

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

Evidenčné číslo

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2010

Štefan Béreš, Bc.

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

**MERANIE KONCOVEJ POLOHY PIESTA
BEZKONTAKTNÝMI SNÍMAČMI**

Diplomová práca

Študijný program:	Informačná a automatizačná technika v kvalite produkcie
Študijný odbor:	5.2.57 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky
Školiteľ:	Ondrej Lukáč, Ing. PhD.

2010

Štefan Béreš, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Štefan Béreš vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Meranie koncovej polohy piesta bezkontaktnými snímačmi“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 16. Marca 2010

Podakovanie

Touto cestou chcem poďakovať Ing. Ondrejovi Lukáčovi, PhD., a Ing. Vladimírovi Cviklovičovi za poskytnutie cenných rád, pripomienok a študijnej literatúry ktoré mi umožnili danú tému vypracovať.

Abstrakt

V súčasnosti sú bezkontaktné snímače najčastejším prvkom riadiacich procesov a automatizovaných sústav. Cieľom tejto práce je oboznámiť čitateľov s problematikou návrhu bezkontaktného snímania koncovej polohy elektropneumatickým systémom FESTO a s použitím riadiaceho systému SIMATIC S7 - 200. Tento návrh zrealizovať a odsimulovať. Cieľom návrhu je zabezpečenie spoľahlivého fungovania a zamedzenie mechanického poškodenia kontaktných spínačov.

Kľúčové slová: elektropneumatika, bezkontaktný snímač, spínač, koncová poloha, riadenie.

Abstract

Nowadays the contactless sensors are the most frequent and used devices for regulation of processes and automatic systems. The purpose of this work is acquaint the readers with problem of the projection of contactless sensors of end position with electropneumatic system FESTO and using the control system SIMATIC S7 - 200. This proposal executing and simulating. This purpose of this projection is to ensure confidential operation of the device and avoid the damage of the contact sensors.

Key words: electropneumatic, contactless sensor, switch, end position, control.

Obsah

Obsah	5
Zoznam skratiek a značiek.....	7
Úvod	9
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....	10
1.1 Pneumatika	10
1.1.1 Tvorba pneumatických systémov	12
1.1.2 Výroba a prívod stlačeného vzduchu	12
1.1.3 Ventily.....	13
1.1.4 Procesory.....	15
1.1.5 Pohony	15
1.2 Elektropneumatika.....	16
1.2.1 Stavebné prvky elektropneumatického systému	17
1.3 Snímače	19
1.3.1 Kontaktný koncový spínač.....	19
1.3.2 Približovací spínač	20
1.3.3 Kotvový spínač	20
1.3.4 Induktívny približovací spínač.....	21
1.3.5 Kapacitný približovací spínač.....	24
1.3.6 Optické približovacie spínače	25
1.3.7 Tlakové spínače	27
1.3.8 Membránové spínače	28
2 Cieľ práce.....	29
3 Metodika práce.....	30
3.1 Požiadavky kladené na navrhnuté a zostrojené riadenie ovládania koncovej polohy.....	30
3.2 Postup pri riešení návrhu riadenia	30
3.3 Charakteristika technických prostriedkov	31
3.3.1 Výhody bezkontaktných snímačov v porovnaní s kontaktnými snímačmi.....	31
3.3.2 Nevýhody bezkontaktných snímačov v porovnaní s kontaktnými snímačmi.....	31
3.3.3 Použitie bezkontaktných snímačov	32

4	Výsledky práce	33
4.1	Riadiaci systém SIMATIC S7 – 200	33
4.1.1	CPU S7 - 200	33
4.1.2	Rozširovacie moduly S7 - 200	33
4.1.3	Programovací balík STEP 7 – Micro/Win	34
4.1.4	Základné požiadavky na počítač	35
4.1.5	Možnosti komunikácie	35
4.1.6	Montáž zariadení S7 - 200	35
4.1.7	Energetická bilancia	36
4.1.8	Pripojenie CPU S7 - 200	37
4.2	Tvorba programu SIMATIC S7 – 200	37
4.2.1	Kontaktná schéma LAD	38
4.2.2	Výpis príkazov STL	40
4.2.3	Funkčný blok FBD	41
4.3	Kapacitný spínač	43
4.3.1	Stabilizátor napätia L7805	43
4.3.2	Oscilačný obvod	44
4.3.3	Integrovaný obvod CD 4011 BCN	44
4.3.4	Zosilňovač	46
4.3.5	Komparátor	47
4.3.6	Spínacie relé	48
4.4	Doska plošných spojov	49
4.5	Návrh a realizácia elektropneumatického riadenia	50
4.5.1	Pneumatické riadenie	50
4.5.2	Elektrické riadenie	51
5	Návrh na využitie výsledkov	53
6	Záver	54
7	Použitá literatúra	55

Zoznam skratiek a značiek

V	volt, základná jednotka napätia
U	elektrické napätie
ms	milisekunda, jednotka času
I	elektrický prúd
A	ampér, základná jednotka prúdu
R	elektrický odpor
Ω	ohm, základná jednotka odporu
f	frekvencia
kHz	kilohertz, jednotka frekvencie
B	indukcia magnetického poľa
l	dĺžka
mm	milimeter, jednotka dĺžky
F	sila
N	newton, jednotka sily
ϵ_R	relatívna permitivita
ϵ_0	permitivita vákua
S	plocha
P	tlak
kPa	kilopascal, jednotka tlaku
DC	jednosmerná napätie
AC	striedavé napätie
CD	compact disk
HDD	hard disk
PC	počítač
CPU	procesor počítača
Win	operačný systém
RS 232	komunikačný port

v	rýchlosť
m	mili, 10^{-3}
μ	micro, 10^{-6}
C	kondenzátor
F	farad, základná jednotka kapacity
L	cievka
mH	milihenry, jednotka indukčnosti
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celzia, jednotka teploty
IO	integrovaný obvod
JFET	druh zosilňovača
CMOS	druh integrovaného obvodu
θ_{JA}	tepelná impedancia
TRIM	trimer
T_1	tranzistor
D_1	usmerňovacia dióda
P	výkon
P_{tot}	stratový výkon
W	watt, jednotka výkonu, príkonu
I0.1	kontakt snímača, tlačidla
Q0.0	relé, kontakt relé
1R1	relé rozvádzača
K1	pomocné relé
1S1	snímač
MF 04	označenie laboratória

Úvod

Dôležitou podmienkou pre automatizáciu riadiaceho pochodu je presné meranie všetkých jeho charakteristických veličín. K tomu účelu slúžia mnohé snímače, ktorých úlohou je zmerať danú veličinu a okamžite ju previesť na inú, ktorú je možno ďalej vhodným spôsobom spracovávať. Snímače sú nevyhnutné v elektropneumatických systémoch. Elektropneumatické systémy sa používajú v tých odvetviach priemyslu, ktoré sú automatizované. Bezkontaktné snímače sa používajú aj na ako ochranné prvky, takže v mnohých smeroch aj chránia človeka alebo majetok.

O snímačoch je možné povedať, že sú určené k získavaniu informácií o výsledkoch merania. Získané informácie zo snímača môžeme použiť buď pre priame vyhodnotenie výsledkov merania, alebo ich možno využiť pre riadenie určitého procesu. Je nutné si uvedomiť, aké požiadavky sa kladú na snímače pre automatické riadenie. Na rozdiel od iných odborov meracej techniky nekladie sa spravidla u snímačov slúžiacich pre účely automatického riadenia hlavný dôraz na presnosť, ale predovšetkým na dynamické vlastnosti, spoľahlivosť, robustnosť, bezpečnosť pri prevádzke v agresívnom a výbušnom prostredí atď. Tieto uvedené hľadiská sú vo väčšine prípadov rozhodujúce pri voľbe snímača pre dané použitie a treba ich rešpektovať. Veľmi dôležité je aj použitie viacerých snímačov, najmä ak slúžia na ochranu zdravia pracovníkov.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Pneumatika

Pneumatika využíva stlačený vzduch. Najčastejšie sa stlačený vzduch využíva na vykonanie mechanickej práce, to znamená, aby sa vykonali pohyby, a aby sa vytvorila sila. Pneumatické pohony majú za úlohu premeniť energiu stlačeného vzduchu do pohybovej energie. Ako pneumatický pohon sa väčšinou používajú pneumatické valce. Vyznačujú sa robustným vyhotovením, veľkou mnohostrannosťou variantov, jednoduchou inštaláciou a priaznivými cenovými a výkonnými vzťahmi. Tieto prednosti vytvorili pneumatike veľké pole pôsobnosti. Pneumatika ako technológia zohráva v oblasti mechanickej práce už dlhý čas veľmi dôležitú úlohu. Využíva sa pri vytváraní riešení v oblasti automatizácie. V pneumatike sa vykonávajú nasledovné funkcie:

- zisťovanie stavov pomocou senzorov,
- spracovanie informácií pomocou procesorov,
- spínanie pracovných prvkov pomocou ovládacích prvkov,
- vykonávanie práce pomocou pohonov.

Na riadenie strojov a zariadení je potrebné zostaviť komplexné logické prepojenie stavov a riadiacich podmienok. Toto sa deje spoluprácou snímačov, procesorov, ovládacích prvkov, motorov v pneumatických alebo v čiastočne pneumatických systémoch. Technologický pokrok v oblasti materiálov, konštrukčných a výrobných postupov ešte viac zvýšili kvalitu a pneumatických konštrukčných prvkov a tým prispel k ich neustále väčšiemu použitiu v automatizačnej technike. (Croser, 2002).

Pneumatický valec je vo veľkej miere používaný ako lineárny pohon, pretože je:

- relatívne cenovo výhodný,
- ľahko sa inštaluje,
- má jednoduchú robustnú konštrukciu,
- dostupný v rôznych veľkostiach.

Pomocou pneumatických prvkov možno realizovať tieto druhy pohybov:

- priamočiary (lineárny),
- kyvný,
- otáčavý (rotačný).

Tab. 1 Znamky a výhody pneumatiky

Veličina	Vlastnosti
Množstvo	Vzduch je k dispozícii v neobmedzenom množstve.
Preprava	Vzduch je možné prepraviť potrubím aj na veľké vzdialenosti.
Možnosť skladovania	Stlačený vzduch je možné skladovať v tlakových nádobách.
Teplota	Stlačený vzduch je odolný voči kolísaniu teploty.
Bezpečnosť	Pri stlačení vzduchu nevzniká riziko vzniku ohňa a explózie.
Čistota	Unikajúci stlačený vzduch nezapríčiňuje znečistenie životného prostredia.
Montáž	Pracovné prvky majú jednoduchú montáž a sú cenovo výhodné.
Rýchlosť	Pneumatický vzduch je rýchle pracovné médium.
Zabezpečenie proti preťaženiu	Pneumatické prvky môžu byť zaťažené až do stavu zastavenia a tým sú zabezpečené proti preťaženiu.

Tab. 2 Nevýhody pneumatiky

Úprava vzduchu	Pneumatický vzduch musí byť filtrovaný, aby nevznikalo opotrebenie pneumatických komponentov.
Tesnenie	Stlačeným vzduchom nie je možné dosiahnuť konštantnú rýchlosť piestu.
Sila	Pneumatický vzduch je ekonomické využívať len pri určitej potrebe sily (tlak od 600 do 700 kPa)
Odpadový vzduch	Únik vzduchu je spojený s vysokou hlučnosťou.

1.1.1 Tvorba pneumatických systémov

V pneumatike existujú nasledujúce produktové skupiny:

- pohony,
- snímače a vstupné zariadenia,
- procesory,
- príslušenstvo,
- kompletne riadiace systémy

Pri tvorbe pneumatických riadiacich systémov je potrebné vziať do úvahy nasledovné aspekty:

- spoľahlivosť,
- jednoduchosť obsluhy,
- náklady na náhradné diely,
- montáž a pripojenie,
- náklady na údržbu,
- vymeniteľnosť a prispôsobivosť,
- kompaktnosť konštrukčnej technológie,
- hospodárnosť,
- potrebná dokumentácia.

1.1.2 Výroba a prívod stlačeného vzduchu

Tvorba a prísun stlačeného vzduchu musí byť v pneumatických systémoch k dispozícii v správnej kvalite a v množstve. Vzduch je v kompresore stlačený a dodávaný do systému rozdeľovania vzduchu. Aby bola zabezpečená dostatočná kvalita vzduchu, prechádza sušičkou a jednotkou na úpravu vzduchu. Aby sa zabránilo kolísaniu tlaku v systéme, je nutné skladovať stlačený vzduch v zásobníku. Kompresor naplní zásobník, ktorý slúži ako zásobáreň.

1.1.2.1 Filter

Úlohou filtra stlačeného vzduchu obr. 1 je odstraňovať nečistoty zo stlačeného vzduchu. Stlačený vzduch prúdi cez štrbinu do filtračnej misky. Tu sú čiastočky kvapaliny a nečistoty silou centrifúgy oddelené od prúdu vzduchu. Vytvorené nečistoty sa usádzajú v spodnej časti filtračnej misky. Nahromadený kondenzát je potrebné po prekročení maximálnej hranice odstrániť inak sa opäť pripojí k prúdu vzduchu.



Obr.1 Jednotka na úpravu stlačeného vzduchu

1.1.2.2 Tlakový ventil

Úlohou tlakového ventilu je udržiavať konštantný pracovný tlak zariadenia (sekundárny tlak), a to bez ohradu na kolísanie tlaku vo vedení (primárny tlak) a spotrebu vzduchu.

1.1.2.3 Maznica stlačeného vzduchu

Úlohou maznice stlačeného vzduchu je zásobovať vzduch presným dávkovaním malého množstva oleja ak je olej potrebný k prevádzke pneumatického zariadenia.

1.1.3 Ventily

Ventily sa používajú na reguláciu tlaku alebo prietoku stlačeného vzduchu. Z hľadiska konštrukcie sa delia do nasledujúcich kategórií:

- viaccestné ventily,
- uzatváracie ventily,
- prietokové ventily,
- tlakové ventily,
- ručné uzatváracie ventily,

1.1.3.1 Viaccestný ventil

Viaccestný ventil riadi prechod signálov vzduchu alebo prúdenie vzduchu. Otvára, uzatvára a mení smer prechodu stlačeného vzduchu. Viaccestný ventil obr. 2 je v pneumatike uvedený do činnosti napríklad pákovou kladkou, a tým sa zmení poloha piestnej tyče. Viaccestný ventil ako spracovateľský prvok vytvára, respektíve ruší signál alebo signál odvádza. Toto sa uskutočňuje v závislosti od riadiaceho signálu.



Obr.2 Mechanický koncový ventil

1.1.3.2 Uzatvárací ventil

Uzatvárací ventil umožňuje prietok prúdu vzduchu iba jedným smerom. Tento spôsob sa uplatňuje pri dvojcestných ventiloch alebo pri rýchlo odvzdušňovacích ventiloch

1.1.3.3 . Prietokový ventil

Prietokový ventil blokuje alebo škrtí prietok stlačeného vzduchu a tým usmerňuje množstvo pretečeného vzduchu. V ideálnom prípade je možné nastaviť škrtiacu ventil na plynulý prietok od plne otvoreného až po uzatvoreny. Škrtiaci ventil obr. 3 je potrebné podľa možnosti inštalovať v blízkosti pracovného prvku a prispôbiť ho podmienkam používania. Pokiaľ je k škrtiacemu ventilu paralelne zapojený ešte spätný ventil, je prietok v jednom smere ohraničený, v opačnom smere je prietok maximálny.



Obr. 3 Prietokový ventil

1.1.3.4 . Tlakový ventil

Tlakový ventil obr. 4 sa používa na riadenie pneumatických prvkov v závislosti na tlaku. Výstupný signál vznikne až po prekonaní nastavenej veľkosti tlaku. Ak vznikajúci riadiaci signál dosiahne nastavený tlak, zabudovaný 3/2-cestný ventil sa prepne. A naopak, ventil sa prepne naspäť, ak riadiaci signál prekročí nastavený tlak. (Balátě, 1986).



Obr. 4 Tlakový ventil

1.1.4 Procesory

Pri logickom spracovaní výstupných signálov vstupných prvkov existujú rôzne spínacie prvky:

- dvojtlakový ventil (A (And) - člen),
- trojcestný ventil (ALEBO (Or) - člen).

Trojcestným ventilom môžu byť spojené dva vstupné signály vo funkcii ALEBO. Člen ALEBO má dva vstupy a jeden výstup. Výstupný signál prichádza, keď na jednom zo vstupov vzniká potrebný tlak. Ďalší rozvoj procesorov v pneumatike viedol k modulárnym systémom, ktoré spájajú funkcie cestných ventilov a logických prvkov s cieľom spracovať zadanú úlohu. Toto umožňuje znížiť veľkosť, náklady a montážne plochy systému (Croser, 2002).

1.1.5 Pohony

Pohony sú diely ktoré vykonávajú pracovný úkon. Skupina pracovných prvkov zahŕňa možnosti lineárneho a otočného pohonu v rôznych konštrukčných veľkostiach a prevedeniach. Pracovné prvky sú riadené ovládačmi, ktoré uvoľňujú požadované množstvo vzduchu potrebné pre činnosť. Obyčajne je tento ventil pripojený priamo na hlavný prívod stlačeného vzduchu, aby boli straty prúdiaceho vzduchu čo najnižšie.

Pracovné prvky môžeme deliť do skupín:

- Priamočiary lineárny pohon,
- otočný pohon.

1.1.5.1 Priamočiary lineárny pohon je:

- jednočinný valec,
- dvojčinný valec obr. 5,

1.1.5.2 Otočný pohon je aj rotačný pohyb a je to:

- pneumatický servomotor,
- kyvný pohon obr. 6 (Voráček, 2000).



Obr. 5 Dvojčinný valec



Obr. 6 Kyvný pohon

1.2 Elektropneumatika

Pri elektropneumatickom riadení sa signalizačná riadiaca časť buduje s elektrickými komponentmi. Elektrické komponenty sú napríklad vstupné tlačidlá, približovacie spínače, relé alebo programovateľné riadenie s ukladaním do pamäti. V porovnaní s pneumatickým riadením sa elektropneumatické riadenie nezobrazuje v jednej celkovej schéme zapojenia, ale v dvoch rozdelených schémach a to pre elektrickú časť, a pre pneumatickú časť. Signalizačný tok sa preto nedá rozpoznať priamo z celkovej schémy zapojenia a usporiadania stavebných prvkov. Elektropneumatické riadenie má v porovnaní s pneumatickým riadením nasledujúce prednosti:

- Menší počet stavebných prvkov, ktoré sa rýchlo opotrebojú,
- Zníženie nákladov na plánovanie a uvedenie zariadenia do prevádzky,
- Zníženie inštalačných nákladov, pri nasadení moderných stavebných jednotiek ako napr. ventilové terminály,
- Jednoduchšia výmena informácií medzi viacerými riadeniami.

Dnes sa elektropneumatické riadenie presadilo v priemyselnej praxi na širokom základe a nasadenie pneumatických riadení sa ohraničuje na špeciálne využitie (Prede, 1998).

1.2.1 Stavebné prvky elektropneumatického systému

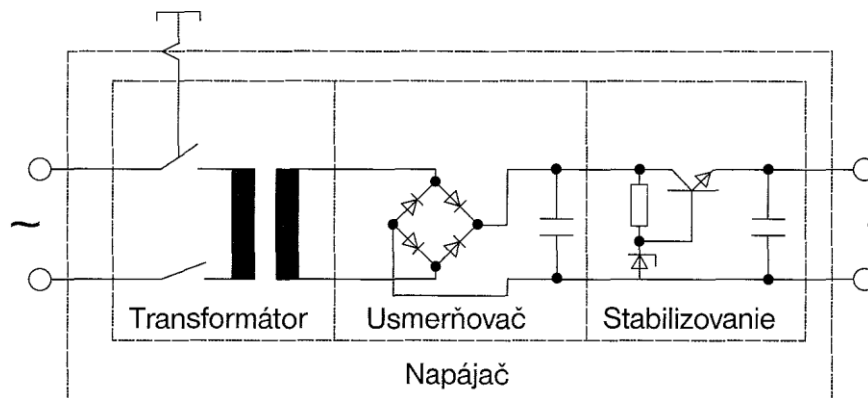
Stavebné prvky elektropneumatického systému sú konštrukčne zložitejšie zariadenia ako pneumatické zariadenia. Stavebné prvky elektropneumatického systému sa skladajú z:

- napájača,
- spínačov,
- tlačidiel,
- snímačov.

1.2.1.1 Napájač

Riadiaca časť elektropneumatického riadenia sa zásobuje energiou cez elektrickú sieť prostredníctvom napájača. K tomuto účelu disponuje riadenie napájačom obr. 7. Jednotlivé prvky napájača majú nasledujúce úlohy:

- transformátor redukuje prevádzkové napätie z 230 V striedavého napätia na 24 V striedavého napätia,
- usmerňovač mení striedavé napätie na jednosmerné. Kondenzátor na výstupe usmerňovača slúži k vyrovnaniu napätia,
- regulovanie napätia pri výstupe napájača je nutné preto, aby sa elektrické napätie udržalo konštantné pri rôznej hodnote odoberaného prúdu.



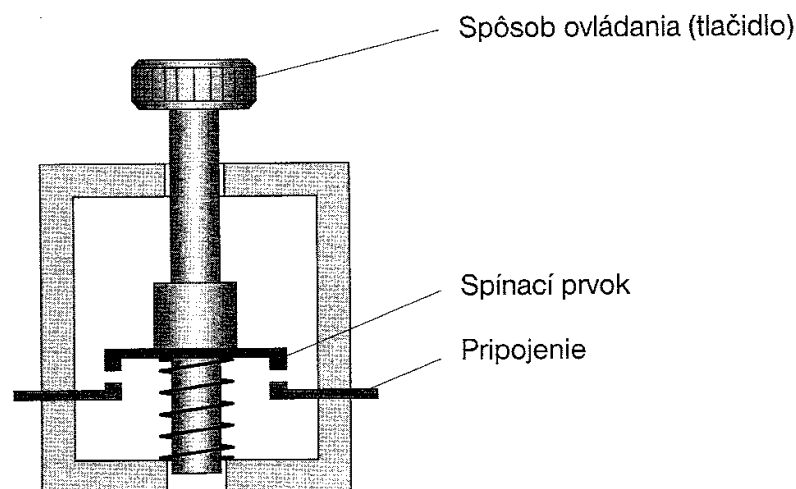
Obr.7 Schéma napájača

1.2.1.2 Spínač a tlačidlo

Aby sa schéma elektropneumatického riadenia pripojila k elektrickému obvodu, alebo aby sa prerušil tok prúdu, budujú sa v elektrickom obvode spínače a tlačidlá obr. 8. Tieto spínače môžu byť vyhotovené buď ako spínač alebo prepínač.

- pri spínačoch zostáva zvolená spínacia poloha zachovaná tak dlho, pokiaľ je spínač ovládaný,
- pri tlačidlách sa obidve spínacie polohy mechanicky zablokujú. Jedna spínacia poloha zostane zachovaná vždy tak dlho, pokiaľ sa spínač opäť neprepne.

Pri svorke je elektrický obvod v kľudovom postavení spínača prerušený. Stlačením spínacej páčky sa elektrický obvod uzavrie a prúd prúdi k spotrebiču. Pri uvoľnení spínacej páčky sa spínač pomocou pružiny vráti späť do kľudovej polohy a elektrický obvod sa rozopne (Balátě, 1986).



Obr. 8 Konštrukčná schéma tlačidla

1.3 Snímače

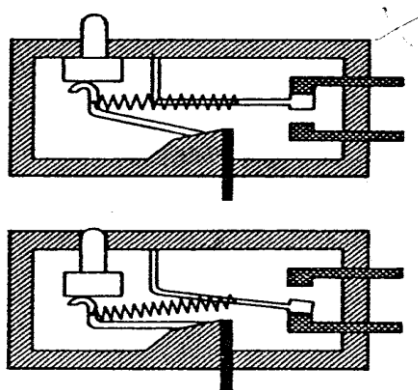
Snímače majú za úlohu získať informácie a tieto informácie zaznamenať a v vhodnej forme poskytnúť na ďalšie spracovanie signálu. V elektropneumatických systémoch sa snímače používajú preto:

- aby sa zachytila začiatočná a koncová poloha piestnej tyče na valcových pohonoch,
- aby sa zistila existencia a pozícia obrábaného predmetu,
- aby sa zistila prítomnosť pracovníkov,
- aby sa meral a kontroloval tlak.

1.3.1 Kontaktný koncový spínač

Mechanický koncový spínač je zároveň aj snímač. Prostredníctvom mechanických koncových spínačov obr. 9 je možno vymedziť určité polohy mechanizmov alebo pracovných nástrojov. Pri výbere typu spínača je treba venovať pozornosť spôsobu jeho mechanického zaťaženia, spoľahlivosti zopnutia a presnosti s akou je dodržovaná nastavená spínacia poloha. Ovládací pohyb je na spínač prevádzaný rôznymi mechanizmami. Napríklad kladkou, výkyvnou kladkou, tykadlom alebo čapom. Pri montáži treba dodržiavať predpisy výrobcu. Platí to hlavne o uhle nájazdu ovládacieho prvku a miere stlačenia čapu. Mechanické spínače rozoznávame:

- spínače so skokovým zopnutím,
- plynulým zopnutím (Klementev 1990).



Obr. 9 Konštrukčná schéma koncového spínača

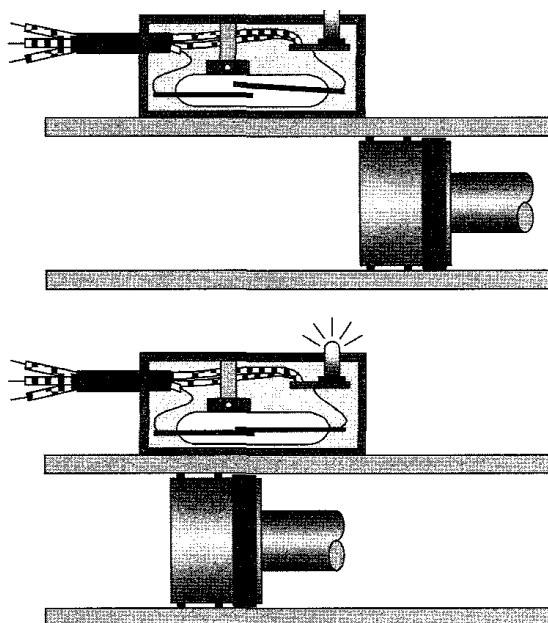
1.3.2 Približovací spínač

Približovacie spínače na rozdiel od kontaktných spínačov spínajú bez dotyku piestu alebo obrobku a bez vonkajšej ovládacej sily. Približovacie spínače tým vykazujú dlhú životnosť a spoľahlivosť. Rozlišujeme nasledovné približovacie spínače:

- kotvový spínač,
- indukčný približovací spínač,
- kapacitný približovací spínač,
- optický približovací spínač.

1.3.3 Kotvový spínač

Kotvové spínače sú magneticky ovládané približovacie spínače obr. 10. Skladajú sa z dvoch kontaktných jazýčkov, ktoré sa nachádzajú v ochrannej, plynom naplnenej sklenenej rúrke. Pôsobením magnetu sa kontakt medzi obidvomi jazýčkami uzavrie, a prúdi elektrický prúd. Pri kotvových spínačoch, ktoré pracujú ako rozpínač, sa kontaktné jazýčky predpínajú malými magnetmi. Toto predpínanie sa prekoná podstatne silnejšími spínacími magnetmi. Kotvové spínače vykazujú vysokú životnosť a malý čas spínania (asi 0,2 ms). Sú bez údržbové, nesmú sa ale používať na miestach so silným magnetickým poľom napríklad v okolí zvaracích strojov s vysokým odporom (Migeon, 2003).

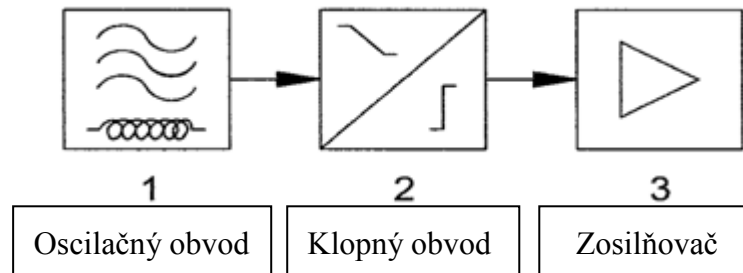


Obr. 10 Konštrukcia kotvového spínača

1.3.4 Induktívny približovací spínač

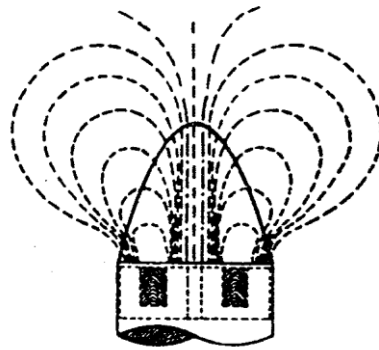
Induktívny približovací spínač patrí do skupiny aktívnych generátorových spínačov. Spínač sa skladá z obr. 11:

- elektrického oscilačného obvodu,
- klopného obvodu,
- zo zosilňovača.



Obr. 11 Bloková schéma indukčného spínača

Pri pripojení napätia vyrába oscilačný obvod vysokofrekvenčné magnetické striedavé pole obr. 12, ktoré je aktívne na čelnej strane spínača. Ak sa do tohto striedavého poľa dostane kov, oscilačný obvod sa oslabí. Za ním pripojená elektronika ktorá sa skladá z klopného obvodu a zosilňovača, vyhodnotí zmenu oscilačného obvodu a zopne výstup. S indukčným približovacím spínačom sa snímajú elektricky vodivé materiály (Ďado, 1996).



Obr. 12 Magnetické striedavé pole indukčného spínača

Meraná neelektrická veličina spôsobuje zmenu magnetického toku v nepohyblivej cievke, alebo môže zmenu magnetického toku spôsobovať pohyb cievky v nemiacom sa magnetickom poli. Preto rozlišujeme indukčné spínače:

- Elektromagnetické,
- Elektrodynamické.

1.3.4.1 Elektromagnetický induktívny spínač

V elektromagnetických induktívnych spínačoch sa magnetický tok mení zmenou impedancie magnetického obvodu. Princíp elektromagnetického spínača je zobrazený na obr. 13. Meraná veličina pôsobí na kotvu 4 a mení veľkosť vzduchovej medzery. Zmenou veľkosti vzduchovej medzery sa mení aj magnetický odpor R_m a magnetický tok. Táto zmena indukuje v snímačej cievke 3 napätie podľa vzťahu (1). Výstupné napätie snímača je úmerné rýchlosti pohybu feromagnetkej časti magnetického obvodu.

$$u(t) = \frac{2 \cdot N_1 \cdot I_1 \cdot N_2}{\mu_0 \cdot S \cdot R_{m,0}} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (V) \quad (1)$$

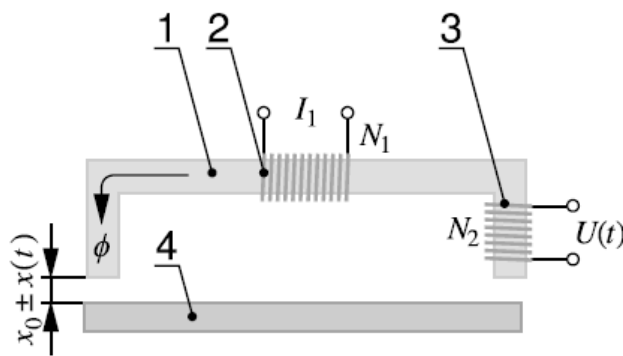
Kde:

$u(t)$ – výstupné napätie, V

μ_0 – permeabilita vzduchu, $H \cdot m^{-1}$

S – plocha vzduchovej medzery, m^2

R_m – magnetický odpor, H^{-1}



Obr. 13 Princíp elektromagnetického spínača

1.3.4.2 Elektrodynamický induktívny spínač

V elektrodynamických spínačoch sa indukuje elektrické napätie pri pohybe vodiča v magnetickom poli obr. 12. Ak je magnetické pole homogénne a pohyb vodiča kolmý na magnetické siločiar, indukované napätie nadobúda hodnotu podľa vzorca (2). Vtedy predpokladáme, že $l \leq b$ a elektrické kontakty v obvode výstupného napätia sú v bodoch 1 a 2. Ak pripojíme vodič v ku zdroju jednosmerného prúdu I , pôsobí naň sila podľa vzorca (3).

Elektrodynamické spínače sa najčastejšie používajú ako spínače uhlovej rýchlosti, známe sú pod názvom tachodynamo, tachogenerátor, unipolárne dynamo a podobne. Používajú sa tiež aj ako snímače zrýchlenia (Regetien, 1999).

$$U = B \cdot l \cdot v \quad (V)$$

(2)

Kde:

U – indukované napätie, V

B – indukcia magnetického poľa, T

l – dĺžka vodiča, m

v – rýchlosť pohybu vodiča, m.s⁻¹

$$F = B \cdot l \cdot v \quad (N)$$

(3)

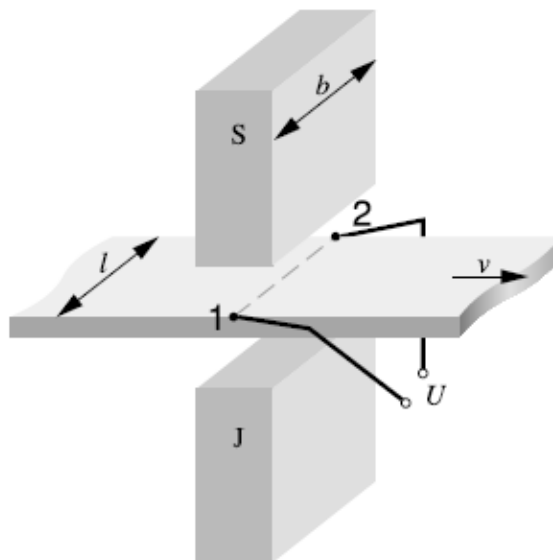
Kde:

F – Sila, N

B – indukcia magnetického poľa, T

l – dĺžka vodiča, m

v – rýchlosť pohybu vodiča, m.s⁻¹

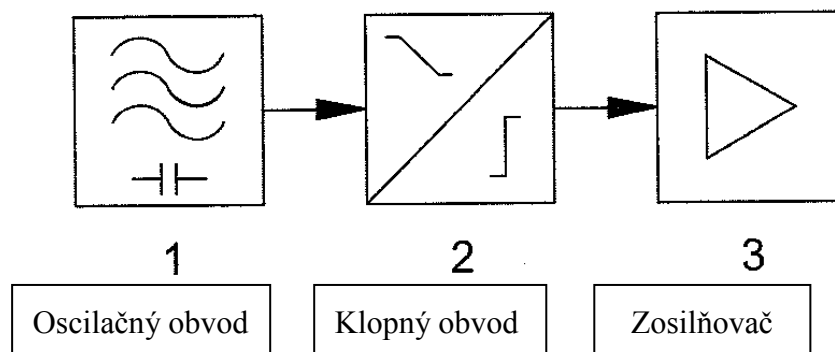


Obr. 14 Princíp elektrodynamického spínača

1.3.5 Kapacitný približovací spínač

Kapacitný približovací spínač sa skladá z kondenzátora a elektrického odporu, ktoré spolu tvoria RC-oscilačný obvod, ako aj elektronického zapojenia k vyhodnoteniu oscilácie a zopnutiu. Spínač sa skladá z obr. 15:

- elektrického oscilačného obvodu,
- klopného obvodu,
- zo zosilňovača.



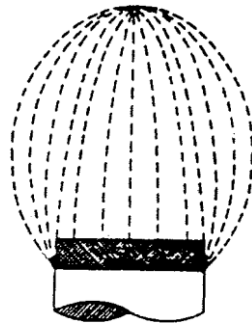
Obr. 15 Bloková schéma kapacitného snímača

Medzi aktívnou elektródou a hromadnou elektródou kondenzátora sa vytvorí elektrostatické pole. Na prednej strane snímača sa tvorí rozptyľové pole obr. 16. Ak sa do tohto poľa dostane predmet kapacita kondenzátora sa zmení. V oscilačnom obvode sa zmení oscilácia. Za tým pripojená elektronika zopne výstup. Kapacitné približovacie spínače reagujú na materiály s elektrickou vodivosťou (napr. kovy), ale aj na všetky izolanty s dielektrickou konštantou (napr. umelá hmota, sklo, keramika, kvapaliny a drevo).

Podstatou činnosti je zmena kapacity kondenzátora vyvolaná zmenou jeho geometrie. U rovinného kondenzátora sa tieto zmeny prejavujú v zmene kapacity podľa vzťahu (4). Využívané princípy predurčujú kapacitné spínače na bezkontaktné snímanie posunutí, malých vzdialeností, deformácií, prítomnosti predmetov a všetkých fyzikálnych veličín, ktoré sa dajú jednoduchým spôsobom previesť na posunutia. Meraná veličina môže spôsobiť zmenu kapacity citlivej časti snímača tromi spôsobmi:

- zmenou vzdialenosti elektród,
- zmenou veľkosti plochy ich prekrytia,
- zmenou vlastností dielektrika.

Okrem priameho pôsobenia meranej veličiny sa na zmeny využíva aj transformačný člen. Ten sa používa pri kapacitných snímačoch polohy a uhla natočenia (Migeon 2003).



Obr. 16 Elektrostatické rozptyľové pole kapacitného spínača

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_R \cdot \frac{S}{d}$$

(4)

Kde:

C - kapacita kondenzátora, F

ε_R - relatívna permitivita, F.m⁻¹

ε_0 je permitivita vákua, (8,854 . 10⁻¹² F.m⁻¹),

S je plocha elektródy, m²

d je vzdialenosť elektród, m

1.3.6 Optické približovacie spínače

Optické približovacie spínače využívajú optické a elektronické prostriedky k snímaniu objektu. K tomu sa používa červené alebo infračervené svetlo. Spoľahlivými zdrojmi červeného a infračerveného svetla sú polovodiče svetelné diódy (LED diódy). Sú malé s dlhou životnosťou a sú jednoducho modulovateľné. Ako prijímacie prvky sa používajú fotodiódy alebo fototranzistory. Červené svetlo má tú prednosť, že pri nastavení optických osí použitých spínačov približovania sa môže rozpoznať voľným okom. Okrem toho sa polymérové svetelné vodiče kvôli svojmu malému tlmeniu svetla dobre nasadzujú v tejto oblasti vlnových dĺžok. Rozlišujeme tri druhy optických približovacích spínačov (Prede, 1998):

- Jednocestná -svetelná závora,
- Reflexná -svetelná závora,
- Reflexné- svetelné tlačidlo.

1.3.6.1 Jednocestná svetelná závora

Jednocestná svetelná obr. 17 závora obsahuje oddelenú vysielaciu a prijímaciu jednotku. Stavebné diely sú montované tak, aby vysielateľ vysielal priamo na prijímač. Pri prerušení svetelného žiarenia sa výstup zopne.



Obr. 17 Jednocestná svetelná závora

1.3.6.2 Reflexná svetelná závora

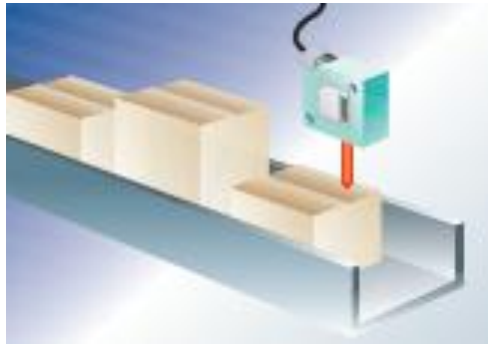
Reflexná svetelná závora obr. 18 má vysielateľ aj prijímač zoradené v skrinke vedľa seba. Vysielateľ sa montuje tak, že svetelný lúč, ktorý vysielateľ vysielá, sa úplne odrazí na prijímač. Pri prerušení svetelného lúču sa výstup zopne.



Obr. 18 Reflexná svetelná závora

1.3.6.3 Reflexné svetelné tlačidlo

Reflexné svetelné tlačidlo obr. 19 má vysielateľ aj prijímač v stavebnej časti zoradené v skrinke vedľa seba. Ak sa svetlo dotkne odrážajúceho sa telesa, tak sa odrazí k prijímaču, a výstup snímača sa zopne. Na základe funkčného princípu sa môže svetelné tlačidlo použiť len vtedy, ak obrábaný predmet alebo časti stroja, ktoré majú byť snímané, vykazujú vysokú reflexnú schopnosť (Regetien, 1999).



Obr. 19 Reflexné svetelné tlačidlo

1.3.7 Tlakové spínače

Tlakové spínače obr. 20 sú citlivé na tlak alebo podtlak a existujú v rôznych stavebných formách:

- Tlakové spínače s mechanickým kontaktom (binárny výstupný signál),
- Tlakový spínač s elektronickým prepajovaním (binárny výstupný signál),
- Elektronické tlakové snímače s analógovým výstupným signálom.

Pri mechanicky pracujúcom tlakovom spínači pôsobí tlak alebo podtlak na piestovú plochu podľa vzorca (5). Ak sila vykonaná tlakom prekročí silu pružiny, piest sa prepne a zopne sadu kontaktov (Ďaďo, 1996).

$$P = \frac{F}{S}$$

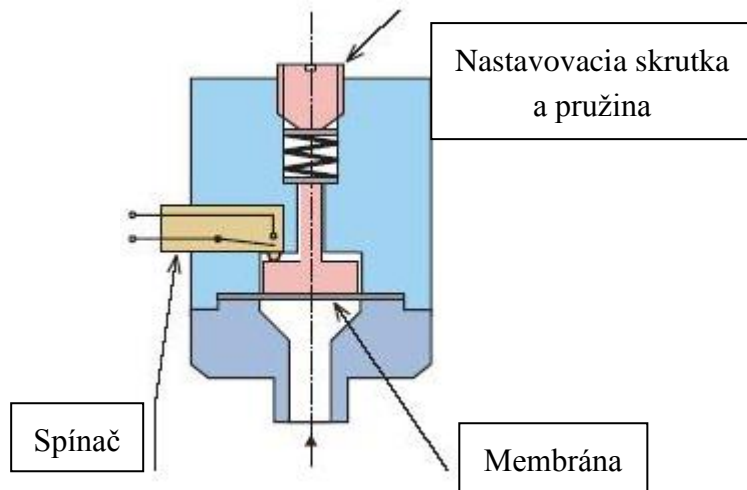
(5)

Kde:

p – tlak, Pa

F – sila, N

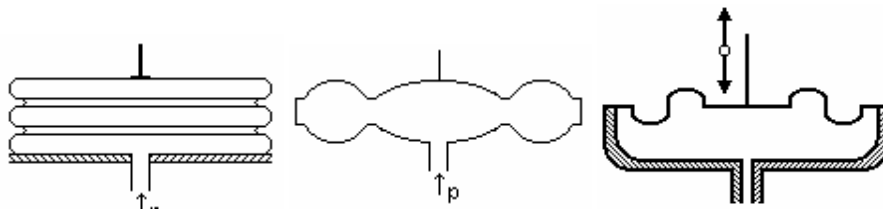
S – plocha, m²



Obr. 20 Princíp tlakového spínača

1.3.8 Membránové spínače

Činnosť membránového spínača obr. 21 je založená na veľkosti pružnej deformácie tlakomerným prvkom. Tlakomerným prvkom môže byť kruhová, sústredne zvlínená membrána z pružného materiálu, na ktorú pôsobí meraný tlak. Ohyb membrány, ktorý je mierou pôsobiaceho tlaku, sa prenáša na rúčku ukazovacieho prístroja alebo na odporový snímač. Membrána je zhotovená z gumy, bronzu alebo z ocele. Zdvih tlakomeru môžeme zväčšiť spojením dvoch membrán (Klementev, 1990).



Obr. 21 Krabicový spínač a, vlnkový spínač b, membránový spínač c,

2 Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce je:

- analýza súčasného stavu prvkov elektropneumatického riadenia na stavebnici FESTO,
- analýza bezkontaktných snímačov používaných v elektropneumatike,
- snímanie a riadenie koncovej polohy pomocou bezkontaktného snímača,
- navrhnutie elektropneumatického riadenia s použitím bezkontaktných snímačov na stavebnici FESTO,
- navrhnutie elektropneumatického riadenia s použitím riadiaceho systému SIMATIC S7 – 200,
- spracovanie navrhnutého riadenia s použitím bezkontaktných snímačov na stavebnici FESTO,
- realizácia navrhnutého riadenia s použitím bezkontaktných snímačov na stavebnici FESTO,
- navrhnutie schémy bezkontaktného kapacitného snímača,
- zostrojenie bezkontaktného kapacitného snímača,
- overenie funkčnosti navrhnutého riešenia,
- zhodnotenie navrhnutého riešenia.

3 Metodika práce

3.1 Požiadavky kladené na navrhnuté a zostrojené riadenie ovládania koncovej polohy

Navrhované ovládanie elektropneumatického zapojenia musí spĺňať tieto požiadavky:

- riadenie pomocou bezkontaktných snímačov,
- zapojenie pomocou elektropneumatického systému FESTO,
- ovládanie pomocou riadiaceho systému SIMATIC S7 – 200,
- ovládanie pomocou zostrojeného bezkontaktného snímača,
- jednoduchosť a nenáročnosť navrhnutého riadenia.

3.2 Postup pri riešení návrhu riadenia

- štúdium literatúry z oblasti elektropneumatického riadenia,
- štúdiom literatúry z oblasti bezkontaktného snímania koncovej polohy,
- štúdiom literatúry z oblasti ovládania elektropneumatických systémov pomocou riadiaceho systému SIMATIC S7 – 200,
- štúdium princípu fungovania a zapojenia bezkontaktného snímača,
- výber vhodného bezkontaktného snímača,
- návrh a zostrojenie bezkontaktného snímača,
- testovanie, simulácia a overenie funkčnosti programu.

3.3 Charakteristika technických prostriedkov

Bezkontaktné približovacie spínače pracujú iba s binárnym signálom. Pre svoje správne fungovanie nepotrebujú zvláštnu pozornosť obsluhy. Pre ich spoľahlivé fungovanie je potrebné len ich správne nastaviť a obzvlášť dôležité je aj ich umiestnenie. Rozlišujeme len tieto dva stavy:

- vypnutý stav - prúd obvodom netečie,
- zopnutý stav – prúd obvodom netečie.

3.3.1 Výhody bezkontaktných snímačov v porovnaní s kontaktnými snímačmi

- pracujú ticho a spoľahlivo,
- nevyžadujú vonkajšiu ovládaciu silu,
- nemusia byť umiestnené bezprostredne blízko motora,
- nemusia byť umiestnené blízko riadiacej jednotky,
- sú ľahko vymeniteľné,
- v prípade poruchy ľahko diagnostikovateľná problém,
- pracujú bez odskokov pri spínaní a vypínaní,
- neopáľujú sa im kontakty.

3.3.2 Nevýhody bezkontaktných snímačov v porovnaní s kontaktnými snímačmi

- snímač vyžaduje vlastný prívod vzduchu,
- citlivosť snímača sa mení podľa druhu, veľkosti a materiálu, z ktorého je vyrobený snímaný predmet,
- niektoré snímače reagujú len na kovové snímané predmety,
- je možné používať len jeden druh napájania (striedavý prúd alebo jednosmerný prúd) v závislosti od druhu snímača,
- aktívna plocha snímača je ovplyvňovaná teplotou, vlhkosťou a rušením snímača,
- medzi snímačmi je potrebné dodržiavať minimálnu prípustnú vzdialenosť, aby nedochádzalo k vzájomnému rušeniu alebo ovplyvňovaniu.

3.3.3 Použitie bezkontaktných snímačov

Bezkontaktné snímače sa využívajú vo väčšine zapojení kde sa sníma koncová poloha pohonov alebo prítomnosť výrobkov, prípadne pracovníkov. Používajú sa najmä tam kde:

- kde nie je k dispozícii vonkajšia ovládacia sila,
- je požadovaná dlhá životnosť,
- je potrebná vysoká spoľahlivosť,
- sa vyskytujú silné otrasy,
- je sťažené pracovné prostredie,
- je vysoká frekvencia spínania,
- kde potrebujeme minimalizovať veľkosť zapojenia,
- nemôže dôjsť ku kontaktu so súčiastkami.

4 Výsledky práce

4.1 Riadiaci systém SIMATIC S7 – 200

SIMATIC S7-200 je rada malých programovateľných automatov (mikro PLC), určených na riadenie v rôznych automatizačných aplikáciách. Zariadenie S7-200 monitoruje vstupy a riadi výstupy pomocou užívateľského programu, ktorý môže obsahovať Booleovu logiku, počítanie, časovanie, zložité matematické operácie a komunikáciu s inými inteligentnými zariadeniami. Kompaktný dizajn, flexibilné konfigurácie a výkonný inštrukčný súbor sú dôvody, prečo je zariadenie S7-200 optimálnym riešením pre riadenie širokej škály aplikácií.

4.1.1 CPU S7 - 200

CPU S7–200 obsahuje mikroprocesor, integrovaný napájací zdroj, vstupné a výstupné obvody v kompaktnom púzde, ktoré tvoria výkonný programovateľný automat (mikro - PLC) zobrazený na obr. 22. Po downloade programu bude S7-200 obsahovať logiku, potrebnú na monitorovanie a riadenie vstupných a výstupných zariadení aplikácie.



Obr. 22 Simatic S7 – 200

4.1.2 Rozširovacie moduly S7 - 200

Pre lepšie riešenie požiadaviek aplikácií obsahuje rad S7-200 širokú škálu rozširujúcich modulov. Týmito rozširovacími modulmi môžete do S7-200 pridať ďalšie funkcie. Rozširovacie modely, ktoré sú v súčasnej dobe k dispozícii:

- Digitálne moduly,
- Analógové moduly,
- Inteligentné moduly,
- Iné moduly.

4.1.2.1 Digitálne moduly

Digitálne moduly sú vo forme digitálnych vstupov, digitálnych výstupov a kombinácie digitálnych vstupov a výstupov.

- vstup môže mať 8 DC vstupov a 8 AC vstupov,
- výstup môže mať 8 DC výstupov, 8 AC výstupov a 8x relé,
- kombinácia môže mať 4 DC vstupy / 4 DC výstupy, 8 DC vstupov / 8 DC výstupov, 16 DC vstupov / 16 DC výstupov, 4 DC vstupy / 4 relé, 8 DC vstupov / 8 relé a 16 DC vstupov / 16 relé.

4.1.2.2 Analógové moduly

Analógové moduly sú vo forme analógových vstupov, analógových výstupov a kombinácie analógových vstupov a výstupov.

- vstup môže mať 4 analógové vstupy, 4 termočlánkové vstupy a 2 RTD vstupy,
- výstup môže mať 2 analógové výstupy
- kombinácia môže mať 4 analógové vstupy / 1 analógový výstup

4.1.2.3 Inteligentné moduly

Inteligentné moduly môžu byť:

- polohovacie,
- modemové,
- profibus – slave.

4.1.2.4 Iné moduly

Iné moduly so vo forme AS interface.

4.1.3 Programovací balík STEP 7 – Micro/Win

Programovací balík STEP 7 - Micro/WIN poskytuje užívateľsky príjemné prostredie pre vytváranie, editáciu a monitorovanie logiky, potrebné na riadenie aplikácie. STEP 7 - Micro/WIN obsahuje tri programové editory pre komfort a efektívnosť pri vytváraní riadiaceho programu pre aplikáciu. Aby sa lepšie našli informácie, ktoré potrebujeme, je STEP 7---Micro/WIN vybavený rozsiahlym systémom on-line pomocníka a CD s dokumentáciou a tipmi pre aplikácie a ďalšie užitočné informácie.

4.1.4 Základné požiadavky na počítač

STEP 7 - Micro/WIN beží na osobnom počítači alebo na programovacom prístroji Siemens (PG). Počítač alebo programovací prístroj musí spĺňať minimálne tieto požiadavky:

- operačný systém: Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows Me (Millennium Edition) alebo Windows NT 4.0, Windows XP, Windows Vista,
- aspoň 50 MB voľného priestoru na HDD,
- myš, klávesnica.

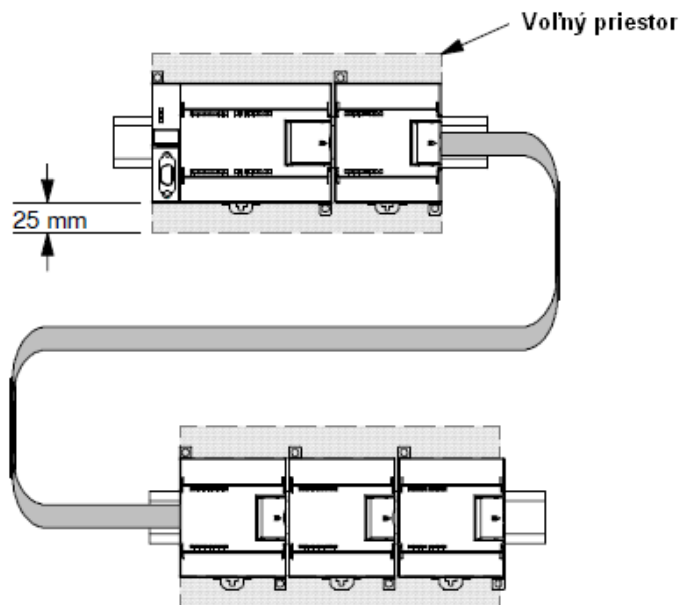
4.1.5 Možnosti komunikácie

K dispozícii sú dve možnosti pripojenia počítača k S7-200:

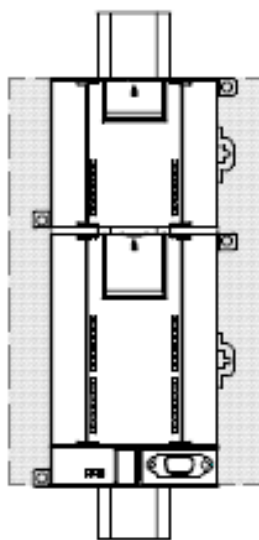
- priame prepojenie PC / PPI káblom,
- kartou komunikačného procesora (CP) s MPI káblom pre siete MPI a PROFIBUS – DP,
- PC / PPI programovací kábel je najbežnejší a najekonomickejší spôsob pripojenia počítača k S7-200. Týmto káblom sa prepojí komunikačný port S7-200 so sériovým portom počítača. Programovací kábel PC / PPI sa môže tiež použiť pre pripojenie ďalších zariadení k S7-200,
- pre pripojenie karty komunikačného procesora sa musí použiť MPI kábel, musí sa nainštalovať do počítača CP karta. CP karta poskytuje ďalší hardvér potrebný pre pripojenie pri vyšších prenosových rýchlostiach a na zvládnutie vysokorýchlostnej sieťovej komunikácie.

4.1.6 Montáž zariadení S7 - 200

Zariadenie S7-200 sa umiestňuje na panel alebo na štandardnú lištu a montuje sa horizontálne obr. 23 alebo vertikálne obr. 24. Je nevyhnutné chrániť zariadenie S7-200 pred teplom, vysokým napätím a elektrickým rušením. Je potrebné oddeliť zariadenia, ktoré vytvárajú vysoké napätie alebo veľké elektrické rušenie, od nízkonapäťových a logických zariadení, ako je S7-200. Pri vertikálnej montáži je maximálna povolená teplota okolia znížená o 10 ° C. CPU S7-200 sa montuje pod rozširovacie moduly.



Obr. 23 Horizontálne umiestnenie S7 - 200



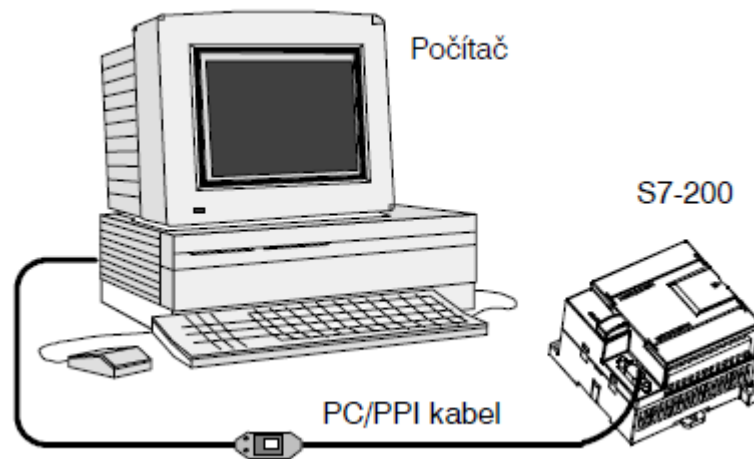
Obr. 24 Vertikálne umiestnenie S7 – 200

4.1.7 Energetická bilancia

Všetky CPU S7-200 majú vnútorné napájacie zdroje, ktorými sú napájané CPU, rozširovacie moduly a ďalšie používateľské zariadenia pre napätie 24 V DC. S7-200 poskytuje 5V jednosmerné napätie, potrebné pre rozšírenie systému. Všetky jednotky S7-200 tiež poskytujú napájanie snímačov 24 V DC, ktoré môže dodávať 24 V DC pre vstupy, pre napájanie relé u rozširujúcich modulov alebo pre iné zariadenia. Ak požiadavky na napájanie prekročia výkon zdroja, musí sa pridať k systému externý zdroj napätia 24 V DC.

4.1.8 Pripojenie CPU S7 - 200

Prvým krokom pripojenia obr. 25 pripojiť napájanie k CPU S7-200 a potom pripojiť komunikačný kábel medzi programovacie zariadenie a S7-200. Konektor RS – 232 PC/PPI káblu sa pripojí ku komunikačnému portu počítača. Konektor RS – 485 PC/PPI káblu sa pripojí k portu 0 alebo k portu 1 jednotky S7-200.



Obr. 25 Prepojenie S7 – 200 a počítača

4.2 Tvorba programu SIMATIC S7 – 200

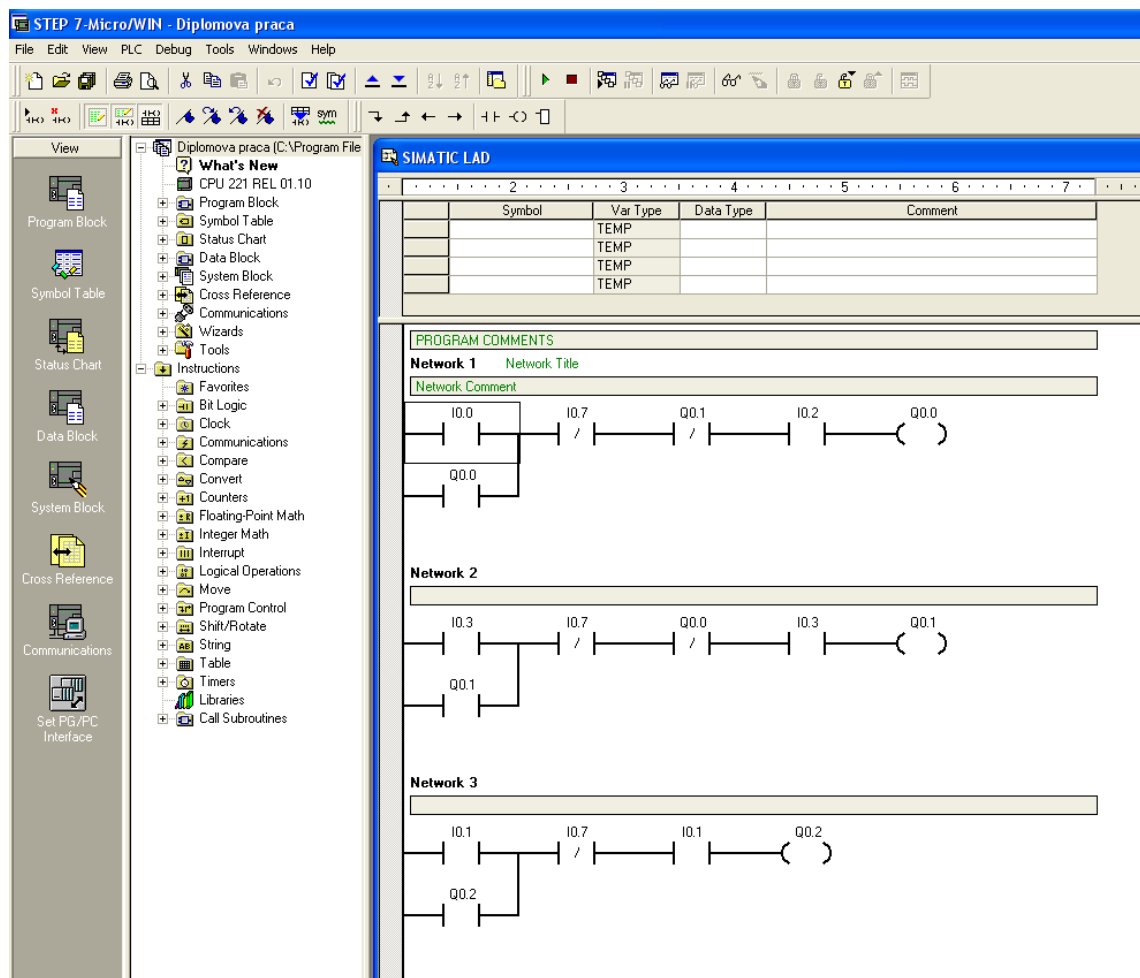
Na tvorbu programu sa používa riadiaci program STEP 7 - Micro/WIN. Pracovné prostredie riadiaceho programu je zobrazené na obr. 26 a obsahuje:

- nástrojovú lištu,
- navigačnú lištu,
- programový editor.

Nástrojová lišta obsahuje tlačidlá pre skratky k používaným príkazom menu. Všetky príkazy sa dajú zobrazit' alebo skryť.

Navigačná lišta ponúka ikony pre prístup k programovaciemu prvku STEP 7 - Micro/WIN. Strom s inštrukciami zobrazuje všetky objekty projektu a inštrukcie pre tvorbu riadiaceho programu. Jednotlivé inštrukcie sa dajú do programu vložiť dvojitým kliknutím myši na potrebnú inštrukciu, čím ju vložíme na súčasnú pozíciu kurzora v programovom editore.

Programový editor obsahuje program a tabuľku lokálnych premenných, v ktorej môžeme priradiť symbolické názvy dočasným lokálnym premenným. Podprogramy a prerušenia sú zobrazené ako záložky v spodnej časti okna programového editora.



Obr. 26 Pracovné prostredie riadiaceho programu

STEP 7---Micro/WIN obsahuje tri editory pre vytváranie užívateľského programu

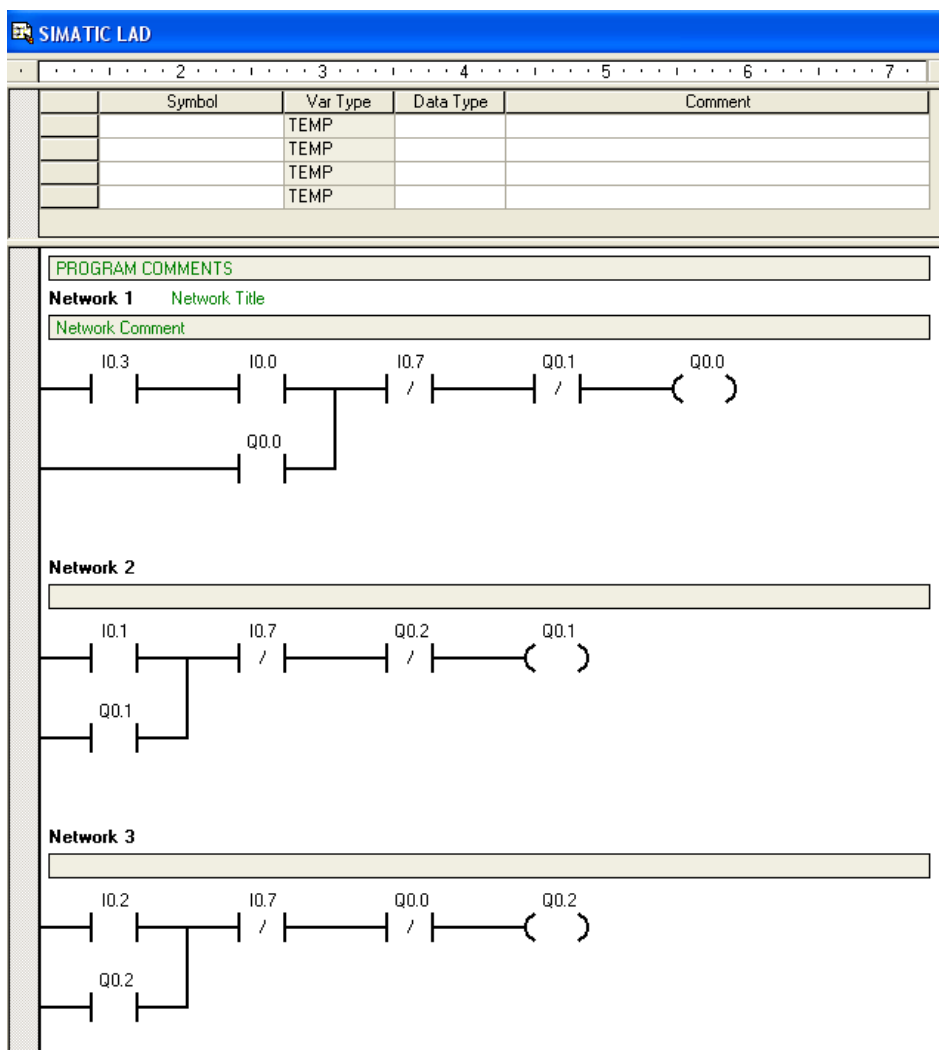
- kontaktné schémy (LAD),
- výpis príkazov (STL),
- funkčné bloky (FBD).

4.2.1 Kontaktná schéma LAD

Editor LAD zobrazuje program v grafickej forme podobnej schémam. Programy v kontaktnej schéme umožňujú simulovať tok elektrického prúdu z napájacieho zdroja cez viacero logických vstupných podmienok, ktoré následne aktivujú výstupné logické podmienky. Program LAD obsahuje ľavú napájací lištu, ktorá je pod napätím. Kontakty, ktoré sú zopnuté, umožňujú tok energie do ďalšieho prvku; kontakty, ktoré sú rozopnuté, tok energie blokujú. Logika je delená do spojitých sietí. CPU vykonáva vždy jeden network zľava doprava a potom zhora nadol tak, ako je to určené programom.

Obr. 26 ukazuje príklad programu LAD. Inštrukcie sú predstavované grafickými symbolmi a majú tri základné formy:

- kontakty predstavujú logické vstupné podmienky, ako sú spínače, tlačidlá alebo vnútorné podmienky,
- cievky zvyčajne predstavujú logické výstupné obvody, ako sú žiarovky, štartéry motorov, prechodové relé alebo vnútorné výstupné podmienky.
- bloky predstavujú dodatočné inštrukcie, ako sú časovače, počítadlá alebo matematické inštrukcie.



Obr. 26 LAD editor riadiaceho programu

4.2.1.1 Vetva 1

Kontakt I0.0 je tlačítko ktorým sa spúšťa elektropneumatické zapojenie. Kontakt I0.3 je kontakt snímača koncovej polohy pneumotoru 3. Kontakt Q0.0 je spínací kontakt cievky Q0.0, ktorá ovláda pneumotor 1 a slúži ako samoprídž vetvy 1. Kontakt I0.7 je

rozpínacie tlačítko a slúži ako STOP tlačítko pre všetky vetvy. Kontakt Q0.1 je rozpínací kontakt cievky Q0.1, ktorá ovláda pneumotor 2. Tento kontakt je preto rozpínací, aby sa pneumotor 1 nespustil skôr ako sa zasunie pneumotor 2.

4.2.1.2 Vetva 2

Kontakt I0.1 je kontakt snímača koncovej polohy pneumotoru 1. Po vysunutí pneumotoru 1 sa aktivuje kontakt snímača a následne sa vysunie pneumotor 2. Rozpínací kontakt cievky Q0.2 slúži na to, aby sa pneumotor 2 nespustil skôr ako sa zasunie pneumotor 3.

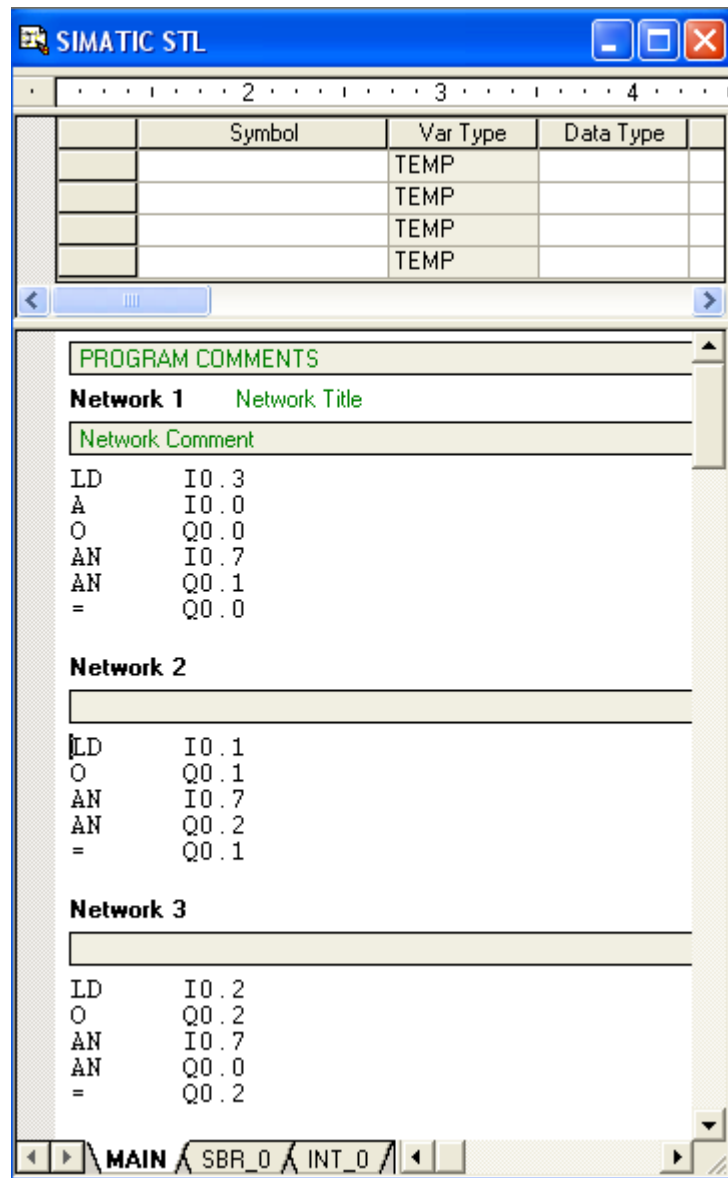
4.2.1.3 Vetva 3

Kontakt I0.2 je kontakt snímača koncovej polohy pneumotoru 2. Rozpínací kontakt cievky Q0.0 zabraňuje tomu aby sa pneumotor 3 nevysunul skôr ako sa zasunie pneumotor 1.

4.2.2 Výpis príkazov STL

Editor STL zobrazuje program ako znakový orientovaný programovací jazyk. Umožňuje vytvárať riadiace programy vkladaním textových inštrukcií. Editor STL tiež umožňuje tvorbu programov, ktoré by pomocou editorov LAD alebo FBD nešli vytvoriť. Je to preto, že v STL programujete v jazyku S7-200, a nie v jazyku grafického editora, kde platia určité obmedzenia, aby boli diagramy správne nakreslené. Ako je vidieť na obr. 27, je táto znakový orientovaná koncepcia veľmi podobná programovaniu v strojovom kóde. Program Simaticu S7-200 vykonáva každú inštrukciu v poradí určenom programom zhora nadol a ďalšiu časť programu začne opäť zhora.

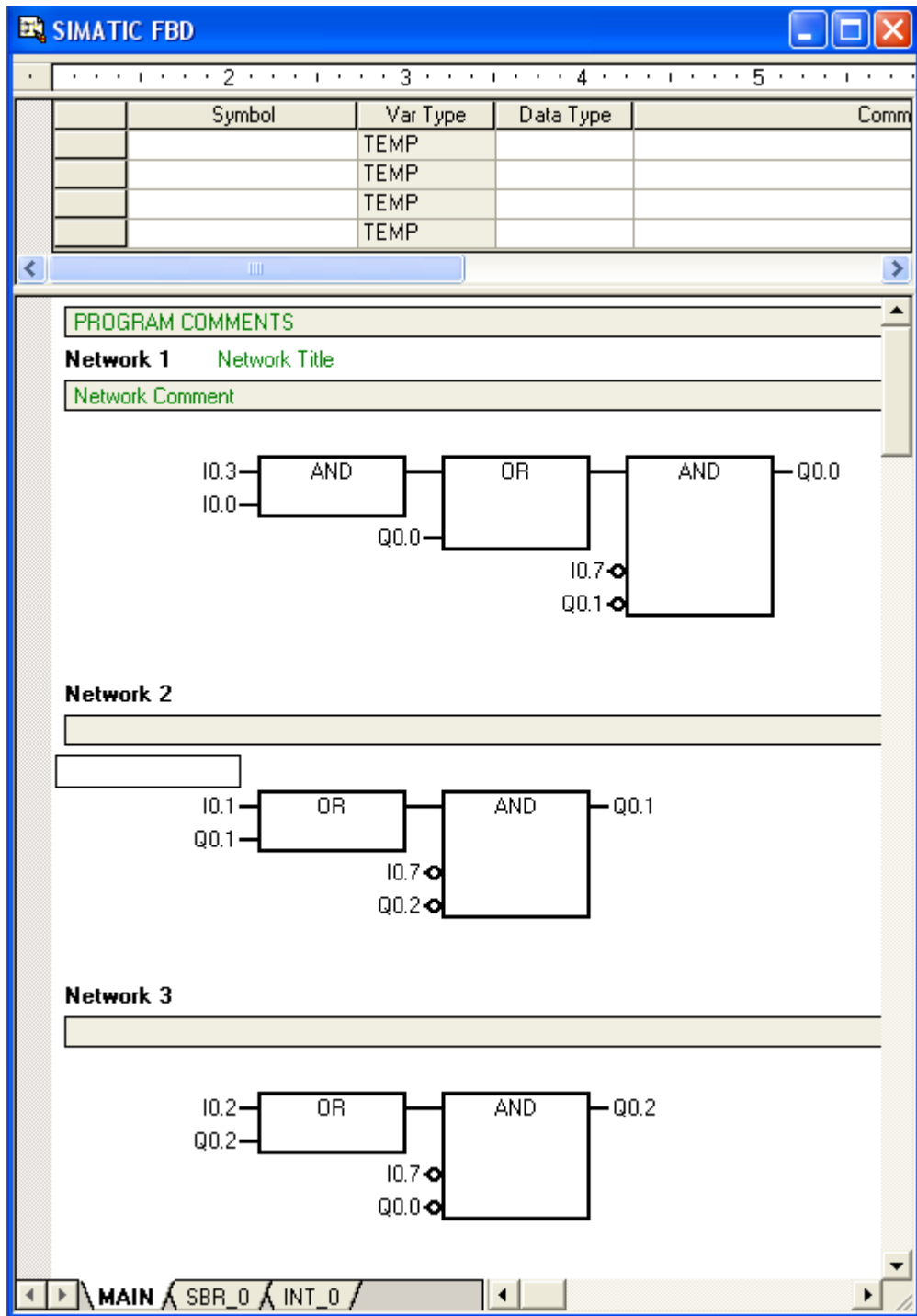
Príkaz LD je začiatkový príkaz každej vetvy. Príkaz A je skratka slova AND a predstavuje sériové zapojenie. Príkaz O je skratka slova OR a predstavuje paralelné zapojenie. Príkaz N je skratka slova NEGATIVE a je to rozpínací kontakt. Symbol = je výstup.



Obr. 27 STL editor riadiaceho programu

4.2.3 Funkčný blok FBD

Editor FBD zobrazuje program v grafickej forme, ktorá pripomína bežné logické schémy. Neobsahuje kontakty ani cievky, ktoré sa nachádzajú v editore LAD, ale ekvivalentné inštrukcie, ktoré sa objavujú vo forme skupinovej inštrukcie. Na obr. 28 je znázornený program FBD.

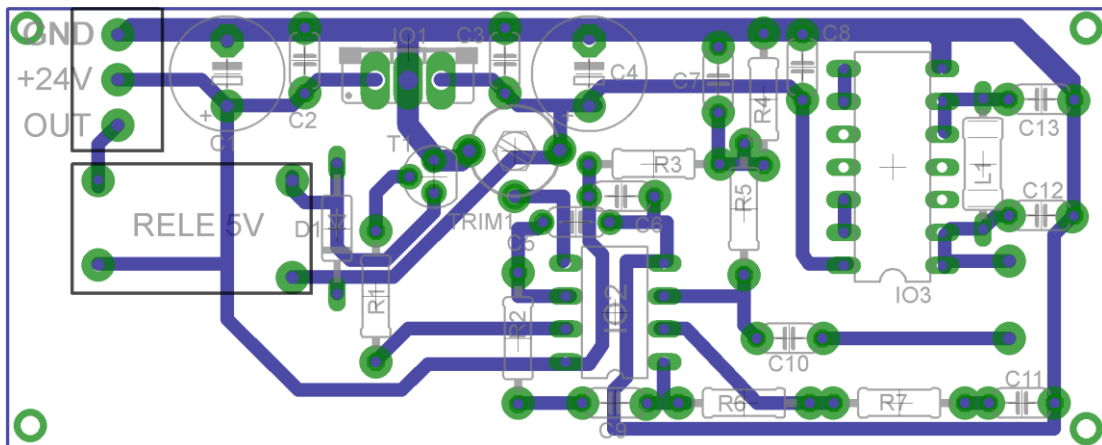


Obr. 28 FBD editor riadiaceho programu

4.3 Kapacitný spínač

Navrhnutý a zostrojený kapacitný spínač bol navrhnutý v programe EAGLE 5.5.0. Schéma zapojenia a osadenie súčiastok je zobrazené na obr. 29. Spínač je napájaný jednosmerným napätím veľkosti 24 V a obvod sa skladá z týchto funkčných častí:

- stabilizátor,
- oscilačný obvod,
- zosilňovač,
- komparátor,
- spínacie relé.



Obr. 29 Schéma zapojenia kapacitného spínača

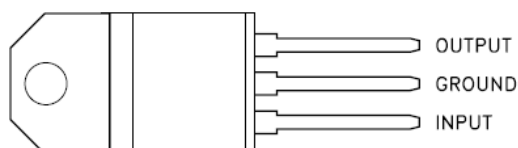
4.3.1 Stabilizátor napätia L7805

Stabilizátor napätia L7805 je kladný stabilizátor napätia. Je to obvod umožňujúci udržať konštantné výstupné napätie 5 V pri záťaži a kolísajúcom vstupnom napätí zdroja. Stabilizátor obsahuje prúdové obmedzenie a tepelnú ochranu. Ak je zabezpečené dostatočné odvádzanie tepla, dokáže dodať veľkosť výstupného prúdu až 1A. Pri použití stabilizátora a externých súčiastok môžeme získať nastaviteľné napätie a prúd. V schéme zapojenia je privedené jednosmerné napätie zo svorkovnice na vstup stabilizátora cez filtračný kondenzátor C₁. Z výstupu kondenzátora je napájaný celý obvod kapacitného spínača. Parametre stabilizátora je uvedené v tabuľke Tab.3

Tab. 3 Tabuľka maximálnych hodnôt stabilizátora

Jednosmerné vstupné napätie	V_I	35 V
Výstupný prúd	I_O	Vnútorne obmedzené maximálne na 1 A
Stratový výkon	P_{tot}	Závislý od prúdu
Skladovacia teplota	T_{stg}	-65 °C až 150 °C
Prevádzková teplota	T_{op}	-55 °C až 150 °C

Obr. 30 znázorňuje schému zapojenia jednotlivých kontaktov. Ak je stabilizátor umiestnený vodorovne a s púzdom vpredu tak na vrchnej strane sa nachádza výstup, v strede je uzemnenie a na dolnej strane je vstup stabilizátora.



Obr. 30 Schéma pripojenia kontaktov

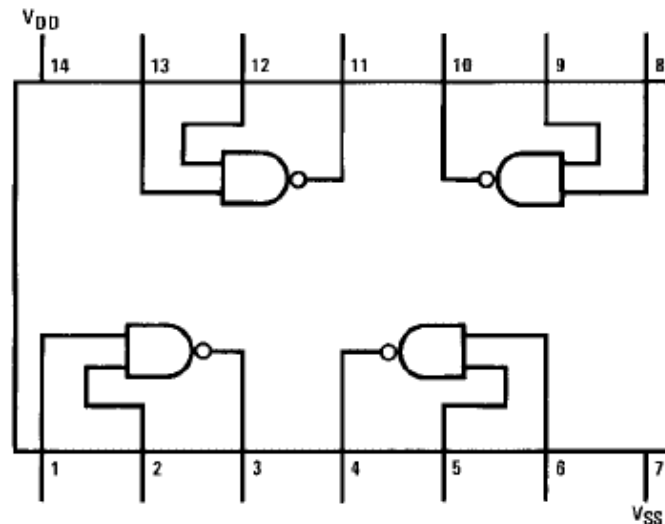
4.3.2 Oscilačný obvod

Oscilačný obvod je tvorený LC oscilátorom a hradlom CD 4011 BCN. Daný oscilačný obvod kmitá na frekvencii 100 kHz. Kmitočet oscilátora určuje obvod LC tvorený cievkou L_1 a fóliovými kondenzátormi C_{12} a C_{13} . Rezonančný obvod na rezonančnej frekvencii 100 KHz otáča fázou prenášaného signálu o 180 °. Rezonančný obvod je zapojený v spätnej väzbe hradla invertujúceho hradla IO_1 . Celková spätná väzba je preto kladná a vďaka tomu oscilátor kmitá. Sínusový signál sa odoberá z kontaktov 1 a 2 integrovaného obvodu CD 4011 BCN. Výstupný sínusový signál má amplitúdu 0,6 V. Tento signál je privedený na jednu časť snímačej plochy. Zmenou parametrov cievky a kondenzátorov sa dá zmeniť rezonančná frekvencia.

4.3.3 Integrovaný obvod CD 4011 BCN

Integrovaný obvod CD 4011 BCN je monolitický CMOS integrovaný obvod konštruovaný s N a P kanálom tranzistorov. Tento obvod má vyrovnávacie výstupy, ktoré zlepšujú prenosové vlastnosti tým, že poskytujú vysoký zisk. Všetky vstupy sú chránené proti výbojom statickej elektriny pomocou diód na napájani V_{DD} a V_{SS} .

Integrovaný obvod obsahuje štyri hradlá obr. 31, takže má aj štyri výstupy. Výstupy sú z vývodov tri, šesť, desať a trinásť. Ďalej obsahuje 8 vstupov. Vstupy prvého hradla sú vývody jeden a dva. Druhé hradlo má vývody päť a šesť. Tretie hradlo má vývody osem a deväť. Štvrté hradlo má vstupy jedenásť a dvanásť. Vývod sedem a štrnásť sú napájanie integrovaného obvodu. Tento integrovaný obvod je napájaný jednosmerným napätím 5 V, ktoré je privádzané z usmerňovača a ktoré je filtrované kondenzátorom C₈. V tabuľke tab. 4 sú maximálne a optimálne hodnoty obvodu.

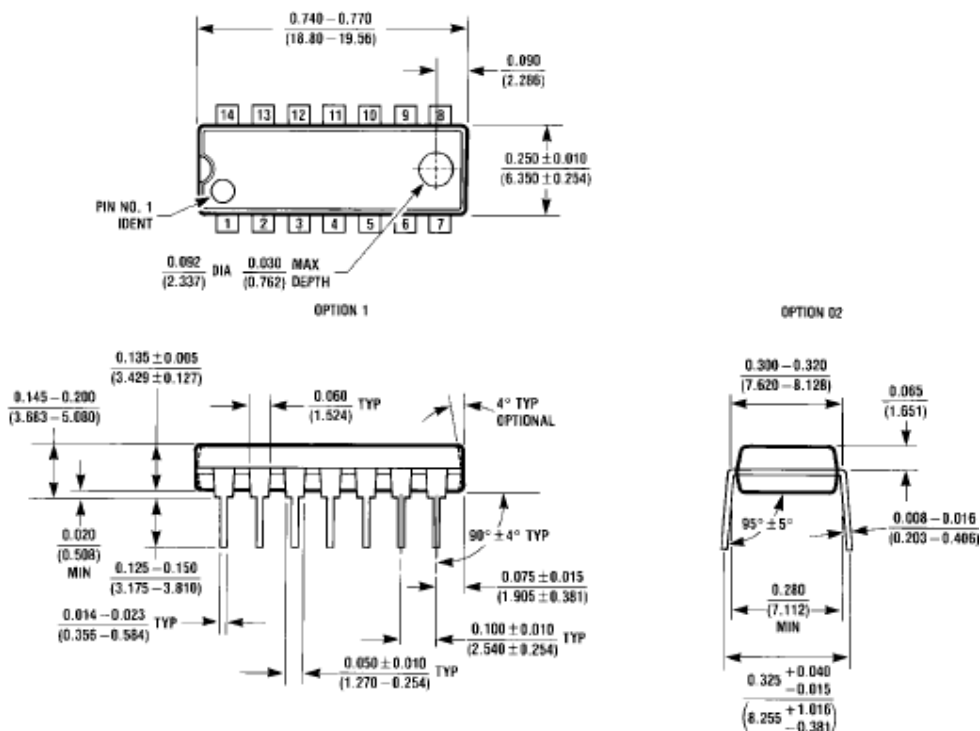


Obr.31 Rozloženie vývodov pri pohľade zhora

Tab.4 Tabuľka maximálnych a optimálnych hodnôt obvodu

Napájacie napätie	V_{DD}	- 0,5 V až +18 V
Skladovacia teplota	T_S	-65 °C až +150 °C
Optimálne prevádzkové napätie	V_{DD}	3 V až 15 V
Optimálna prevádzková teplota	T_S	- 55 °C až +125 °C

Na obr. 32 sú znázornené rozmery integrovaného obvodu. V zátvorke sú uvedené rozmery v milimetroch. Obvod je zhotovený z plastového púzdra. Dĺžka integrovaného obvodu je 19,56 mm a šírka 6,35 mm. Hrúbka púzdra je 3,429 mm a rozostup vývodov je 2,54 mm.



Obr. 32 Rozmery integrovaného obvodu CD 4011BCN

4.3.4 Zosilňovač

Ako zosilňovač je použitý neinvertujúci operačný zosilňovač. Neinvertujúci zosilňovač je tvorený odpormi R_6 , R_7 a kondenzátorom C_{11} , ktoré sú privedené na invertujúci vstup. Odpory R_4 , R_5 a C_7 sú privedené na neinvertujúci vstup zosilňovača. Na tento vstup je privedený aj vstup z druhej časti snímačej plochy a spolu s prvou časťou tvoria kondenzátor. Pri približovaní sa k snímacím plochám sa zmení dielektrikum a tým sa zmení aj kapacita. Tento integrovaný obvod je napájaný jednosmerným napätím 24 V, ktoré je privádzané zo vstupného napätia na svorkovnici. Výstupné napätie oproti vstupnému napätiu nie je fázové posunuté, takže fázový posuv je 0. Výstupné napätie má rovnakú polaritu ako vstupné napätie. Neinvertujúci zosilňovač je súmerný z hľadiska vstupu i výstupu to znamená, že môže pracovať s kladným i záporným signálom.

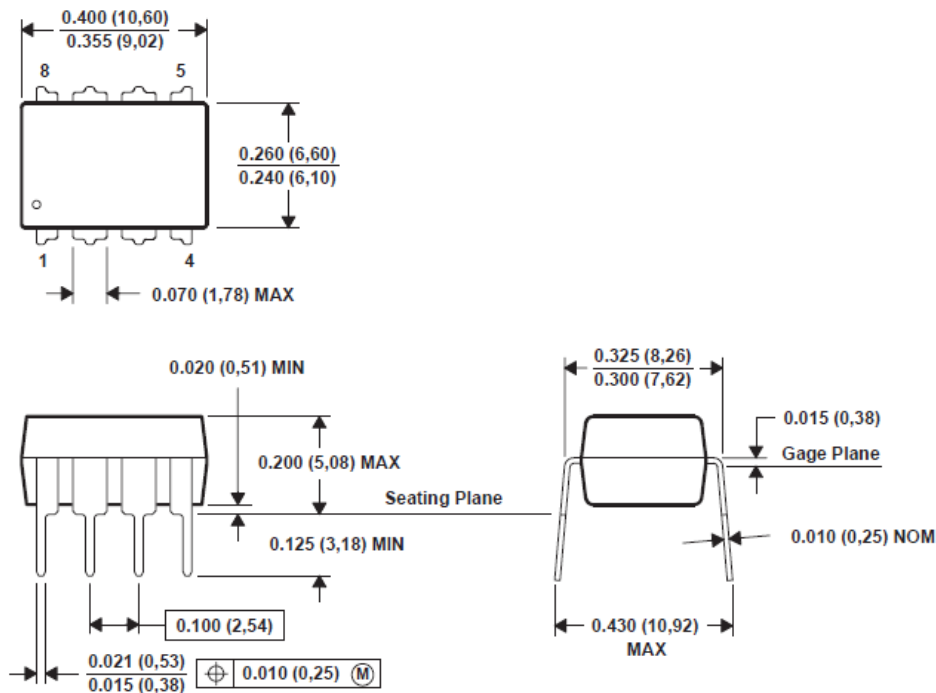
4.3.4.1 Operačný zosilňovač TL072CP

Operačný zosilňovač TL072CP je JFET vstupný operačný zosilňovač s malým vstupným skreslením, nízkym harmonickým skreslením, malým zvyškovým prúdom, nízkou hlučnosťou a rýchlym priebehom. Zosilňovač je možné používať pri prevádzkovej teplote od 0 °C až 70 °C. V tabuľke (Tab. 5) sú uvedené vlastnosti operačného zosilňovača.

Tab. 5 Vlastnosti operačného zosilňovača TL072CP.

Napájacie napätie	V_{CC+}	+ 18 V
	V_{CC-}	- 18 V
Diferenčné vstupné napätie	V_{ID}	± 30 V
Vstupné napätie	V_I	± 15 V
Tepelná impedancia	θ_{JA}	85 °C/W
Rozsah teplôt	T_{stg}	- 65 °C až 150 °C

Na obr. 33 sú znázornené rozmery zosilňovača. Na obrázku sú uvedené rozmery v palcoch a v zátvorke v milimetroch. Zosilňovač je zhotovený v plastovom púzdre s dĺžkou 10,6 mm a šírkou 6,6 mm. Hrúbka púzdra je 5,08 mm a rozostup vývodov je 2,54 mm.



Obr. 33 Rozmery operačného zosilňovača

4.3.5 Komparátor

Ako komparátor je použité druhé hradlo zosilňovača TL072CP. Na invertujúci vstup je cez odpor R_2 a filtračný kondenzátor C_9 privedené výstupné napätie z prvého hradla. Na neinvertujúci vstup je privedený odporový delič, ktorý reprezentuje trimmer $TRIM_1$. Pomocou tohto trimra sa nastaví vhodné referenčné napätie. Výstup z komparátora je privedený na bázu tranzistora T_1 .

4.3.6 Spínacie relé

Ako spínacie relé je použité relé JVS5-KT. Cievka relé je spínaná prostredníctvom kolektora tranzistora T_1 a diódou D_1 . Na spínací kontakt je privedené napätie 24 V, ktoré je následne vyvedené na svorkovnicu. Toto napätie je výstupné napätie obvodu.

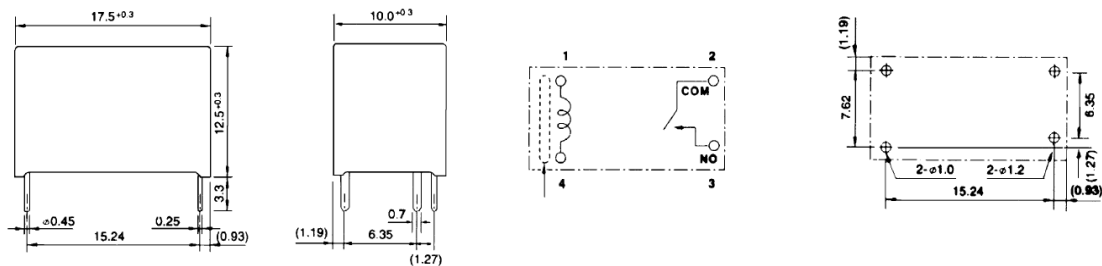
4.3.6.1 Relé JVS5-KT

Relé JVS5-KT je výkonové relé pre riadenie stredných výkonov. Toto relé patrí do rady s vysokou citlivosťou. Celé púzdro je zaliate v plaste, takže je umývateľné. Vyhotovenie je miniatúrne a pritom si zachováva veľkú izoláciu. Relé obsahuje jeden spínací kontakt, ktorý môže ovládať výkon až 150 W. V tabuľke tab.6 sú uvedené parametre relé.

Tab.6 Parametre relé JVS5-KT

Kontakt		Cievka	
Usporiadanie	1 spínací kontakt	Menovité napätie	3 až 48 V
Materiál	Zliatina striebra	Menovitý príkon	0,3 W
Prevedenie	Jednoduché	Pracovná teplota	- 40 °C až + 70 °C
Odpor	Max. 70 mΩ	Ostatné vlastnosti	
Max. Zaťažiteľnosť	250V AC (5A), 6V DC	Izolačný odpor	Min. 1000MΩ(500V)
Max. spínaný výkon	1250 VA/150W	Dielektrická pevnosť kontaktov cievky a kontaktov	750 V DC (1 min.) 5000 V DC (1 min)
Max. spínaný prúd	5 A	Hmotnosť	4,3 g
Životnosť elektrická mechanická	100 000 cyklov 5 000 000 cyklov		
Doba prít'ahu	Max. 8 ms		
Doba odpadu	Max. 4 ms		

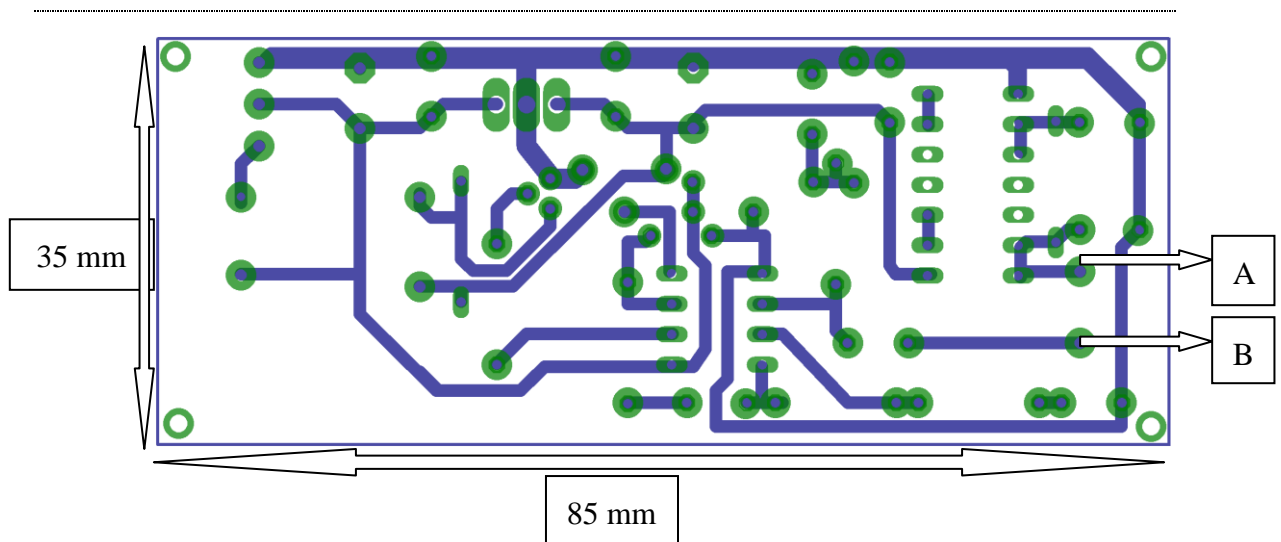
Na obr. 34 sú znázornené rozmery cievky a kontaktov. Vzďialenosť vývodov cievky je 7,62 mm a vzďialenosť vývodov kontaktu je 6,35 mm. Šírka kontaktov na oboch stranách je 15,24 mm. Púzdro cievky je zhotovené z plastu a má vodotesné prevedenie. Vývody s vyrobené zo zliatiny striebra. Napätie príťahu cievky je 3,75 V a príkon cievky je 200 mW.



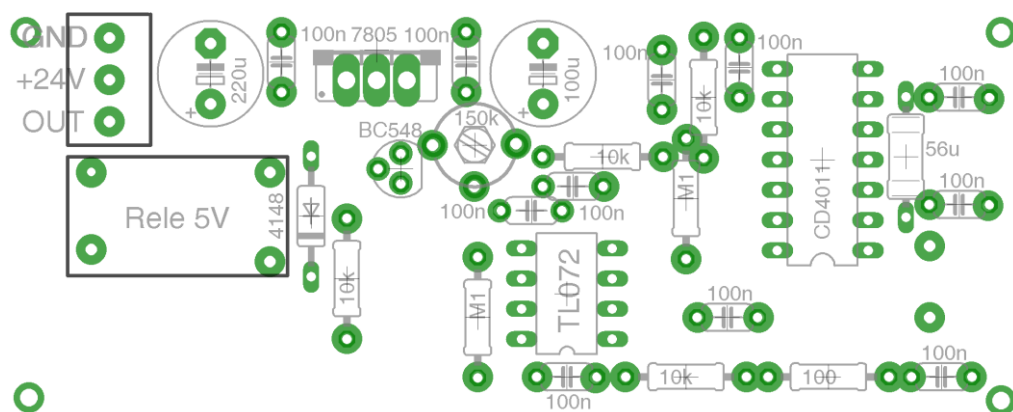
Obr. 34 Rozmery a rozloženie vývodov relé JVS-KT

4.4 Doska plošných spojov

Doska plošných spojov zobrazená na obr. 35 je zhotovená na jednostrannej doske. Doska má dĺžku 85 mm a šírku 35 mm. Doska je umiestnená v plastovom púzdre dĺžky 90 mm a šírky 40 mm. Zemniaca cesta spínača má hrúbku 1,778 mm kôli ochrane. Ostatné vodiace cesty majú hrúbku 1,016 mm. Kontaktné plochy vývodov súčiastok majú tvar kruhu s priemerom 2,54 mm a s otvorom na vŕtanie s priemerom 0,9 mm. Na obr. 36 je zobrazené rozmiestnenie súčiastok. Vývody stabilizátora a integrovaných obvodov majú tvar elipsy a sú dané programom EAGLE. Ako napájací a výstupný kábel je použitý trojžilový kábel s priemerom 35 mm a jednotlivé žily sú dvakrát izolované. Konektor má priemer 8 mm a je trojpólový s pozlátenými pinmi. Pin je v plastovom púzdre a číslo krytia je IP 67. Snímacie plochy sú vyvedené z bodov A a B vodičmi s priemerom 1 mm. Kontaktné plochy majú rozmer 3 mm x 2 mm. Vzďialenosť snímacích plôch je 35 mm. Navrhnutý rozmer kontaktných plôch vyhovuje predmetom od veľkosti 30 mm až po 34 mm. V prípade snímania menších predmetov ako je 30 mm je nutné zväčšiť snímacie plochy z dôvodu zvýšenia citlivosti snímania.



Obr. 35 Doska plošných spojov



Obr. 36 Rozmiestnenie súčiastok

4.5 Návrh a realizácia elektropneumatického riadenia

Navrhnutá a zrealizovaná elektropneumatická schéma zobrazená na je riadená pomocou systému SIMATIC S7-200. Na snímanie koncových polôh sa používa bezkontaktný kapacitný koncový spínač. Každá elektropneumatická schéma sa skladá z:

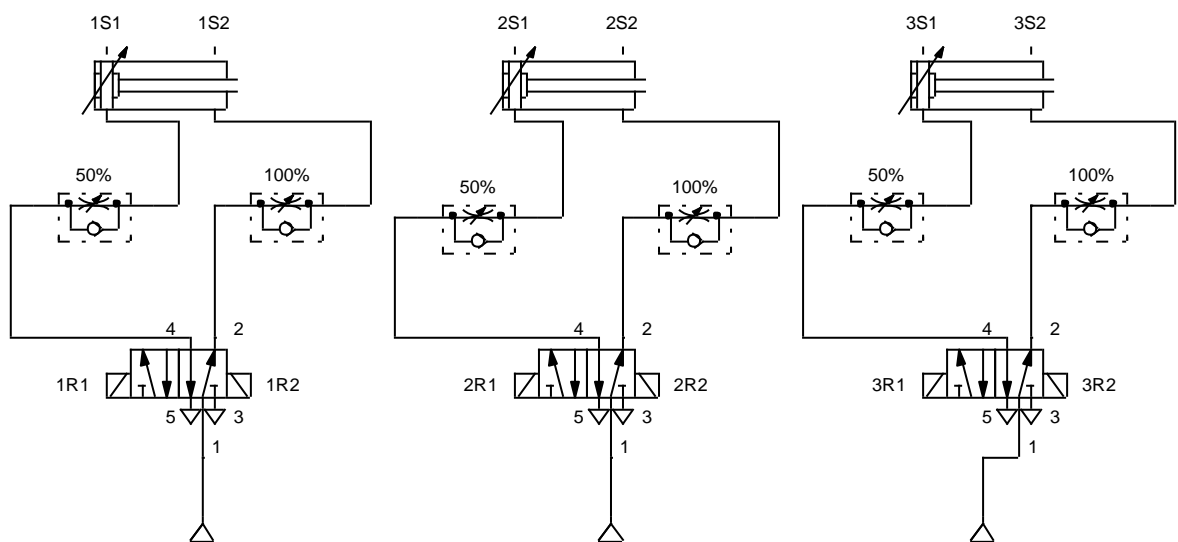
- pneumatického riadenia,
- elektrického riadenia.

4.5.1 Pneumatické riadenie

V pneumatickej schéme zobrazenej na obr. 36 sú použité dvojčinné piestové motory, ktoré sú ovládané 5/2 – cestnými rozvádzačmi. Označenie 5/2 znamená, že rozvádzač má päť otvorov a dva stavy. Zmena polohy rozvádzača je riadená elektricky pomocou relé. Relé 1R1 a relé 1R2 ovládajú rozvádzač pneumotora 1. Snímače 1S1 a 1S2 snímajú polohu piesta pneumotora 1. Relé 2R1 a 2R2 ovládajú rozvádzač

pneumotora 2. Snímače 2S1 a 2S2 snímajú polohu piestu pneumotora 2. Relé 3R1 a 3R2 ovládajú rozvádzač pneumotora 3. Snímače 3S1 a 3S2 snímajú polohu piesta pneumotora 3. Na ovládanie rýchlosti pohybu piestov všetkých motorov je použitý jednosmerný škrtiaci ventil.

Pri kľudovej polohe sú všetky piesty zasunuté. Pri kľudovej polohe sú priechodné cesty cez otvor rozvádzača 1 do otvoru 2. Na otvor 1 je privedený tlak, takže piest je zasunutý. A zároveň otvor 4 je spojený s otvorom 5, cez ktorý sa vzduch z priestoru piestu dostane do atmosféry. Otvor 5 je v kľudovej polohe uzatvorený. Po prestavení rozvádzača sa spojí otvor 1 s otvorom 4 a zároveň otvor 2 s otvorom 3. Otvor 5 je v pracovnej pozícii uzatvorený. To má za následok že piest sa vysunie a vzduch, ktorý bol v prvej polohe v priestore valca sa cez otvor 3 dostáva do atmosféry.



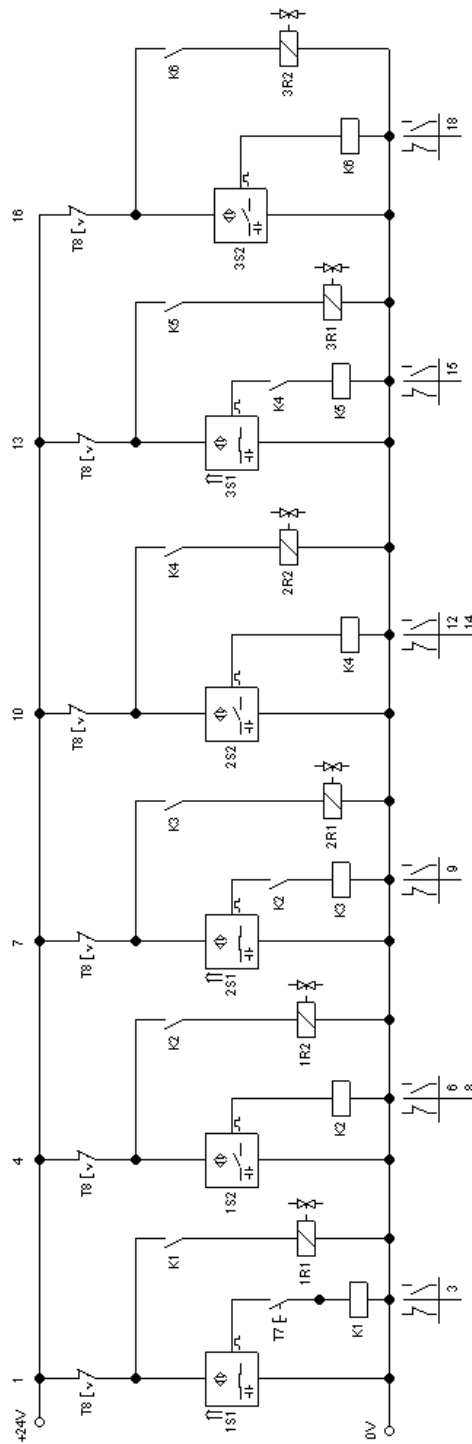
Obr. 36 Pneumatická schéma

4.5.2 Elektrické riadenie

V elektrickej schéme zobrazenej na obr. 37 je tlačítko T8 STOP tlačítkom všetkých pneumotorov. Po zatlačení štartovacieho tlačítka T7 sa zopne relé K1 a spínací kontakt tejto cievky zopne relé 1R1. V tej chvíli sa rozvádzač prestaví a piest pneumotora 1 sa vysunie. Po dosiahnutí koncovej polohy bezkontaktný spínač 1S2 zopne cievku K2. Spínací kontakt cievky K2 zopne relé 1R1 a rozvádzač sa prestaví do kľudovej polohy a piest pneumotora sa zasunie. Ďalší spínací kontakt cievky K2 zopne cievku K3 a spínací kontakt zopne relé 2R1. Vtedy sa vysunie piest pneumotora 2. Tak isto sa piest pneumotora 3 vysunie len ak pneumotor 2 dosiahne koncovú polohu a ďalší bezkontaktný spínač zopne cievku K4. Spínací kontakt cievky K4 zopne relé 3R1

a rozvádzač pneumatora 3 sa prestaví. Ako náhle aj tretí piest dosiahne koncovú polohu celý cyklus sa opakuje až dokiaľ sa obvod nepreeruší STOP tlačítkom.

Toto riadenie je nepriame riadenie rozvádzačov, pretože snímače nespínajú priamo relé na rozvádzačoch. Snímače spínajú pomocné relé. Takéto zapojenie sa v praxi používa vtedy ak potrebujeme ovládať veľké pneumatory, alebo spínať veľké prúdy.



Obr. 37 Elektrické riadenie

5 Návrh na využitie výsledkov

Po naštudovaní literatúry z oblasti elektropneumatického riadenia som zostrojil elektropneumatické zapojenie troch motorov. Po naštudovaní literatúry z oblasti snímania koncovkej polohy som zvolil bezkontaktný kapacitný spínač. Tento kapacitný spínač som navrhol. Zostrojenie kapacitného spínača som urobil v domácich podmienkach. Ďalej som navrhol riadenie pomocou riadiaceho systému SIMATIC S7 – 200. Navrhnuté riadenie som zostrojil v laboratóriu MF 04 Technickej fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre na Katedre elektrotechniky, automatizácie a informatiky. Na realizáciu som použil elektropneumatické prvky, riadiaci systém SIMATIC S7 – 200 a počítač. Výsledné zapojenie spoľahlivé zapojenie s vysokou životnosťou a s všestranným využitím. V priemysle je možné využiť tento spínač na snímanie v agresívnom prostredí, vlhkom, hlučnom a prašnom prostredí. Čisto pneumatické zapojenie sa používa len pri špeciálnych operáciách. Elektropneumatické riadenie dosahuje vyššiu spoľahlivosť kôli menšiemu použitiu kontaktných prvkov. Nahradením kontaktných spínačov bezkontaktnými spínačmi sa zvýši životnosť snímačov. Bezkontaktné spínače sú niekoľko krát menšie ako kontaktné spínače. Taktiež aj pracovný bod bezkontaktných spínačov sa dá nastaviť ľahšie ako pri kontaktných spínačoch. Tým sa dosiahne menšie opotrebenie pohyblivých súčiastok a opotrebenie výrobkov nárazom na kontakt spínača. Znížia sa náklady na údržbu, opravu alebo výmenu. Pri použití bezkontaktných spínačov sa minimalizuje rozmer zariadenia, náklady na plánovanie a uvedenie zariadenia do prevádzky, najmä pri rozsiahlych a zložitých riadeniach. Zníži sa tým aj množstvo moderných komunikačných terminálov. Zjednoduší sa výmena informácií medzi viacerými riadeniami. Pri elektropneumatickom riadení, ktoré je riadené systémom SIMATIC S7 – 200 sa dosiahne úspora práce pri projektovaní. Používajú sa vyskúšané programy a programové časti sa dajú použiť pre viacero zariadení. Pri naprogramovanom riadení je jednoduchšia kontrola, pretože stanica je kontrolovaná nadradením počítačom. Programovateľné riadenie s pamäťou sa dá ľahko zmeniť, lebo bez problémov komunikuje s počítačom.

6 Záver

V súčasnosti si už snímanie koncovej polohy bezkontaktnými snímačmi nevieme predstaviť. Od svojho vzniku zaznamenali obrovský pokrok v miniaturizácii, jednoduchosti, spoľahlivosti, životnosti, rýchlosťou spracovania signálu, rýchlosťou spínania a nenáročnosťou pri ich konštrukcii. Snímače sú použiteľné na snímanie všetkých druhov pevných, kvapalných a plynných skupenstiev. Snímajú prítomnosť piestov pohonov prítomnosť výrobkov alebo nástrojov. Bezkontaktné spínače sú neoddeliteľnou súčasťou pri ochrane zdravia človeka, bezpečnosti a pri ochrane životného prostredia. Používajú sa ako ochranné prvky hlavne v ťažkom priemysle aby sa predišlo úrazu alebo smrti pracovníkov. Snímače dokážu pomáhať človeku pri jeho rozhodovaní a tým odľahčujú jeho psychiku.

Snímanie koncovej polohy či už kontaktnými alebo bezkontaktnými snímačmi sa dnes používa vo všetkých automatizovaných výrobných procesoch. Pri výbere snímača treba zohľadniť rozsah jeho použitia, životnosť, rýchlosť spínania, druh snímanej veličina v neodmysliteľnom rade aj cenu. Bezkontaktné snímače pracujú ticho, spoľahlivo, bezpečne a preto sa na ne dá spoľahnúť viac ako na kontaktné snímače koncovej polohy. Vyhodnocovacia jednotka môže byť umiestnená mimo pracovného nástroja a stroja, takže nie je ovplyvňovaná okolím a tým sa dosiahne vyššia efektívnosť a spoľahlivosť celého systému.

Bezkontaktné snímače sa budú v automatizácii technologických procesov používať dovtedy, pokiaľ sa nevynájde iná dokonalejšia metóda snímania koncovej polohy.

7 Použitá literatúra

BALÁTĚ, J. 1986. Technické Prostředky automatického řízení. Praha : SNTL, 1986, 488 s.

Ďaďo, S – KRIEDEL, M. 1996. Senzory a měřicí obvody. Praha : ČVUT, 1996, 315 s

IVAN KLEMENTEV - RUDOLF KYŠKA. 1990. Elektrické meranie mechanických veličín, Bratislava : ISBN 80-05-00909-7, 328 s.

MARTINÁSKOVÁ MARIE, ŠMEJKAL LADISLAV. 2002. PLC a automatizace 1. Praha. ISBN 80-86056-58-9, 224 s.

Mesačník, Praktická konstrukční elektronika, A Radio, Červen / 2006, Měřicí technika

Mesačník, Amatérské RADIO, A Radio, Leden / 1995, Zajímavá a praktická zapojení.

MIGEON, A. – LENEL, A. E.: Master Book of Sensors: Modular Courses on Modern Sensors. BEN: Praha, 2003. ISBN 0-12-752184-4

PAUL REGETIEN, VLADIMÍR CHUDÝ, MARTIN HALAJ, 1999, Fyzikálne princípy snímačov, Bratislava, ISBN 80-227-1275-2.

PETER CROSER, FRANK EBEL. 2002. Pneumatika. Esslingen. D-73734, 2002, 276 s.

PREDE, G. – SCHOLZ, D. 1998. Elektropneumatika. Denkendorf. D-73770, 1998, 290 s.

RATAJ. V. a kol. 2005. Metodika písania záverečných prác na SPU v Nitre. Nitra: SPU, 2005, 86 s. ISBN 80-8069-623-3

ROBERT LÁNIČEK. 1998. ELEKTRONIKA obvody, součástky a děje. Praha. ISBN 80-86056-25-2, 232 s.

Siemens Aktiengesellschaft, 2005. Nürnberg, D-90327,2005, 474 s.

ŠMEJKAL LADISLAV. 2005. PLC a automatizace 2. Praha. ISBN 80-7300-087-3, 208 s.

ULRICH DIETMEIER. 1997. Formelsammlung für die elektronische Schaltungstechnik, München. D-81671, 1997, 257 s.

VORÁČEK, R. – ANDRÝSEK, F. – BRÝDL, Z. – KOHOUT, L. – ŠMEJKAL, L. 2000. Automatizace a automatizační technika II. Praha : Computer Press, 2000, 218 s. ISBN 80-7226-247-5

<[http:// www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com) />.