

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – katedra fyziky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

České Budějovice 2009

Petr Dražan

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta – katedra fyziky

Ovládaní a regulace vstřikovacího lisu

Bakalářská práce

Vedoucí práce: **Ing. Michal Šerý**

Autor: **Petr Dražan**

ABSTRAKT

Hlavním cílem této práce je seznámení čtenářů s nejmodernějším způsobem ovládaní vstřikovacího lisu pro zpracování různých druhů plastů. Moderní ovládání je přizpůsobené novým požadavkům na nový design a optimalizovanou ergonomií obsluhy. První část této práce se zabývá teorií používaných senzorů, regulátorů a transformací číslíkově a analogově vyjádřené informace na napětí a naopak. V druhé části práce jsem se zaměřil na teorii plastů a jejich zpracovatelské vlastnosti. V další části práce jsem se zaměřil na problematiku vstřikování plastů a vstřikovacího cyklu stroje. Poslední část práce jsem se věnoval celkovému automatizovanému systému **CC200 A02**.

ABSTRACT

The primary objective of this bachelors work is an acquaintance of readers with the most modern control-technique of the injection moulding machine for a processing of different plastic-sorts. The modern operating is conformed for new requirements on a new design and on optimized manipulation-ergonomy. The first part I have occupied with the theory of using senzors, regulators and transform of numerical and analog info-formulation on a tension and conversely. In the second part of the work I have focused on the plastic-theory and their manufacturing characteristics. In the next part of this work occupies with the problems of injection plastics and injection engine-cycle. The last part has been devoted to the general automated system **CC200 A02**.

Děkuji **Ing. Michalu Šerému** za jeho odborné rady, organizační vedení a hlavně za čas, který se mnou strávil při zpracování této práce.

Prohlašuji, že předloženou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s **§ 47b** zákona **č. 111/1998 Sb.** v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 29.listopadu 2009

Petr Dražan

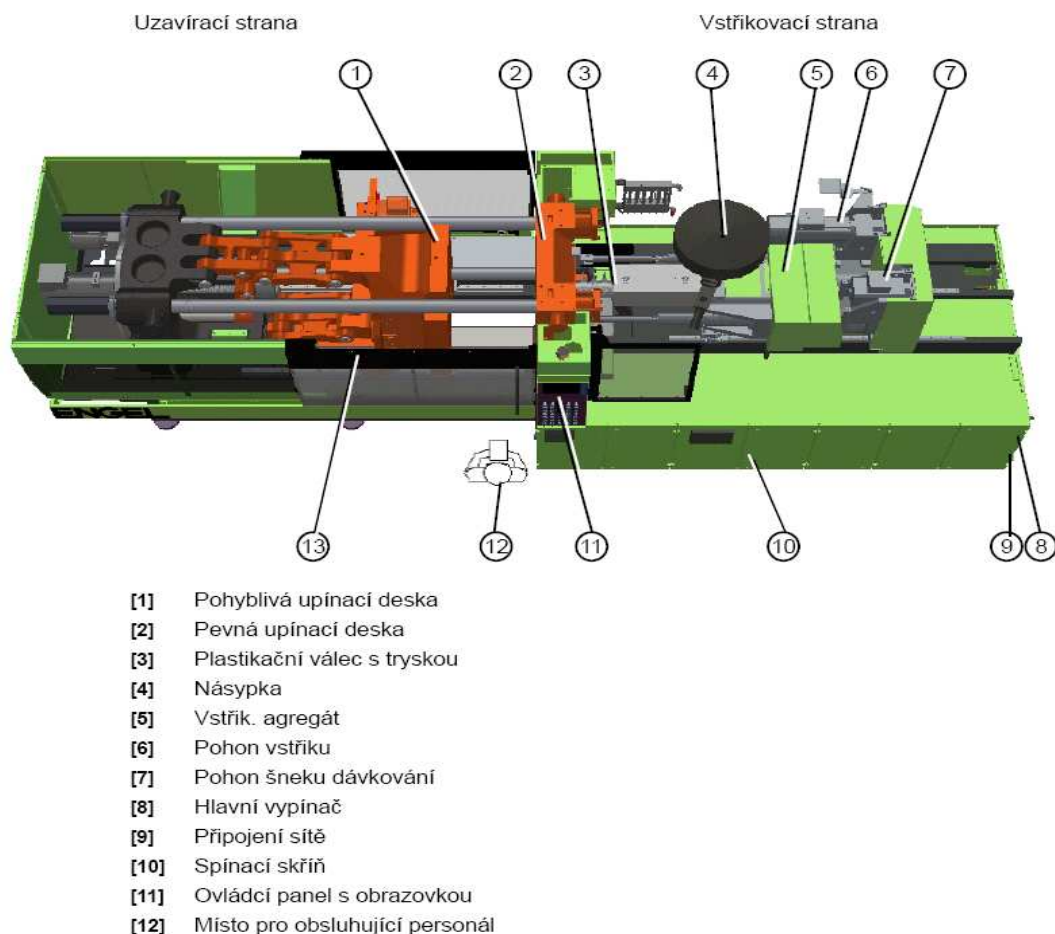
OBSAH

1	ÚVOD	9
2	DRUHY SENZORŮ	10
2.1	Senzor	10
2.2	Rozdělení senzorů	10
2.3	Aktivní senzory	11
2.4	Pasivní senzory	11
2.5	Technické parametry senzorů	11
2.6	Regulace	12
2.6.1	Základní pojmy	12
2.6.2	Druhy regulace	13
2.6.3	Systémy a veličiny regulace	13
2.6.4	Regulátory	14
2.6.5	Digitalizace a vzorkování signálu	16
3	D/A a A/D PŘEVODNÍKY	18
3.1	Číslicově analogové převodníky D/A	18
3.2	Analogově číslicové převodníky A/D	19
3.2.1	Integrační převodníky	19
3.2.2	Princip převodníku s dvojnásobnou integrací	21
3.2.3	Aproximační A/D převodník	21
3.2.4	Princip aproximačního převodníku	22
3.3	Chyby převodníků	22
4	PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI	22
4.1	Rozdělení plastů - Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek.	22
4.1.1	Podle aplikace a podle konstrukční složitosti vyráběných dílů lze plasty rozdělit	22
4.1.2	Na základě teplotního chování, podle působení teploty	23
4.1.3	Podle molekulární struktury se plasty dělí	24
4.1.4	Podle druhu přísad	24
4.1.5	Podle polaritý	24
4.2	Makromolekulární struktura plastů	25
4.3	Termodynamické vlastnosti plastů	26
5	PROBLEMATIKA VSTŘIKOVÁNÍ A VSTŘIKOVACÍ CYKLUS STROJE	28
5.1	Vstřikování plastů	28
5.1.1	Celkový cyklus vstřikování	28
5.2	Vstřikovací cyklus stroje pro zpracování plastu	30
5.2.1	Strojní doby	30
5.2.2	Doba vstřikování	31
5.2.3	Doba dotlaku	32
5.2.4	Doba plastikace	32
5.2.5	Doba chlazení	33
6	ZPŮSOB MODERNÍHO OVLÁDÁNÍ VSTŘIKOVACÍHO LISU	34
6.1	Všeobecně	34
6.2	Moderní ovládání a řídicí systémy	34

6.3 Zadní strana ovládacího panelu.....	37
7 SPÍNACÍ A OVLÁDACÍ PANEL.....	38
7.1 Spínací panel	38
7.2 Symboly a popis tlačítek	39
7.3 Nastavovací část - Barevná dotyková obrazovka.....	40
7.4 Uživatelské oprávnění	40
7.4.1 Přihlášení se kartou s uživatelským oprávněním	41
7.5 Konfigurovatelná tlačítka	42
7.5.1 Postup při nastavení	42
7.6 Grafické zobrazení zadaných hodnot	43
7.6.1 Rychlé nastavení	43
7.7 Topení válce	44
8 AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM ŘÍZENÍ CC 200 A02.....	47
8.1 Centrální procesorová jednotka řízení CC200 A02	48
8.1.1 Základní popis jednotlivých částí - Hardware CC200 A02	49
8.1.2 Karta pro připojení teplotních čidel	50
8.1.3 Karta pro připojení analogově vstupního a výstupního signálu	51
8.1.4 Karta pro připojení digitálně vstupního signálu	51
8.1.5 Karta pro připojení digitálně výstupního napětí.....	52
8.1.6 Rozšiřující modul SX 210/A,SX 230/A pro připojení externích zařízení.....	52
9 ZÁVĚR	53
10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
11 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	55
12 OBSAH PŘILOŽENÉHO CD.....	56

1 ÚVOD

Metoda vstřikování plastů je známá již od konce 19. století. Po roce 1945 se vstřikování stalo jednou z nejvíce používaných technologií zpracování plastů, zejména v souvislosti s narůstajícím počtem typů termoplastů a termoplastických elastomerů. Princip vstřikování je jednoduchý – plastový granulát se vstřikovacím lisem nejprve nahřeje na teplotu plastifikace, kdy je materiál téměř tekutý, a takto připravený se následně vstříkne do tvarové formy, která dá výrobku požadovaný tvar. Touto technologií vznikají rozměrově přesné a tvarově složité výrobky, které je možné používat v mnoha průmyslových oborech – elektrotechnice, zdravotnictví, potravinářství, automobilovém průmyslu a dalších.



Obr.1 Vstřikovací lis na plasty

2 DRUHY SENZORŮ

2.1 Senzor

[1] Senzor je funkční prvek tvořící vstupní blok měřicího řetězce, který je v přímém styku s měřeným prostředím. Pojem senzor je ekvivalentní pojmu snímač, převodník nebo detektor. Citlivá část senzoru se občas označuje jako čidlo. Senzor jako primární zdroj informace snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje na měřicí veličinu-nejčastěji na veličinu elektrickou. Dále existují senzory, u nichž je neelektrická veličina přímo transformována na číslicový signál. Monografie je převážně zaměřena na elektrické senzory.

2.2 Rozdělení senzorů

Dle měřené veličiny:

Senzory teploty, tlaku, průtoku, radiačních veličin ve viditelném, infračerveném a jiném spektru, mechanických veličin(posunutí, polohy, zrychlení, síly, mechanického napětí aj.), senzory pro analýzu látek, kapalin a plynů, senzory elektrických a magnetických veličin aj.

Dle fyzikálního principu:

Senzory odporové, indukčnostní, indukční, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, pyroelektrické, optoelektrické, optické vláknové, chemické, biologické aj.

Dle styku senzoru s měřeným prostředím:

Bezdotykové, dotykové (robotice se dále dělí na proximální a taktilní).

Dle transformace signálu:

Aktivní a pasivní.

Dle výrobní technologie:

Elektromechanické, mechanické, pneumatické, elektrické, elektronické, elektrochemické, polovodičové, mikroelektronické, optoelektronické aj.

2.3 Aktivní senzory

[2] Převádějí přímo mechanickou, tepelnou, světelnou nebo chemickou energii na energii elektrickou. Aktivní senzory jsou tedy zdroje napětí založené na nějakém transformačním efektu (jevu), jako např. termoelektrickém, fotoelektrickém, piezoelektrickém nebo též elektrochemickém (resp. chemicko- elektrickém) jevu.

2.4 Pasivní senzory

[2] Mění vlivem neelektrických veličin své elektrické vlastnosti, tj. svůj elektrický odpor, kapacitu nebo indukčnost. Vlivem teploty se např. změní odpor fotorezistoru, vlivem akustického tlaku se mění kapacita kondenzátorového mikrofonu a vlivem tlaku se může změnit poloha železného jádra v cívce a tím její indukčnost.

K vyhodnocení elektrických vlastností pasivních senzorů je vždy zapotřebí zdroj elektrické energie. Změna odporu pasivního senzoru může být vyhodnocena pomocí kompenzačního měřicího můstku, který rovněž potřebuje dodávku energie z napájecího zdroje. Při měření teploty pomocí teplotně závislého odporu, termistoru, se mění s teplotou jeho elektrický odpor. Senzor pro měření kyselosti mění svůj elektrický odpor v závislosti na vlastnostech elektrolytu, který je mezi jeho dvěma elektrodami.

2.5 Technické parametry senzorů

Typické parametry charakterizující základní statické a dynamické vlastnosti senzorů lze shrnout do následujícího přehledu:

Statické parametry

- a) citlivost
- b) práh citlivosti
- c) dynamický rozsah
- d) reprodukovatelnost
- e) rozlišitelnost
- f) aditivní a multiplikativní chyby
- g) linearita
- h) parametry výstupu

Dynamické parametry

- a) parametry časové odezvy
- b) časová konstanta
- c) šíře frekvenčního pásma
- d) frekvenční rozsah
- e) rychlost číslicového přenosu
- f) parametry šumu

2.6 Regulace

2.6.1 Základní pojmy

Regulace je proces, který udržuje nějakou fyzikální veličinu na požadované hodnotě, resp. v požadovaných mezích, tj. stabilizuje tuto veličinu. Regulátory se v některých aplikacích nazývají stabilizátory. Setkáváme se s ním i v každodenním běžném životě.

[2] Např. při sprchování je požadována stálá teplota vytékající vody. Teplota vody musí být regulována (stabilizována) a je zde regulovanou veličinou, která je průběžně snímána a na základě její hodnoty je nastavována např. páka míchací baterie teplé a studené vody. Výchylka této páky je zde nastavovanou veličinou. Cílem této regulace je stav, kdy skutečná hodnota teploty odpovídá požadované hodnotě teploty. Prvky zajišťující regulaci vytvářejí svým vzájemným působením uzavřený okruh, tzv. regulační okruh nebo též regulační smyčku. Regulace probíhá v uzavřené smyčce tvořené zpětnou vazbou regulované veličiny. Rušení stability nastavení regulační smyčky, způsobené např. změnou přítoku studené vody do míchací baterie, ovlivněnou odběrem ve vedlejší místnosti, tj. rušivou veličinou, je příčinou odchýlení skutečné hodnoty teploty od požadované hodnoty teploty o tzv. regulační diferenci. Výchylka páky míchací baterie musí být nastavena na novou hodnotu. Je-li změna výchylky prováděna regulačním mechanismem příliš rychle, může prováděná změna vychýlit regulovanou veličinu opačným směrem a regulovaná soustava kmitá.

Optimalizaci regulační smyčky z hlediska rychlosti lze provádět nastavováním činitele zpětné vazby a rychlosti změny nastavované veličiny. V regulační smyčce je regulovaná veličina snímána a srovnávána v komparátoru s požadovanou hodnotou. Rozdíl požadované hodnoty w a skutečné hodnoty x je regulační difference $e = w - x$, která je regulačním členem transformována na nastavovací veličinu y a ta je výstupní veličinou y_R regulátoru a zároveň vstupní veličinou regulovaného systému ovládaného pouze pomocí nastavovacího členu. Výstupem regulovaného systému je regulovaná veličina x . Ve stabilizovaném stavu regulační smyčky je regulační difference velmi malá nebo nulová. Při poruchách nebo změnách nastavení požadované hodnoty řídicí veličiny w naroste regulační difference, která je změnou nastavovací veličiny y minimalizována.

Aby nedocházelo ke kmitání v regulační smyčce, musí být zajištěno, aby změna nastavovací veličiny neprobíhala příliš rychle. Zjednodušené schéma regulace obsahuje regulátor a regulovaný systém, nebo při podrobnějším členění komparátor, regulační člen, ovladač, nastavovací člen, regulovaný systém a měřící zařízení (snímač) regulované veličiny. Regulátor se skládá z komparátoru, regulačního členu a ovladače. Regulovaný systém je vybaven nastavovacím členem a snímačem regulované veličiny. Regulátor přímo řídí regulovaný systém nastavovacím signálem y .

2.6.2 Druhy regulace

- **Regulace na konstantní hodnotu**

Žádaná hodnota regulované veličiny je udržována na konstantní hodnotě.

- **Vlečná regulace**

Regulovaná veličina se mění v závislosti na jiné fyzikální veličině. Řídící veličina w není konstantní.

- **Programovaná regulace**

Je zvláštním případem vlečné regulace. Žádaná hodnota regulované veličiny je předem dána časovým plánem neboli programem.

Při ruční regulaci přebírá některé z funkcí regulační smyčky člověk. Automatická regulace probíhá bez vlivu člověka s výjimkou zadání hodnoty řídící veličiny, tj. požadované hodnoty regulované veličiny. Automatická regulace může být nastavena časově konstantní řídící hodnotou $w = \text{konstanta}$, nebo časově proměnnou funkcí $w = f(t)$. Regulace může být tedy nastavena na konstantní, nebo na proměnnou hodnotu.

2.6.3 Systémy a veličiny regulace

Regulační systém (regulační obvod) je zvláštní druh složeného zpětnovazebního systému, který je tvořen řídícím systémem a řízeným systémem.

Řídící systém (regulátor) je zařízení, kterým se uskutečňuje řízení (regulace).

Řízený systém (regulovaná soustava) je zařízení, na které působí regulátor.

Regulovaná veličina (y) je veličina, jejíž hodnota je regulací udržována v předepsaných podmínkách. Je zároveň rovna výstupní veličině řízeného systému a současně vstupuje do regulátoru.

Žádaná hodnota regulované veličiny (w) je předepsaná hodnota, na které má být regulovaná veličina udržována.

Regulační odchylka ($e = w - y$) je rozdíl skutečné hodnoty regulované veličiny a žádané hodnoty regulované veličiny. Vstupuje do regulátoru. Vzniká, změníme-li žádanou hodnotu, nebo když na systém působí poruchové veličiny.

Akční veličina ($y_R =$ výstup regulátoru; $u =$ vstup řízeného systému) zasahuje do regulačního procesu tak, aby regulační odchylka byla minimální. Je to výstupní veličina řídicího systému a současně vstupní veličina řízeného systému.

Poruchová veličina (v) je neúmyslná a nepředvídaná změna regulované veličiny.

2.6.4 Regulátory

[2] **Spínací (přepínací) regulátory** mění nastavovací veličinu přepínáním dvou nebo několika hodnot (stupňů). Obsahují spínací kontakty nebo elektronické spínací obvody řízené pomocí klopných obvodů.

Dvoustavové regulátory mají dva rozlišitelné stavy nebo též polohy. Používají se např. k regulaci teploty. Bimetalový regulátor spojuje v jedné jednotce snímač, komparátor a spínač. Překročí-li teplota požadovanou hodnotu, prohne se bimetalový pásek a odpojí topení. Klesne-li regulovaná teplota pod dolní mezní hodnotu, zapne bimetalový spínač znovu topení. Aby kontakty při malé vzdálenosti nejiskřily, je sepnutí (i odtrh) urychleno trvalým magnetem, který při rozpínání pozdrží rozpojení a kontakty jsou pak odtrženy od sebe při napružení bimetalového pásku, tedy rychleji a do dostatečné vzdálenosti.

Vlivem tohoto trvalého magnetu existuje přepínací difference mezi vypínací teplotou a zapínací teplotou. Čím větší je přepínací difference, tím více kolísá (kmitá) regulovaná veličina kolem požadované hodnoty. Přepínací difference se také nazývá hystereze regulátoru. Třístavové regulátory nebo též třípolohové regulátory mají tři rozlišitelné stavy nebo polohy. Bývají často používány k regulaci teploty. Třístavový regulátor může např. přepínat klimatizaci mezi režimy topení zapnuto, topení i chlazení vypnuto a chlazení zapnuto.

Analogové regulátory představují stále (plynule) nastavovací člen. Jejich základním prvkem je většinou operační zesilovač. Analogové regulátory jsou regulátory, které mohou nastavit nastavovací veličinu na kteroukoliv hodnotu mezi oběma krajními hodnotami spojitého rozsahu. Jsou také označovány jako spojité regulátory. Nejdůležitějšími analogovými regulátory jsou **P- regulátor, PI- regulátor, PID- regulátor**. Vlastností P- regulátoru (proporcionálního regulátoru) je lineární závislost regulované veličiny na nastavovací veličině.

Jednoduchý elektronický P- regulátor je čtyřpól (dvojbran) pracující jako diferenciální zesilovač regulační difference. Operační zesilovač je v součtovém zapojení a napětěový signál odpovídající skutečné regulované hodnotě je přiváděn v opačné polaritě než napětěový signál odpovídající požadované (řídící) hodnotě. Výstupní napětí regulátoru je pak úměrné regulační diferencii, resp. rozdílovému napětí. Pomocí odporů je možno přizpůsobit regulátor přiváděným vstupním signálům.

P-regulátory pracují bez zpoždění a s trvalou regulační diferencí (která by mohla být teoreticky odstraněna za nekonečně dlouhou dobu).

PI-regulátor vytváří nastavovací veličinu součtem dvou složek. Jedna složka je tvořena proporcionální odezvou na regulační diferencii (P-složka) a druhá složka (I-složka) je úměrná součinu P-složky a času. Elektronický PI-regulátor je kombinací P-regulátoru a I-regulátoru. PI-regulátory se často používají k regulaci otáček, protože díky I-členu úplně odstraňují regulační diferencii.

PID-regulátor je univerzální regulátor. Nastavovací signál je tvořen váženým součtem proporcionální odezvy na regulační diferenci (P-složky), integrálu P-složky (**I-složky**) a derivace P-složky (**D-složky**). Při vzniku regulační difference vytváří **P-složka** okamžitě trvalou složku nastavovacího signálu. I-složka vytváří účinnou složku nastavovacího signálu i při nepatrné regulační diferenci, kterou může odstranit v prakticky dosažitelném čase. D- složka se uplatní jenom při změnách regulační difference a může předvídavým překmitem nastavovacího signálu urychlit vyrovnaní náhle vzniklé regulační difference. Elektronické **PID – regulátory** jsou tvořeny operačními zesilovači. Regulační difference je vytvářena vstupním operačním zesilovačem a další tři paralelně zapojené operační zesilovače vytvářejí P-složku, I-složku a D-složku. Ve výstupním operačním zesilovači se sčítají uvedené tři složky a váhy těchto složek je možno nastavit odpory.

Nevýhodou PID – regulátorů je obtížnost optimálního nastavení, které vyžaduje nastavení třech parametrů, a to nastavení konstanty úměrnosti a časových konstant **T_n** - integrační a **T_v** - derivační.

Číslicové regulátory mění nastavovanou veličinu stupňovitě. Při mnohastupňové regulaci může být regulace jemná a plynulá téměř jako analogová regulace. Číslicové regulátory bývají většinou řízené mikrokontrolérem.

2.6.5 Digitalizace a vzorkování signálu

[2] Analogové veličiny sledované jako parametry regulovaného procesu musí být pro účely číslicového zpracování popisovány čísly s určitou přesností, tj.stupni (dílky) určité diskrétní stupnice. Podle počtu rozlišitelných stupňů měřeného rozsahu je třeba volit šířku slova při ukládání číslicových hodnot a odpovídající přesnosti do paměti počítače. Numerické rozlišitelnost počítače by měla být výrazně větší, než rozlišitelnost snímače v regulované smyčce, aby byla chyba způsobena zpracováním dat co nejmenší. Při malé numerické rozlišitelnosti, tj. při příliš hrubém měřítku digitalizace by se mohlo stát, že by při malých rychlostech posunu docházelo ke změně polohy o jeden dílek ve velkých časových intervalech a s rostoucí dobou mezi odečty změn by nebyl údaj při malé změně v každém snímácím (a výpočetním) cyklu aktualizován, což by mohlo být zdrojem chyb.

Číslicový počítač nemůže zpracovat kontinuálně analogové signály z procesu jako analogový regulátor, ale může snímat nebo též odečítat či vzorkovat periodicky jejich okamžité hodnoty, např. s opakovací periodou 10 ms. Mluvíme pak o časové diskretizaci. Časově a hodnotově kontinuální signály se spojitým průběhem, jsou digitalizovány pomocí AD převodníku, spínače a paměťového členu (paměti odečtené hodnoty, tj. vzorku signálu). Snímání (přenos do počítače) digitalizovaných hodnot se uskutečňuje periodicky s periodou vzorkování v krátkých časových okamžicích (časová diskretizace). Vzorkovací (snímací) kmitočet regulátoru by měl být číslicové regulaci s ohledem na přesnost regulace co největší.

3 D/A a A/D PŘEVODNÍKY

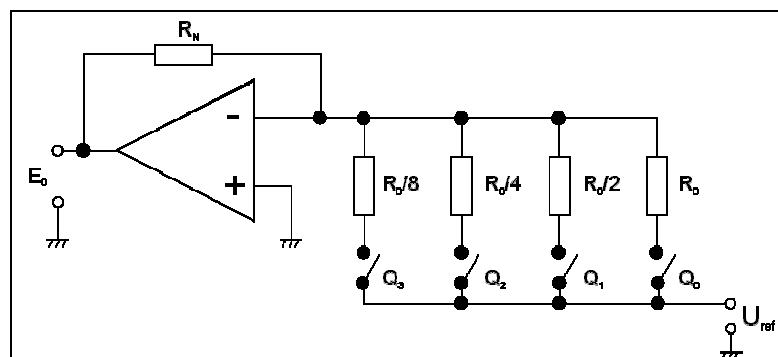
Převodníky umožňující transformaci číslicově vyjádřené informace na analogové napětí a naopak zaujímají v řídicím systému klíčové postavení. Značná část měřených veličin bývá obvykle zaznamenána ve formě časově spojitého průběhu analogového napětí a do číslicové formy se musí převést pomocí převodníku. Převodníky tedy umožňují propojení mezi analogovou a číslicovou částí řídicího systému. Přesnost a rychlost převodu použitých převodníků je jedním z hlavních faktorů určujících použitelnost a kvalitu celého řídicího systému.

3.1 Číslicově analogové převodníky D/A

Číslicově analogové převodníky neboli převodníky číslo-napětí (zkráceně převodník Č/N nebo D/A) zabezpečují transformaci informace (diskrétního signálu v sériovém nebo paralelním tvaru) vyjádřenou v číslicové formě na analogové napětí nebo proud. Jsou nedílnou součástí měřicích přístrojů a systémů. U D/A převodníku využíváme vlastnosti operačního zesilovače, u kterého je zesílení prakticky určeno zpětnou vazbou. Principiální zapojení čtyřbitového převodníku je na obr.2

Použití :

číslicově řízené zdroje (napájecí, měřicí, referenční zdroj nebo generátor tvarového signálu)



Obr.2 Čtyřbitový převodník

Odpory se nazývají váhové odpory a určují, který **bit** bude **nejméně významný (LSB)** a který **nejvíce významný (MSB)**. Bity jsou v **log.1**, pokud je spínač sepnut a v **log.0**, pokud sepnut není. **Nejméně významný bit LSB** je u největšího odporu a nejvíce významný u nejmenšího odporu (zde $R/8$). Maximální výstupní napětí převodníku je dáno tak, že se vypočítá napětí při zapnutí všech bitů.

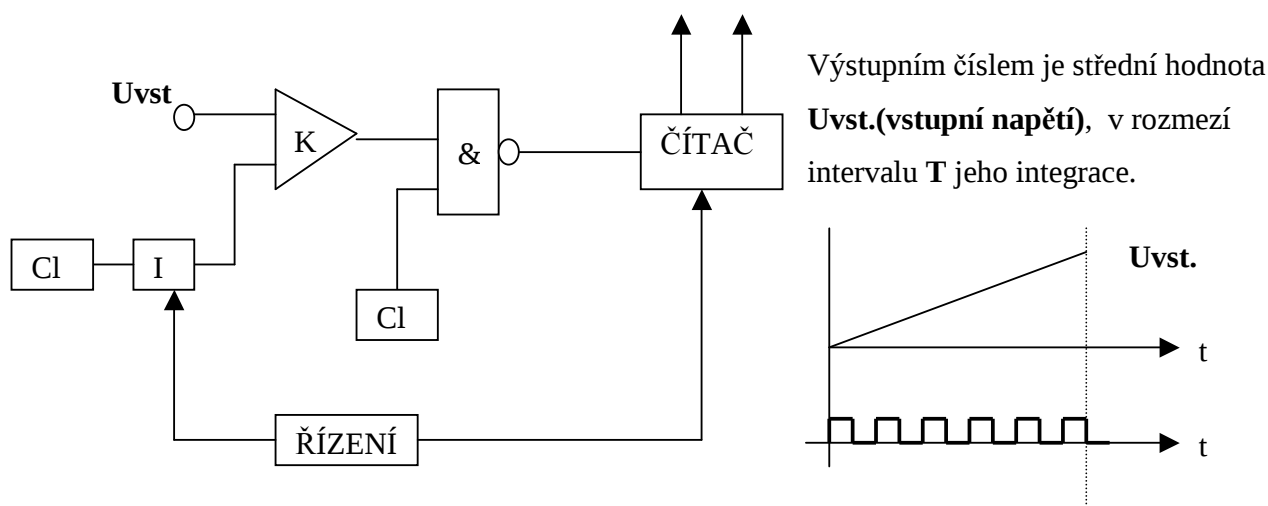
Např. pokud je maximální napětí **15 V**, pak nejmenší napětí převodníku určíme kvantováním. **Kvantování** $k = U_{\text{maximální}} / (2^n - 1) = 15 / (16 - 1) = 1 \text{ V}$. Nejmenší napětí je **1 V**.

3.2 Analogově číslicové převodníky A/D

Převodníky analogového signálu v číslicový (**zkráceně převodník N/Č nebo A/D**) jsou povětšinou založeny buď na principu transformace napětí na jinou fyzikální veličinu (většinou čas), která se snadněji digitalizuje, nebo na komparačním principu, tj. srovnáváním převáděného analogového napětí s proměnným napětím vytvářeným např. pomocí převodníku D/A. V okamžiku, kdy rozdíl mezi srovnávanými napětími je menší než určitá mez, se převod zastaví a zobrazí se vstupní číslo D/A převodníku.

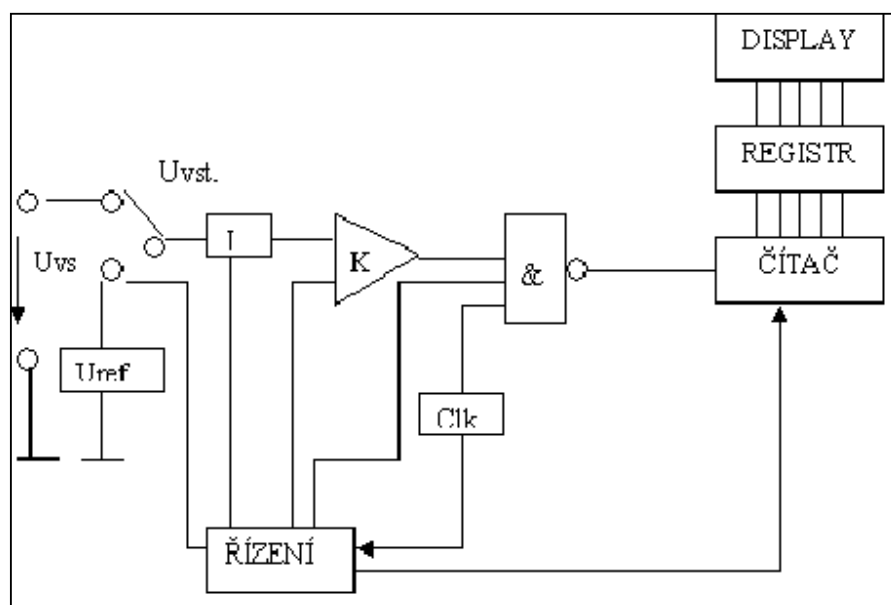
3.2.1 Integrační převodníky

K = komparátor, **I** = integrátor, **Clk** = hodiny



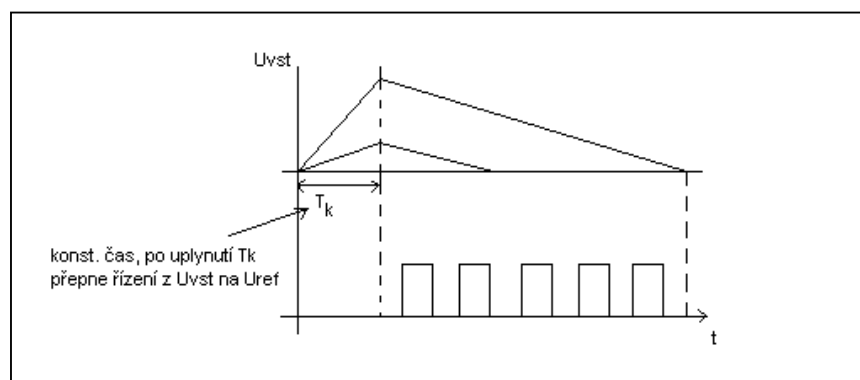
Obr.3 Integrační převodník s jednoduchou integrací

Převodník využívající dvojnásobné analogové integrace. $U_{\text{referenční}}$ je vždy s opačnou polaritou než $U_{\text{vstupní}}$ a má konstantní hodnotu. Vstupní napětí je převáděno na časový interval (pulsy). Řídicí jednotka má pevný časový interval.



Obr.4 Integrační převodník dvojnásobné integrace

Integrátor aktivně dointegruje do nuly a nemusí se oproti předchozímu zapojení nastavovat počáteční podmínky.



Obr.5 Charakteristika integračního převodníku s dvojnásobnou integrací

3.2.2 Princip převodníku s dvojnásobnou integrací

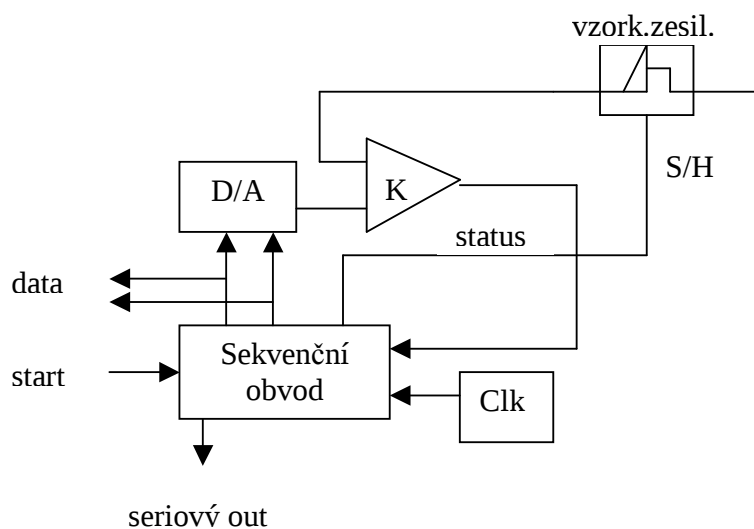
Před zahájením převodu musí být integrátor a čítač vynulován. Převod probíhá ve dvou taktech. Během 1.taktu délky T je přes přepínač ke vstupu integrátoru připojeno převáděné napětí a integrátor ho integruje. Současně je řídicím obvodem zajištěna průchodnost součinového logického členu mezi zdrojem impulsů a čítačem, takže impulsy jdou ze zdroje na čítač a ten čítá. První takt je ukončen tím, že se naplní kapacita čítače. Pod vlivem výstupního impulsu čítače přepne řídicí obvod přepínač, takže po dobu 2.taktu je na vstup integrátoru připojeno $U_{ref.}$, což je stejnosměrné napětí U opačné polarity, než jakou mělo $U_{vst.}$ v 1.taktu. V důsledku toho výstupní napětí integrátoru směřuje k nule. Čítač, který na přechodu mezi 1. a 2. taktem přešel do nulového stavu, opět čítá impulsy ze zdroje. Druhý takt končí tím, že výstupní napětí integrátoru klesne na nulu.

Když to komparátor za integrátorem zjistí, dá svým výstupním signálem řídicímu obvodu povel k ukončení převodu. Řídicí obvod zablokuje součinový logický člen před čítačem, takže čítání impulsů skončí.

Nevýhody: doba převodu je závislá na velikosti vstupního napětí, nízká rychlost.

Výhody : jsou nejpřesnější, nejrozšířenější, přesnost celého systému záleží na přesném referenčním napětí, přesném integrátoru a přesném časovači.

3.2.3 Aproximační A/D převodník



Obr.6 Aproximační převodník

3.2.4 Princip aproximačního převodníku

Při sestupné hraně signálu „start“ se nastaví nejvyšší stavový bit na 1, status přejde do 0 a uzavře vzorkovací zesilovač. V něm je okamžitá hodnota napětí, které je porovnáno s napětím z D/A převodníku do **K**. Pokud je výstupní U z D/A menší než $U_{vst.}$, nejvyšší stavový bit zůstává v 1. Při opačném stavu je překlopen do 0 a druhý nejvyšší stavový bit je nastaven na 1. Takto se celé opakuje. Proto se tomuto principu říká „postupná aproximace“ – bit po bitu. Převod trvá 8 nebo 12 pulsů, podle typu n bitů. 8 bit konvertuje 9 period, 12-ti bit 13 period.

Je rychlejší, bývá 8, 12, 14, 16 a max. 18 bitový. (18-ti bitový např. k převodu signálu z hydrofonu v ponorce, je velmi drahý) . Šíře pásma zesilovače je 1 MHz.

3.3 Chyby převodníků

integrální nelinearita

Nastavujeme výstupní napětí postupně součtem bitů (bit 1+2, 1+3, 2+3, 1+4, 1+2+3 atd.) a měříme odchylku napětí. Na rozdíl od diferenciální nelinearity zde zapojujeme kombinace několika bitů a ne jen jeden bit. Nejlepší převodníky mají tuto chybu $\pm \frac{1}{4}$ nejméně významného bitu.

diferenciální nelinearita

Tuto chybu zjišťujeme tak, že spínáme jeden bit po druhém (vždy jen jeden) od nejnižšího a měříme odchylku výstupního napětí od ideální hodnoty (vypočítané). Skutečnost se vždy o něco málo liší a to je diferenciální nelinearita.

Parametry převodníků

Nejvyšší rozlišení D/A převodníků je **18 bitů**. Mohou být **4, 8, 10, 12, 14, 16, 18 bitové**.

Největší rychlost **1 GHz**.

Důležité pojmy

Doba ustálení = doba od změny maximálního záporného napětí do maximálního kladného napětí.

Doba převodu = doba od okamžiku přivedení vstupního čísla do okamžiku, kdy se výstupní analogová hodnota ustálí tak, že dynamická chyba klesla na hodnotu relativní rozlišovací schopnosti.

Rozlišovací schopnost = nejmenší možná změna výstupní veličiny vyvolaná změnou vstupního čísla mezi dvěma sousedními hodnotami vztažená k největší možné hodnotě vstupního čísla.

4 PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI

[7] V současné době existuje na trhu plastů několik tisíc různých druhů. V technické praxi však výrazné uplatnění má jen několik desítek z nich. Z celkového objemu světové produkce plastů představuje skoro 80 % jen šest druhů plastů a 70 % výroby jen tři druhy, a to polyolefiny, styrenové hmoty a polyvinylchlorid. Sortiment termoplastů se neustále zvětšuje, a to v podstatě dvěma směry, kdy jednou cestou je výroba stále nových polymerů a druhou cestou je modifikace dosavadních polymerů.

4.1 Rozdělení plastů - Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek.

- Podle aplikace a podle konstrukční složitosti vyráběných dílů
- Podle působení teploty, a na základě teplotního chování
- Podle molekulární struktury
- Podle druhu přísad
- Podle polarity

4.1.1 Podle aplikace a podle konstrukční složitosti vyráběných dílů lze plasty rozdělit

- **plasty pro široké použití**, mezi které patří polyolefiny (PE, PP), polystyrenové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF), plasty pro inženýrské aplikace, kam lze zařadit polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylen (POM), polymetylmetakrylát (PMMA), terpolymer ABS, polyfenilénoxid (PPO), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice.
- **plasty pro špičkové aplikace**, do kterých lze zařadit polysulfon (PSU), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylen (PTFE), polyimidy (PI) a další.

4.1.2. Na základě teplotního chování, podle působení teploty

- **termoplasty** - jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních nenewtonovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd.
- **reaktoplasty** - jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod.
- **kaučuky, pryže a elastomery** - jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj.

4.1.3 Podle molekulární struktury se plasty dělí

- **amorfní plasty**, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. PS, PMMA, PC, apod. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní anebo průhledné (60 % propustnosti světla). Součinitel teplotní roztažnosti je menší než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesklenní T_g .
- **krystalické (semikrystalické) plasty**, které vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %) a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí uložených mezi oblastmi amorfními. Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m .

4.1.4 Podle druhu přísad

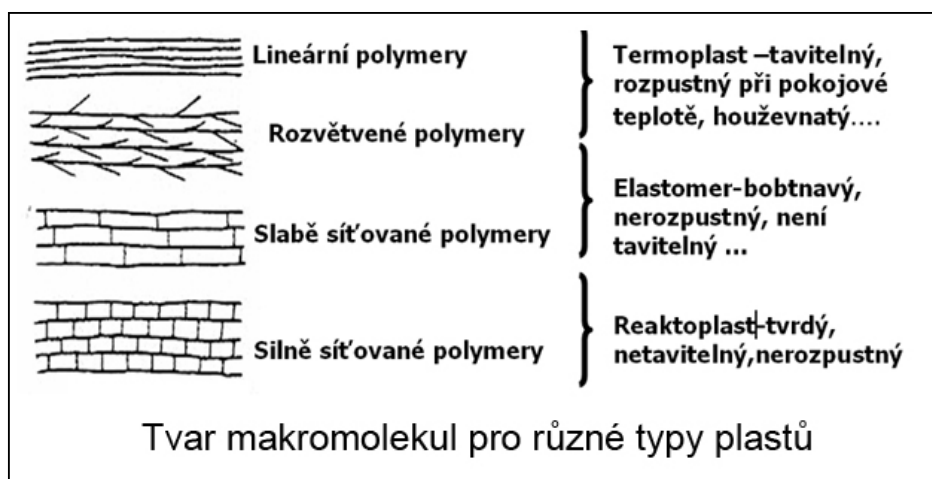
- **neplněné plasty** - neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice
- **plněné plasty** – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření, apod.

4.1.5 Podle polarity

- **polární plasty** – mají trvalý dipól a mezi polární plasty patří PA, některé pryskyřice, apod.
- **nepolární plasty** – nemají trvalý dipól a patří sem PE, PP, PS, apod.

4.2 Makromolekulární struktura plastů

Plasty jsou obecně makromolekulární látky o molekulové hmotnosti vyšší jak 10^4 a z chemického hlediska jsou to látky organické. Podstatou polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu, která je tvárnitelná za působení teploty T a tlaku p , v jejichž makromolekule se jako článek řetězu mnohokrát opakuje základní monomerní jednotka. Základním prvkem řetězce je atom uhlíku. Uhlíkové atomy mají schopnost vzájemně se vázat a vytvářet dlouhé řetězce. V zásadě existují tři druhy polymerních makromolekul - lineární, rozvětvené (typické pro termoplasty) a zesíťované (kaučuky, reaktoplasty).



Obr.7 Tvary makromolekul

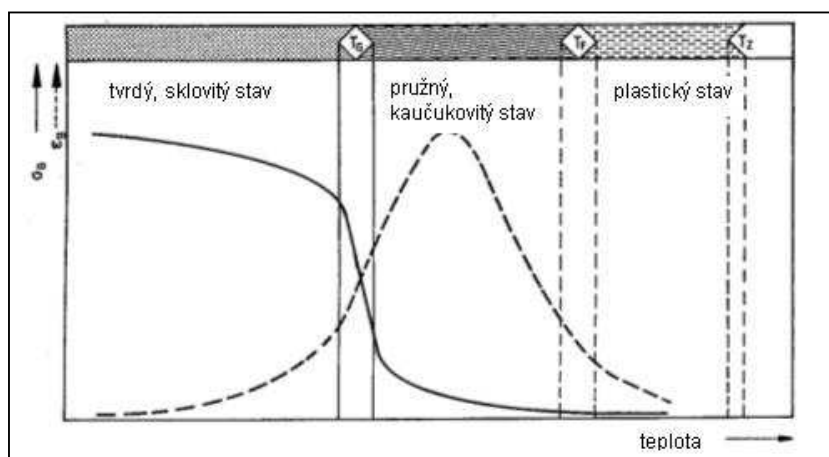
Lineární makromolekuly - vznikají tak, že se monomerní molekuly řadí jedna vedle druhé „jako korálky na šňůře“. Lineární makromolekuly se mohou z prostorových důvodů více přiblížit jedna ke druhé a vytvořit tak kompaktnější prostor. Polymery potom mají vyšší hustotu (např. vysokohustotní polyethylen HDPE). Lineární makromolekuly také snáze vytvářejí prostorově pravidelné shluky krystalických struktur, takže tyto polymery mají vyšší obsah krystalických podílů. Plasty s lineárními makromolekulami jsou obvykle dobře rozpustné a tavitelné (dobrá pohyblivost makromolekul), v tuhém stavu se vyznačují houževnatostí a ve formě tavenin dobrou zpracovatelností.

Rozvětvené makromolekuly - se vyznačují tím, že mají na základním řetězci boční větve („přívěsky na šňůře korálků“). Rozvětvené makromolekuly se na rozdíl od lineárních makromolekul nemohou v důsledku bočních větví jedna ke druhé dostatečně přiblížit. Proto se vyznačují nižší hodnotou hustoty (např. nízkohustotní polyethylen LDPE). Uspořádanost jejich shluků je nízká, a tudíž hůře krystalizují a mají nižší stupeň krystalinity. Rozvětvení zhoršuje i pohyblivost makromolekul a tedy i tekutost v roztaveném stavu. Boční řetězce, které způsobují oddálení sousedních makromolekul, mají za následek pokles mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností.

Zesíťované makromolekuly - v tomto případě je několik přímých nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců mezi sebou propojeno vazbami, takže vytvářejí jednu takřka nekonečnou makromolekulu - prostorovou síť. Takováto síť vede ke ztrátě tavitelnosti a rozpustnosti polymeru. Polymery vykazují vysokou tvrdost, tuhost a odolnost proti zvýšené teplotě, avšak nízkou odolnost proti rázovému namáhání. Sítě mohou být řídké (charakteristické pro elastomerní kaučukovité polymery) nebo husté (reaktoplasty).

4.3 Termodynamické vlastnosti plastů

Obdobně jako u jiných materiálů jsou vlastnosti polymerů závislé především na teplotě. V určité oblasti teplot probíhají tyto změny rychleji, anebo se mění skokově. Takové oblasti jsou nazývány přechodové a v těchto oblastech existují přechodové teploty: T_g - teplota zesklenní nebo teplota skelného přechodu, T_f - teplota viskózního toku (pro amorfní plasty), T_m - teplota tání (pro semikrystalické plasty).



Obr.8 Průběh deformačních vlastností a amorfního plastu

Při teplotě viskózního toku T_f narůstá intenzita změn vlastností polymeru. Při této teplotě ztrácí hmota své kaučukovité vlastnosti a mění se ve vysoce viskózní kapalinu. Nad touto teplotou leží oblast zpracovatelnosti materiálu. Zvýšením teploty klesají mezimolekulární síly a tím se snižuje i viskozita taveniny. Při dalším zvyšování teploty začne probíhat tepelná degradace polymeru (teplota T_d). Zesíťované amorfny polymery se ve srovnání s lineárními chovají odlišně. Tuhá síť chemických vazeb vylučuje přesuny makromolekul jako celku, a proto lze u těchto materiálů nalézt při vysokých teplotách jen určitou kaučukovitou oblast s relativně vysokým modulem pružnosti, jehož hodnota pak zůstává konstantní až do teploty rozkladu.

5 PROBLEMATIKA VSTŘIKOVÁNÍ A VSTŘIKOVACÍ CYKLUS STROJE

5.1 Vstřikování plastů

[8] Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní během cyklu stále doplňuje. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku, anebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností svých mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů.

5.1.1 Celkový cyklus vstřikování

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne. Tyto činnosti je nutné odlišit, protože na přisouvání formy se musí vynaložit jen malá přisouvací síla F_p , zatímco na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu F_u (až třikrát vyšší), neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu.

Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty. Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. V praxi se dělí na dobu chlazení při plném vstřikovacím tlaku a na dobu chlazení při klesajícím tlaku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy T_F a tloušťce stěny výrobku. Během chladnutí se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlakem.

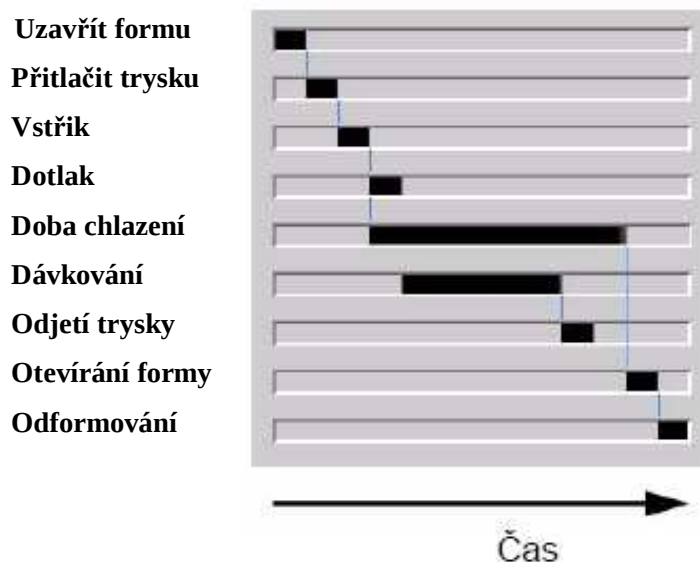
Dotlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální tlak nebo se může po několika sekundách snížit a další chladnutí probíhá při sníženém tlaku. Dotlak se proto rozděluje na izobarický a izochorický. Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu - polštář, na který bude šnek působit svým čelem. Tento objem nesmí být moc velký (obvykle kolem 10 až 15 %, méně než jednonásobek průměru šneku D), aby nedocházelo k tepelné degradaci hmoty.

Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu.

Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Jestliže je tavicí komora opatřena samouzavíratelnou tryskou, může plastikace probíhat i při otevřené formě. Dále může, anebo nemusí následovat odsunutí tavicí komory od formy. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu zbytkového tlaku p_z , což je tlak, pod nímž se hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, která u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku, anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku. Po dokonalém zchladnutí výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí z formy.

5.2 Vstřikovací cyklus stroje pro zpracování plastu

Jednotlivé úseky vstřikovacího cyklu trvají různě dlouho a jsou mimo jiné ovlivněny např. geometrií výstřiku a technologickými podmínkami vstřikování.

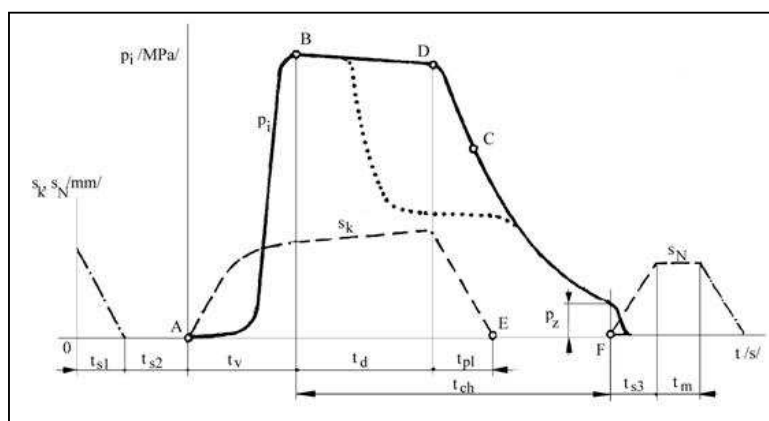


Obr.9 Posloupnosti kroků vstřikovacího cyklu

5.2.1 Strojní doby

Strojní doby na zavření formy t_{s1} a na otevření formy t_{s3} závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha otevření formy je dána rozměrem výstřiku ve směru otevírání formy a musí být tak velká, aby bylo možno výrobek z formy vyjmout, případně aby bylo dost prostoru pro činnost manipulátoru ve formě. Je snaha zkrátit strojní časy na minimum. Toho se dá dosáhnout zvýšením rychlosti pohybující se formy. U moderních strojů není tato rychlost po celé dráze stejná, nýbrž při zavírání se forma z počátku pohybuje velkou rychlostí, avšak těsně před dosednutím formy se rychlost sníží, aby obě části formy na sebe dosedly měkce a forma se nárazem nepoškodila. Podobně i při otevírání formy je nejprve její rychlost vysoká a před dojezdem formy na doraz se rychlost sníží, aby vyhození výrobku z formy probíhalo pomalu.

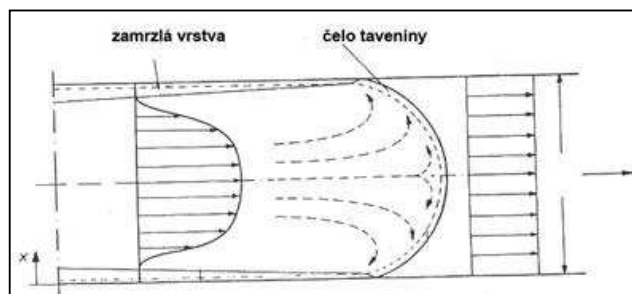
Celková doba strojních časů t_{s1} , t_{s2} , t_{s3} nepřesahuje u strojů střední velikosti několik málo sekund. Kromě strojních časů, jež jsou součástí vstřikovacího cyklu, jsou další strojní doby překryty dobou chlazení.



Obr.10 Průběh vnitřního tlaku p_i v dutině formy během procesu vstřikování

5.2.2 Doba vstřikování

Doba plnění dutiny formy t_v se odvíjí od rychlosti vstřikování, tj. od rychlosti pohybu šneku vpřed, která závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny T_{tav} a na vstřikovacím tlaku p . Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, dále řešení vtokové soustavy a druh plastu. Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul, ale je zde i nebezpečí přehřátí a degradace materiálu. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek. Proces plnění se musí řídit tak, aby tavenina nevtékala do formy volným tokem, ale aby materiál vtékal do formy postupně. Při postupném plnění, laminárním toku, se jedná o složitý mechanismus tuhnutí vrstev taveniny. Teplota formy je mnohem nižší než teplota taveniny (zhruba 3 až 4krát), a tak tavenina při styku se stěnou formy okamžitě ztuhne a vytvoří vrstvu nepohyblivé hmoty a zároveň i vrstvu tepelné izolace.



Obr.11 Laminární tok taveniny plastů

5.2.3 Doba dotlaku

Po naplnění tvarové dutiny formy následuje stlačování hmoty, kdy tlak prudce stoupne a rychlost náhle klesne. Pokud by tlak zůstal na původní hodnotě, došlo by ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy, které by mohlo vést k pružnému prohnutí formy, tzv. dýchnutí. Aby se zamezilo těmto jevům, je nutné v určité době snížit vstřikovací tlak, tzn. přepnout na dotlak. Je-li přepnutí opožděné, stoupne tlak příliš vysoko a dojde k výše popsaným jevům. Při předčasném přepnutí dochází k opačným jevům a je zde až možnost nedostříknutého výrobku. K přepnutí na dotlak může dojít buď podle dráhy šneku, nebo podle vstřikovacího času, nebo podle tlaku ve formě, anebo podle tlaku v hydraulice. Doba dotlaku t_d závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítky sekund. Účelem je dodávání materiálu do formy a tím tedy kompenzování smrštění výrobku během chladnutí, aby nevznikly propadliny a staženiny.

5.2.4 Doba plastikace

Doba plastikace t_{pl} je čas, který je potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a k jejímu rovnoměrnému zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku, utvoření tzv. polštáře. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu, vyvolanou smrštěním. Je však nutné si uvědomit, že se posuvem šneku vzad snižuje účinná délka šneku, a proto musí být zpětný tlak zvyšován.

Teplo potřebné k roztavení jedné dávky je asi z jedné třetiny dodáváno z elektrického odporového topení a asi ze dvou třetin z tření hmoty při hnětení.

5.2.5 Doba chlazení

Doba chlazení t_{ch} představuje nejdelší část cyklu a pohybuje se od několika sekund u tenkostěnných výstřiků do několika málo minut. Závisí na tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji. Chladnutí začíná již během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku a dochází ke značným změnám stavových veličin, tlaku, měrného objemu a teploty. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu výrobku, zejména lesk.

6 ZPŮSOB MODERNÍHO OVLÁDÁNÍ VSTŘIKOVACÍHO LISU

6.1 Všeobecně

Stejně jako u počítače i u vstřikovacího lisu je základem pro ovládání stroje monitor a klávesnice, pomocí nichž lze zadávat do stroje požadavky, kontrolovat zadání i odezvu na ně. Pro určitou funkci je k dispozici vždy jedna "stránka" (obrazovka s textem nebo grafem) s možností nastavení konkrétních údajů. Např. na stránce uzavírání formy je možno zjistit skutečnou pozici pohyblivé desky vůči pevné desce, je možno nastavit dráhu otevíření, tři uzavírací rychlosti ve třech úsecích dráhy uzavírání, údaje týkající se ochrany formy při uzavírání atd. Skutečný průběh zavírání formy lze vidět na grafu, ve kterém lze popsané hodnoty také nastavovat. Takto postupujeme i při nastavování dalších funkcí stroje. Jaké to jsou funkce? Z těch nejdůležitějších je to nastavení výšky formy, uzavírací síla, již zmíněné zavírání a rovněž otevírání formy včetně její ochrany, kontrola cyklu, řízení vyhazovače, tahačů jader a vzduchového ventilu. To jsou hlavní funkce uzavírací jednotky. Vstřikovací jednotka má plně řízené vytápění vstřikovací komory a ohřevu oleje, řízení dávkování, vstřiku a dotlaku s kontrolou polštáře.

6.2 Moderní ovládání a řídicí systémy

Symbolika a systém byly převzaty do nového prostředí a byly rozšířeny o novou grafickou ovládací plochu umožňující intuitivní ovládání. Co je však nové, je jádro systému, jeho hardware a software. Pro připojení periferních zařízení slouží rozhraní **USB**, s jehož využitím lze připojovat tiskárnu, externí klávesnici či myš. S centrálním počítačem systém komunikuje přes **Ethernet**. Mnoho let používaná, avšak dnes již poněkud zastaralá 3,5" disketová mechanika byla pro svoji nedostatečnou kapacitu a spolehlivost nahrazena moderní čtečkou paměťových karet **CompactFlash**. Toto médium, často instalované např. v digitálních fotoaparátech, splňuje svou kapacitou i bezpečností všechny požadavky kladené na zálohování dat o výrobě.

Obsluhovat řídicí systém, již nelze pouhým zasunutím klíčku či jeho otočením do polohy ON – každý uživatel musí být vybaven vlastní čipovou kartou, jejíž čtečka je standardní komponentou. Na čipové kartě je uložen osobní identifikační kód a zakódována úroveň, do které je uživateli povoleno vstoupit, či údaj, o jakou hodnotu (procentuálně či absolutně) může měnit parametry robotu či stroje. Každý výstup je potom pro zpětnou kontrolu, popř. zjišťování odpovědnosti za poruchy nebo kolizní stavy, opatřen tímto identifikačním kódem.

Co se týče softwaru, je zde zcela nový programovací jazyk **IEC** pro řízení stroje a jazyk **Java** pro grafickou vizualizaci. Lze je využít též pro programování off-line výrobního procesu, kdy si uživatel může sestavit kompletní program na běžném osobním počítači či notebooku v prostředí **Windows**. Vizualizaci procesu lze sdílet ve firemním intranetu či poslat po internetu na počítač kdekoliv ve světě. Pro každou formu potřebujete svá nastavení uložit do paměti, abyste při jejím příštím upnutí nemuseli znovu vzpomínat na to, v jakém režimu stroj vlastně vyráběl, a znovu vše pracně nastavovat.

STAVBA ŘÍZENÍ

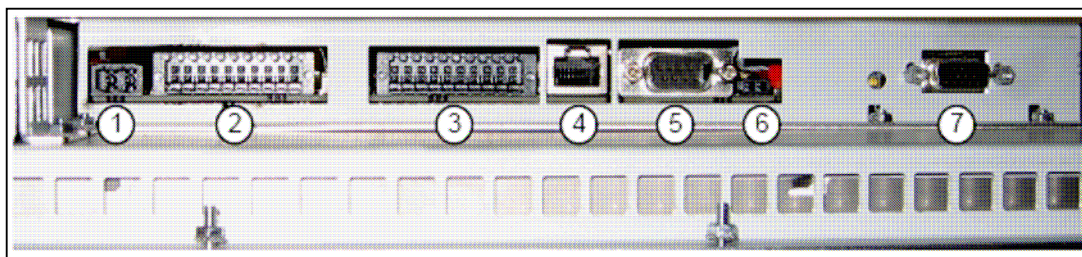
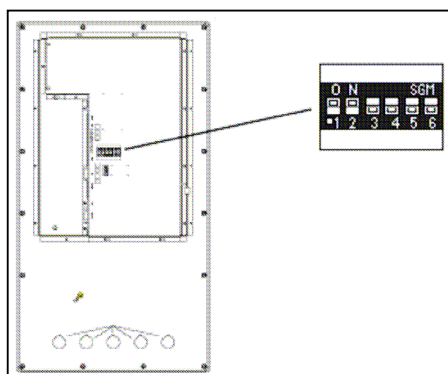


Obr.12 Ovládací panel vstřikovacího lisu

6.3 Zadní strana ovládacího panelu

Na zadní straně ovládacího panelu jsou umístěná různá rozhraní , konektory a také **DIP** přepínač pro zadávání adresy na odblokování ovládacího panelu.

DIP přepínač adresy



Obr.13 Rozhraní na zadní straně ovládacího panelu

- (1) připojení napájecího napětí **24V DC**
- (2) rozhraní vstupního a výstupního digitálního signálu ovládacích tlačítek
- (3) rozhraní vstupního digitálního signálu ovládacích tlačítek
- (4) rozhraní pro čtecí kartu (uživatelské oprávnění)
- (5) rozhraní **RS485** pro připojení dalšího ovládacího panelu
- (6) porty **USB** (maximálně **4x USB** připojení)
- (7) připojení pro centrální výpočetní jednotku

7 SPÍNACÍ A OVLÁDACÍ PANEL

7.1 Spínací panel

Spínací panel obsahuje tlačítka pro zapnutí základních funkcí stroje.

Symbol tlačítek

Popis tlačítek



Vypínač řídicího napětí - Po zapnutí řídicího napětí trvá cca. **3 minuty**, než řízení naběhne. Po vypnutí řídicího napětí vždy čkejte minimálně 1 sekundu, než řídicí napětí opět zapnete. Chráníte tak elektronické moduly před poškozením.



Tlačítko- motor stroje zapnut



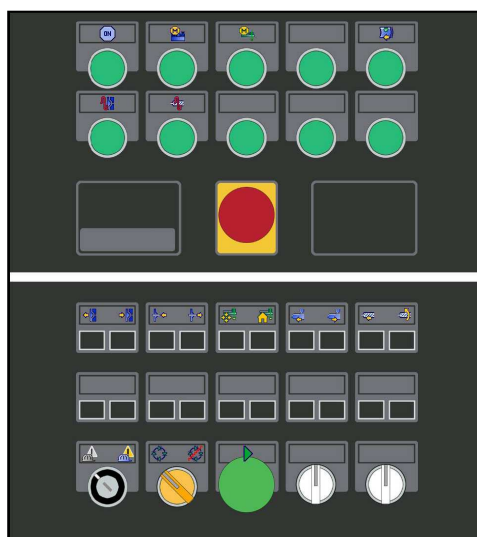
Motor robota zapnut (zobrazeno barevně)



Topení formy zapnuto (zobrazeno barevně)



Topení válce zapnuto (zobrazeno barevně)



Obr.14 Spínací panel

7.2 Symboly a popis tlačítek

	Otvírání formy		Tryska vpřed
	Zavírání formy		Tryska zpět
	Vyhazovač vpřed		Šnek vstřík
	Vyhazovač zpět		Šnek dávkování
	Robot- referovat osy		Robot – pojezd do výchozí pozice
	Bezpečnostní tlačítko neaktivní		Přerušení programu - automat
	Bezpečnostní tlačítko aktivní		Přerušení programu - ruční
	Startovací tlačítko - Startovací tlačítko		

Startovacím tlačítkem se spouští automatický cyklus. Aby se cyklus spustil, musí být všechny funkční jednotky stroje ve výchozí - startovací pozici.

7.3 Nastavovací část - Barevná dotyková obrazovka

Ovládání se provádí volbou příslušných bodů z menu. Pro změnu hodnot se vždy otevírají virtuální klávesnice a dialogová okna.



Obr.15 Tlačítka Touch Screen a funkční tlačítka

7.4 Uživatelské oprávnění

Pro zadávání nebo změnu parametrů a nastavení zařízení se musíte přihlásit pomocí uživatelského oprávnění. Každému uživateli je přiřazen jazyk, uživatelské jméno, uživatelská úroveň a jednotky. Čím vyšší je vaše uživatelská úroveň, tím více máte uživatelských přístupů. Každá změna na zařízení se řízením automaticky protokuluje s příslušným datem a časem. S odpovídajícím oprávněním můžete dále zakládat vlastní uživatelská jména, spravovat je, nebo mazat.

7.4.1 Přihlášení se kartou s uživatelským oprávněním

Data o uživateli jsou uložena na kartě s uživatelským oprávněním. Přihlášení a odhlášení do zařízení probíhá kartou s uživatelským oprávněním. V ovládacím panelu je umístěn senzor pro přečtení přístupové karty.

Jestliže přiblížíte přístupovou kartu k senzoru, řízení vás přihlásí. Odhlášení proběhne automaticky po době nastavené v řízení. Vlevo vedle transponderu se nachází slot k zasunutí karty s oprávněním. Obsluha bude přihlášena tak dlouho, dokud nebude karta s oprávněním vytažena.



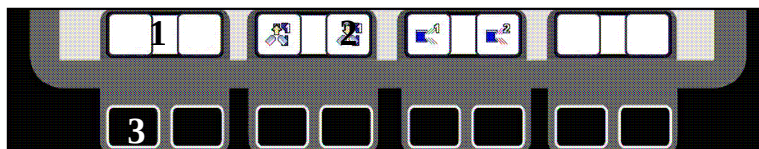
Obr.16 Karta s uživatelským oprávněním



Obr.17 Ovládací panel

7.5 Konfigurovatelná tlačítka

Na ovládacím panelu se nachází **8 fóliových tlačítek**, kterým může uživatel individuálně přiřadit funkci. Nakonfigurované funkce tlačítek se zobrazí na obrazovce nad fóliovými tlačítky ve formě symbolů.



Obr.18 Konfigurovatelná tlačítka

(1) Neobsazená pole (2) Pole obsazená funkcí (3) Fóliová tlačítka k vyvolání funkcí

7.5.1 Postup při nastavení

Klepněte na pole se symbolem konfigurovatelného fóliového tlačítka.

Na obrazovce se objeví menu tlačítek s volitelnými funkcemi a zvolené pole se zbarví červeně.



Obr.19 Fóliová tlačítka

Klepnutím na příslušný symbol v menu tlačítek jej vložíte do červeně označeného pole.



Obr.20 Foliová tlačítka

Stiskem fóliového tlačítka pod symbolem příslušnou funkci aktivujete.

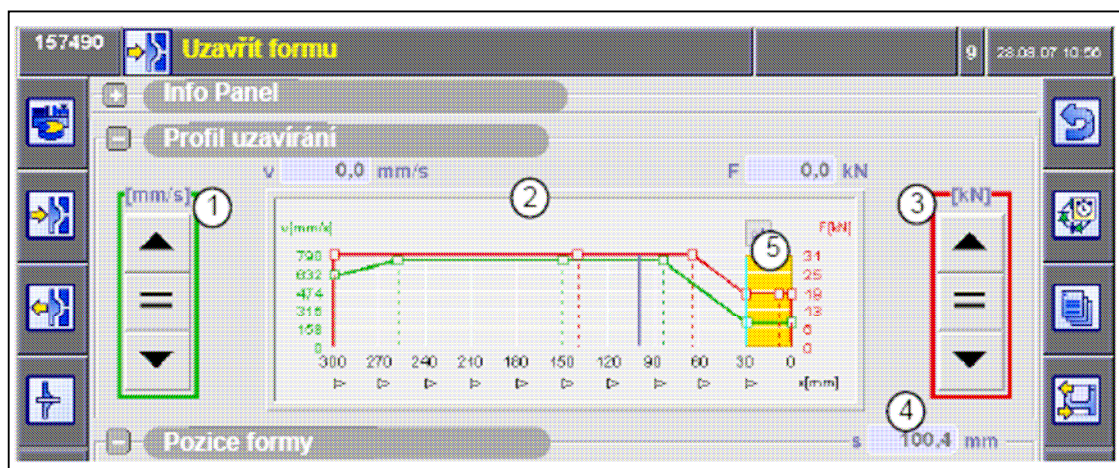
Menu tlačítek zavřete klepnutím na červeně zbarvené pole.

7.6 Grafické zobrazení zadaných hodnot

Grafika zadaných hodnot slouží k zobrazení a komfortnímu nastavení profilů tlaku, rychlosti nebo síly na stránkách jednotlivých funkčních jednotek.

7.6.1 Rychlé nastavení

K rychlému nastavení slouží menší grafika s digitálním zobrazením aktuálních hodnot a možností jejich vkládání přes číslcovou klávesnici Touch-screen.

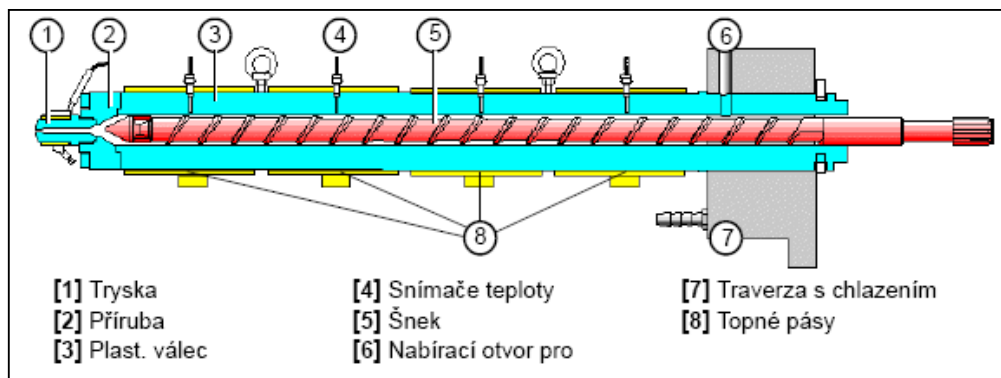


Obr.21 Grafické zobrazení nastavovaných hodnot

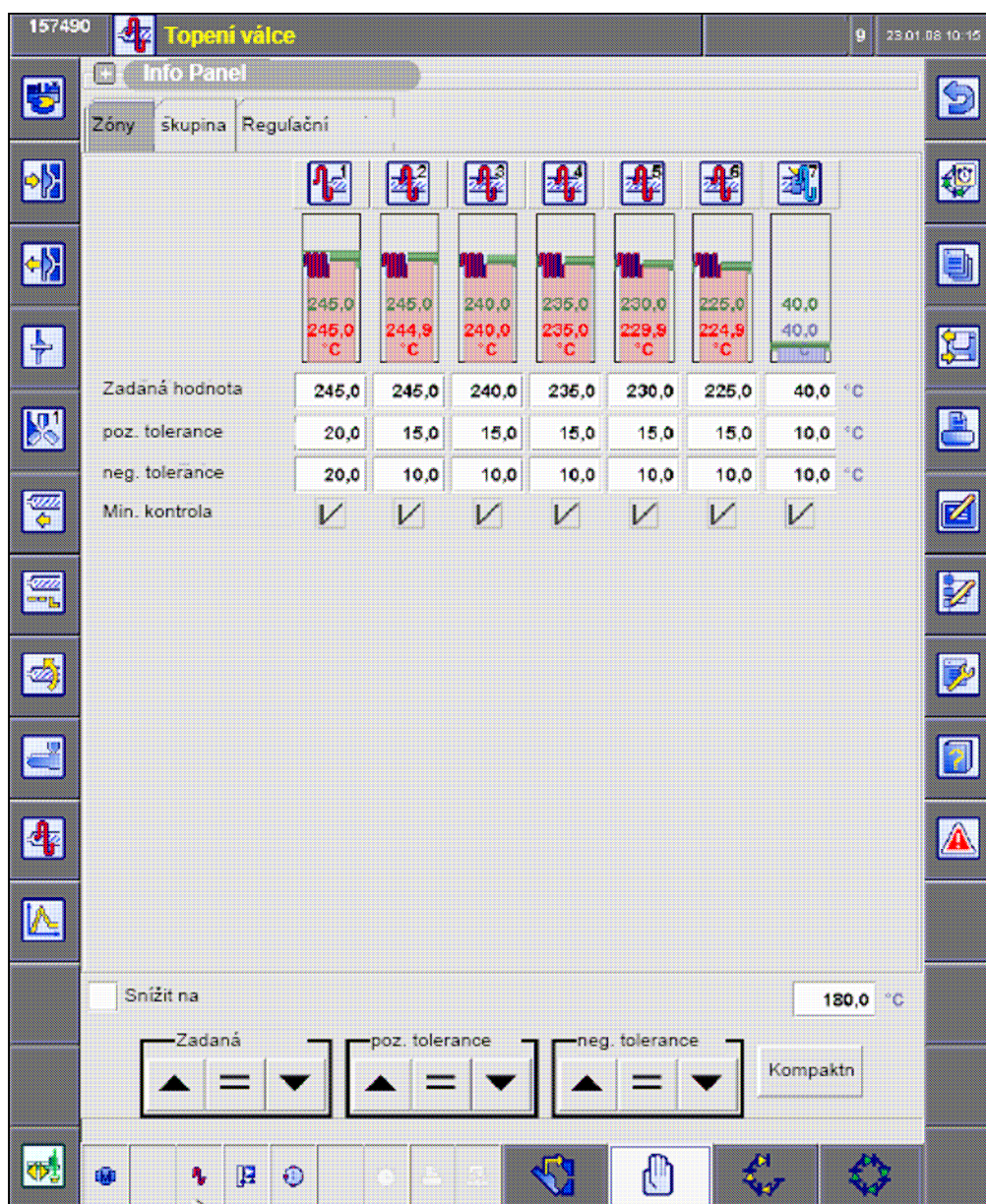
1. Klávesnice **Touch-screen** pro přestavení rychlosti (**zelená**) s digitálním zobrazením aktuálních hodnot
2. Grafické okno pro profil rychlosti a síly nebo profil tlaku
3. Klávesnice Touch-screen pro přestavení tlaku (**červená**) s digitálním zobrazením aktuálních hodnot
4. Sloupek pro zobrazení aktuální pozice (tmavě modrý) a digitální zobrazení
5. Kontrolní pole (žluté)

7.7 Topení válce

Jako předpoklad vytvoření termicky homogenní taveniny je přesně regulované topení válce. **60 až 85%** energie potřebné k plastifikaci je vytvářeno smykovými silami a třením při dávkování. Teplota taveniny je proto závislá na prodlevě ve válci.



Obr.22 Topení válce



Obr.23 Nastavení topení válce

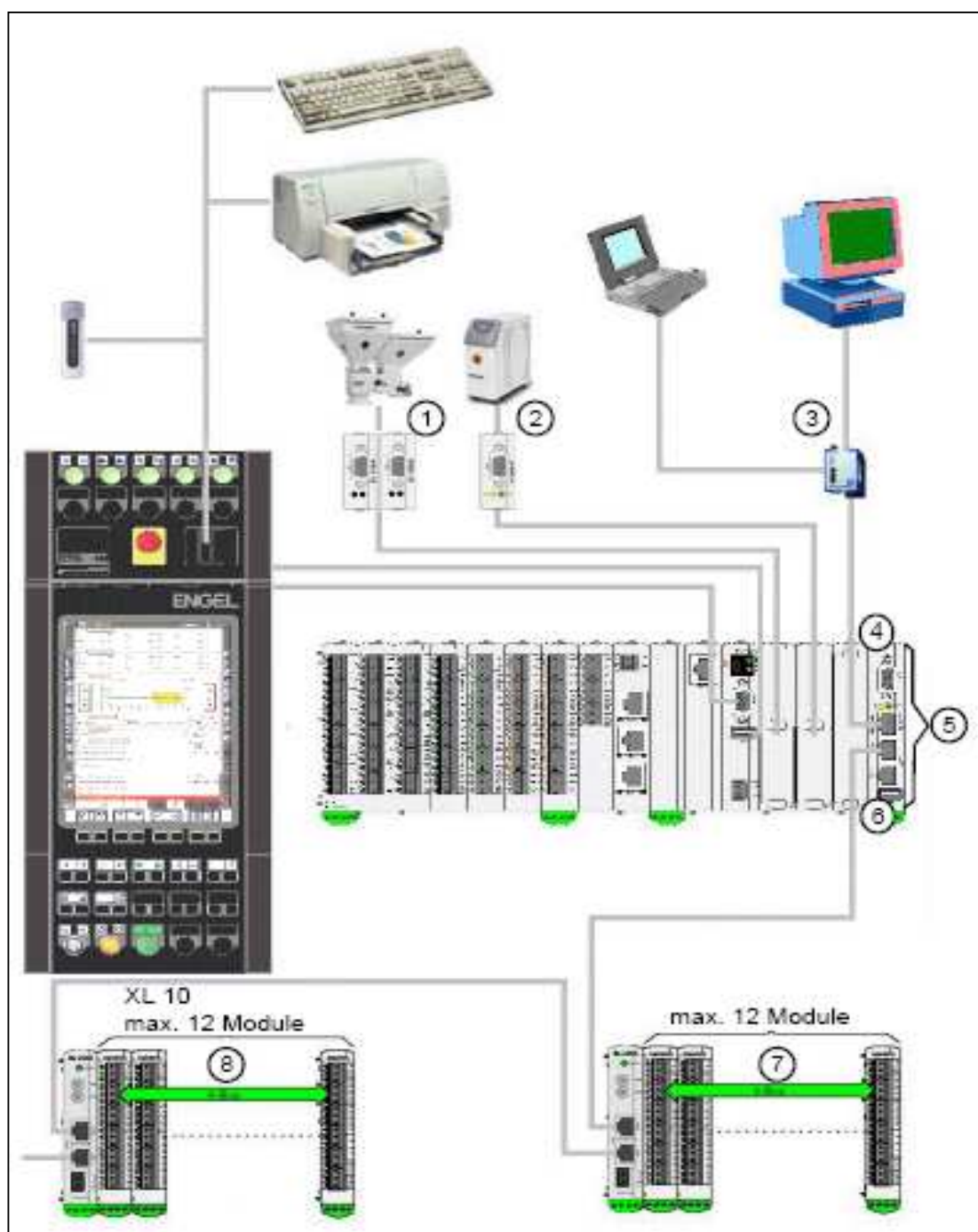
Pro každou temperační zónu je na obrazovce grafické pole se symbolem pro zónu a následujícími údaji: **zadaná hodnota** (černá čára), **skutečná hodnota** (červený resp. modrý pruh s digitálním zobrazením), **toleranční pásmo** (zelené pole).

Symbole identifikace stavu topení válce

	Zóna vypnuta
	Zóna není v toleranci
	Topení je aktivní (červená), chlazení je aktivní (modrá)
	Topení snižuje od
	Optimalizace: aktivní (žlutá), chyba (červená), dokončena (zelená)
	Defekt topení, přerušení snímače teploty
	Prohřátí topení

Obr.24 Identifikace stavu topení válce

8 AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM ŘÍZENÍ CC 200 A02



Obr.25 Automatizovaný systém řízení

Popis jednotlivých částí

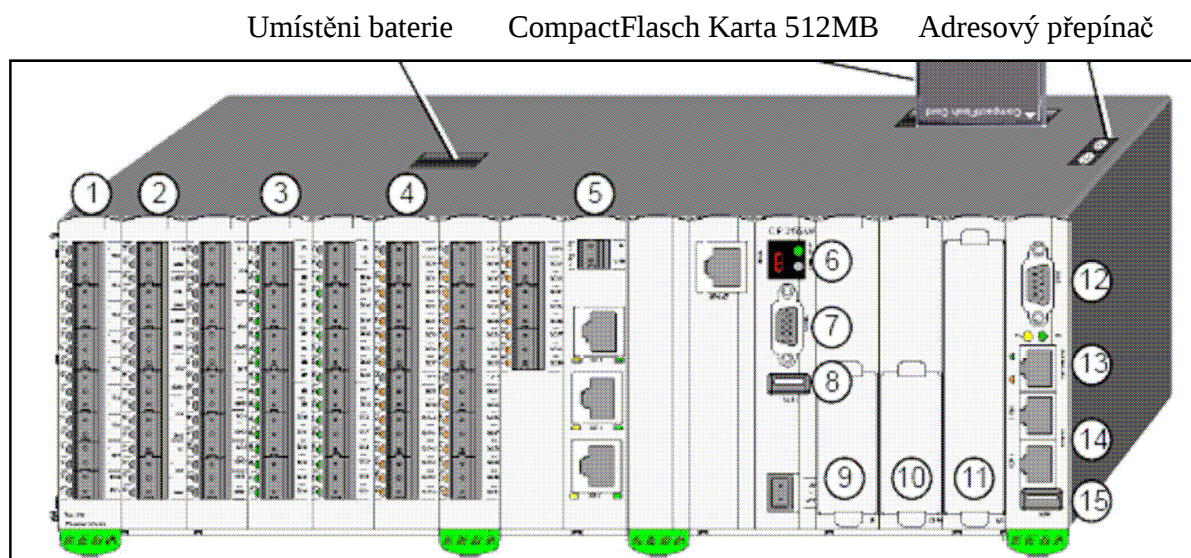
1. Rozhraní SX 210/A(RS 232) pro dávkování, barvivo atd.
2. Rozhraní CAN FX 200/A pro temperovací zařízení
3. Propojení s PC sítí K – NET 45
4. Rozhraní CAN pro připojení Robota
5. Rozšiřující modul pro připojení maximálně 12 Modulu
6. USB připojení (reserva)
7. Rozšiřující skupina 12 modulových karet přes připojení K-Net
8. Rozšiřující skupina 12 modulových karet pro rozšíření pro skříň XL10

8.1 Centrální procesorová jednotka řízení CC200 A02

[6] Centrální procesorová jednotka řízení CC200 je stavební komplet řídicích elektronických modulů s řídicími a regulačními funkcemi. Stavební komplet jednotlivých modulů umožňuje připojení pro teplotní elementy (snímače), analogově vstupní a výstupní signály, digitálně vstupní a výstupní signály a rozhraní potřebné pro důležité funkce řízení stroje. Stavební komplet se umísťuje do hlavního rozvaděče vstřikovacího lisu. Provozní teplota okolí uvnitř rozvaděče musí být v rozsahu od +5°C do +50°C.

Možné varianty použití procesoru CPU

- CP 251/Y s procesorem – Celeron 700MHz
- CP 252/T s procesorem – Celeron M 600MHz
- CP 253/W s procesorem – Celeron M 1 GHz
- CP 255/W s procesorem – Pentium M 1,4 GHz



Obr.26 Hardware CC200 A02

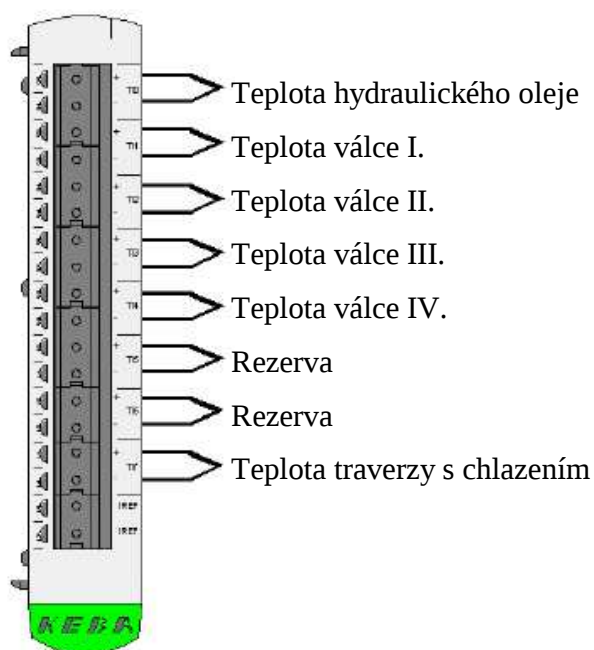
8.1.1 Základní popis jednotlivých částí - Hardware CC200 A02

1. karta pro připojení teplotních čidel
2. karta pro připojení vstupních a výstupních analogových signálů
3. karta pro připojení vstupních digitálních signálů
4. karta pro připojení výstupních digitálních signálů
5. **CP25x/w:3** SSI rozhraní pro SE010 nebo SSI převodník posuvu
6. diagnostické zařízení
7. signalizace stavu – **LED**
8. signalizace běhu programu
9. rozšiřující box pro sériové moduly
10. rozšiřující box pro doplnění **CAN-bus** modulů
11. rozšiřující box pro kartu **PCI**
12. konektor pro připojení **CAN-bus** modulů robota **RS232**
13. ethernet pro připojení sítě internet **RJ45**
14. **2k-NET** reserva **RJ45**
15. **USB 2.0** reserva

8.1.2 Karta pro připojení teplotních čidel

Karta je určena k měření a vyhodnocování vstupní veličiny jednotlivých okruhů – teplota válce, teplota jádra formy, teplota oleje, teplota traverzy atd. - která je snímána pomocí termočlánků.

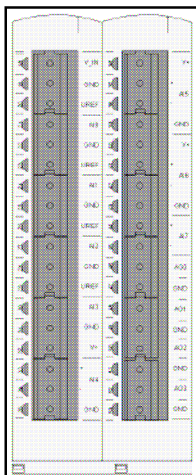
Termočlánek - mění tepelnou energii přímo na elektrickou energii. Při zahřívání termočlánek tvořeného dvěma dráty svařenými z různých kovů mají chladné konce drátů odlišný potenciál, tj. je mezi nimi elektrické napětí. Jednotlivé vstupy jsou galvanicky oddělené.



Obr.27 Karta pro připojení termočlánků

8.1.3 Karta pro připojení analogově vstupního a výstupního signálu

Karta je určena k měření analogově vstupních a výstupních signálů rychlosti a síly uzavírací jednotky stroje - a také k měření pohybu pohyblivých částí stroje. Připojení provádíme pomocí stíněného datového kabelu, podmínka – stínění kabelu musí být připojeno na stejný potenciál **GND 0V**.



Napájecí napětí, **V_IN +24 V, GND**

Připojení **AI0 – AI3**, 4 x analogové vstupní signály +,-10V

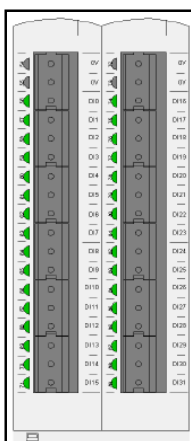
Připojení **AI4 – AI7**, 4 x analogové vstupní signály +,-10V

Připojení **AO0 – AO3**, 4 x analogové výstupní signály +,-10V

Obr.28 Karta pro připojení analogově vstupního a výstupního signálu

8.1.4 Karta pro připojení digitálně vstupního signálu

Karta je určena k připojení digitálního vstupního signálu – senzorů, spínačů a různých čidel.



16 bez napěťových vstupů pro připojení digitálního signálu

Vizuální kontrola přítomnosti signálu **Log 1** nebo **Log 0** je signalizováno diodami **LED** .

Log.1 – svítí dioda **LED**

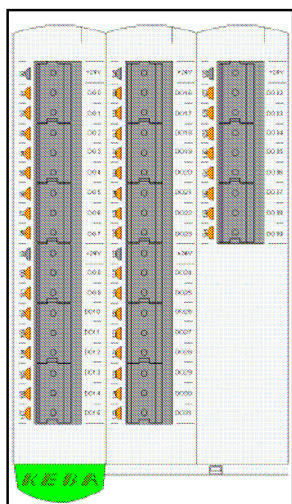
Log.0 – nesvítí dioda **LED**

Napětí **Log 1** je v rozsahu od 15 – 30 V

Obr.29 Karta pro připojení digitálně vstupního signálu

8.1.5 Karta pro připojení digitálně výstupního napětí

Karta je určena jako zdroj napájecího napětí 24 V DC – např. triaků, magnetoventilů a relé.



Napájecí +24VC se jmenovitým proudem **0,5A (DO0-DO7)**

Napájecí +24VKN se jmenovitým proudem **0,5A (DO8-DO15)**

Napájecí +24VK1S se jmenovitým proudem **2A (DO16-DO23)**

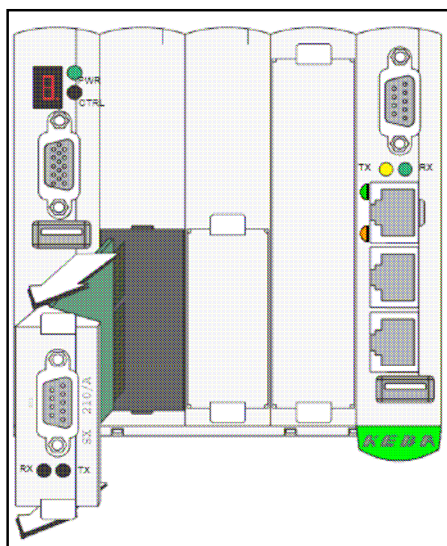
Napájecí +24VK1 se jmenovitým proudem **2A (DO24-DO31)**

Napájecí +24VKS se jmenovitým proudem **2A (DO32-DO39)**

Vizuální kontrola aktivního signálu je indikována diodami **LED** oranžové barvy.

Obr.30 Karta pro připojení digitálně výstupního napětí

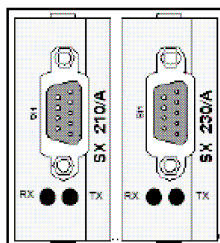
8.1.6 Rozšiřující modul SX 210/A, SX 230/A pro připojení externích zařízení



Rozšiřující karty mají RS 232 porty pro připojení externích zařízení.

Modul obsahuje vizuální kontrolu při komunikaci příjem a vysílání datového kanálu

– symboly **RX** zelená LED dioda, **TX** oranžová LED dioda.



Obr.31 Rozšiřující modul SX 210/A, SX 230/A

9 ZÁVĚR

Jedním s hlavních cílů mé bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s nejmodernějším způsobem ovládaní vstřikovacího lisu určeného pro zpracování různých druhů plastů.

V současném průmyslu využívají výrobci vstřikovacích lisů nejmodernější automatizované systémy založené na bázi nových technologií, hardwarového a softwarového vybavení, s moderními prvky ovládaní, které jsou přizpůsobené novým požadavkům na design a ergonomii obsluhy.

Automatizovaný systém řízení **CC200 A02** je stavební komplet elektronických modulů s řídicími a regulačními funkcemi, které je možné ovládat dle zvolené varianty. Řízení dnešních strojů je ve všech oborech založeno na použití mikroprocesorů. Nastavit stroj tak, aby skutečně dělal to, co je od něj požadováno, je dnes poměrně jednoduché. Dnešní způsoby ovládaní strojů jsou pro uživatele poměrně snadno srozumitelné. Moderní technika má člověku pomáhat a v případě řízení vstřikovacích lisů tomu tak skutečně je.

V ostatních částech bakalářské práce seznamuji čtenáře s problematikou vstřikování plastů, vstřikovacího cyklu stroje a zpracovatelskými vlastnostmi jednotlivých plastů.

Součástí mé práce jsou i informace o používaných senzorech, regulátorech a transformacích vyjadřujících informace číslicově nebo analogově.

Tato bakalářská práce může být využita pro firemní účely ke školení zaměstnanců a specializovaných pracovníků.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Prof.Ing.Stanislav Ďaďo,DrSc.,doc.Ing.Marcel Kreidl,CSc.:Senzory a měřící obvody,ČVUT,1996
- [2] Häberle Ha kol.:Průmyslová elektronika a informační technologie, Europa-Sobotáles cz.s.r.o,2003
- [3] Lenfeld P.: Technologie II. ,skripta,Technická univerzita v Liberci, 2005
- [4] Firma ENGEL Austria , Ovládací panel, operační manuál, 2007
- [5] Tkotz K. a kol.:Příručka pro elektrotechnika, Evropa-Sobotáles cz.s.r.o,2002
- [6] Firma ENGEL Austria , Hardware CC200 A02, Technický manuál, 2007
- [7] URL:< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm>
- [8] URL:< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Vstřikovací lis na plasty	9
Obr.2	Čtyřbitový převodník.....	18
Obr.3	Integrační převodník s jednoduchou integrací.....	19
Obr.4	Integrační převodník dvojnásobné integrace	20
Obr.5	Charakteristika integračního převodníku s dvojnásobnou integrací.....	20
Obr.6	Aproximační převodník	21
Obr.7	Tvary makromolekul.....	25
Obr.8	Průběh deformačních vlastností a amorfního plastu	26
Obr.9	Posloupnosti kroků vstřikovacího cyklu	30
Obr.10	Průběh vnitřního tlaku p_i v dutině formy během procesu vstřikování.....	31
Obr.11	Laminární tok taveniny plastů.....	32
Obr.12	Ovládací panel vstřikovacího lisu	36
Obr.13	Rozhraní na zadní straně ovládacího panelu	37
Obr.14	Spínací panel	38
Obr.15	Tlačítka Touch Screen a funkční tlačítka	40
Obr.16	Karta s uživatelským oprávněním.....	41
Obr.17	Ovládací panel	41
Obr.18	Konfigurovatelná tlačítka.....	42
Obr.19	Foliová tlačítka.....	42
Obr.20	Foliová tlačítka.....	43
Obr.21	Grafické zobrazení nastavovaných hodnot.....	44
Obr.22	Topení válce	44
Obr.23	Nastavení topení válce.....	45
Obr.24	Identifikace stavu topení válce	46
Obr.25	Automatizovaný systém řízení	47
Obr.26	Hardware CC200 A02.....	49
Obr.27	Karta pro připojení termočlánků	50
Obr.28	Karta pro připojení analogově vstupního a výstupního signálu	51
Obr.29	Karta pro připojení digitálně vstupního signálu.....	51
Obr.30	Karta pro připojení digitálně výstupního napětí.....	52
Obr.31	Rozšiřující modul SX 210/A,SX 230/A.....	52

12 OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

- text bakalářské práce v tištěné podobě ve formátu PDF
- manuál pro obsluhu vstřikovacího lisu firmy ENGEL ve formátu PDF