené na princípe odmeriavania objemu tekutiny v meraných miestach.

Membránové prietokomery

$E=m \cdot c^2$

Používajú sa na meranie objemu plynu a sú vybavené dvomi komorami, ktoré rozdeľujú membrány. Využívajú sa napríklad na meranie množstva vykurovacích plynov.

Bubnové prietokomery

$E=m \cdot c^2$

Princípom bubnových prietokomerov sú horizontálne valcové nádoby čiastočne naplnené kvapalinou. Merací bubon s osou otáčania je vybavený otvormi pre vstup a výstup plynu a rozdelený do štyroch meracích miest pomocou radiálnych priečok. Používajú sa na presné laboratórne a overovacie merania.

Piestové prietokomery

$E=m \cdot c^2$

Patria k najpresnejším. Využívajú priestor, ktorý je vymedzený piestom a telom meradla. Priestor je striedavo naplňovaný špecifickou tekutinou a vyprázdňovaný. Piestové merače sú vhodné aj na meranie veľmi viskózných tekutín.

Rýchlostné prietokomery

$E=m \cdot c^2$

V tomto prípade sa tok stanovuje na základe nameraných hodnôt okamžitej alebo priemernej rýchlosti a znalosti prietokového prierezu a voľnej plochy.

Rýchlostné senzory

$E=m \cdot c^2$

Využívajú závislosť dynamického tlaku prúdiaceho média od rýchlosti prúdenia.

Pitotove trubice

$E=m \cdot c^2$

Ide o trubice, ktoré sú zakrivené v pravom uhle k rovine a majú otvor nachádzajúci sa kolmo k smeru prúdenia. V mieste zakrivenia rýchlosť prúdenia klesne prakticky na nulu a všetka kinetická energia sa mení na potenciálnu. Senzor sníma celkový tlak pc , ktorý je súčtom statického tlaku ps a dynamického tlaku pd .

Statické Pitotove trubice

$E=m \cdot c^2$

Tento typ Pitotovej trubice meria pc a ps na jednom mieste. Sú určené pre krátkodobé meranie a meranie rýchlostných profilov. Spodná hranica pre meranie rýchlosti plynu je asi 6 m/s a pre meranie rýchlosti kvapalín 0,2 m/s.

Prierezové prietokomery

$E=m \cdot c^2$

Vo vnútri potrubia sa nachádza škrtiaci prvok zužujúci prietokový prierez. Rozdiel statických tlakov v tekutine pred a po zúžení, skenovaný pomocou merača diferenčného tlaku, závisí od hodnoty prietoku. Najpoužívanejšími škrtiacimi prvkami sú kruhové clony, trysky a Venturiho trubice. Medzi špeciálne škrtiace prvky je možné zaradiť štvorcové a obdĺžnikové clony, štvorcovú Venturiho trubicu používanú pri obdĺžnikovom alebo štvorcovom priereze potrubia a pod.

Rotametre

$E=m \cdot c^2$

Tvoria skupinu tzv. prietokomerov s premenlivým prierezom, ktorých prietokové časti menia tok na približne konštantný tlakový spád v zúženom priereze. Hlavné funkčné časti sú vertikálne umiestnené trubice s mierne kónickým dnom, ktoré sa zdvíhajú (vrcholový uhol kužeľa je menší ako 2°).

Turbínové a lopatkové prietokomery


$$E = m \cdot c^2$$

Pri tomto type prietokomera je rýchlosť otáčania rotora, lopatkového kola alebo skrutky priamo úmerná strednej rýchlosti prúdenia.

Prietok je vyjadrený počtom otáčok rotora, ktorý závisí na množstve prechádzajúcej tekutiny. V závislosti na smere prúdenia odlišujeme prietokomery axiálne a radiálne.

Turbínový prietokomer je predstaviteľom axiálnych prietokomerov. Rotor je vyrobený z lopatiek, ktoré sú pripojené k stredu uloženému v ložisku. Prietokomery sú vyrábané v širokej škále meracích rozsahov (až stovky m³/hod.). Turbínové prietokomery sú vhodné pre kvapaliny aj plyny. Pre impulzné snímanie rýchlosti otáčania sa používajú rozličné senzory od mechanických až po bezkontaktné. Impulzy sú ďalej zosilňované a formované.



Frekvencia otáčok turbíny je priamo úmerná okamžitému prietoku. Bezkontaktné senzory sú výhodné z hľadiska spracovania digitálneho signálu. Pre určenie okamžitého toku sa konštantná doba pridá k impulzom a A/D prevodník nie je potrebný. Relatívna chyba merania môže byť < 0,5%, tlak až 30 MPa a teplota v rozsahu -200 .. +200 °C.

Indukčné prietokomery


$$E = m \cdot c^2$$

Sú založené na využití Faradayovho zákona elektromagnetickej indukcie počas pohybu vodiča v magnetickom poli. Pohyb vodiča, ktorý je vyvolaný rýchlosťou prúdenia, generuje v magnetickom poli elektrické napätie. Magnetické pole vo vnútri potrubia a tekutiny vzniká pomocou permanentného magnetu alebo elektromagnetu.

Úsek potrubia medzi pólmi magnetu nesmie byť vyrobený z feromagnetického alebo vodivého materiálu. Vnútorňý priemer meracej trubice prietokomeru obsahuje dve elektródy na snímanie indukovaného napätia. Elektródy sú umiestnené zvisle k smeru magnetických siločiar. Indukčný prietokomer sa skladá z nemagnetickej cylindrickej meracej trubice a dvoch vhodne umiestnených senzorov - elektród.

Ultrazvukové prietokomery


$$E = m \cdot c^2$$

Tieto prietokomery je možné rozdeliť do dvoch základných skupín podľa toho, či využívajú Dopplerov jav alebo merajú dobu prenosu ultrazvukového signálu.

Ultrazvukové prietokomery využívajúce Dopplerov jav

Princíp tohto ultrazvukového prietokomeru je založený na meraní času prenosu ultrazvukového signálu.


$$E=mc^2$$

Môžu byť použité v prípade, že prúdiace médium obsahuje zvukové reflexné častice. Napríklad pevné častice alebo bubliny plynu. Prietokomer sa skladá z ultrazvukového vysielača a prijímača, ktoré sú inštalované na jednej strane potrubia. Ultrazvukový signál o známej frekvencii okolo 1,2 MHz je prenášaný do prúdiacej kvapaliny, v ktorej sa odráža späť od pohybujúcich sa častíc alebo bublín. Keď prijímač zaznamená odrazený signál, vyhodnotí sa frekvencia prijatého signálu. Rozdiel medzi týmito dvomi frekvenciami je úmerný rýchlosti pretekajúceho média.

Ultrazvukové metódy môžu byť použité na meranie malých aj veľkých tokov čistých, znečistených aj agresívnych kvapalín, na meranie pulzujúcich tokov, meranie kalov a prietoku počas topenia pri vysokých teplotách.

2.4 Sensory pre meranie tepelného toku


$$E=m \cdot c^2$$

Ich princípom je spracovanie energetickej bilancie pri zdieľaní tepla z elektricky vyhrievaných vykurovacích prvkov prúdiacej tekutiny počas ktorej sa mení hodnota teplôt. Zmeny teploty sú úmerné množstvu prúdiacej kvapaliny. Existujú napr. nasledujúce základné typy.

Termické anemometre


$$E=m \cdot c^2$$

Ide o meranie množstva tepelného toku, pri ktorom teplotné senzory priamo zasahujú do prúdiacej tekutiny - vyhodnocuje sa chladiaci účinok vynúteného prúdenia na vyhrievaný senzor. Vo vnútri potrubia sú umiestnené dva odporové teplomery.

2.5 Senzory na meranie výšky a polohy

$E=m \cdot c^2$

Ide o typické meracie automatizované úlohy, ktoré sú špecifické pre konkrétne objekty merania, napr. hladina kvapaliny, sypké materiály. Meranie výšky je obvykle dopĺňované výpočtom množstva. Je možné vypočítať množstvo pomocou dát zaznamenaných pri meraní výšky, pričom je samozrejmá závislosť na tvare nádoby (napríklad nádrže), v ktorej sa meria konkrétna výška hladiny. Keď sa meranie vykonáva v nádobách s nemenným prierezom a nemennou výškou, vyhodnotenie je veľmi jednoduché.

Ultrazvukové meranie výšky

$E=m \cdot c^2$

Výškomery (väčšinou vo forme hladinomerov) založené na princípe ultrazvuku využívajú dve metódy. V prvom prípade sa meria doba prechodu ultrazvukovej vlny od vysielača odrazom od povrchu späť k prijímaču a vzdialenosť sa vypočítava z nameraného času a rýchlosti ultrazvuku v známom prostredí. Táto metóda sa používa pre kontinuálne meranie pozície hladiny povrchu. Druhá metóda vyhodnocuje útlm ultrazvukových vln v závislosti od zloženia prostredia, ktorým ultrazvuk prechádza. To je vhodné pre kontinuálne bezkontaktné meranie pozície hladiny povrchu v otvorených aj uzavretých nádržiach s kvapalinou alebo so sypkými materiálmi. Môžu byť použité pre znečistený sneh, mazľavé materiály a za určitých okolností aj na detekciu hladiny peny. Výhodami sú absencia pohyblivých častí, bezdotykové kontinuálne meranie, možnosť inštalácie na vonkajšiu nádrž bez porušenia jej tesnenia, kompaktná konštrukcia snímačov, rozlíšenie až do 1 mm a vysoká presnosť meraní. Nevýhodou môže byť ovplyvnenie signálu prítomnosťou dymu, prachu, peny a rušivé pôsobenie turbulentnej hladiny povrchu.

Radarové a laserové meranie výšky a vzdialenosti

$E=m \cdot c^2$

Radarové senzory na meranie hladiny pracujú analogicky ako ultrazvukové hladinomery ale s pomocou elektromagnetických vln, ktoré sa šíria cez médium rýchlosťou svetla. Mikrovlnné žiarenie je definované ako frekvencia vln väčšia než asi 2 GHz. Radarové hladinomery používajú dve metódy merania: metódu časovú (impulznú) a metódu frekvenčnú (s modulovaným signálom).

Radarové hladinomery fungujú bez pohyblivých mechanických častí a vykazujú veľkú presnosť (± 1 mm) a spoľahlivosť aj pri veľmi náročných prevádzkových podmienkach (vysoká teplota, tlak, agresívne prostredie). Laserové senzory na meranie vzdialenosti vysielaajú milióny krátkych impulzov laserového svetla za sekundu a zaznamenávajú čas, ktorý potrebujú na dosiahnutie cieľa a na cestu späť k senzoru. Všeobecne platí, že veľký rozsah senzora umožňuje merať vzdialenosť malých prvkov alebo objektov aj keď je senzor namontovaný vo veľkej vzdialenosti od nebezpečnej oblasti výrobného procesu. Jasné a dobre viditeľné svetlo vyžarované laserovým lúčom urýchľuje aktiváciu senzora.

3 Akčné členy

Akčné členy alebo tiež aktuátory sú technické prvky, ktoré priamo reagujú na výstupy riadiaceho systému. V nasledujúcich odstavcoch bude opísaná aspoň malá skupina používaných aktuátorov so zameraním na tie najvýznamnejšie.

Elektrické aktuátory

$E=m \cdot c^2$

Jedným z najviac používaných druhov v automatizácii sú elektrické motory - pohony. Môžeme ich rozdeliť na lineárne a rotačné. V dnešnej dobe sú tieto zariadenia charakteristické možnosťou vyššieho typu komunikácie. Napr. analógovým výstupom alebo sériovými linkami (RS-232C, RS-485), ktoré môžu byť použité na riadenie rýchlosti otáčania, polohy atď.

Jednosmerné motory

$E=m \cdot c^2$

Tieto motory sa skladajú zo statora (pevná časť) s hlavnými pólmi s budiacou cievkou a pomocnou cievkou, ktorá je umiestnená medzi hlavnými pólmi na zlepšenie komutačných vlastností. Pohyblivá časť - rotor sa otáča v magnetickom poli a skladá sa z kovových plechov.



Najväčší prúd tečie do cievok rotora v pokoji - motor vytvára veľký rozbehový točivý moment. Na druhej strane, pri rýchlej rotácii rotora sa indukuje napätie znižujúce prúd, ktorý tečie do cievok rotora a točivý moment sa teda s rastúcimi otáčkami znižuje. Motor s týmito charakteristikami točivého momentu jednoducho prekonáva rôzne zaťaženia.

Synchrónne motory

$E=m \cdot c^2$

Hlavným charakteristickým rysom týchto motorov je rovnosť otáčok rotora s magnetickým pólom statora. Striedavý prúd vo vinutí statora (1 alebo 3 fázy) generuje točivé magnetické pole. Rotor môže byť vyrobený z permanentného magnetu s alternatívne určenými pólmi alebo má vinutie napájané z DC zdroja (budič) a tak vytvára elektromagnet. Vybudovaný synchrónny motor po priamom pripojení k striedavému prúdu sa sám netočí. Trojfázový AC v statore vytvára rotujúce magnetické pole, ktoré sa otáča rýchlosťou danou frekvenciou zdroja energie a počtom pólov motora. Rotor, ktorý stojí, je napájaný jednosmerným prúdom a to vybudí stacionárne magnetické pole. Akčná sila motora je tvorená interakciou medzi rotorovým a statorovým pólom. Smer tejto sily sa mení s rýchlosťou otáčania magnetického póla statora.

S ohľadom na rast digitálnych riadiacich systémov a rozširovanie práce s digitálnymi informáciami sa rozširuje používanie tzv. krokových motorov, kde je uhol natočenia hriadeľa daný počtom impulzov na kontrolnom vinutí.

Charakteristický je nespojitý pohyb hriadeľa vyvolaný zmenou polohy v určitom uhle - kroky, ktoré vznikajú ako reakcia na jeden riadiaci impulz.

Asynchrónne motory



$E=mc^2$


Funkčnosť asynchrónnych motorov je založená na vzájomnom elektromagnetickom pôsobení rotujúceho magnetického poľa statora a prúdov vygenerovaných vo vinutí rotora týmto poľom.

Asynchrónny motor je založený na indukovanom napätí a prúde v rotore a to je dôvod, prečo je tiež označovaný ako indukčný motor. Rotujúce magnetické pole je v asynchrónnom motore generované vo vinutí statora, ktoré je vyrobené ako trojfázové a jeho vinutia sú posunuté o 120° v priestore.

Najpoužívanejšími typmi sú troj a jednofázové asynchrónne motory.

Pneumatické pohony/aktuátory

Podľa konštrukcie sa pneumatické pohony delia na piestové a membránové. Membránové pohony sa najčastejšie používajú na plynulú reguláciu ventilov. Rotačné typy sú určené na riadenie regulácie otáčania armatúr alebo klapiek.



Ovládacia sila pneumatických pohonov je medzi 0,5 kN a 90 kN. Tieto pohony sú iba jednočinné. To znamená, že sila pôsobí proti pružine, ktorá zabezpečuje návrat. Opísaná konštrukcia zabezpečuje schopnosť používať tieto akčné prvky tiež ako núdzové pohony. Ak dôjde k strate tlaku riadeného média, sú schopné posunúť uzáver do požadovanej polohy. Podľa konštrukcie pružín je možné potom ich rozdeliť na pohony s:

- priamou funkciou (NO – normal open) – typ pohonu - bez tlaku otvorený;
 - nepriamou funkciou (NC – normal closed) – typ pohonu - bez tlaku zavretý.
-

3.1 Hydraulické aktuátory

Hydraulické aktuátory sú vhodné najmä na aplikácie s veľkou ovládacou silou. Produkovaná sila je 25 krát väčšia ako pri pneumatických valcoch s rovnakou veľkosťou. Majú tiež vysoký pomer výkonu k hmotnosti, a to približne o 1,6 až 3,2 kW/kg väčší ako pri pneumatických motoroch. Dôležitou vlastnosťou je, že dokážu udržať silu a točivý moment konštantný bez bežiaceho čerpadla, ktoré by dodávalo viac hydraulického tlaku v dôsledku nestlačiteľnosti tekutín. Tieto typy pohonov môžu mať svoje zdroje tlaku (čerpadlá a motory) v značnej vzdialenosti s minimálnou stratou výkonu. Medzi nedostatky patrí unikanie kvapaliny. Rovnako ako pri pneumatických aktuátoroch vedie strata kvapaliny k zníženiu účinnosti. Hydraulické aktuátory vyžadujú mnoho dodatočných častí vrátane akumulátora tekutiny, motorov, púmp, ventilov, výmenníkov tepla a zariadení na odhlučnenie.

Frekvenčné meniče

Používajú sa na plynulé ovládanie asynchrónnych motorov s kotvou nakrátko - konkrétne ovládanie rýchlosti otáčok, krútiaceho momentu, štartu a procesov po rozbehu. Riadenie je vykonávané zmenou frekvencie napájacieho zdroja v kombinácii s riadením napätia polovodičovým frekvenčným meničom - je zložený z nepriameho frekvenčného meniča napätia (usmerňovač, DC napájanie, tranzistorový prevodník). Usmerňovací prvok DC zdroja je väčšinou neriadený - dióda. V DC zdroji je filtračný kondenzátor na filtrovanie usmerňovaného jednosmerného napätia a tlmič na potlačenie prúdových nárazov, ak je pripojený nenabitý kondenzátor a na zlepšenie priebehu prúdov - obmedzenie vyšších harmonických a zvýšenie účinnosti.

Z DC zdroja je napájaný tranzistorový menič, ktorý pulzne šírkovou moduláciou emuluje striedavé napätie. Riadenie rýchlosti otáčania je riešené zmenou frekvencie. Rozsah frekvencie je od 0 po nominálnu frekvenciu. Priebeh frekvencie je riaditeľný a to vrátane rozbehu a brzdenia motora. Brzdenie pritom môže byť realizované vo forme brzdenia do rezistora alebo vo forme regeneratívneho brzdenia.

Softštartéry

Ide o zariadenia na plynulé spúšťanie asynchrónnych motorov - spúšťanie s limitmi obmedzujúce prúd a namáhanie mechanických častí motora, čo je dosiahnuté riadením napätia na svorkách motora pri zachovaní nemennej sieťovej frekvencie polovodičového meniča AC (striedavého prúdu). Sú určené pre motory s výkonom od kilowattov až po megawatty. Softštartéry sú tiež prispôsobené aj pre jednofázové motory. Softštartér pre trojfázové motory je zložený z troch dvojíc fázových tyristorov na riadenie fázy v antiparalelnom zapojení. Pre motory zapojené do hviezdy môžeme pripojiť softštartér do trojuholníka, takže softštartér bude riadiť iba prúd vo vinutí a oproti riadeniu fázového prúdu môže byť menej dimenzovaný. Je možné použiť tzv. bypass, ktorý poskytuje možnosť premostenia s cieľom znížiť výkonové straty. Softštartér nemá možnosť riadenia rýchlosti otáčania motora, čo je kompenzované jednoduchým riadením a nižšou cenou. Používa sa predovšetkým

na spúšťanie ventilátorov, čerpadiel, kompresorov a tam, kde je veľká zotrvačnosť hmoty spúšťania, napr. pri dopravníkoch, odstredivkách atď. Softštartér nie je vhodný na pohon s veľkým počiatočným točivým momentom.

4 PLC, PAC, PCS

Tieto druhy riadiacich systémov sú pravdepodobne najpoužívanejšie. Podľa pôvodných nemeckých zdrojov je možné tiež použiť skratku **SPS** (*Speicherprogrammierbare Steuerung*). Hlavným charakteristickým znakom programovateľných automatov je predovšetkým skutočnosť, že sú programované používateľom a zároveň sú používateľsky ústretové. Programovanie v grafických jazykoch sa podobá kresleniu diagramov (kontaktné či logické schémy, blokové schémy, stavové diagramy). Je jednoduché sa ich naučiť, preto ich môžu pri programovaní základných úloh používať elektrikári či projektanti automatizovaných systémov nielen programátori. Programovacie jazyky pre PLC sú štandardizované medzinárodnou normou IEC/EN 61131-3. Tá špecifikuje štyri typy programovacích jazykov. Jazyk Zoznam inštrukcií (*the Instruction List language – IL*), textový jazyk podobný jazyku assembler, kde sú príslušné príkazy mnemotechnické skratky pre príslušné pokyny. Program napísaný v jazyku IL je dlhý a nie je transparentný. Jazyk Štruktúrovaný text (*the Structured Text language – ST*) je jazyk vyššej úrovne a pripomína jazyk Pascal. Je výkonný a vyznačuje sa algoritmickým prístupom. Reprezentuje v podstate najpokročilejší druh programovania. Jazyk Kontaktných schém (*the Ladder Diagram languages – LD*) predstavuje grafický jazyk, ktorý vyzerá ako jednoriadkový diagram kedysi používaný na pripojenie rozvádzačov a relé systémov. Jazyk LD je vhodný na písanie jednoduchých logických programov (nie zložitých), ktoré využívajú iba základné logické operácie a intuitívny prístup. Grafický jazyk funkčných blokov (*the Function Block Diagram language – FBD*) pripomína logickú schému systému s integrovanými obvody alebo všeobecnejšiu blokovú schému. Program je veľmi transparentný, pokiaľ nie je zbytočne zložitý. Pri použití knižníc špeciálnych funkčných blokov (štandardných či používateľských knižníc), môže byť programovanie v FBD veľmi efektívne.

S ohľadom na veľkosť a mechanické usporiadanie, najčastejšie rozlišujeme niekoľko typov PLC.

Mikro PLC

$E = m \cdot c^2$

Predstavuje najnižšiu triedu programovateľných automatov s typickým rozsahom 10 – 20 vstupov a výstupov.

Kompaktné PLC

$E = m \cdot c^2$

Ide o zariadenie strednej triedy s typickým vybavením 20 – 80 vstupov a výstupov, niekedy aj viac.

Modulárne PLC

$E = m \cdot c^2$

Zariadenie vyššej triedy – s ohľadom na možnosti konfigurácie (typicky v rozsahu niekoľko stoviek až tisícov vstupov a výstupov, rôzne druhy a kombinácie,

špecializované periférne modely, rôzne typy centrálnych jednotiek a komunikačných modulov, priemyselné počítačové moduly), ich výpočtový výkon a možnosti komunikácie.

5 Ostatné riadiace systémy

SoftPLC systémy reprezentujú softvér implementovaný v priemyselných počítačoch, ktoré používajú programovanie podľa normy IEC/EN 61131-3 (viď vyššie). Medzi hlavné výhody patrí operačný systém, jednoduchý spôsob ako využívať štandardné softvérové produkty, použitie štandardných periférií pripojených k počítaču, používanie archívnych a komunikačných funkcií, rozhranie Ethernet, internetová komunikácia a veľký výpočtový výkon.

Riziko nestability operačného systému sa obvykle rieši pomocou operačného systému reálneho času alebo použitím rozširujúcich modulov, ktoré sú pripojené k štandardnému počítaču. Ten vykonáva funkcie programovateľného automatu (PLC). Existuje celý rad spôsobov ako sú systémy SoftPLC realizované. Sú aj ďalšie zariadenia, ktoré môžu byť programované ako PLC. Napr. frekvenčné meniče programovateľné v súlade s normou IEC / EN 61161-3. Podobné rysy sú typické pre niektoré inteligentné IO moduly.

Názov priemyselné počítače obvykle pokrýva širokú triedu počítačových produktov. Najčastejšiu kategóriu tvoria vstavané (embedded) systémy - to sú systémy, ktoré sú "vložené" do stroja, riadiaceho systému alebo iného zariadenia. Priemyselné počítače sú niekedy označované skratkou **IPC** (*Industrial PC* – priemyselné PC). Tá je niekedy používaná v rovnakom zmysle ako vstavané systémy. V niektorých prípadoch sa rozlišujú špeciálne triedy PC, ktoré sú špeciálne konštruované pre extrémnu odolnosť a nepriaznivé podmienky v priemyselnom prostredí.

Často využívané zariadenia sú vstavané počítače s operátorskými panelmi, obvyčajne s dotykovým displejom. Ich hlavnou funkciou je implementovať rozhranie operátora (**HMI**). Majú štandardné počítačové vybavenie, pamäť. Komunikácia a kvalitná farebná grafika umožňujú pohodlnú vizualizáciu, monitorovanie a dohľad nad stavom kontrolovaného objektu. Rovnako poskytujú používateľsky ústretové rozhranie. Podobné funkcie môžu byť realizované kompaktným vstavaným počítačom bez obrazovky. Používa sa predovšetkým pre jeho výpočtové funkcie, v mnohých prípadoch pre archiváciu dát, komunikačné funkcie, štandardný operačný systém. Môže byť použitý tiež ako nástroj na prístup k štandardným perifériám alebo softvérovým produktom. Môže byť použitý aj na archiváciu veľkých súborov dát, ako komunikačný adaptér (pre Ethernet), prístupový bod k Internetu alebo na vykonávanie numericky rozsiahlych výpočtových algoritmov.

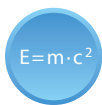
Modulárne vstavané počítače sú používané pre náročné aplikácie. Programovateľné automaty (PLC) sú veľmi univerzálne a ich konfigurácia môže byť upravená v závislosti od požiadavky riadeného objektu.

Priemyselné počítače sa približujú programovateľným automatom. Štandardná výbava pre PLC väčšiny hlavných výrobcov PLC zahŕňa počítačové moduly (t.j. vstavané priemyselné počítače) alebo sú centrálné jednotky PLC realizované ako počítač (niečo medzi PLC a SoftPLC).

Je náročné povedať na prvý pohľad, či je riadiaci systém implementovaný ako modulárny priemyselný počítač, programovateľný automat (PLC) alebo systém

SoftPLC. Medzi hlavné kritéria pre klasifikáciu patrí spôsob programovania a dostupné programovacie jazyky (pre PLC sú v súlade s normou IEC/EN 61131-3).

5.1 DCS



Distribuované systémy riadenia (**DCS** - *Distributed Control Systems*) sú rozsiahle procesné systémy riadenia **PCS** (*Process Control Systems* – procesné riadiace systémy), ktoré sa začali používať v 60. rokoch s príchodom prvých riadiacich počítačov. To umožnilo numerické riadenie ovládania veľkých technologických systémov ako sú chemické procesy, elektrárne a pod. Boli vybudované ako vhodné centralizované riešenie.



Niektoré systémy DCS sú špecializované. Niektoré z nich sú však použiteľné vo viacerých oblastiach. Výnimkou sú riadiace systémy, kde sú extrémne vysoké nároky na bezpečnosť a spoľahlivosť. Vysoko bezpečné a spoľahlivé systémy sú veľmi drahé a preto sa neumiestňujú tam, kde to nie je nevyhnutne nutné. Tieto systémy sa vyznačujú prísnu hierarchickou štruktúrou s tromi úrovňami ovládania, ktoré funguje na princípe zdola-nahor:

- senzory hladiny - senzory, pohony,
 - úroveň prvej kontroly (riadiace technológie a regulácie),
 - operátorská úroveň,
 - supervízorova úroveň.
-

V každom prípade, rozsiahle DCS stále reprezentuje riadiaci systém s vysokou spoľahlivosťou v oblastiach, kde je nutné riešiť veľký počet vstupov a výstupov rôznych typov a kde je spoľahlivosť a bezpečnosť úplne kategorickou požiadavkou. Ich výhodou je tiež kompaktnosť systému.

zmenou vonkajšej teploty, oknovým otvorom, prievanom, zateplením steny či izby, prítomnosťou osôb alebo napájaním elektrických zariadení).

Spätná väzba

$E = m \cdot c^2$

Principiálna schéma regulačného obvodu je zobrazená na obrázku (viď vyššie). Vstupom celého systému je požadovaná hodnota (w) a výstupom je aktuálna hodnota (y). Ich vzájomný rozdiel zachytáva odchýlka $e = w - y$, ktorá je vstupom do regulátora. Riadiaca jednotka spracováva odchýlky a dodáva riadiace premenné, ktoré pôsobia prostredníctvom pohonov na regulovaný systém. Riadiaca jednotka sa snaží minimalizovať odchýlku aktuálnej hodnoty y od požadovanej hodnoty w .

PID regulátory

$E = m \cdot c^2$

PID je najpoužívanejším typom regulátora. Spoločnou vlastnosťou bežných **P**, **PI** a **PID** regulátorov je lineárnosť. V prípade proporcionálneho regulátora (**P**) je riadiaca premenná priamo úmerná odchýlke.

Riadiaca premenná proporcionálne - integračného regulátora (**PI**) je súčet dvoch zložiek – proporcionálnej (u ktorej je rovnako ako v prípade regulátora **P** riadiaca premenná priamo úmerná regulačnej odchýlke) a integračnej, ktorá je priamo úmerná akumulovanej hodnote regulačnej odchýlky, t.j. k jej integrálu. Integračná časť je schopná dosiahnuť nulovú regulačnú odchýlku v niektorých prípadoch, kde je to nemožné s čisto proporcionálnym regulátorom.

Výstup (riadiaca premenná) proporcionálne – integračne - derivačného regulátora (**PID**) obsahuje dodatočnú derivačnú zložku. Tá potom "anticipuje/predvída" chovanie a umožňuje rýchlejšiu odozvu na zmeny systému. Nevýhodou je ale citlivosť na vysokofrekvenčný šum, ktorý je prítomný v každom meraní a ktorý môže viesť k náhodnej odozve systému.

Kým boli PID regulátory realizované analógovými obvodmi, boli väčšinou z operačných zosilňovačov. Regulátory sú teraz realizované najmä softvérovo. Tento softvér beží na mikroprocesore, signálovom procesore alebo PLC v prípade priemyselných aplikácií alebo aj na bežnom počítači.

Vyčíslime výraz pre akčný zásah:

$$u_k = p \cdot e_k + i \cdot \Sigma e_k + d \cdot \Delta e_k.$$

Integrál regulačnej odchýlky je nahradený sumou regulačných odchýlok v diskretných časoch v každom kroku ($\Sigma e_k = \Sigma e_{k-1} + e_k$). Derivácia je nahradená spätnou diferenciou, t.j. rozdielom medzi aktuálnou a predchádzajúcou hodnotou regulačnej odchýlky $\Delta e_k = e_k - e_{k-1}$.

7 SCADA systémy

Význam tejto skratky je *Supervisory Control And Data Acquisition* (systém diaľkového riadenia a zberu dát). To znamená, že ide o softvér, ktorý umožňuje dohľad, riadenie a archiváciu udalostí technologického (alebo samozrejme iného) procesu. **SCADA** systémy sú dnes často používané ako stredný stupeň v automatizácii riadenia vo veľkých spoločnostiach prepojených napríklad so systémami **SAP** alebo s akýmkoľvek systémami tejto kategórie.

$E=m \cdot c^2$

SCADA je softvérový systém pracujúci s kódovanými signálmi prostredníctvom komunikačných kanálov pre riadenie a monitoring vzdialeného zariadenia. Riadiaci systém je obvykle doplnený systémom na získavanie informácií o stave vzdialeného zariadenia a tieto dáta zobrazuje, spracováva a zaznamenáva.

$E=m \cdot c^2$

HMI (*Human Machine Interface* - rozhranie človek - stroj) je softvér pre prácu s obrazom, ktorý vykonáva vizualizáciu technologického procesu. HMI poskytuje prevádzkovateľovi technologického zariadenia podrobné schémy až po konkrétne senzory, poskytuje informácie o manažmente technológií, o trendoch a poskytuje diagnostické dáta.

SCADA systémy sa typicky skladajú z nasledujúcich častí:

- **HMI** (*Human Machine Interface*)
- vzdialené terminály, ktoré transformujú signály senzorov procesu do digitálnych dát a umožňujú pripojenie týchto senzorov k riadiacemu centru
- skriptovací jazyk umožňujúci riadenie čiastkových technológií alebo funkcií
- možnosť pripojenia k rôznym sieťam – **WAN** (*World Area Network*), **LAN** (*Local Area Network*), Ethernet, odosielanie SMS, atď.
- komunikácia s počítačovým hardvérom prostredníctvom vrstiev ako je **HAL** (*Hardware Abstraction Layer*), čím dochádza napr. k najrýchlejšiemu zobrazovaniu grafov a dát. V obrovskom množstve dát je táto funkcia často veľmi dôležitá.

Všetky SCADA systémy majú dve hlavné funkčné časti : vývojové časti/moduly a Runtime moduly.

Na trhu existuje množstvo rôznych verzií SCADA systémov. Ako príklad je možné uviesť:

- Wonderware In Touch od spoločnosti Schneider Electric
- WinCC od spoločnosti Siemens
- RELIANCE od spoločnosti Geovap

- CITECT od spoločnosti Schneider Electric
 - ControlWeb od spoločnosti Moravské Přístroje – www.mii.cz
 - RSView Studio od spoločnosti Rockwell Automation
-

OPC (www.opcfoundation.org)

Jednou z najdôležitejších funkcionalít je štandardizované rozhranie z PLC/PAC do SCADA systémov. Je to veľmi rozšírený štandard, pretože umožňuje nezávislosť PLC a SCADA systémov. V predchádzajúcom období dodávateľ PLC musel dodávať aj SCADA systém, aby bola zaručená kompatibilita.