

**Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera**

Výrobní zařízení pro rotační tváření plastů

Bc. Michal Hůrka

**Diplomová práce
2011**

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Michal HŮRKA
Osobní číslo: D09859
Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje
Studijní obor: Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení v dopravě
Název tématu: Výrobní zařízení pro rotační tváření plastů
Zadávající katedra: Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Analýza problematiky tváření plastů
Seznámení se s koncepcemi a vlastnostmi zařízení na tváření plastů
Návrh koncepce prototypu zařízení
Projekt prototypu zařízení
Řešení otáčení zařízení
Řešení otvírání a zavírání vrat pece
Řešení pracovního cyklu a vlastního procesu ohřevu
Realizace a ověření prototypu zařízení

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Projektová a technická dokumentace výrobců zařízení na tváření plastů
www stránky a dostupná technická dokumentace výrobců zařízení
a prvků využívaných na těchto strojích

Chlebný J., a kol.: Automatizace a automatizační technika I, II, III, Com-
puter Press

Karger A., Kargerová M.: Základy robotiky a prostorové kinematiky,
ČVUT Praha

Drábek, O., Taufer, I.: Automatizované systémy řízení technologických
procesů, Pardubice : Vysoká škola chemicko-technologická, 1990

Zezulka F.: Prostředky průmyslové automatizace, Brno, VUTIUUM, 2004

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací
techniky v dopravě

Datum zadání diplomové práce: 4. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce: 31. května 2011

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.

doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 11. března 2011

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121 / 2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst.1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 5. 2011

Michal Hůrka

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, jejichž informace a pomoc mi umožnily napsat tuto diplomovou práci a realizovat popisované výrobní zařízení.

Děkuji panu Bc. Tomáši Kovalovi za jeho užitečné rady a pomoc při zpracování technické dokumentace.

Důležitou příležitost mi poskytlo vedení firmy zadavatele, když mi dovolilo podílet se na realizaci jejich výrobního zařízení OLDRITCH II. Také jim tímto děkuji.

Děkuji i vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Radovanu Dolečkovi, Ph.D za jeho cenné rady, pomoc, připomínky a celkové vedení diplomové práce.

Anotace:

Diplomová práce se zabývá výrobními zařízeními pro rotační tváření plastů. Téma práce bylo zvoleno s ohledem na možnosti rozvoje výroby plastových produktů a ekonomickou využitelnost těchto zařízení.

Práce je členěna do tří hlavních kapitol a dalších podkapitol. První kapitola se zabývá obecnými informacemi o plastech a jejich využití. Podává výklad o dělení plastů, jejich struktuře a termodynamických vlastnostech. Zároveň poskytuje informace o základech technologie zpracování plastů a o rotačním tváření. Druhá kapitola práce je zaměřena na koncepci a elektrotechnický návrh výrobního zařízení pro rotační tváření plastů. Podrobně pojednává o procesu a fungování navrhovaného výrobního zařízení. Třetí kapitola popisuje elektrotechnickou realizaci a provedení tohoto výrobního zařízení. Věnuje se elektrotechnické funkci výrobního zařízení a popisu schémat zapojení.

Práce je v příloze doplněna o schémata zapojení, která jsou klíčová pro popis fungování výrobního zařízení a výrazně napomáhají popisu tohoto zařízení.

Klíčová slova: rotační tváření plastů, výrobního zařízení, návrh, schéma zapojení

Annotation:

This thesis deals with the manufacturing devices for rotational moulding of plastics. The theme of this thesis was chosen in consideration of possibilities of development of manufacturing plastic products and economical applications of these devices.

The thesis consists of three main chapters and other sub-chapters. The first chapter deals with general information about plastics and their applications. It gives the explanation about the classification of the plastics, their structures and the thermodynamical properties. And also it provides information about the base of the technology of manufacturing plastic and rotational moulding. The second chapter is focused on the conception and the electrotechnical design of manufacturing device for rotational moulding of plastics. It describes the process and the function of the design manufacturing device. The third chapter describes the realization and the verification of this device including the descriptions of the circuit diagrams.

The thesis is completed by the circuit diagrams, which are keyword for understanding of the function and the operation of the manufacturing device, very helpful for the description of this device.

Keywords: rotational moulding, manufacturing devices, design, circuit diagram

Obsah

Úvod.....	10
1 Plasty a jejich vlastnosti	11
1.1 Dělení plastů.....	11
1.1.1 Dle aplikace a konstrukční složitosti vyráběných dílů.....	11
1.1.2 Dle působení teploty	12
1.1.3 Dle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti)	12
1.1.4 Dle druhu přísad.....	13
1.1.5 Dle polaritý	14
1.1.6 Dle chemické struktury plastů	14
1.1.7 Dle původu	14
1.2 Molekulární a nadmolekulární struktura plastů	14
1.3 Termodynamické vlastnosti plastů.....	16
1.4 Technologie zpracování plastů	19
1.5 Rotační tváření plastů.....	19
1.5.1 Proces rotačního tváření plastů.....	21
1.6 Přehled komerčně využívaných strojů pro rotační tváření	23
1.6.1 Koncepce „Rock and Roll“	24
1.6.2 Koncepce kyvadlová	24
1.6.3 Koncepce rámová	24
1.6.4 Koncepce vertikální.....	24
1.6.5 Koncepce karusel.....	25
1.6.6 Připravované koncepce nových zařízení.....	26
2 Koncepce a elektrotechnický návrh výrobního zařízení	27
2.1 Popis výrobního zařízení	27
2.1.1 Základní parametry výrobního zařízení.....	27
2.1.2 Pracovní cyklus výrobního zařízení.....	29
2.2 Návrh elektrotechnického provedení výrobního zařízení	31
2.2.1 Systém napájení a ovládání zařízení	32
2.2.2 Systém otvírání a zavírání vrat pece	33
2.2.3 Systém otáčení točny po 120°	33
2.2.4 Systém regulace teploty a vytápění pece.....	34
2.2.5 Systém cirkulace vzduchu uvnitř pece	34
2.2.6 Systém časového cyklu.....	34
2.2.7 Systém otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen	34
2.2.8 Systém chlazení forem.....	35
2.2.9 Rotační spojka	35
2.2.10 Hlavní rozvaděč	36
2.2.11 Ovládací panel	36
3 Realizované elektrotechnické provedení výrobního zařízení	38
3.1 Funkce zařízení	38
3.1.1 Přehled použitých symbolů ve schématech	39
3.1.2 Napájení a ovládání výrobního zařízení.....	41
3.1.3 Otvírání a zavírání vrat pece	43
3.1.4 Otáčení točny po 120°.....	45
3.1.5 Systém regulace teploty a vytápění pece hořákem AHD1 3	48
3.1.6 Cirkulace vzduchu pece	51
3.1.7 Obvod časového cyklu	52
3.1.8 Otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen	52
3.1.9 Chlazení forem.....	54

3.1.10 Rotační spojka	55
Závěr	57
Seznam použité literatury	58
Seznam použitých obrázků	59
Seznam obrázků	60
Seznam zkratk.....	61
Příloha 1: Schéma 1	62
Příloha 2: Schéma 2	63
Příloha 3: Schéma 3	64
Příloha 4: Schéma 4	65
Příloha 5: Schéma 5	66
Příloha 6: Schéma 6	67
Příloha 7: Schéma 7	68
Příloha 8: Schéma 8	69
Příloha 9: Schéma 9	70
Příloha 10: Schéma 10	71
Příloha 11: Schéma 11	72
Příloha 12: Schéma 12	73
Příloha 13: Schéma 13	74
Příloha 14: Schéma 14	75
Příloha 15: Schéma 15	76
Příloha 16: Schéma 16	77
Příloha 17: Schéma 17	78
Příloha 18: Schéma 18	79

Úvod

Diplomová práce na téma „Výrobní zařízení pro rotační tváření plastů“ se zabývá elektrotechnickým návrhem a konkrétní elektrotechnickou realizací výrobního zařízení OLDRITCH II pracujícího na principu rotačního lití plastů. Tato technologie umožňuje výrobu plastových dutých výrobků rozmanitých tvarů. Jedná se o čtyřstavový pracovní proces, skládající se z naplnění formy výrobním materiálem, ohřevu formy na vysokou teplotu, ochlazení formy a následné vyjmutí konečného výrobku z formy.

V úvodu této práce je provedena analýza používaných výrobních materiálů a základních principů technologie rotomouldingu, koncepce používaných zařízení v praxi s využitím dostupných materiálů. Při návrhu výrobního zařízení je cílem minimalizovat náklady na jeho výrobu a vycházet ze zařízení dle požadavků zadavatele.

Následně je vypracován koncept se základními provozními parametry pro realizaci funkčního ověření prototypu zařízení. Dále jsou objasněny principy činnosti jednotlivých subsystémů výrobního zařízení s odkazem na schémata uvedené v přílohách.

1 Plasty a jejich vlastnosti

Na trhu se lze setkat s několika tisíci nejrůznějších druhů plastů, využitelných pro technickou praxi je však ve výraznější míře pouze pár desítek druhů.

Při volbě plastu pro využití ve zpracovatelském průmyslu je třeba uvažovat jeho vlastnosti a cenu, zároveň také zpracovatelnost. Zpracovatelnost plastů významně ovlivňuje mechanické i fyzikální vlastnosti konečného výrobku, jakož i technologické podmínky, konstrukční řešení nástroje a volbu stroje.

Hlavní výhody plastů jsou následující: nízká měrná hmotnost, vynikající zpracovatelské vlastnosti, korozní odolnost, tlumení nárazů, chvění apod. V neposlední řadě jsou plasty též elektrické izolanty. Mezi nevýhody plastů patří nízké mechanické a časově závislé vlastnosti a ekologická zátěž.

Plasty jako synteticky připravované makromolekulární látky vznikají polyreakcemi. Jde o jednoduché, mnohokrát opakované chemické reakce, při kterých původní nízkomolekulární sloučenina monomér přechází ve vysokomolekulární látku nazývanou polymer. Polymer je dále smísen s dalšími přísadami a převeden do žádoucí formy (granule, prášek, tablety, atd.), čímž se z polymeru stává plast. Termínem polymer je označována chemická látka, plast je technický materiál, který má vhodné užité vlastnosti.

1.1 Dělení plastů

Klasifikace plastů je různorodá, záleží na zvoleném hledisku rozdělení.

1.1.1 Dle aplikace a konstrukční složitosti vyráběných dílů

- plasty pro široké použití - polyolefiny (PE, PP), polystyrénové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF),
- plasty pro inženýrské aplikace - polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylén (POM), polymethylmetakrylát (PMMA), terpolymer ABS, polyfenilénoxid (PPO), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice),
- plasty pro špičkové aplikace - polysulfon (PSU), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylén (PTFE), polyimidy (PI).

1.1.2 Dle působení teploty

- termoplasty - polymerní materiály, jež při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kdy je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod určitou teplotu (teplota tání T_m v případě semikrystalických plastů, teplota viskózního toku T_f u amorfních plastů). Při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze tudíž proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot, např. polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), atd.
- reaktoplasty (dříve nazývané termosety) - polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak pouze omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, protože 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 - polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak stejně jako reaktoplasty jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury a probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá pouze fyzikální děj.

1.1.3 Dle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti)

- amorfní plasty, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. polystyren (PS), polymethylmetakrylát (PMMA), polykarbonáty (PC), apod. Charakteristickými znaky amorfních plastů jsou tvrdost, křehkost, vysoká pevnost, modul pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré, transparentní anebo průhledné.

Součinitel teplotní roztažnosti α -alfa je menší, než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zeskenění T_g .

- krystalické (semikrystalické) plasty již 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 polyolefiny (PE, PP), polyamidy (PA), tetrafluoretylén (PTFE), polyoximetylén (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 .

1.1.4 Dle druhu přísad

- neplněné plasty - plasty, u nichž 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.

Plniva jsou používána z důvodu zlepšení mechanických vlastností materiálu, chemické odolnosti či tvarové stálosti při zvýšené teplotě, nebo pro snížení ceny hmoty. Rozeznáváme vyztužující plniva (skleněná, uhlíková, kovová či méně účinná bavlněná krátká nebo dlouhá vlákna, popř. textilní ústřížky do obsahu maximálně 50 %, neboť pro správnou funkci vyztužujícího plniva je důležité, aby bylo dokonale obaleno pojivem) a nevyztužující plniva ve formě prášku, které se přidávají většinou z důvodu snížení ceny materiálu (moučka z břidlice, kaolinu, křídly a dalších levných materiálů).

Další druhy plniv jsou používány pro zlepšení kluzných vlastností, tepelné vodivosti, zvýšení odolnosti proti UV záření, zpomalení degradačních procesů, usnadnění zpracování polymerů, dosažení požadované barvy, zlepšení houževnatosti, zpracovatelnosti a ohebnosti materiálů atd.

1.1.5 Dle polarity

- polární plasty – mají trvalý dipól (polyamidy (PA), některé pryskyřice apod.)
- nepolární plasty – nemají trvalý dipól (polyolefiny (PE, PP), polystyren (PS), apod.)

1.1.6 Dle chemické struktury plastů

Z tohoto dělení byly odvozeny chemické názvy - polyolefiny, styrenové plasty, polyamidy apod.

1.1.7 Dle původu

- přírodní – založeny na přírodních makromolekulárních látkách, např. na bázi celulózy, latexu, kaseinu atd.
- syntetické – k výrobě je použita chemická cesta.

1.2 Molekulární a nadmolekulární struktura plastů

Plasty jsou makromolekulární látky o molekulové hmotnosti vyšší jak 10⁴, z chemického hlediska se jedná o látky organické. Podstatou polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu, v jejíž makromolekule se jako článek řetězu mnohokrát opakuje základní monomerní jednotka. Základním prvkem řetězce je atom uhlíku.

Existují tři druhy polymerních makromolekul: lineární, rozvětvené (termoplasty) a zesíťované (kaučuky, reaktoplasty):

- lineární makromolekuly vznikají tak, že se monomerní molekuly řadí jedna vedle druhé. Mohou se z prostorových důvodů více k sobě přiblížit a vyplnit tak spojitější prostor. Polymery poté mají i vyšší hustotu (např. vysokohustotní polyethylen HDPE). Plasty s lineárními makromolekulami jsou obvykle dobře rozpustné a tavitelné (díky dobré pohyblivosti makromolekul), v tuhém stavu je pro ně charakteristická houževnatost a ve formě tavenin dobrá zpracovatelnost.
- rozvětvené makromolekuly se vyznačují tím, že mají na základním řetězci boční větve. Právě kvůli těmto bočním větvím se k sobě rozvětvené makromolekuly (na rozdíl od makromolekul lineárních) nemohou dostatečně

přiblížit. Proto je pro ně typická nižší hodnota hustoty (např. nízkohustotní polyethylen LDPE). Rozvětvení zhoršuje i pohyblivost makromolekul a v důsledku toho i tekutost v roztaveném stavu. Větší vzdálenost mezi makromolekulami má za následek pokles mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností.

- zesíťované makromolekuly – v případě této struktury je několik přímých nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců mezi sebou propojeno vazbami a vytvářejí tak prostorovou síť. Takováto síť vede ke ztrátě tavitelnosti a rozpustnosti polymeru. Polymery s touto strukturou tak vykazují vysokou tvrdost, tuhost a odolnost proti zvýšené teplotě, avšak nízkou odolnost proti rázovému namáhání. Sítě mohou být řídké (elastomerní kaučukovité polymery) nebo husté (reaktoplasty).

Struktura nadmolekulární může být stanovena jednak jako amorfní a jednak jako krystalická. Lineární makromolekuly vytvářejí uspořádanější nadmolekulární struktury na rozdíl od rozvětvených makromolekul. Neuspořádanou strukturu vytvářejí zesíťované makromolekuly. Termoplasty mohou mít semikrystalickou nadmolekulární strukturu nebo amorfní strukturu. Reaktoplasty mohou mít pouze strukturu amorfní.

- amorfní struktura představuje strukturu bez jakékoli uspořádanosti (struktura chaotická).
- krystalická struktura znamená strukturu s určitým stupněm uspořádanosti.

Polymery krystalizující v reálných podmínkách technologického zpracování nemají možnost dokonalé krystalizace, tzn. že krystalizace se nezúčastní veškerá polymerní hmota, krystalizuje jen určité procento polymeru. Určitá část daného polymeru bude krystalická a zbylá část polymeru zůstane v amorfním stavu. Takto vznikají tzv. semikrystalické polymery. Stupeň krystalinity vyjadřuje míru uspořádání ve struktuře polymeru, tedy relativní poměr krystalických oblastí v hmotě polymeru. Pro vznik semikrystalické struktury je nutná tvorba krystalizačních zárodků (tzv. nukleace), na nichž poté rostou krystality. Nukleace probíhá při ochlazování taveniny, která je amorfní struktury. Pod teplotou zesílnění T_g a nad teplotou tání T_m k nukleaci nedochází. Druhým nedílným faktorem mající vliv na tvorbu krystalické fáze je čas, který má polymer k dispozici. Chceme-li dosáhnout jemnozrnné struktury, musí krystalizace probíhat při takové teplotě, kdy se tvoří velké množství zárodků.

K získání co nejlepších mechanických vlastností polymeru je třeba přesně řídit jak krystalizaci, tak následné ochlazování budoucího výrobku. Hlavní prvky nadmolekulární struktury výrobku se utvářejí v průběhu chladnutí výrobku. Podmínky tuhnutí nejsou stejné ve všech částech výrobku a krystalizace je nerovnoměrná.

Z hlediska technologického vzniká nestejnorodý, anizotropní materiál. Prvotně polymer chladne u stěn formy, nejdéle zůstává v tekutém stavu uprostřed dutiny formy, tedy v jádře vznikajícího výrobku (u semikrystalických plastů je tak v jádru nejvyšší stupeň krystalinity, ve slupce tělesa naopak nejnižší). V krystalické oblasti polymeru bude mít materiál s vyšším stupněm krystalinity spíše lineární tvar makromolekuly. Vlivem těsnějšího uspořádání makromolekul v krystalických oblastech a vlivem vyšších mezimolekulárních sil se bude polymerní materiál s vyšším stupněm krystalinity projevovat vyšší hodnotou pevnosti, tuhosti a tvrdosti. Důsledkem krystalizace je ztráta průhlednosti materiálu. Hustota amorfního polymeru je menší než hustota polymeru semikrystalického. Při průchodu světla hmotou, v důsledku různého indexu lomu, dochází k jeho rozptylu na drobných krystalických útvarech uvnitř výrobku z plastu. Semikrystalický plast se jeví jako mléčně zakalený. Amorfní plast je čirý, průhledný.

1.3 Termodynamické vlastnosti plastů

Vlastnosti polymerů jsou závislé především na teplotě. V určité oblasti teplot probíhají změny vlastností materiálu rychleji anebo se mění skokově. Takové oblasti jsou nazývány přechodové a v těchto oblastech existují přechodové teploty.

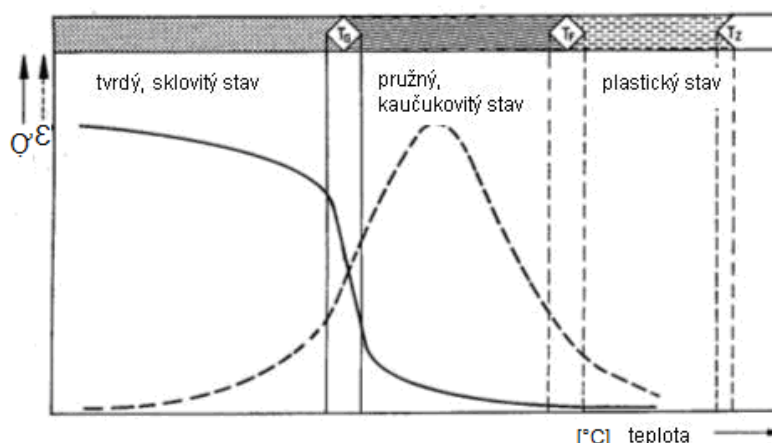
- teplota viskózního toku u amorfních plastů
- teplota tání T_m u semikrystalických plastů
- teplota zesklenní T_g – neboli teplota skelného přechodu

Amorfní plasty mají hodnotu meze pevnosti v tahu (pružnosti) v přechodové oblasti v okolí teploty zesklenní T_g , tato hodnota se mění skokově. Přesná hodnota závisí na velikosti mezimolekulárních sil (čím budou mezimolekulární síly větší, tím bude teplota zesklenní vyšší) a ohebnosti řetězců (čím budou mezimolekulární síly menší a ohebnost větší, tím bude teplota zesklenní nižší). Hodnotu teploty zesklenní lze ovlivnit například přidávkem změkčovadel, která způsobí snížení mezimolekulární soudržnosti a tím i nižší teplotu zesklenní T_g . Nejnižší hodnotu teploty zesklenní

T_g vykazují kaučuky, mají totiž malé mezimolekulární síly a velmi ohebné řetězce, a také semikrystalické plasty (např. polyolefiny (PE, PP)) (Obr. 1)

Přechodové teploty pro některé druhy plastů:

- PP polypropylen $T_m = 170\text{ °C}$, $T_g = -15\text{ °C}$
- PS polystyren $T_g = 95\text{ °C}$
- PVC polvinylchlorid $T_g = 87\text{ °C}$
- PE polyolefiny $T_m = 170\text{ °C}$
- PP polyolefiny $T_m = 170\text{ °C}$
- PA polyamidy $T_m = 223 \div 260\text{ °C}$, $T_g = 50\text{ °C}$
- PTFE tetrafluoretylén $T_m = 327\text{ °C}$
- POM polyoximetylén $T_m = 175\text{ °C}$

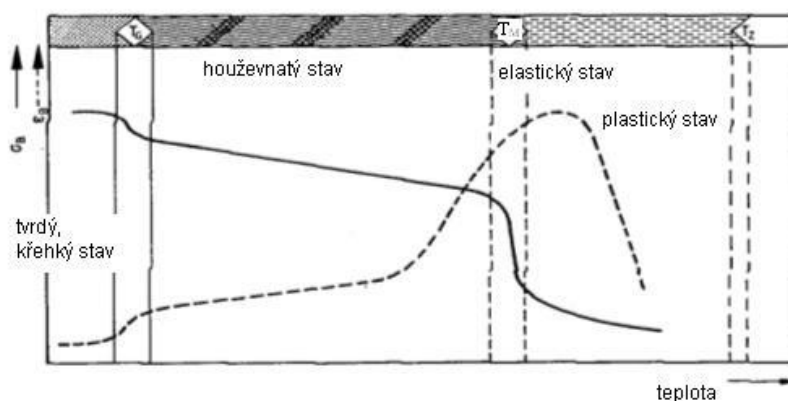


Obrázek 1: Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [1]

Nastane-li teplota viskózního toku T_f , dojde k nárůstu intenzity změn vlastností polymeru. Při teplotě viskózního toku T_f začne hmota ztrácet kaučukovité vlastnosti a přeměňuje se ve vysoce viskózní kapalinu. Nad danou teplotou se nachází oblast zpracovatelnosti materiálu. Teplotním navýšením klesají mezimolekulární síly a dojde ke snížení viskozity taveniny. Překročí-li teplotní zvyšování určitou mez T_z , začne probíhat tepelná degradace polymeru.

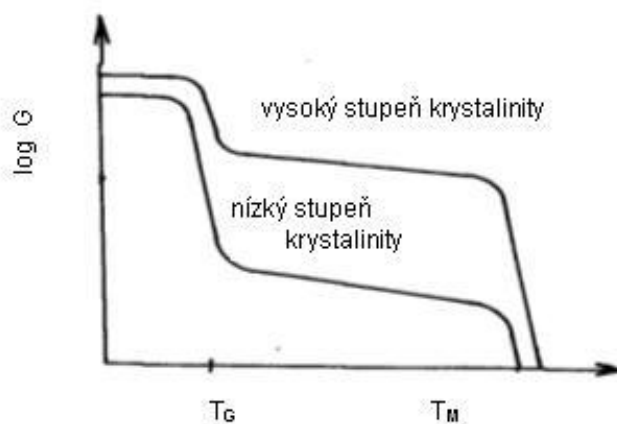
Semikrystalické polymery se vyznačují rychlejšími změnami vlastností v oblasti teplot charakterizující teplotu tání T_m . Při dosažení teploty tání T_m dochází u semikrystalických polymerů k rozpadu a tání krystalitů, jež je doprovázeno změnou fáze formy, přechází z tuhého stavu do kapalného.

Vlastní tání probíhá v daném teplotním intervalu, kde teplota tání T_m symbolizuje střed tohoto teplotního intervalu. Na velikosti makromolekul a mezimolekulárních sil závisí určitá hodnota teploty tání T_m . Zvýšení obou veličin se projeví zvýšenou teplotou tání T_m (Obr. 2).



Obrázek 2: Průběh deformačních vlastností u semikrystalického plastu [1] viz Obr. 1

Z důvodu obsahu určitého množství amorfních podílů u semikrystalických polymerů, můžeme stanovit teplotu zesklenní, jež charakterizuje zásadní změny vlastností polymeru. Dané změny vlastností se týkají jen amorfní složky hmoty, tedy polymer bude prokazovat vyšší stupeň krystalinity (vyšší uspořádanost). V důsledku toho budou změny T_g méně patrné (Obr. 3).



Obrázek 3: Vliv stupně krystalinity na modul pružnosti ve smyku [1] viz Obr. 1

1.4 Technologie zpracování plastů

Zpracování plastů probíhá při takových termodynamických podmínkách, které umožňují dodat plastům požadovaný tvar za předpokladu, že nedojde k nepříznivému ovlivnění jejich fyzikálních nebo mechanických vlastností. Při zpracování plastů se využívá řada technologií. Volba technologie závisí na technologických vlastnostech zpracovávaného plastu a dále na požadovaném tvaru a funkci finálního výrobku. Při výrobě koncového výrobku může být použito více zpracovatelských technologií.

1.5 Rotační tváření plastů

Rotační tváření plastu, nebo-li rotační natavování je také známo pod pojmem rotomoulding. Rotační tváření se řadí mezi poměrně mladé technologie. Prvopočátky tohoto způsobu zpracování plastů se objevily ve 40. letech 20. století. K následnému rozvoji těchto výrobních technologií došlo od 50. let 20. století. V 80. a 90. letech došlo k největšímu rozvoji technologie rotačního tváření. Rotomoulding patří do plastikářského zpracovatelského odvětví, které zaznamenává značný rozmach.

V počátku bylo rotační tváření omezeno hlavně na výrobu jednoduchých dutých těles. Celkový proces výroby byl ve svých začátcích kolem roku 1940 velmi pomalý. Na trhu byla k dispozici jen malá škála výrobních surovin. Realizovatelné byly pouze jednoduché geometrické tvary (válcové a pravoúhlé formy) finálních výrobků, což bránilo výraznějšímu rozvoji tohoto výrobního postupu.

Nadprůměrný růst tohoto způsobu zpracování plastů kladně ovlivňuje využití nových surovin a jejich příznivá cena, v neposlední řadě pak zlepšení vývoje v oblasti výroby pro dopravní techniku a také větší využití rotačního tváření plastů při výrobě spotřebního zboží, jakož i stále se rozšiřující automatizovaná řešení výrobních strojů pro rotační tváření plastů. Ve vývoji strojů pro rotační tváření se v hojné míře prosazuje zkrácení doby pracovních cyklů (rychlá výměna forem) s ohledem na zachování potřebného času pro tepelnou přeměnu výrobní suroviny (polotovaru) ve finální výrobek.

Stále se rozšiřující sortiment nových surovin a nepřeberné množství tvarů forem nebrání velmi širokému rozvoji dnes hojně používanému zpracovatelskému procesu rotačního tváření plastů. Tato metoda zpracování plastů je již vhodná i pro specifická

tvárová zadání finálního výrobku. Nelze pominout, že je to i jedna z metod pro výrobu bezešvých dutých výrobků s pravidelnou strukturou a tvarovou pamětí. Výrobky mají přirozeně zesílené hrany, pružnější a tenčí stěny. Při výrobním procesu se dají do výrobku případně zatavit další technologické komponenty pro širší využití koncového výrobku.

V začátcích rotačního tváření bylo možné vyrábět jednodušší výrobky (pravoúhlé a válcové formy) na systémech s neuzavřeným ohřevem formy. V současnosti jsou realizována výrobní zařízení již s velice propracovanou technologickou koncepcí otáčení, ohřevu, chlazení a uspořádání uchycení forem. V dnešní době může být dle velikosti finálního výrobku připevněno při jednom výrobním procesu i více forem najednou. Zhotovované výrobky mohou být rozličného tvaru, velikosti a provedení dle požadavků zadavatele výrobku. Hlavním předpokladem pro výrobu takto složitých výrobků je, aby byly vzájemně správně zvoleny tavné teploty výrobních surovin, rychlost otáčení a doba ohřívání formy a také intenzita a čas ochlazování formy.

Nejfrekventovanější výrobní surovinou v technologii rotačního natavování plastů jsou polyolefiny (PE, PP), polyamidy (PA) a polyvinylchlorid (PVC). Tyto materiály jsou relativně levné a snadno zpracovatelné. Nabízejí dobrou tepelnou stabilitu, chemickou stálost a výborné mechanické vlastnosti. Materiál lze barevně upravit dle požadavků zákazníka. Výrobní suroviny jsou zpravidla ve formě granulátu, prášku nebo tekutiny.

Výhodou rotačního beztlakového natavování je vcelku jednoduchá výroba jednostěnných forem, což předurčuje tuto výrobní metodu i pro produkci výrobků v omezených, malých sériích. Snadno vyrobitelné formy umožňují výrobu prvků s náročným designem a konstrukcí. Formy pro rotomoulding jsou většinou vyráběny z válcovaného hliníku nebo jako odlitek, který je následně opracován na CNC strojích. Na tyto formy jsou kladeny velké nároky z důvodu teplotních změn po celou dobu výrobního procesu, což nese vysoké požadavky na stálost, pevnost a těsnost dělících ploch dané formy.

Výhody technologie rotačního tváření plastů jsou zejména v posunu kvality výroby plastů s vyšší užitnou hodnotou. Výrobními výhodami je efektivní a snadné zatavení různých vložených dílů do samotného výrobku a minimální výrobní odpad. Tato technologie je vhodná pro zpracování malých i velkých výrobků. Poskytuje velkou

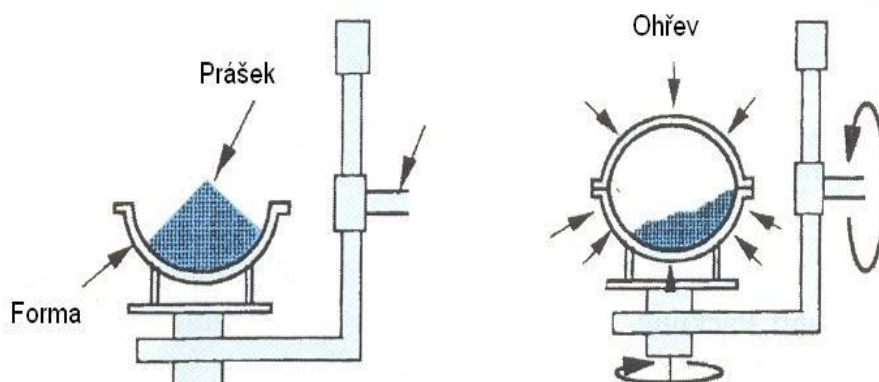
volnost při výrobě dutých těles, která se jinými zpracovatelskými postupy nedají snadno vyrobit.

V rámci této technologie lze uskutečnit komplikované geometrické tvary, různost barevných provedení a úprav povrchu (lesklé, matné) koncového výrobku. Předností technologie jsou poměrně nízké investiční nároky, možnost paralelní výroby různých tvarů a vícevrstvých výrobků. Výrobky zpracované technologií rotomouldingu se vyznačují statickou odolností, jsou zhotoveny bez vnitřního napětí a neobsahují žádné spojovací linie, jako jsou svary. Svařované produkty se totiž vyznačují v místě svaru statickým oslabením.

Nevýhodou je především vysoká zpracovatelská teplota a dlouhý výrobní cyklus s ohledem na prvotní výběr vstupního materiálu.

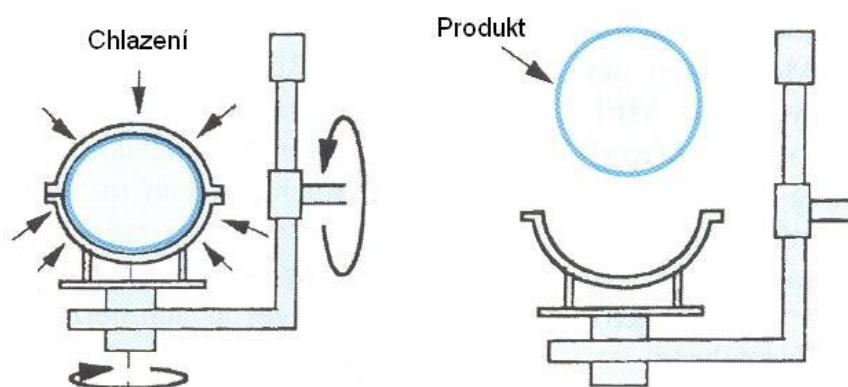
1.5.1 Proces rotačního tváření plastů

Rotační tváření je moderní technologie složená ze čtyř výrobních cyklů. V prvním cyklu je do předem připravené duté formy vloženo potřebné množství výrobní suroviny ve formě granulátu, prášku nebo tekutiny. Následně je forma uzavřena. V druhém cyklu začne forma rotovat kolem dvou vzájemně kolmých os, přičemž je zahřívána na požadovanou teplotu dle druhu zvolené výrobní suroviny. Dochází tak k rovnoměrnému rozmístování a roztavování výrobní suroviny na vnitřních stěnách formy. Druhý cyklus probíhá po předem stanovený časový úsek (Obr. 4).



Obrázek 4: Naplnění formy surovinou, ohřev a rotace formy [2]

Ve třetím cyklu začíná chladicí proces formy. Podle požadovaných vlastností jsou aplikovány různé chladicí způsoby. Využívá se proudícího vzduchu, směsi vzduchu s vodou (mlha) nebo přímého vodního chlazení. Ve čtvrtém cyklu je z formy vyjmut finální výrobek. Poté je výrobní proces znovu zahájen novým plněním formy výrobní surovinou. Všechny po sobě následující zpracovatelské cykly probíhají bez tlaku uvnitř formy (Obr. 5).



Obrázek 5: Rotace při chlazení a následné vyjmutí výrobku [2]

1.6 Přehled komerčně využívaných strojů pro rotační tváření

Hlavním pramenem čerpání informací o komerčním využívání strojů pro rotační tváření byly pro tuto diplomovou práci konzultace se zadavatelem, který se v této oblasti pohybuje již několik let, a jeho interní materiály pro danou problematiku. Další podklady byly získány díky návštěvám spojených s konzultacemi ve fungujících provozech. Neopomenutelným zdrojem informací jsou webové stránky výrobců a provozovatelů těchto zařízení, které poskytují větší či menší množství důležitých nebo použitelných informací.

Pro představu o fungování daných zařízení uvádím následný stručný přehled komerčně používaných strojů při technologii rotomouldingu. Všechny systémy rotačního tváření plastů se skládají z formy, pece (zahřívací komory), ochlazovací komory a určitého počtu vřeten. Formy jsou užívány pro vytváření dílců a určují tvar hotového výrobku.

Obvykle jsou vyráběny z hliníku, a to různými technologiemi:

- Odléváním
- Dílenským zpracováním kovových plátů (zde se jedná o kombinaci více procesů jako ohýbání a svařování)
- Elektroformingem, při této technologii jsou nejčastěji používanými materiály nikl a měď
- Strojním obráběním

Drsnost povrchu dutiny formy je odvislá od požadavků na povrch výrobku. Lze použít dutinu neopracovanou, např. pro velkoobjemové nádrže a kontejnery, naopak pro vysokou kvalitu povrchu výrobku lze použít dutinu z teflonu.

Pec slouží k zahřátí formy a materiálu v dutině formy. Vlivem tepla, kterému je forma vystavena, se materiál připéká na povrch dutiny formy. Forma se zároveň otáčí kolem dvou os, dojde tedy k pokrytí dutiny formy výrobním materiálem.

Chladicí komora, jak již název určuje, je použita v době předposledního stadia procesu tváření, tedy chlazení. Ochlazení formy a materiálu v její dutině lze dosáhnout pomocí proudícího vzduchu (prostřednictvím ventilátorů) nebo sprchováním formy vodou (v tomto případě musí být komora vybavena

rozprašovačem nebo sprchou). Vřetena zajišťují rotaci formy, a tím celistvé pokrytí dutiny formy výrobním materiálem.

1.6.1 Koncepce „Rock and Roll“

Jedná se o jednoramenný systém, jehož hlavní odlišnost oproti ostatním typům je v úhlech pohybu obou os. V hlavní ose se otáčí formou o 360° a zároveň se naklání formou o 45° nahoru nebo dolů v ose druhé, vedlejší. K zahřívání je využíván otevřený plamen. Tyto typy patřily k prvním strojům v technologii rotomoulding, vyvinutých pro výrobu velkých dílů. Novější typy zahřívají formu horkým vzduchem v pracovní komoře. Tyto stroje jsou vhodné pro výrobu velkých dílů s velkým poměrem délky a šířky, pro něž jsou cenově výhodnější než víceramenné otočné stroje.

1.6.2 Koncepce kyvadlová

Jedná se o jednoramenné otočné stroje. Jejich název vyplývá z pohybu, který vykonávají během procesu. Hlavní vřeteno formou houpe. Forma je tedy umístěna na hlavním vřetenu a otáčí se ve dvou osách. Zatímco probíhá otáčivý pohyb, hlavní vřeteno celou formu umístí do pece a následně do chladicí komory. Tyto jednoramenné typy strojů jsou relativně levné a používají se pro produkci výrobků velkých rozměrů. Hlavní nevýhodou těchto typů je možnost použití pouze jedné formy, což vede k menší efektivitě pracovního času stroje.

1.6.3 Koncepce rámová

I tento typ stroje je jednoramenný. Forma je upevněna v rámu, který je držen na obou stranách dalšími dvěma rameny. Rám se s formou otáčí v jedné ose. Zahřívání i ochlazování probíhá v jedné komoře, a tak celý systém zabere méně místa než jeho ekvivalent – kyvadlový typ. Tato varianta je vzhledem k velikosti vyráběného produktu relativně levná. Často se tento typ používá ve výrobě velkoobjemových kontejnerů a nádrží. V menších rozměrech je nalezneme např. ve školách, při výrobě prototypů nebo vysoce kvalitních modelů.

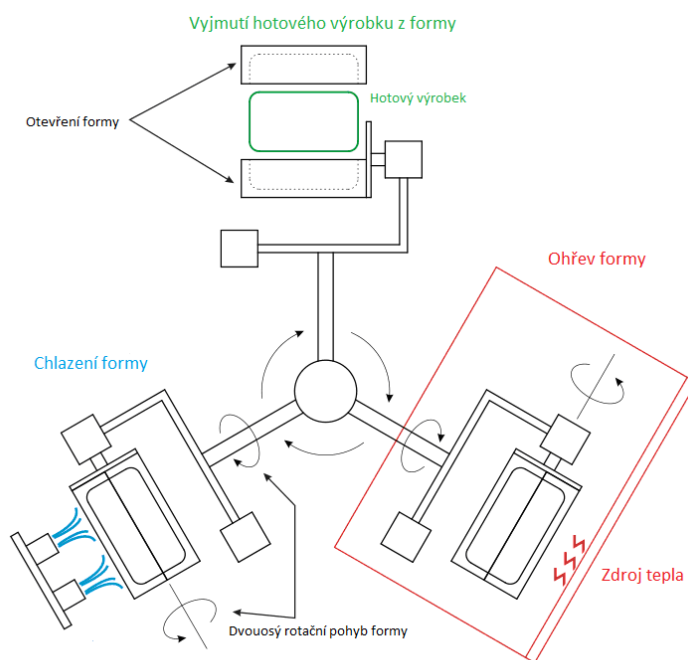
1.6.4 Koncepce vertikální

Mezi další méně používaný typ patří víceramenný stroj pohybující se svisle. Plnicí a vyprazdňovací plocha je umístěna naproti stroji mezi zahřívací a chladicí komorou.

Tyto stroje mají stejné možnosti jako systémy horizontální víceramenné, avšak zaberou méně místa.

1.6.5 Koncepce karusel

Tento systém je v dnešní době nejběžněji používaný typ stroje pro rotační tváření (Obr. 6). Oproti předchozím typům se jedná o víceramenný systém - otočné věže až se šesti rameny pro upevnění forem (častěji jsou však využívány varianty se třemi nebo čtyřmi rameny). Od poloviny 90. let je nejpoužívanější tříramenný stroj s pevnou otočnou věží, s níž se musí všechna tři ramena pohybovat společně. Obvykle je jedno rameno v zahřívací komoře, druhé rameno v chladicí komoře a třetí v naplňovacím, nebo vyprazdňovacím prostoru. To jsou ideální podmínky k umístění stejné formy na každé rameno. Komplikace nastanou, pokud je jedno rameno zatíženo formou odlišného tvaru, neboť díly s různým časem potřebným k ohřátí mají jinou tloušťku stěny než ostatní díly. Řešení tohoto problému bylo nalezeno vyvinutím stroje s rameny pohybujícími se nezávisle na sobě. Možnost vzájemně nezávislého pohybu ramen umožňuje ponechávat jednotlivá ramena s formami v různých fázích procesu po rozdílné časové úseky, což je výhodné pro produkci dílů odlišných tvarů, velikostí a tlouštěk stěn.



Obrázek 6: Koncepce karusel [3]

1.6.6 Připravované koncepce nových zařízení

Ve vývoji jsou nyní dva nové typy strojů pro rotační tváření plastů, od nichž se očekávají nové způsoby výroby. Například v oblasti zahřívání formy a materiálu se počítá s pokrokem díky infračervenému záření. Takto ohřívaná forma by zkrátila dobu zahřívání o několik minut.

2 Koncepce a elektrotechnický návrh výrobního zařízení

2.1 Popis výrobního zařízení

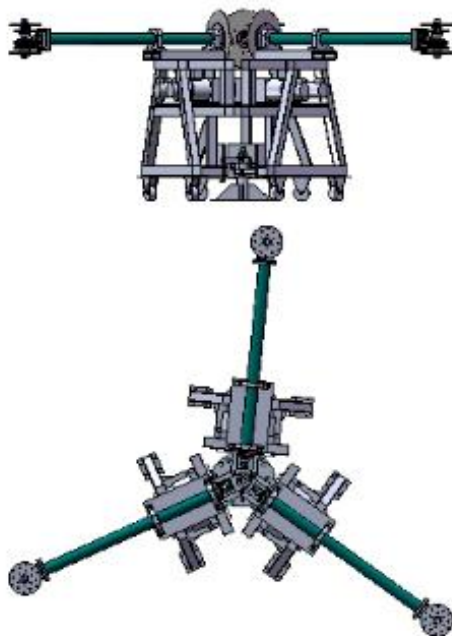
Výrobní zařízení OLDRITCH II je určeno pro výrobu plastových výrobků formou rotační tváření plastů – rotomoulding. Technologie rotomoulding je vysokoteplotní, nízkotlaké tváření polymerních materiálů ve formě, které používá teplo a pomalý, dvouosý otočný pohyb k výrobě dutých plastových výrobků. Filozofie konstrukčního řešení výrobního zařízení vychází z modulární koncepce jednotlivých bloků s co nejmenší vazbou a nezávislostí mezi nimi. Důvodem volby daného způsobu řešení je vytvoření takové struktury výrobního zařízení, aby byla umožněna co největší variabilita a flexibilita z hlediska uživatele a jeho potřeb na případnou výměnu některých bloků za jiné.

Zadavatel také požadoval použití určitých technologií a polotovarů, což bylo při elektrotechnickém konceptu výrobního zařízení nutno dodržet. Zároveň musí být výrobní zařízení řešeno konstrukčně tak, aby případně umožňovalo změny v závislosti na získaných zkušenostech s výrobou tohoto zařízení.

Ze strany zadavatele byl vznesen požadavek na realizaci elektrotechnického řešení výrobního zařízení OLDRITCH II určeného pro rotační tváření plastů. Mechanická část tohoto prototypu byla v době zadání již realizována a její případná úprava s ohledem na požadavky elektrotechnické bude prováděna následně.

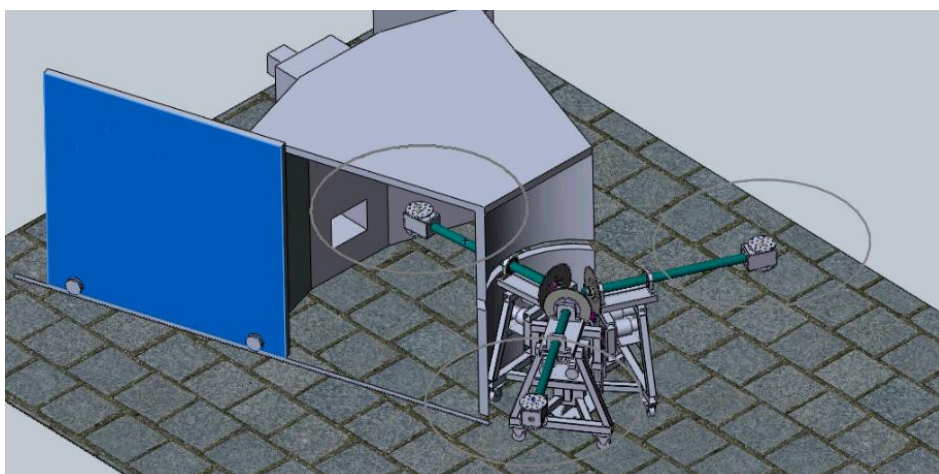
2.1.1 Základní parametry výrobního zařízení

Výrobní zařízení je typu karusel. Tento systém je v dnešní době jednou z nejběžněji používaných koncepcí typu stroje pro rotační tváření. Jedná se o tříramenný systém pevné otočné věže (točny), kde se všechna tři ramena pohybují společně (Obr. 7). Jedno rameno se nachází v zahřívací komoře, druhé rameno je v chladící komoře a třetí v naplňovacím - vyprazdňovacím prostoru formy (Obr. 8).



Obrázek 7: Mechanické provedení točny typu karusel

Na jednotlivá ramena se upevňují formy. Rotující formy připevněné na ramena se zahřívají v ohřívací komoře, výrobní materiál vložený do forem se stykem s horkou stěnou formy natavuje a slévá v homogenní vrstvu rozprostřenou vlivem odstředivých sil po vnitřních stěnách formy.

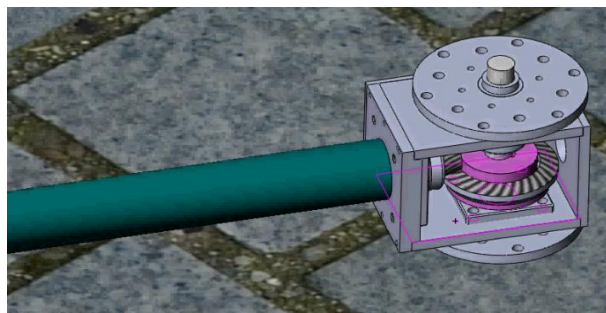


Obrázek 8: Konstrukční řešení výrobního zařízení

- Poloha zahřívací komory a systému chlazení forem je umístěna v konstrukci tak, aby spolu svíraly úhel 120°.
- Zdrojem tepla potřebného v zahřívací komoře (peci) je plynový hořák na zemní plyn.
- Teplota uvnitř zahřívací komory (pece) je regulována v rozsahu teplot 200 ÷ 350 °C pomocí regulátoru a teplotního snímače. Nastavení teploty v komoře závisí na vlastnostech tvářeného materiálu a použité formy.
- Cirkulace vzduchu v peci je řešena recirkulačním vzduchovým kanálem. Proud vzduchu je urychlován ventilátorem umístěným ve vzduchovém kanálu, pohaněným elektromotorem přes klínový řemen.
- Chlazení forem v chladicí komoře probíhá proudícím vzduchem z ventilátorů pohaněných elektromotorem. Doba chlazení formy je určena podle použitého výrobního materiálu a velikosti formy v rozsahu 20 ÷ 40 minut.
- Otvírání a zavírání vrat pece je řešeno pro každé křídlo vrat samostatně pomocí řetězového převodu pohaněného přes převodovku elektromotorem.
- Otáčení točny je realizováno pomocí řetězového převodu pohaněného přes převodovku elektromotorem ve směru otáčení hodinových ručiček.
- Forma připevněná na konci ramene je uváděna do rotačního pohybu kolem dvou na sebe kolmých os. Zdrojem energie pro tento pohyb je řetězový převod pohaněný přes převodovku elektromotorem. Každá osa je vybavena vlastním převodem a pohonem nezávisle jedna na druhé. Rychlost otáčení formy kolem os je nastavena dle parametrů vyráběného výrobku.

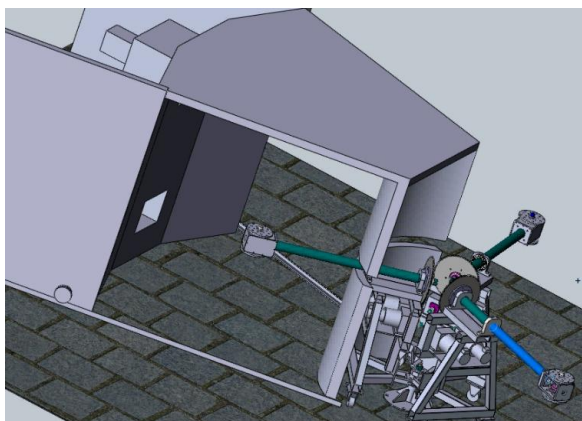
2.1.2 Pracovní cyklus výrobního zařízení

Zvolená forma se připevní na rameno výrobního zařízení (Obr. 9) v prostoru naplňovacím. Po naplnění formy výrobním materiálem se forma uzavře a uvede do rotačního pohybu kolem dvou na sebe kolmých os. Tímto pohybem se výrobní materiál začne rovnoměrně rozdělovat po vnitřním povrchu formy. Rychlost otáčení formy kolem os je nastavena dle parametrů vyráběného výrobku.



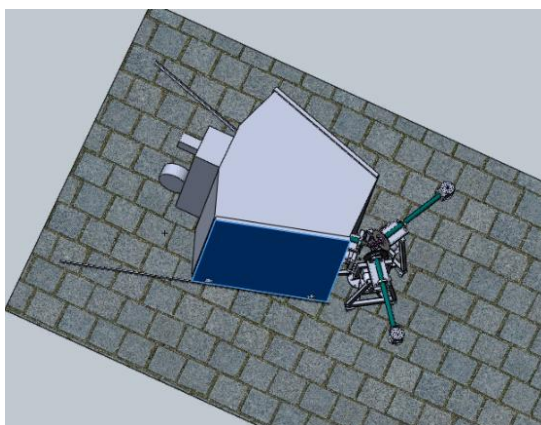
Obrázek 9: Rameno s otvory pro připevnění formy

Následně jsou otevřena křídla vrat zahřívací komory. Dojde k pootočení části výrobního zařízení točny a dané rameno je zasunuto do zahřívací pece (Obr. 10).



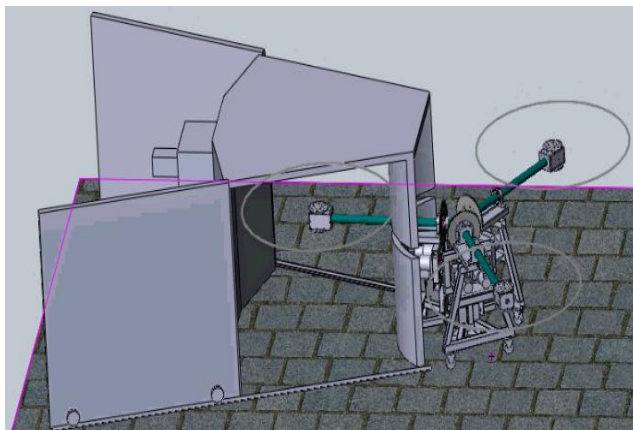
Obrázek 10: Zasunutí ramene s formou do pece

Vrata se uzavřou. Forma je v ohřívací komoře za neustálé rotace formy ohřívána na předem definovanou teplotu po předem stanovenou časovou dobu. Tím dochází k natavování výrobního materiálu na stěny formy (Obr. 11). Doba ohřevu formy je určena podle použitého výrobního materiálu a velikosti formy v rozsahu 20 ÷ 50 minut.



Obrázek 11: Uzavření vrat a zahájení ohřevu formy

Po ukončení této činnosti dojde k otevření křídel vrat pece a pootočení ramene točnou do prostoru chladicí komory. Zde je stále rotující formě proudem vzduchu snížena teplota na požadovanou mez. Doba chlazení formy je určena podle použitého výrobního materiálu a velikosti formy v rozsahu 20 ÷ 40 minut. Poté se rameno s formou pootočí točnou do prostoru vyprazdňovacího, forma je otevřena a hotový výrobek vyjmut.



Obrázek 12: Rotace točny

2.2 Návrh elektrotechnického provedení výrobního zařízení

Na základě pokynů zadavatele a příslušných podkladů jsou stanoveny požadavky na přednostní využití následujících komponentů v elektrotechnickém návrhu:

- Regulátor teploty TMS EROELECTRONIC
- Odporovým snímačem teploty ZPA Pt 100
- Plynový hořák ZPA AHDI 3
- Časové relé SCHRACK ZR5ER011
- Bezpečnostní oddělovací transformátor BJN 160, 230 V /24 V, 160 VA
- Elektromotory 3AP63-2, 250 W, 400 V, 2845 ot./min pro pohon chlazení formy
- Elektromotor 3AP71-4S, 250 W, 400 V, 1380 ot./min pro pohon cirkulace
- Elektromotor 3AP71-4S, 250 W, 400 V, 1380 ot./min pro pohon točny
- Elektromotory 3AP71-6S, 180 W, 400 V, 900 ot./min pro pohon křídel vrat
- Elektromotory 3AP71-6S, 180 W, 400 V, 900 ot./min pro pohon os ramen

- MEZAXIALy 3140, 21 W, 230 V, 2600 ot./min pro chlazení elektromotorů os ramen
- Frekvenční měnič Siemens G110, 550 W pro řízení elektromotorů vrat a točny
- Frekvenční měniče Siemens G110, 250 W pro řízení elektromotorů os ramen
- Koncové spínače Elektro - Praga pro snímání polohy vrat a točny

Naopak zadavatel vyžaduje, aby v elektrotechnickém návrhu **nebyla využita pro řízení procesu** žádná z technologií typu programovatelný automat (PLC), průmyslový počítač, atd.

Celé výrobní zařízení OLDRITCH II jsem na základě uvedených požadavků rozdělil na následující funkční a technologické subsystemy:

- Systém napájení a ovládání zařízení
- Systém otvírání a zavírání vrat pece
- Systém otáčení točny po 120°
- Systém regulace teploty a vytápění pece
- Systém cirkulace vzduchu uvnitř pece
- Systém časového cyklu
- Systém otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen
- Systém chlazení forem
- Rotační spojka
- Hlavní rozvaděč
- Ovládací panel

2.2.1 Systém napájení a ovládání zařízení

- Celé výrobní zařízení je napájeno ze sítě TNC 3 × 230 / 400 V 50 Hz.
- Výrobní zařízení je ovládáno pomocí ovládacího panelu bezpečným napětím 24 V.

2.2.2 Systém otvírání a zavírání vrat pece

- Požadovaný kroutící moment pro otvírání-zavírání vrat je realizován přes převodovku a řetězový převod elektromotory typu 3AP71-6S, 180 W, 400 V, 900 ot./min. pro každé křídlo vrat samostatně. Využití těchto typů elektromotorů vychází z požadavků zadavatele.
- Ovládání elektromotorů je pomocí frekvenčního měniče typu Siemens G110, 550 W. Zohlednit při návrhu a realizaci možnost přiřazení tohoto frekvenčního měniče i systému otáčení točny. Využití tohoto typu frekvenčního měniče vychází z požadavků zadavatele. Frekvenční měnič je umístněný v hlavním rozvaděči.
- Otvírání-zavírání vrat je možné pouze v okamžiku, kdy je točna v poloze 120°.
- Při maximálním otevření-zavření křídel vrat je činnost otvírání-zavírání vrat přerušena.
- Možnost nastavení rychlosti otvírání-zavírání křídel vrat.

2.2.3 Systém otáčení točny po 120°

- Požadovaný kroutící moment pro otáčení točny je realizován přes převodovku a řetězový převod elektromotorem typu 3AP71-4S, 250 W, 400 V, 1380 ot./min. Využití tohoto typu elektromotoru vychází z požadavků zadavatele.
- Ovládání elektromotoru je pomocí frekvenčního měniče typu Siemens G110, 550 W. Zohlednit při návrhu a realizaci možnost přiřazení tohoto frekvenčního měniče i systému otvírání-zavírání vrat pece. Využití tohoto typu frekvenčního měniče vychází z požadavků zadavatele. Frekvenční měnič je umístněný v hlavním rozvaděči.
- Otáčení točny je možné pouze při maximálně otevřených křídlech vrat pece.
- Automatické zastavení točny v poloze 120°.
- Možnost nastavení rychlosti otáčení točny.
- Smysl otáčení točny je ve směru hodinových ručiček.

2.2.4 Systém regulace teploty a vytápění pece

- Regulace teploty je v peci řízena regulátorem teploty typu TMS EROELECTRONIC a snímána odporovým snímačem teploty ZPA Pt 100. Regulátor teploty je umístěn v hlavním rozvaděči. Odporový snímač teploty je instalován ve stropní části pece. Využití tohoto typu regulátoru a snímače vychází z požadavků zadavatele.
- Zdrojem tepla potřebného v zahřívací komoře (peci) je plynový hořák typu ZPA AHD1 3 na zemní plyn. Zařízení AHD1 3 se skládá z komponentů vlastního hořáku a ovládacího rozvaděče. Využití tohoto typu ohřevu vychází z požadavků zadavatele. Konečné zapojení a zprovoznění tohoto systému je řešeno ze strany zadavatele příslušným kompetentním pracovníkem.

2.2.5 Systém cirkulace vzduchu uvnitř pece

- Pohon tohoto systému je realizován přes řemenice a klínový řemen elektromotorem typu 3AP71-4S, 250 W, 400 V, 1380 ot./min. Využití tohoto typu elektromotoru vychází z požadavků zadavatele.

2.2.6 Systém časového cyklu

- Časové relé SCHRACK ZR5ER011 realizuje nastavení odpočtu času v řádu minut. Rozsah je dán $15 \div 90$ minut s přesností na minuty. Využití tohoto typu časového relé vychází z požadavků zadavatele. Časové relé je umístěno v hlavním rozvaděči.

2.2.7 Systém otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen

- Požadovaný krouticí moment pro pohon os ramen je realizován přes převodovku a řetězový převod elektromotory typu 3AP71-6S, 180 W, 400 V, 900 ot./min. pro každé rameno samostatně. Využití těchto typů elektromotorů vychází z požadavků zadavatele. Elektromotory jsou umístěny na točně.
- Ovládání elektromotorů je pomocí frekvenčních měničů typu Siemens G110, 250 W pro každé rameno samostatně. Využití tohoto typu frekvenčního měniče vychází z požadavků zadavatele. Frekvenční měniče jsou umístěny na točně ve třech rozvaděčích vždy po dvou pro příslušné rameno. Ramena jsou označena takto: 1 – zelená; 2 – červená; 3 – žlutá.

- Možnost nastavení konstantní rychlosti otáčení os v co největším možném rozsahu. Přesné hodnoty otáček se experimentálně ověřují až dle vlastností použitého výrobního materiálu a vyráběného výrobku.
- Z důvodu posílení funkce chlazení elektromotorů (pokud nebudou pracovat na jmenovitých otáčkách) vlastními ventilátory je ke každému přiřazen přídatný ventilátor MEZAXIAL 3140, 21 W, 230 V, 2600 ot./min. Využití těchto ventilátorů vychází z požadavků zadavatele. Přídatné ventilátory jsou konstrukčně přiřazeny přímo na elektromotorech os ramen.

2.2.8 Systém chlazení forem

- Ventilátory pro chlazení forem jsou konstrukčně řešeny přímo na hřídelích elektromotorů typu 3AP63-2, 250 W, 400 V, 2845 ot./min. Využití těchto typů elektromotorů vychází z požadavků zadavatele. Ventilátory s elektromotory jsou umístěny v chladicí komoře.

2.2.9 Rotační spojka

- Rotační spojka slouží k přenosu energie mezi pevnou a otočnou částí točny výrobního zařízení. Rotační spojka je umístěna ve středu točny. Přes tento komponent je realizováno napájení a regulace otáček elektromotorů os.
- Řešeno tedy takto:
 - 6 x napájecí napětí 230 V / 50 Hz určeného pro napájení frekvenčních měničů
 - Propojení vodiče N
 - Propojení vodiče PE
 - 12 x propojení ovládacího vodiče pro regulaci otáček elektromotorů pomocí frekvenčních měničů

2.2.10 Hlavní rozvaděč

Obsahuje tyto prvky:

- Jistící a spínací prvky systému napájení a ovládání
- Frekvenční měnič Siemens G110, 550 W
- Jistící prvky frekvenčního měniče Siemens G110, 550 W
- Nastavení rychlosti otáčení točny a ot. / zav. vrat
- Časové relé ZR5ER011
- Jistící prvky plynového hořáku ZPA AHDI 3
- Jistící a spínací prvky systému chlazení forem
- Jistící a spínací prvky systému cirkulace vzduchu v peci
- Jistící prvky frekvenčních měničů Siemens G110, 250 W pro řízení elektromotorů os ramen
- ZDROJ 10 V / 2 A pro regulaci otáček elektromotorů os
- NEWTE 45 zdroj ovládacího napětí výrobního zařízení
- Regulátor teploty TMS EROELECTRONIC
- STOP tlačítko
- Bezpečnostní oddělovací transformátor BJN 160

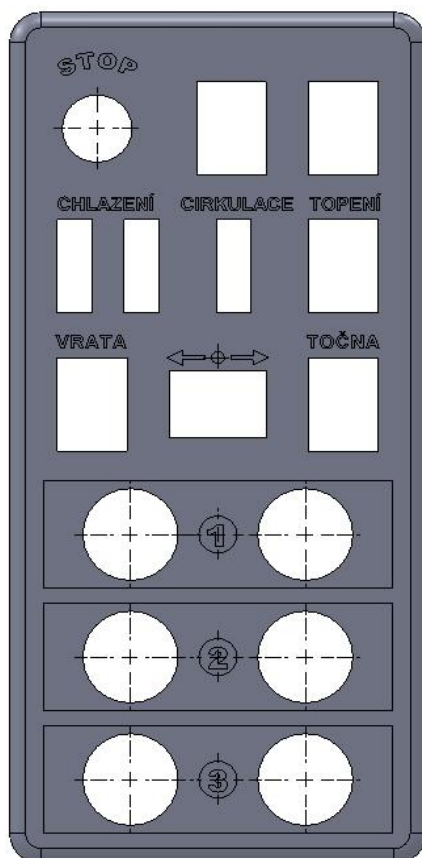
2.2.11 Ovládací panel

- Výrobní zařízení je ovládáno pomocí ovládacího panelu bezpečným stejnosměrným napětím 24 V. Ovládací panel je zavěšen na ocelovém lanku.

Ovládací panel obsahuje tyto ovládací prvky:

- STOP tlačítko
- Vypínač zapínání / vypínání Cirkulace
- Přepínač volby funkce Vrata / Točna
- Tlačítko zavírání / otvírání křídel vrat
- Tlačítko otáčení točny

- Vypínače zapínání / vypínání Chlazení
- Potenciometry regulace otáček elektromotorů os ramene 1 (zelená)
- Potenciometry regulace otáček elektromotorů os ramene 2 (červená)
- Potenciometry regulace otáček elektromotorů os ramene 3 (žlutá)
- Dvě pozice jako případná záloha



Obrázek 13: Návrh provedení ovládacího panelu

3 Realizované elektrotechnické provedení výrobního zařízení

Výrobního zařízení OLDRITCH II bylo sestaveno a uvedeno v činnost což částečně dokládají obrázky 14 ÷ 26. Dalším důkazem je níže popsaná funkce zařízení na základě funkčně ověřeného schématu zapojení (příloha 1 ÷ 18). V současnosti je výrobní zařízení OLDRITCH II více než půl roku ve zkušebním provozu pod zátěží a neprojevují se zásadní chyby v jeho fungování. Uvažuje se pouze o výměně časového relé KA_1T za typ s možností tlačítkového nastavování a displejového zobrazování časového průběhu cyklu. Relé KA_1T nadále zůstane umístěno v HLAVNÍM ROZVADĚČI.

3.1 Funkce zařízení

Je možné rozdělit je do několika základních funkcí, které lze popsat relativně nezávisle. Tento technický funkční popis vychází i z jednotlivých průvodních dokumentací výrobců použitých komponentů při výrobě tohoto zařízení.

- Systém napájení a ovládání zařízení
- Systém otvírání a zavírání vrat pece
- Systém otáčení točny po 120°
- Systém regulace teploty a vytápění pece
- Systém cirkulace vzduch uvnitř pece
- Systém časového cyklu
- Systém otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen
- Systém chlazení forem
- Rotační spojka

3.1.1 Přehled použitých symbolů ve schématech

Z důvodu rozsahu diplomové práce byla schémata umístěna formou příloh.

OZNAČENÍ	POPIS
DTH	HLAVNÍ ROZVADĚČ
DT1, DT2, DT3	ROZVADĚČ NA TOČNĚ
HLAVNÍ VYPÍNAČ	SETRON
FA1	3_PÓLOVÝ JISTIČ
KM100	STYKAČ
FA01	1_PÓLOVÝ JISTIČ
EKV	EKVIPOENCIÁLNÍ PLOCHA
QM1, QM2, QM3	MOTOROVÝ SPOUŠTĚČ
FA2	1_PÓLOVÝ JISTIČ
KM1, KM2, KM3	VÝKONOVÉ RELÉ
M1, M2	MOTOR 3AP63-2, 250W, 400V, 2845 ot./min
M3	MOTOR 3AP71-4S, 250W, 400V, 1380 ot./min
AHDI 3	PLYNOVÝ HOŘÁK ZPA AHDI 3
QM4.1, QM4.2, QM5.1, QM5.2, QM6.1, QM6.2	1_PÓLOVÝ JISTIČ
QM7	1_PÓLOVÝ JISTIČ
FM1	FREKVENČNÍ MĚNIČ G110, 550W
ST1	VÝKONOVÉ RELÉ 9P
M4	MOTOR 3AP71-4S, 250W, 400V, 1380 ot./min
M5, M6	MOTOR 3AP71-6S, 180W, 400V, 900 ot./min
KA1, KA2	VÝKONOVÉ RELÉ 3P
KA3, KA4	VÝKONOVÉ RELÉ 6P
SA2	TLAČÍTKO RESET MĚNIČE FM1
POT1, POT2	POTENCIOMETR 4,7 kΩ
FU1	POJISTKOVÉ LOŽE
TMS	REGULÁTOR
KA_1T	ČASOVÉ RELÉ ZR5ER011
Pt100	ODPOROVÝ SNÍMAČ TEPLoty Pt 100
DT1_FU1, DT1_FU2, DT2_FU1, DT2_FU2, DT3_FU1, DT3_FU2	POJISTKOVÉ LOŽE
FM01.1, FM01.2, FM02.1, FM02.2, FM03.1, FM03.2	FREKVENČNÍ MĚNIČ G110, 250W
M7, M8, M9, M10, M11, M12	MOTOR 3AP71-6S, 180W, 400V, 900 ot./min
MEZAXIAL_M7, M8, M9, M10, M11, M12	MEZAXIAL 3140, 21W, 230V, 2600 ot./min
ROTAČNÍ SPOJKA	ROTAČNÍ SPOJKA
E1	PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA S VF FILTREM
BOT_FU1	POJISTKOVÉ LOŽE
BOT	BJN 160, 230V/24V, 160VA
FU1M, FU2M, FU3M	POJISTKOVÉ LOŽE
ZDROJ 10V/2A	TO210, L78S10
Z-DC1	NEWTE 45
CENTRAL STOP 1	TLAČÍTKO STOP
VYPÍNAČ UZAMYKATELNÝ	VYPÍNAČ
Ž1	KONTROLKA
OVL1_SA1	VYPÍNAČ VOLBA
OVL1_SA2	TLAČÍTKO TOPENÍ
OVL1_SA3	TLAČÍTKO TOČNA
OVL1_SA4	TLAČÍTKO VRATA
OVL1_SA5, SA6, SA7	VYPÍNAČ CHLAZENÍ, CHLAZENÍ, RECIKULACE

OZNAČENÍ	POPIS
OVL1_SA8_CENTRAL STOP 2	TLAČÍTKO STOP
OVL1_POT1, POT2, POT3, POT4, POT5, POT6	POTENCIOMETR 4,7k Ω
PL, PP, ZL, ZP, KVT	2_POLOHOVÝ SPÍNÁČ
DT1_SA1.1, SA1.3, DT2_SA1.1, SA1.3, DT3_SA1.1, SA1.3	VYPÍNAČ SPOUŠTĚNÍ
DT1_SA1.2, SA1.4, DT2_SA1.2, SA1.4, DT3_SA1.2, SA1.4	TLAČÍTKO RESET
X, XR, XH, X1, N, PE	WAGO SVORKA

3.1.2 Napájení a ovládání výrobního zařízení

Vnitřní vybavení HLAVNÍHO ROZVADĚČE je dáno především požadavky na zařízení. V HLAVNÍM ROZVADĚČI (Obr. 14) jsou soustředěny níže popsané komponenty. Obsahem příloh schéma 1 ÷ 18.

Celé výrobní zařízení je napájeno z ROZVADĚČE ELEKTRO nadřazeným 3 fázovým jištěním přes přívodní svorky X1, X2, X3, PEN napětím 3×230 / 400 V 50 Hz. Tyto svorky jsou zakryty mechanickou zábranou POZOR POD NAPĚTÍM. Za těmito svorkami je provedena změna typu sítě z TNC na TNC-S, realizováno propojení na ZEMNÍCI SOUSTAVU přes ekvipotenciální svorkovnici EKV a vytvoření přípojného bodu pro stíněné vodiče typu CYKFY-J. Následně je ve vedení zařazen 3 fázový HLAVNÍ VYPÍNAČ a 3 fázový hlavní jistič výrobního zařízení FA1. Podsystemy výrobního zařízení jsou napájeny, mimo jističe FA01, až po sepnutí stykače KM100 ovládacím stejnosměrným napětím 24 V. Vše výše popsané je realizováno v HLAVNÍM ROZVADĚČI.



Obrázek 14: Provedení HLAVNÍHO ROZVADĚČE

Celé ovládání výrobního zařízení je galvanicky odděleno oddělovacím bezpečnostním transformátorem BOT.

Výrobní zařízení obsahuje z důvodu bezpečnosti a případných oprav bezpečnostní STOP smyčku, která ovládá sepnutí ovládací cívky stykače KM100. Při jakémkoliv rozpojení této STOP smyčky vypínačem VYPÍNAČ UZAMYKATELNÝ nebo tlačítky

CENTRAL STOP 1, CENTRAL STOP 2 dojde k rozeptnutí stykače KM100 a odpojení napájení subsystémů výrobního zařízení.

Zdrojem stejnosměrného ovládacího napětí 24 V pro STOP smyčku je Z-DC1, který se napájí z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky G:1, GO:1. BOT transformátor je jistěn pojistkou FU1M. V napájení oddělovacího bezpečnostního transformátoru je předřazen jistící prvek FU1 a přepět'ová ochrana s vf. filtrem E1. Přepět'ovou ochranu E1 odjišťuje jistící prvek FA01.

Realizace bezpečnostní smyčky je provedena následovně. Ze zdroje ovládacího napětí Z-DC1 je přivedena kladná stejnosměrná složka ovládacího napětí 24 V na VYPÍNAČ UZAMYKATELNÝ umístěný na HLAVNÍM ROZVADĚČI. Po zapnutí tohoto vypínače dojde k propojení tohoto ovládacího napětí na tlačítko CENTRAL STOP 1. Umístění tlačítka CENTRÁL STOP 1 je na čelní straně HLAVNÍHO ROZVADĚČE. Z tlačítka CENTRAL STOP 1 dále smyčka pokračuje přes svorku XK:2 na tlačítko CENTRAL STOP 2 na OVL1 a svorkou XK:1 na svorku ovládací cívky stykače KM100. Záporná stejnosměrného složka ovládacího napětí 24 V je přivedena na svorku ovládací cívky stykače KM100 přímo z Z-DC1.

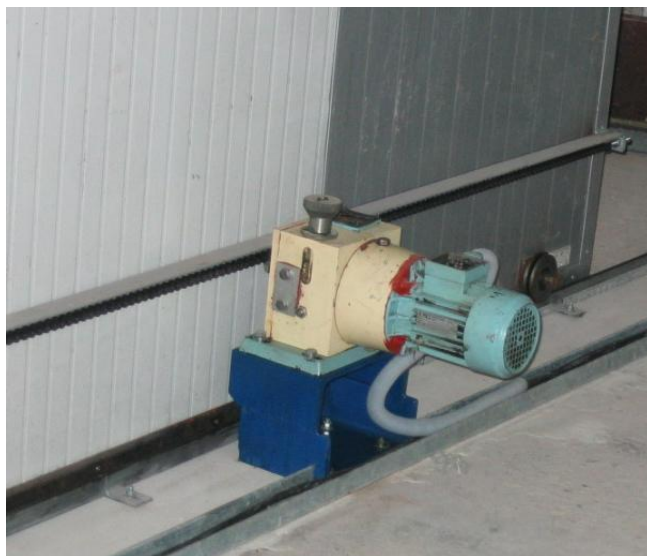


Obrázek 15: Provedení OVLÁDACÍHO PANELU

3.1.3 Otvírání a zavírání vrat pece

Otvírání – zavírání křídel vrat pece je provedeno řetězovými převody poháněnými dvěma třífázovými asynchronními motory M5, M6. Motory M5, M6 jsou regulovány frekvenčním měničem FM1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Obsahem příloh schéma 4, 12, 13, 15.

Napájení frekvenčního měniče FM1 je jištěno jističem QM7. Frekvenční měnič je nastaven dle průvodní technické dokumentace a dle požadovaných parametrů zadavatele. Rychlost otvírání – zavírání křídel vrat je možno nastavit POT2 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Případný reset frekvenčního měniče FM1 se provede tlačítkem RESET MĚNIČE FM1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Zdroj stejnosměrného ovládacího napětí 24 V Z-DC1 je napájen z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky G:1, GO:1 a jištěn pojistkou FU1M.



Obrázek 16: Mechanismus pohonu křídel vrat

Povel k otvírání – zavírání křídel vrat tlačítkem SA4 VRATA na OVL1 je možný za předpokladu stojící točny v poloze 120°, což zabezpečuje koncový spínač točny KVT, a za předpokladu zapnutého vypínače SA1 VOLBA na OVL1 do polohy I. VRATA.

Na vypínač SA1 VOLBA na OVL1 je přivedena z Z-DC1 kladná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V přes svorku XK:3. Po přepnutí vypínače SA1

VOLBA na OVL1 do polohy I. VRATA, dojde k propojení tohoto ovládacího napětí 24 V na tlačítko SA4 VRATA na OVL1.

Při volbě funkce otvírání křídel vrat pece je kladná složka ovládacího napětí 24 V následně propojena z tlačítka SA4 VRATA na OVL1 přes svorku XK:15 na svorku ovládací cívky relé KA2. Záporná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V je na svorku ovládací cívky relé KA2 přivedena přes svorku XK:35 z koncového spínače vrat ZL a seriově propojeného koncového spínače vrat ZP přes svorky XK:33 a XK:39. Koncový spínač vrat ZP je napájen zápornou stejnosměrnou složkou ovládacího napětí 24 V přímo z Z-DC1 přes svorky XK:40, XK:41.

Přivedením stejnosměrného ovládacího napětí 24 V na ovládací cívku relé KA2, dojde k sepnutí kontaktů relé KA2 a tím k propojení ovládacích svorek 3 a 6 na frekvenčním měniči FM1. Frekvenčnímu měniči FM1 je tímto dán povel k zapnutí. Napájecí napětí pro paralelně spojené motory křídel vrat M5, M6 je z frekvenčního měniče FM1 vedeno přes výkonové relé ST1. Výkonové relé ST1 přiřazuje výstup frekvenčního měniče FM1 při otvírání - zavírání křídel vrat motorům M5, M6.

Jakmile se křídla vrat maximálně otevrou, přepnou koncové spínače vrat ZP, ZL. Tím dojde k přerušení záporné složky ovládacího napětí 24 V k ovládací cívce relé KA2 a k přerušení povelu zapnutí frekvenčního měniče FM1.

Po případném mechanickém zásahu do polohy křídel vrat je zapotřebí před použitím elektrického otvírání nastavit křídla vrat tak, aby rozdíl vzdálenosti křídel vrat od koncových spínačů vrat ZP, ZL nebyl větší než 15 cm a křídlo vrat ovládající koncový spínač vrat ZP bylo blíže k tomuto koncovému spínači než druhé křídlo vrat ke koncovému spínači ZL.

Při volbě funkce zavírání křídel vrat pece je kladná složka ovládacího napětí 24 V propojena z tlačítka SA4 VRATA na OVL1 přes svorku XK:14 na svorku ovládací cívky relé KA3. Záporná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V je na svorku ovládací cívky relé KA3 přivedena přes svorku XK:32 z koncového spínače vrat PL a seriově propojeného koncového spínače vrat PP přes svorky XK:30 a XK:36. Koncový spínač vrat PP je napájen zápornou stejnosměrnou složkou ovládacího napětí 24 V přímo z Z-DC1 přes svorky XK:37, XK:38.

Přivedením stejnosměrného ovládacího napětí 24 V na ovládací cívku relé KA3 dojde k sepnutí kontaktů relé KA3 a tím k propojení ovládacích svorek 3 a 6 i 4 a 6 na frekvenčním měniči FM1. Frekvenčnímu měniči FM1 je tímto dán povel k zapnutí (ovládací svorky 3 a 6) a k reverzaci (ovládací svorky 4 a 6) z důvodu opačného chodu motorů M5, M6. Napájecí napětí pro paralelně spojené motory křidel vrat M5, M6 je z frekvenčního měniče FM1 vedeno přes výkonové relé ST1. Výkonové relé ST1 přiřazuje výstup frekvenčního měniče FM1 při otvírání - zavírání křidel vrat motorům M5, M6. Dojde-li k zavření křidel vrat, přepnou se koncové spínače vrat PL, PP. Tím dojde k přerušení záporné složky ovládacího napětí 24 V k ovládací cívce relé KA3 a k přerušení povelu zapnutí (reverzace) frekvenčního měniče FM1.

Po případném mechanickém zásahu do polohy křidel vrat je zapotřebí před použitím elektrického zavírání nastavit křídla vrat takto: aby rozdíl vzdálenosti křidel vrat od koncových spínačů vrat PL, PP nebyl větší jak 15 cm a křídlo vrat ovládající koncový spínač vrat PP bylo blíže k tomuto koncovému spínači než druhé křídlo vrat ke koncovému spínači PL.

3.1.4 Otáčení točny po 120°

Mechanismus otáčení točny zabezpečuje třífázový asynchronní motor M4 regulovaný frekvenčním měničem FM1 pomocí řetězového převodu (Obr. 17). Napájení frekvenčního měniče FM1 je jištěno jističem QM7, frekvenční měnič FM1 je umístěný v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Frekvenční měnič je nastaven dle průvodní technické dokumentace a dle požadovaných parametrů zadavatele. Rychlost otáčení točny je možno nastavit POT1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Případný reset frekvenčního měniče FM1 se provede tlačítkem RESET MĚNIČE FM1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Obsahem příloh schéma 4, 12, 13, 15.



Obrázek 17: Provedení mechanismu otáčení točny

Zdroj stejnosměrného ovládacího napětí 24 V Z-DC1 je napájen z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky G:1, GO:1 a jištěn pojistkou FU1M.

Povel k otáčení točny tlačítkem SA3 TOČNA na OVL1 je povolen za předpokladu úplného otevření obou křídel vrat pece, což zabezpečují koncové spínače vrat ZL, ZP, a za předpokladu zapnutého vypínače SA1 VOLBA na OVL1 do polohy II. TOČNA. Zastavení točny v poloze vždy po 120° řídí koncový spínač točny KVT (Obr. 18).



Obrázek 18: Provedení koncového spínače točny KVT

Na vypínač SA1 VOLBA na OVL1 je přivedena z Z-DC1 kladná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V přes svorku XK:3. Po přepnutí vypínače SA1 VOLBA na OVL1 do polohy II. TOČNA, dojde k propojení tohoto ovládacího napětí 24 V na tlačítko SA3 TOČNA na OVL1.

Při volbě funkce otočení točny je kladná složka ovládacího napětí 24 V propojena z tlačítka SA3 TOČNA na OVL1 přes svorku XK:9 na svorku ovládací cívky relé KA1, na svorku ovládací cívky relé KA4 a na svorku ovládací cívky výkonového relé ST1. Tlačítko SA3 TOČNA na OVL1 je nutné podržet stlačené do doby, než dojde k pootočení točny cca o 10°. Tím dojde k sepnutí koncového spínače točny KVT, který taktéž přivede kladnou složku ovládacího napětí 24 V z vypínače SA1 VOLBA na OVL1 přes svorku XK:4, XK:42, koncový spínač točny KVT, svorku XK:44 na svorky ovládacích cívek relé KA1, KA4 a na svorku ovládací cívky výkonového relé ST1. Nyní již není nutné držet tlačítko SA3 TOČNA na OVL1 stlačené, otáčení točny se automaticky zastaví po najetí koncového spínače točny KVT na mechanický výstupek připevněný na tělese točny. Tento mechanický výstupek pro ovládání koncového spínače točny KVT je na tělese točny v trojím provedení vždy po 120°.

Záporná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V je na svorky ovládacích cívek relé KA1, KA4 a na svorku ovládací cívky výkonového relé ST1 přivedena přes svorku XK:34 z koncového spínače vrat ZL a seriově propojeného koncového spínače vrat ZP přes svorky XK:33 a XK:39. Koncový spínač vrat ZP je napájen zápornou stejnosměrnou složkou ovládacího napětí 24 V přímo z Z-DC1 přes svorky XK:40, XK:41. Záporná složka stejnosměrného ovládacího napětí 24 V je na svorce XK:34 koncového spínače vrat ZL pouze za předpokladu maximálního otevření křídel vrat.



Obrázek 19: TOČNA výrobního zařízení

Po přivedení stejnosměrného ovládacího napětí 24 V na ovládací cívky relé dojde:

- k sepnutí kontaktů relé KA1 a tím k propojení ovládacích svorek 3 a 6 na frekvenčním měniči FM1. Frekvenčnímu měniči FM1 je tímto dán povel k zapnutí.
- k sepnutí kontaktů relé KA4 a tím k propojení ovládacích svorek 9 a 10 na frekvenčním měniči FM1 s potenciometrem POT1 pro nastavení rychlosti otáčení točny.
- K sepnutí kontaktů výkonového relé ST1 a tím k přepojení výstupu frekvenčního měniče FM1 k motoru otáčení točny M4.

3.1.5 Systém regulace teploty a vytápění pece hořákem AHDI 3

Požadovaná teplota v peci je udržována automaticky. Je-li teplota v peci nižší, zapíná se do činnosti plynový hořák AHDI 3 spolu s recirkulací vzduchu v peci. Pokud hodnota teploty v peci dosáhne požadované meze, plynový hořák AHDI 3 je vypnut a v činnosti dále pokračuje recirkulace vzduchu pece. Obsahem příloh schéma 2, 5, 9,12, 13.

Hodnotu žádané pracovní teploty v peci zobrazuje a udržuje TMS regulátor umístěný na čelní straně HLAVNÍHO ROZVADĚČE. Dále je na displeji TMS regulátoru zobrazována hodnota aktuální teploty v peci. Zdrojem informace o teplotě v peci je pro regulátor TMS odporový snímač teploty Pt 100 (Obr. 20) instalovaný ve stropní části pece.



Obrázek 20: Provedení odporového snímače Pt 100

Regulátor teploty TMS je napájen a jištěn prvkem FU1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Odporový snímač teploty Pt 100 propojují vodiče z regulátoru TMS přes svorky 1, X1:1, 4 a 2, X1:2, 3. Regulátor TMS je nastaven dle průvodní technické dokumentace a dle požadovaných parametrů zadavatele.

Obvod zapojení spínání a vypínání vytápění je realizován takto: z ovládacího rozvaděče hořáku AHDI 3 ze svorky 12 je veden povel o hodnotě střídavého napětí 230 V přes svorku XH:4 na časové relé KA_1T na svorku 15. Pokud je na časovém relé KA_1T aktivován odpočet pracovního časového cyklu, je povel 230 V propojen na svorku 18 časové relé KA_1T. Odtud je povel 230 V odveden na regulátor teploty TMS na svorku 20. Na základě zjištěné hodnoty teploty v peci regulátor TMS přepne povel 230 V buď na svorku 21 (hořák AHDI 3 zapnut) nebo na svorku 22 (hořák AHDI 3 vypnut). Je-li regulátorem TMS dáván povel 230 V na svorku 21, je tento povel dále veden přes svorku XH:6 do ovládacího rozvaděče hořáku AHDI 3 na svorku 15. Hořák AHDI 3 je v činnosti a signalizuje na rozvaděči hořáku povel TOPÍ.

Pokud regulátorem TMS dáván povel 230 V na svorku 22, je tento povel dále veden přes svorku XH:5 do ovládacího rozvaděče hořáku AHDI 3 na svorku 14. Hořák AHDI 3 netopí do pracovního prostoru pece a signalizuje na rozvaděči hořáku povel NATOPENO.



Obrázek 21: Rozvaděč hořáku ZPA AHDI 3

Zdrojem tepla pracovního prostoru pece je plynový hořák ZPA AHDI 3. Vlastní hořák AHDI 3 (Obr. 22) je umístěn na tělese pece. Ovládací rozvaděč hořáku AHDI 3 (Obr. 21) je napájen přes třífázový jistič FA2 (umístěný v HLAVNÍM ROZVADĚČI) přes svorky XH:1, 2, 3, N, PE.

Zjednodušený popis automatické funkce hořáku AHDI 3 pro pracovní cyklus TOPÍ je následující: po přivedení povelu 230 V na svorku 15 dojde k vyhodnocení pomocí systému MTV_NA PŘÍVODU PLYNU, zda je k hořáku přiveden plyn o dostatečné hodnotě tlaku. Následně je zapnut třífázový asynchronní motor M13, který po stanovenou dobu plní spalovací komoru hořáku AHDI 3 vzduchem a vytváří mírný přetlak vzduchu ve spalovací komoře hořáku. Stanovená hladina přetlaku vzduchu ve spalovací komoře hořáku je vyhodnocena MTV_NA TĚLESE HOŘÁKU. Tím je zabezpečeno, že ve spalovací komoře hořáku nezůstal z předchozího pracovního cyklu žádný zbytkový obsah plynu.



Obrázek 22: Plynový hořák ZPA AHDI 3

Solenoidovými ventily SV1, SV2 je zapnut přívod požadovaného množství plynu do trysky plynového hořáku, motorem M13 je dodáváno potřebné množství vzduchu a ZAPALOVACÍ CÍVKA na JISKŘIŠTI vytvoří elektrickou jiskru pro zapálení připravené směsi. Zda došlo ve stanoveném čase k zapálení směsi a směs hoří, vyhodnocuje ČIDLO PLAMENE.

3.1.6 Cirkulace vzduchu pece

Z důvodu zabezpečení co nejmenších teplotních rozdílů v celém pracovním prostoru pece je řešena cirkulace vzduchu v peci. Pomocí vzduchového kanálu a diagonálního ventilátoru pohaněného přes klínový řemen třífázovým asynchronním motorem M3 je zabezpečena nucená cirkulace vzduchu. Obsahem příloh schéma 2, 12, 13.

Zapnutím vypínače SA7 CIRKULACE na OVL1 dojde k sepnutí ovládací cívky KM3 v HLAVNÍM ROZVADĚČI a následnému přivedení napájecího napětí na motor CIRKULACE M3. Motor M3 je jištěn motorovým spouštěčem QM3. Ovládací cívka KM3 je napájena stejnosměrnou zápornou složkou ovládacího napětí 24 V přímo z Z-DC1. Kladná složka stejnosměrného napájecího napětí 24 V je na KM3 přivedena z Z-DC1 přes svorku XK:11, vypínač SA7 CIRKULACE a svorku XK:10.

Zdroj stejnosměrného ovládacího napětí 24 V Z-DC1 je napájen z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky G:1, GO:1 a jištěn pojistkou FU1M.

3.1.7 Obvod časového cyklu

Nastavení délky časového cyklu je obsluhou provedeno dle požadavku přímo na KA_1T umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Obsahem příloh schéma 5, 12, 13.

Časové relé KA_1T je napájeno z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky A1 na G:2, A2 na GO:2 a jištěno pojistkou FU2M.

Volbou funkce TOPENÍ tlačítkem SA2 TOPENÍ na OVL1 dojde k propojení svorky A1 časového relé KA_1T přes svorku XK:13, tlačítko SA2 TOPENÍ, svorku XK:12 na svorku B1 časového relé KA_1T. Tím se spustí odpočet nastaveného pracovního cyklu a zároveň dojde k propojení kontaktů 15 a 18 vnitřního relé umístěného v modulu časového relé KA_1T. Po uplynutí nastavené doby cyklu se kontakty 15 a 18 vnitřního relé rozpojí.

3.1.8 Otáčení ramen včetně regulace rychlosti otáčení ramen

TOČNA výrobního zařízení obsahuje tři navzájem funkčně totožná ramena. Níže bude popsána funkce jednoho z ramen. Frekvenční měniče jsou nastaveny dle průvodní technické dokumentace a dle požadovaných parametrů zadavatele.

Řešení otáčení a regulace rychlosti prvního ze tří ramen je provedeno následovně. Obsahem příloh schéma 3, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18.

Mechanismy otáčení ramene pomocí řetězových převodů zabezpečují dva třífázové asynchronní motory M7, M8 (umístěné na TOČNĚ výrobního zařízení) regulované frekvenčními měniči FM01.1, FM01.2. Přídavné chlazení motorů M7, M8 zabezpečují pro každý motor zvlášť dva mezaxiální ventilátory připevněné přímo k motorům M7, M8. Frekvenční měniče FM01.1, FM01.2 jsou umístěny v rozvaděči DT1 připevněném na TOČNĚ výrobního zařízení.

Napájení frekvenčního měniče FM01.1 je jištěno jističem QM4.1 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Dále je vedeno přes svorky X13, N, PE, přes rotační spojku přes svorky XR:1, XR2:1 do rozvaděče DT1 na svorky X5:1 ÷ 6. Z těchto svorek je již realizováno vlastní připojení frekvenčního měniče FM01.1 a přídavného

mezaxiálního ventilátoru pro chlazení motoru M7. Mezaxiální ventilátor pro motor M7 je jištěn prvkem FU1 umístěným v rozvaděči DT1. Chlazení motoru M7 je nepřetržitě zapnuté, dá se přerušit povolením jistícího prvku FU1.

Napájení frekvenčního měniče FM01.2 je jištěno jističem QM4.2 umístěným v HLAVNÍM ROZVADĚČI. Dále je vedeno přes svorky X14, N, PE, přes rotační spojku přes svorky XR:2, XR2:2 do rozvaděče DT1 na svorky X5:7 ÷ 12. Z těchto svorek je již realizováno vlastní připojení frekvenčního měniče FM01.2 a přídatného mezaxiálního ventilátoru pro chlazení motoru M8. Mezaxiální ventilátor pro motor M8 je jištěn prvkem FU2 umístěným v rozvaděči DT1. Chlazení motoru M8 je nepřetržitě zapnuté, dá se přerušit povolením jistícího prvku FU2.

Ovládání regulace rychlosti otáčení motoru M7 zprostředkovává frekvenční měnič FM01.1. Informace o požadavku rychlosti otáčení motoru M7 je frekvenčnímu měniči FM01.1 dodávána v podobě regulovaného stejnosměrného napětí v rozsahu 0 ÷ 10 V z potenciometru POT1_OVL1 umístěného na OVL1. Potenciometr POT1_OVL1 je napájen ze zdroje ZDROJ 10 V / 2 A přes svorky X10:1, XK:16 a X10:2, XR:17 10-ti voltovým stejnosměrným napětím. Z potenciometru POT1_OVL1 je již toto regulované napětí vedeno přes svorky XK:18, XK:19, přes rotační spojku přes svorky XR:9, XR2:9, XR10, XR2:10 do frekvenčního měniče FM01.1 na svorky 10, 9. Případný reset a zapnutí - vypnutí frekvenčního měniče FM01.1 se provede tlačítkem SA1.2 RESET, vypínačem SA1.1 SPOUŠTĚNÍ umístěnými v rozvaděči DT1.

Ovládání regulace rychlosti otáčení motoru M8 zprostředkovává frekvenční měnič FM01.2. Informace o požadavku rychlosti otáčení motoru M8 je frekvenčnímu měniči FM01.2 dodávána v podobě regulovaného stejnosměrného napětí v rozsahu 0 ÷ 10 V z potenciometru POT2_OVL1 umístěného na OVL1. Potenciometr POT2_OVL1 je napájen ze zdroje ZDROJ 10 V / 2 A přes svorky X10:1, XK:16 a X10:2, XR:17 10-ti voltovým stejnosměrným napětím. Z potenciometru POT2_OVL1 je již toto regulované napětí vedeno přes svorky XK:20, XK:21, přes rotační spojku přes svorky XR:11, XR2:11, XR12, XR2:12 do frekvenčního měniče FM01.2 na svorky 10, 9. Případný reset a zapnutí / vypnutí frekvenčního měniče FM01.2 se provede tlačítkem SA1.4 RESET, vypínačem SA1.3 SPOUŠTĚNÍ umístěnými v rozvaděči DT1.

Zdroj stejnosměrného napájecího napětí ZDROJ 10 V / 2 A umístěný v HLAVNÍM ROZVADĚČI je napájen z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT přes svorky G:3, XN:1, GO:3, XN:2 a jištěn pojistkou FU3M.

3.1.9 Chlazení forem

Chlazení forem je prováděno čtyřmi ventilátory připojenými přímo na hřídele dvou třífázových asynchronních motorů M1, M2 (Obr. 23). Tyto motory jsou jištěny motorovými spouštěči QM1 a QM2. Obsahem příloh schéma 2, 12, 13.

Zapnutím vypínače SA5 CHLAZENÍ, SA6 CHLAZENÍ na OVL1 dojde k sepnutí ovládací cívky KM1, KM2 v HLAVNÍM ROZVADĚČI a následnému přivedení napájecího napětí na motory CHLAZENÍ FORMY M1, M2. Ovládací cívka KM1, KM2 je napájena stejnosměrnou zápornou složkou ovládacího napětí 24 V přímo z Z-DC1. Kladná složka stejnosměrného napájecího napětí 24 V je na ovládací cívku KM1 přivedena z Z-DC1 přes svorku XK:16, vypínač SA5 CHLAZENÍ a svorku XK:15. Kladná složka stejnosměrného napájecího napětí 24 V je na ovládací cívku KM2 přivedena z Z-DC1 přes svorku XK:18, vypínač SA6 CHLAZENÍ a svorku XK:17. Zdroj stejnosměrného ovládacího napětí 24 V Z-DC1 je napájen z oddělovacího bezpečnostního transformátoru BOT umístěného v HLAVNÍM ROZVADĚČI přes svorky G:1, GO:1 a jištěn pojistkou FU1M.

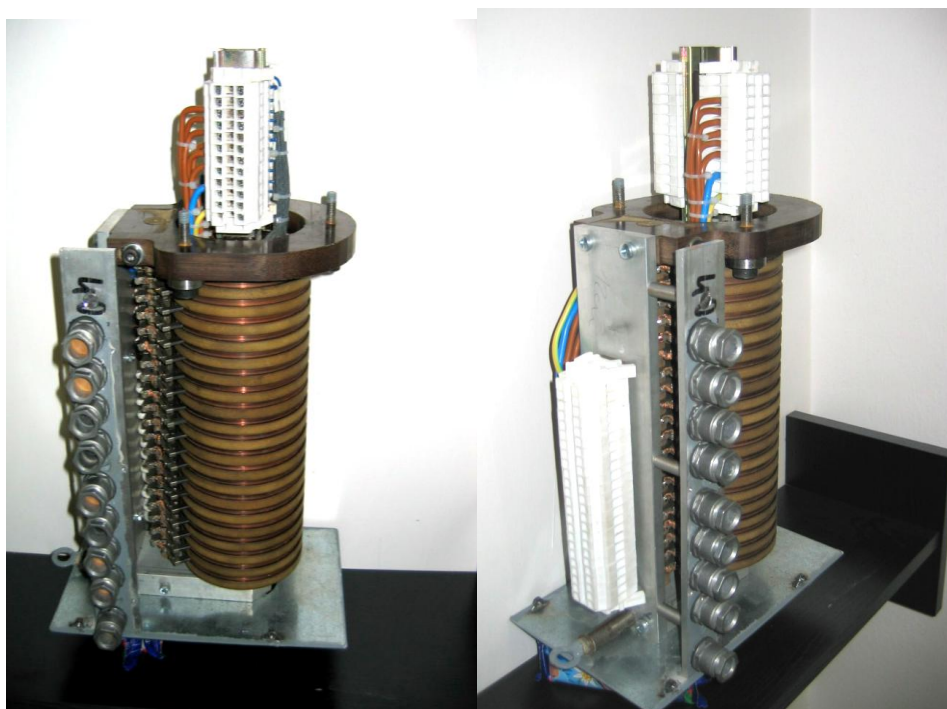


Obrázek 233: Chlazení forem

3.1.10 Rotační spojka

Toto zařízení slouží k přenosu energie mezi pevnou a otočnou částí TOČNÝ výrobního zařízení. Obsahem příloh schéma 10.

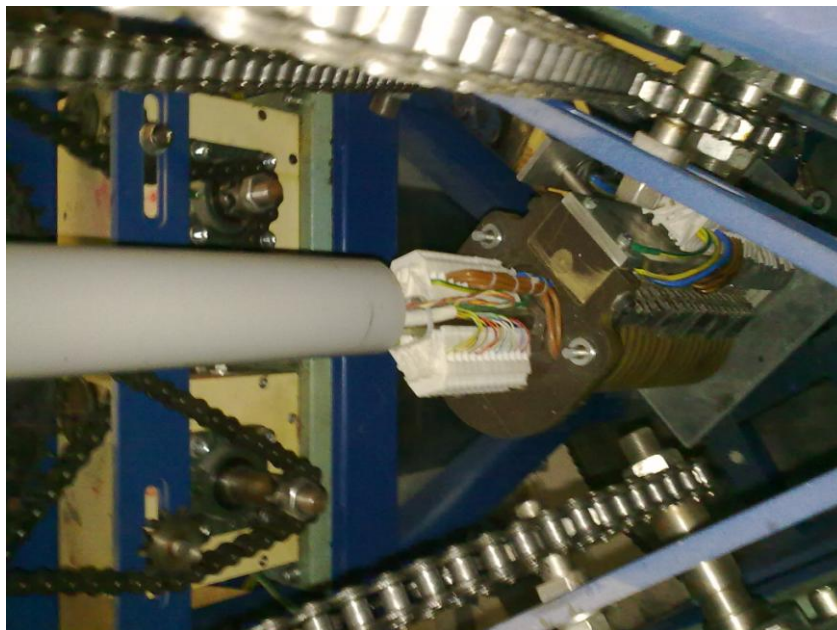
Rotační spojka je dvacetikanálová. Skládá se ze stacionární části, tvořené dvaceti měděnými sběrnými kroužky a z rotační části obsahující dvojnásobný počet držáků uhlíků (Obr. 24). Po jednom sběrném kroužku se vždy pohybují dva galvanicky spojené uhlíky pro zvýšení pravděpodobnosti přenosu.



Obrázek 244: Provedení rotační spojky

Prvních šest kanálů (ve smyslu pohledu na rotační spojku od shora je to pozice 1 až 6) slouží pro přenos střídavého napětí 230 V / 50 Hz určeného pro napájení frekvenčních měničů FM01.1, FM01.2, FM02.1, FM02.2, FM03.1, FM03.2.

Další dva kanály (ve smyslu pohledu na rotační spojku od shora je to pozice 7 až 8) jsou využity pro propojení rotační části točny s vodiči N a PE. Před rotační spojkou jsou všechny tyto vodiče svedeny přes svorky XR:7, XR:8 do dvou kanálů a po průchodu rotační spojkou opět rozděleny přes svorky XR2:7, XR2:8 pro jednotlivá zařízení obsažená na točně.



Obrázek 255: Instalace rotační spojky

Zbývajících dvanácti kanály (ve smyslu pohledu na rotační spojku od shora je to pozice 9 až 12) je realizována regulace otáček motorů M7, M8, M9, M10, M11, M12 přes frekvenční měniče FM01.1, FM01.2, FM02.1, FM02.2, FM03.1, FM03.2. Tedy vždy pro jeden motor a jemu příslušný frekvenční měnič přísluší vždy dva sběrné kroužky (dva kanály).



Obrázek 266: Kryt instalované rotační spojky

Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh elektrotechnického řešení výrobního zařízení pro rotační tváření plastů a zároveň ověření jeho reálného použití.

V první části této diplomové práce jsem vypracoval **analýzu** v podobě rešerše na téma **používaných výrobních materiálů a základních principů technologie rotomouldingu** z důvodu získání potřebných informací pro následný návrh a realizaci výrobního zařízení. V této části popisují materiály vhodné pro rotační tváření plastů, dále výrobní technologie a přehled zařízení používaných v tomto odvětví. Tato část je stěžejní pro seznámení se s oblastí rotačního tváření plastů.

Ve druhé části diplomové práce jsem zpracoval **popis a elektrotechnický návrh koncepce vlastního výrobního zařízení OLDRITCH II** s ohledem na požadavky zadavatele. Tento návrh koncipuji v souvislosti s praktickým fungováním, jak z hlediska výroby, tak i z hlediska ekonomické únosnosti pro zadavatele.

Klíčová část je třetí část diplomové práce, ve které je obsaženo **realizované elektrotechnické provedení výrobního zařízení**. V této části diplomové práce popisují svůj návrh provedení vlastního elektrotechnického zapojení výrobního zařízení OLDRITCH II, kterým dokladuji praktickou implementaci navrhovaných funkcí a komponentů. V provedení výrobního zařízení OLDRITCH II jsem použil komponenty a zařízení požadované zadavatelem. Pozitivně byla ověřena i funkčnost provedení navrhované rotační spojky pro přenos energií mezi pevnou a otočnou částí tohoto zařízení. Což dokládám zpracovanou výkresovou dokumentací, která je obsahem Příloh 1 ÷ 18 této diplomové práce. Některé detaily jsem neuváděl do plné hloubky z důvodu ochrany firemního know-how.

V současnosti je výrobní zařízení OLDRITCH II více než půl roku ve zkušebním provozu pod zátěží a neprojevují se zásadní chyby v jeho fungování. Uvažuje se pouze o výměně časového relé KA_1T za typ s možností tlačítkového nastavování a displejového zobrazování časového průběhu cyklu.

Seznam použité literatury

Chlebný, J. a kol. (rok vydání): Automatizace a automatizační technika I, II, III. Computer Press Praha.

Beall, Glenn L. (1998): Rotational Molding, Design, Materials, Tooling and Processing. Hanser/Gardner Publications, ISBN 1-56990-260-7.

Karger, A., Kargerová, M.(rok vydání): Základy robotiky a prostorové kinematiky, ČVUT Praha.

Zeulka, F. (2004): Prostředky průmyslové automatizace. VUTIUM Brno.

http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm

<http://www.asio.cz/images/jaro200712.pdf>

https://portal.utb.cz/wps/PA_StagPortletsJSR168/KvalifPraceDownloadServlet?typ=1&adipidno=14251

<http://orex.pl/cz/galeria-maszyn/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Rotational_molding

http://mplast.com/multi_arm_independent_rotational_moulding_machine.php

<http://www.ask4plastic.com/viewdeta.asp?memid=3546>

<http://www.youtube.com/watch?v=LtX5VwR1aYE>

Seznam použitých obrázků

[1] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm (zdroj obrázků 1, 2, 3)

[2] <http://www.asio.cz/images/jaro200712.pdf> (zdroj pro obrázky 4, 5)

[3] http://wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Rotational_Molding_Process.svg (zdroj pro obrázek 6)

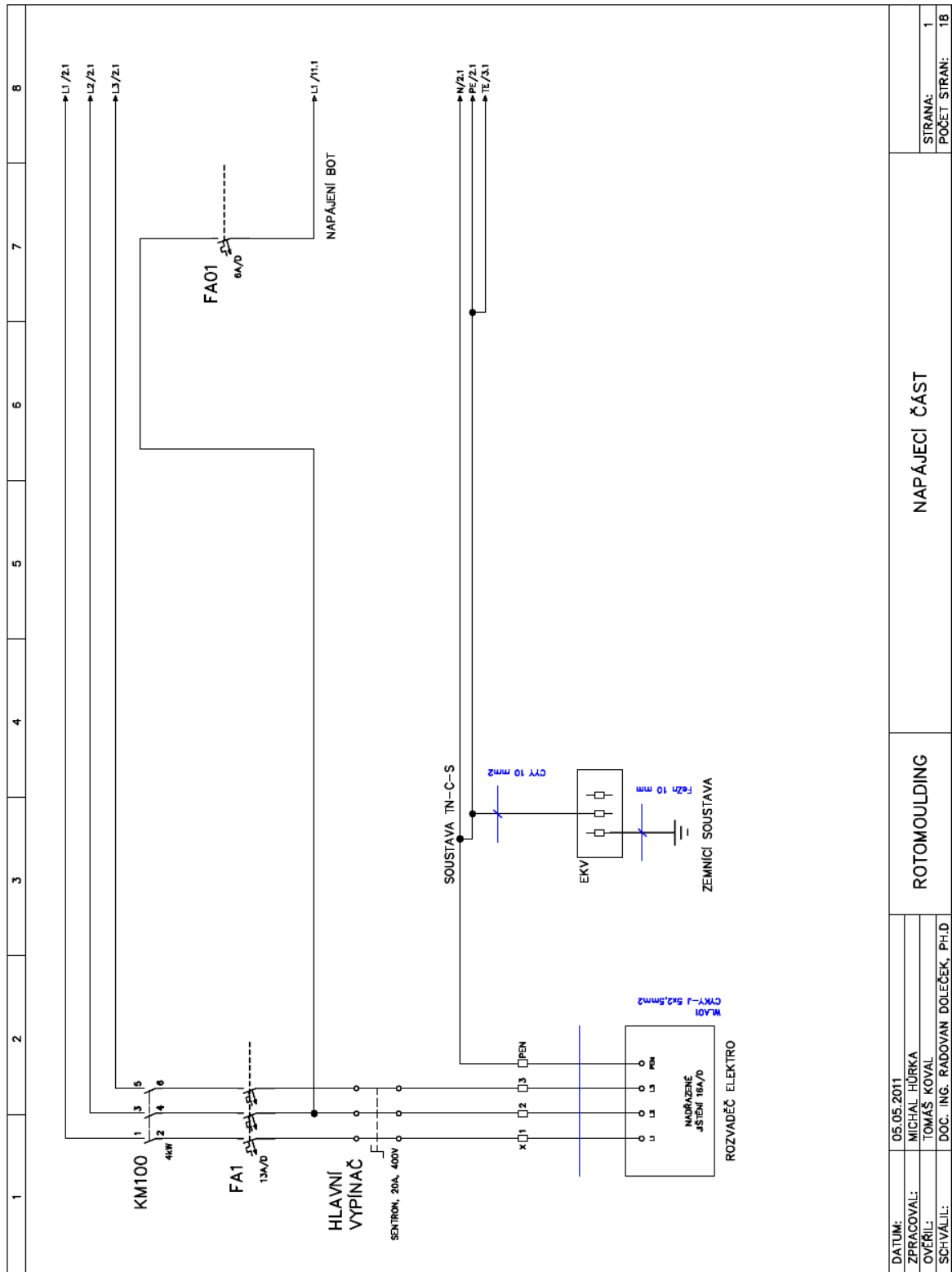
Seznam obrázků

Obrázek 1: Průběh deformačních vlastností u amorfního plastu [1]	17
Obrázek 2: Průběh deformačních vlastností u semikrystalického plastu [1] viz Obr. 1	18
Obrázek 3: Vliv stupně krystalinity na modul pružnosti ve smyku [1] viz Obr. 1	18
Obrázek 4: Naplnění formy surovinou, ohřev a rotace formy [2]	21
Obrázek 5: Rotace při chlazení a následné vyjmutí výrobku [2]	22
Obrázek 6: Koncepce karusel [3]	25
Obrázek 7: Mechanické provedení točny typu karusel	28
Obrázek 8: Konstrukční řešení výrobního zařízení	28
Obrázek 9: Rameno s otvory pro připevnění formy	30
Obrázek 10: Zasunutí ramene s formou do pece	30
Obrázek 11: Uzavření vrat a zahájení ohřevu formy	30
Obrázek 12: Rotace točny	31
Obrázek 13: Návrh provedení ovládacího panelu	37
Obrázek 14: Provedení HLAVNÍHO ROZVADĚČE	41
Obrázek 15: Provedení OVLÁDACÍHO PANELU	42
Obrázek 16: Mechanismus pohonu křídel vrat	43
Obrázek 17: Provedení mechanismu otáčení točny	46
Obrázek 18: Provedení koncového spínače točny KVT	46
Obrázek 19: TOČNA výrobního zařízení	48
Obrázek 20: Provedení odporového snímače Pt 100	49
Obrázek 21: Rozvaděč hořáku ZPA AHDI 3	50
Obrázek 22: Plynový hořák ZPA AHDI 3	51
Obrázek 23: Chlazení forem	54
Obrázek 24: Provedení rotační spojky	55
Obrázek 25: Instalace rotační spojky	56
Obrázek 26: Kryt instalované rotační spojky	56

Seznam zkratek

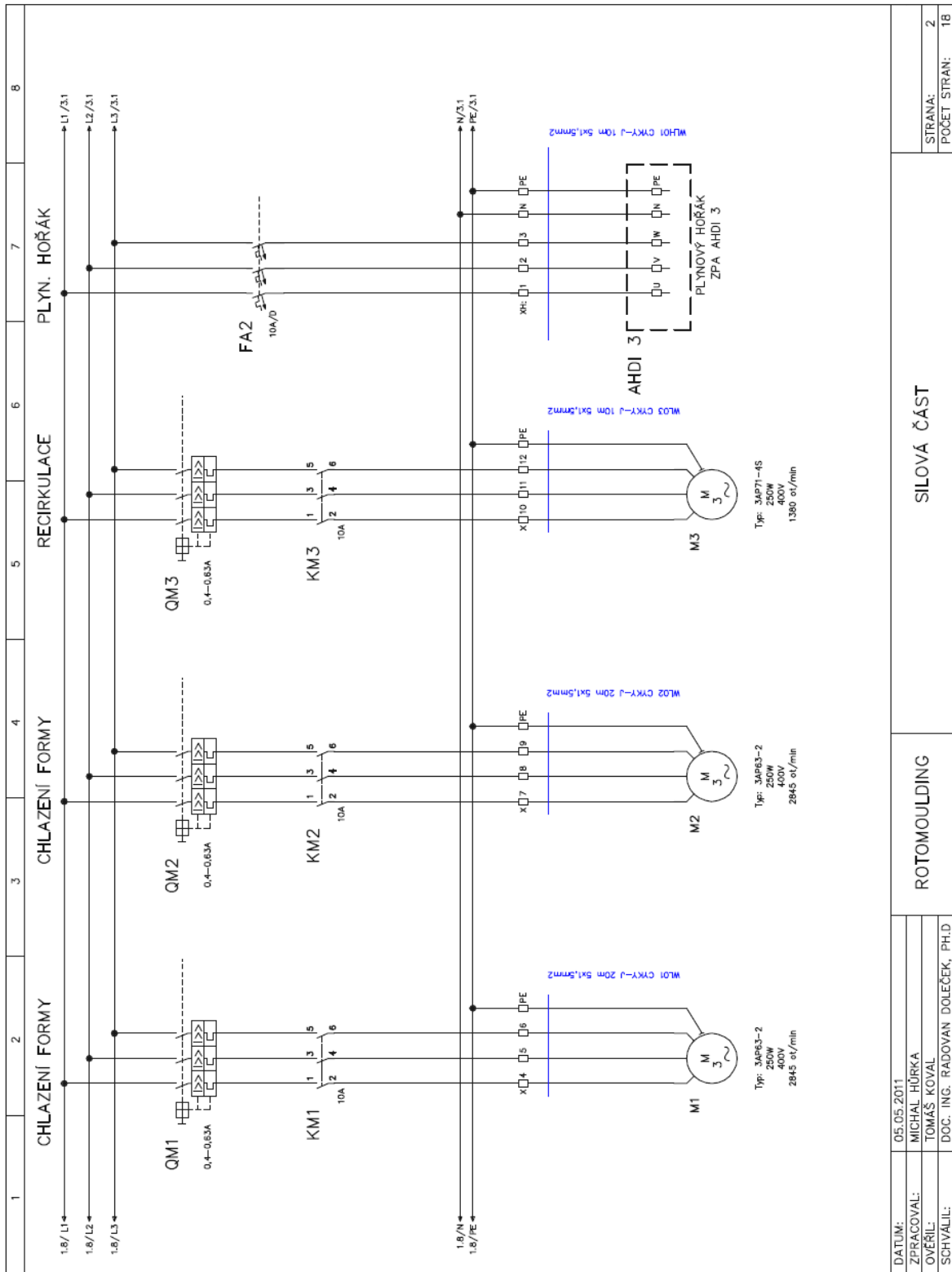
PE	Polyolefin
PP	Polyolefin
PS	Polystyrénové hmoty
PVC	Polyvinylchlorid
PF	Penolformaldehydové hmoty
UF	Močovinoformaldehydové hmoty
PA	Polyamidy
PC	Polykarbonáty
POM	Polyoximetylén
PMMA	Polymethylmetakrylát
ABS	Terpolymer
PPO	Polyfenilénoxid
PU	Polyuretan
EP	Epoxidové hmoty
UP	Polyesterové hmoty
PSU	Polysulfon
PPS	Polyfenylénsulfid
PTFE	Tetrafluoretylén
PI	Polyimidy
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
LDPE	Nízkohustotní polyethylen
UV	Ultrafialové záření
CNC	Programovatelný obráběcí stroj
PCL	Programovatelný automat
BJN	Bezpečnostní oddělovací transformátor
°C	Stupeň Celsia jednotka teploty
VA	Voltampér jednotka zdánlivého elektrického výkonu
A	Ampér jednotka elektrického proudu
V	Volt jednotka elektrického napětí
Hz	Hertz jednotka frekvence (kmitočtu)
W	Watt jednotka výkonu
ot.	Otáček
min.	Minut
TNC	Typ rozvodné sítě
TNC-S	Typ rozvodné sítě
N	Označení pracovního vodiče v rozvodných sítích
PE	Označení ochranného vodiče v rozvodných sítích
PEN	Označení pracovního – ochranného vodiče v rozvodných sítích
T_m	Teplota tání [°C]
T_f	Teplota viskózního toku [°C]
α -alfa	Součinitel teplotní roztažnosti
T_g	Teploty zesklnění [°C]
T_z	Teplota rozkladu [°C]
ε	Poměrné - relativní prodloužení
\mathcal{Q}	Normálové napětí

Příloha 1: Schéma 1

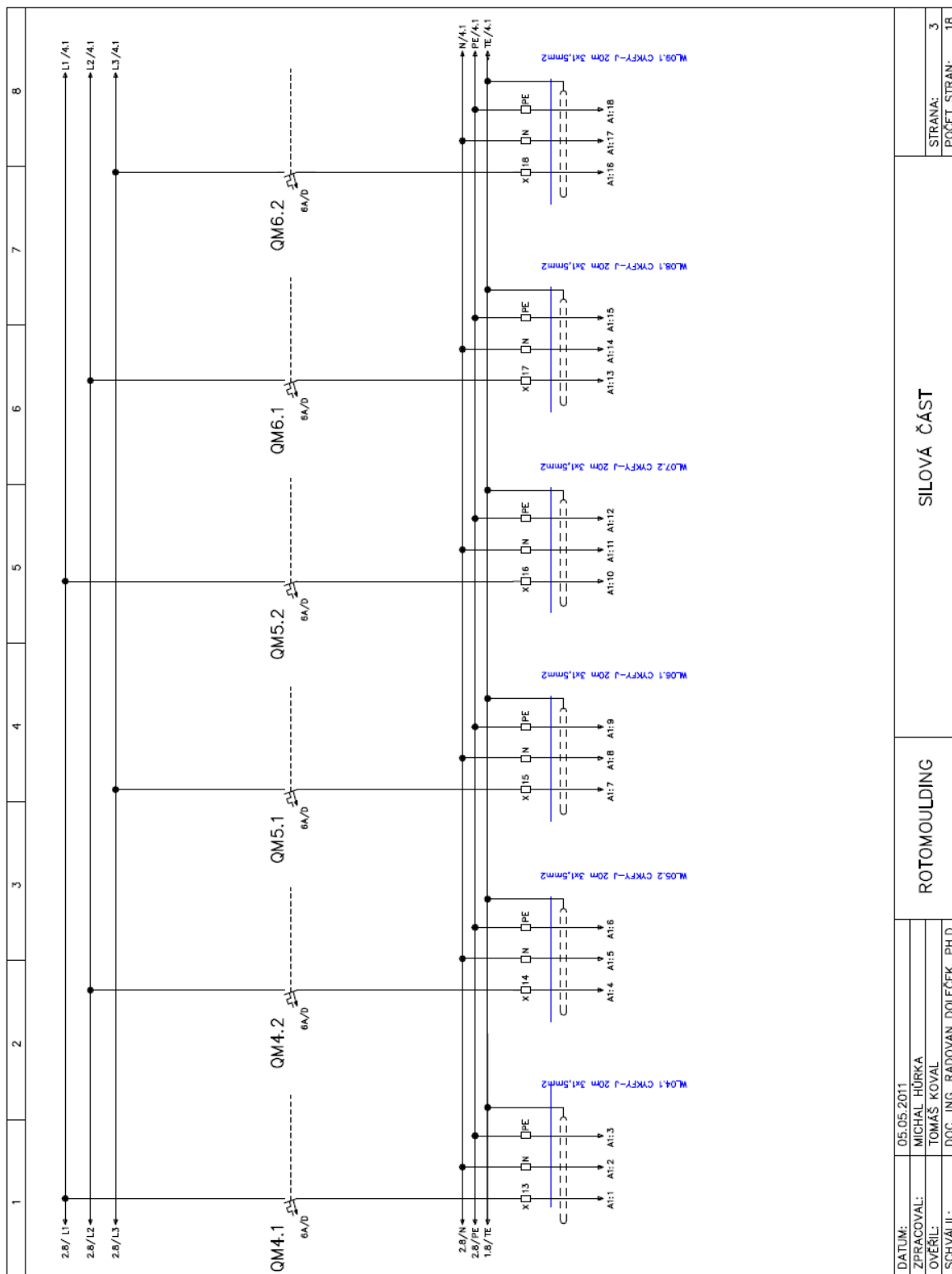


DATUM:	05.05.2011	ROTOMOULDING	NAPÁJECÍ ČÁST	STRANA:	1
ZPRACOVAL:	MICHAL HÜRKA			POČET STRAN:	18
OVĚŘIL:	TOMÁŠ KOVAL				
SCHVÁLIL:	DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D				

Příloha 2: Schéma 2

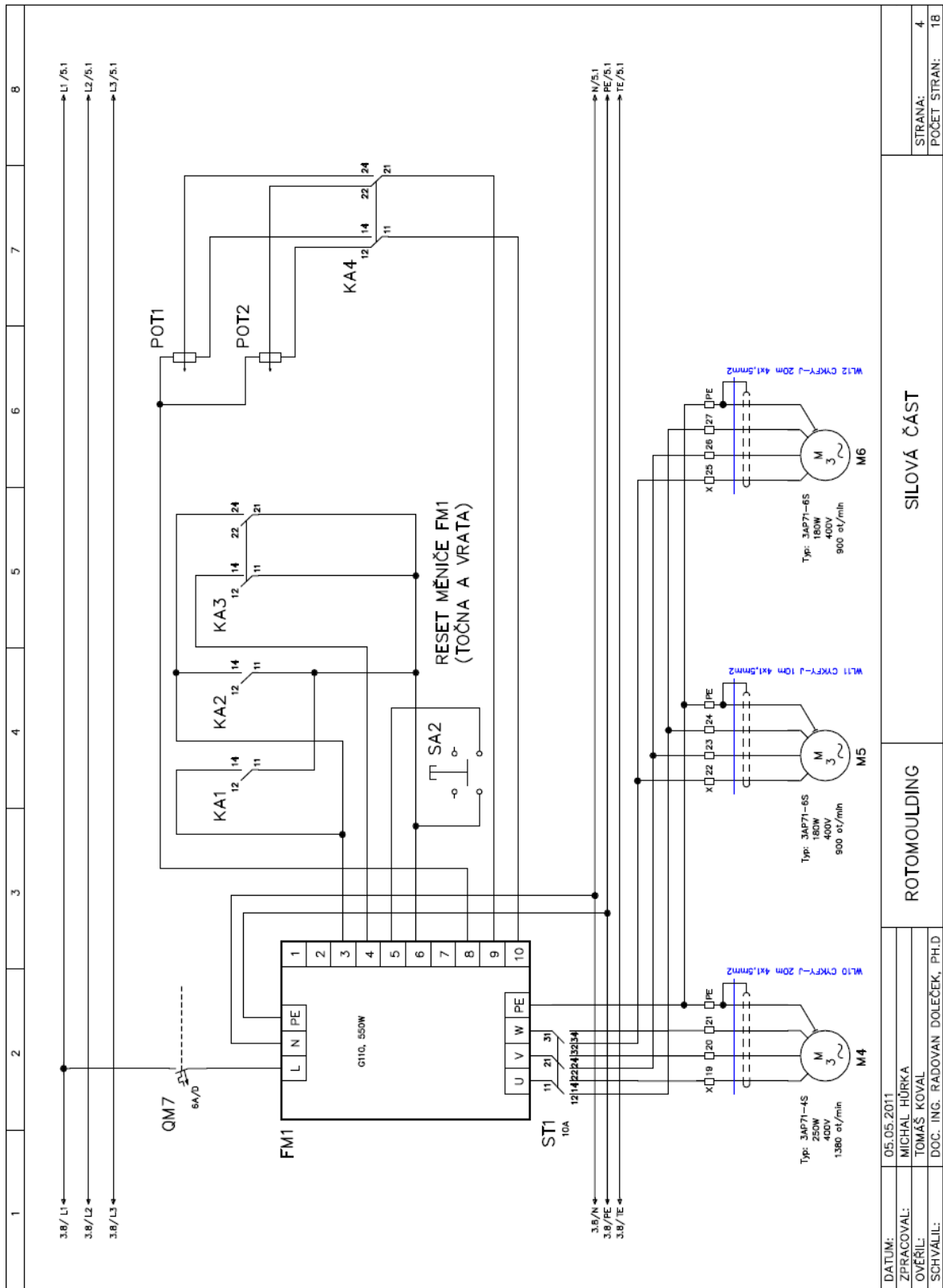


Příloha 3: Schéma 3



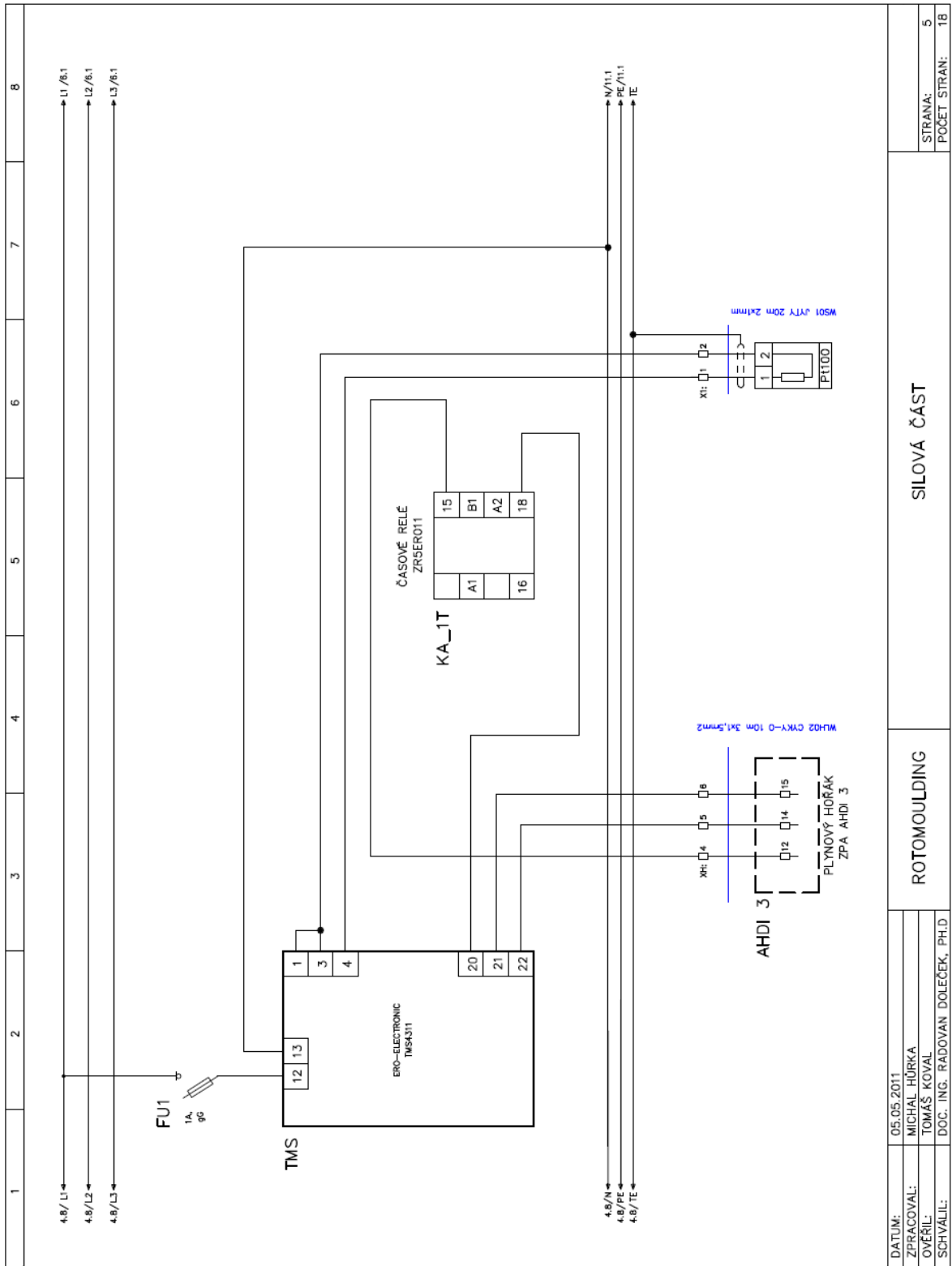
SILOVÁ ČÁST		STRANA: 3
ROTOMOULDING		POČET STRAN: 18
DATUM: 05.05.2011 ZPRACOVAL: MICHAL HURKA OVEŘIL: TOMÁŠ KOVAL SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D.		

Příloha 4: Schéma 4



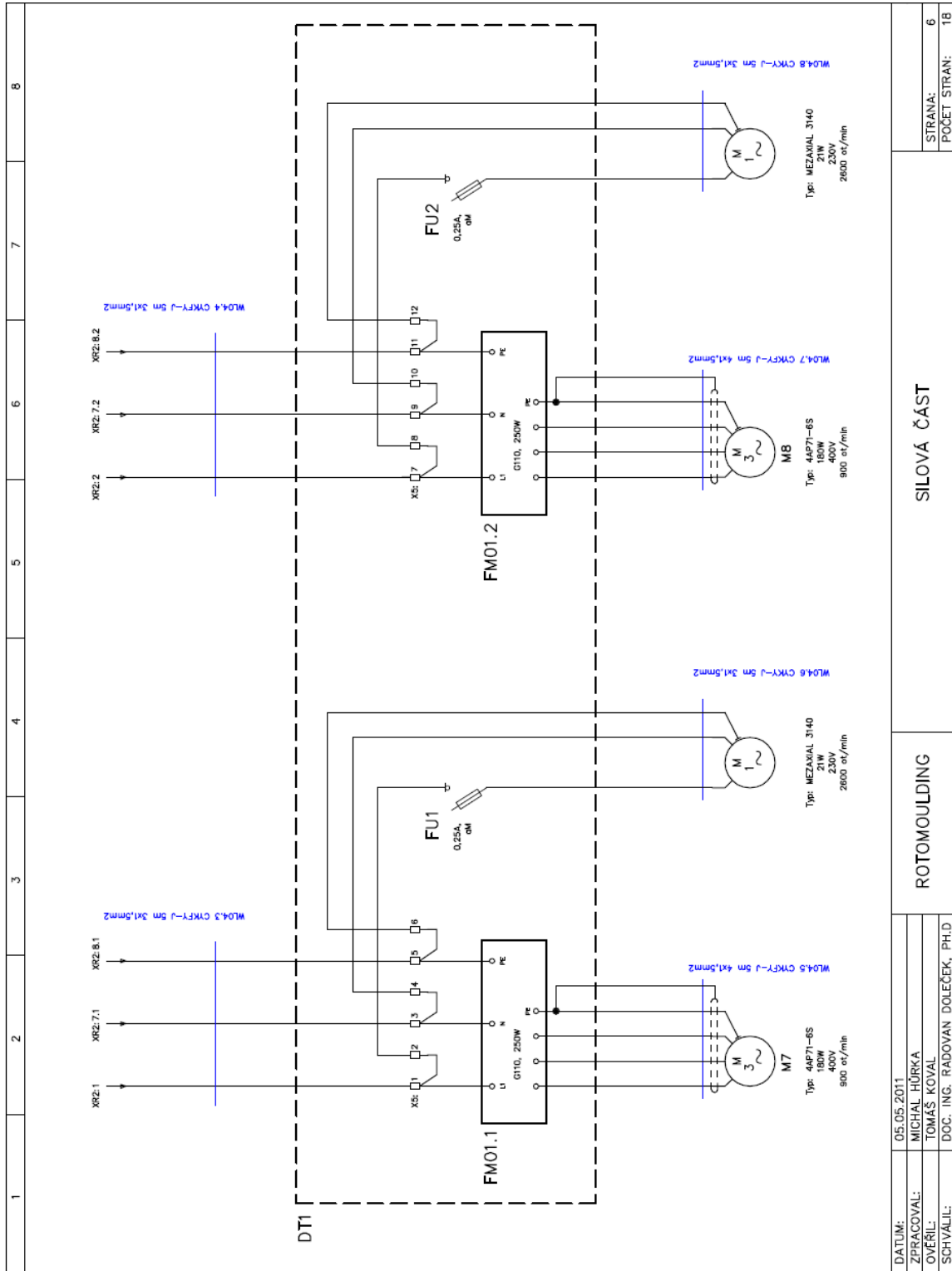
DATUM:	05.05.2011	SILOVÁ ČÁST	STRANA:	4
ZPRACOVAL:	MICHAL HŮRKA	ROTOMOULDING	POČET STRAN:	18
OVĚŘIL:	TOMÁŠ KOVAL			
SCHVÁLIL:	DOC. ING. RADOVAN DOLÉČEK, PH.D.			

Příloha 5: Schéma 5



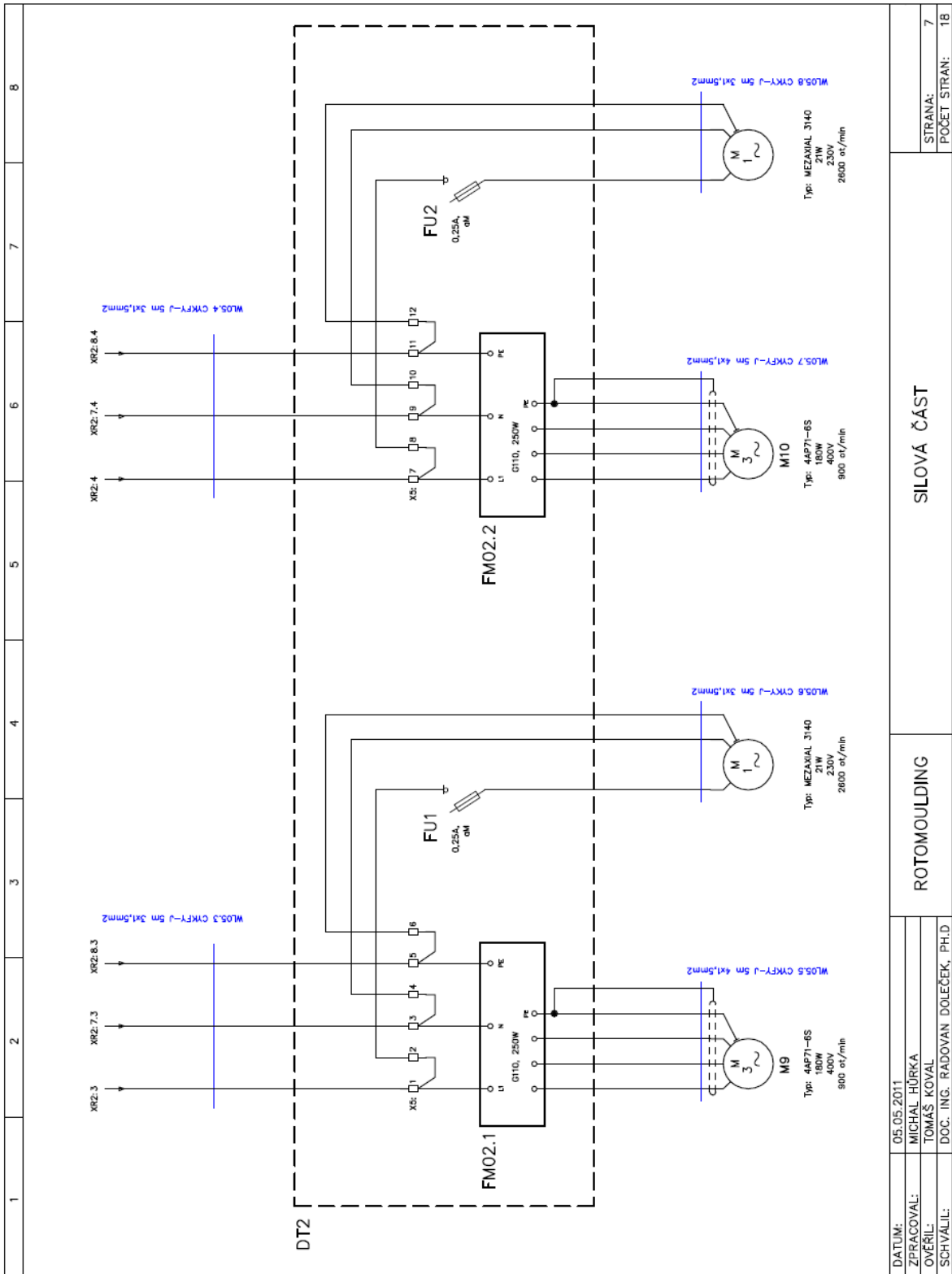
DATUM: 05.05.2011 ZPRACOVAL: MICHAL HŮRKA OVĚŘIL: TOMÁŠ KOVAL SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D		SILOVÁ ČÁST		STRANA: 5 POČET STRAN: 18	
ROTOMOULDING					

Příloha 6: Schéma 6



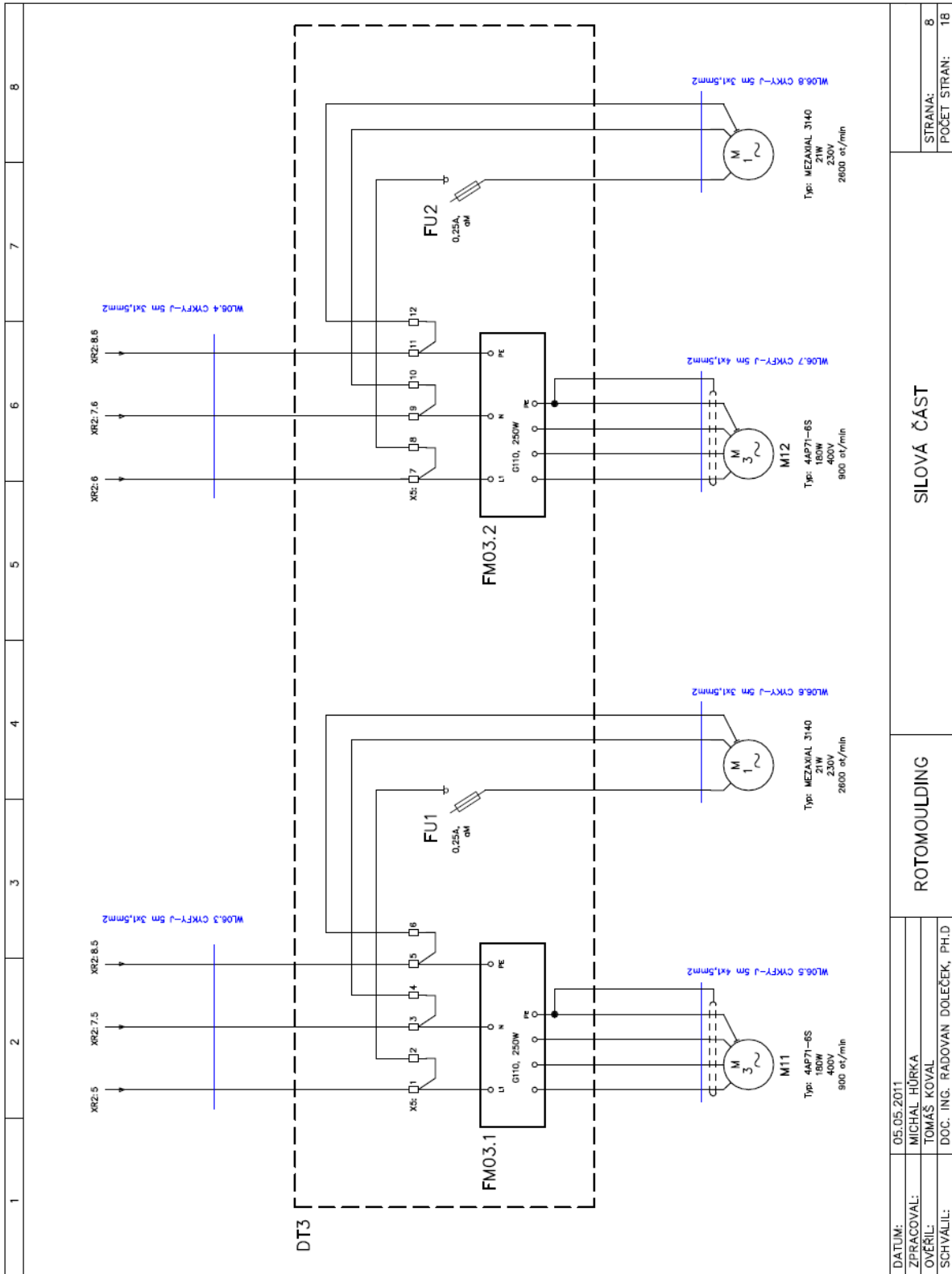
DATUM: 05.05.2011 ZPRACOVAL: MICHAL HÜRKA OVĚŘIL: TOMÁŠ KOVAL SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D.		SILOVÁ ČÁST	
STRANA: 6 POČET STRAN: 18			

Příloha 7: Schéma 7



DATUM:	05.05.2011	SILOVÁ ČÁST		
ZPRACOVAL:	MICHAL HÜRKA			
OVERIL:	TOMÁŠ KOVAL			
SCHVÁLIL:	DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D.			
		ROTOUMLING	STRANA:	7
			POČET STRAN:	18

Příloha 8: Schéma 8



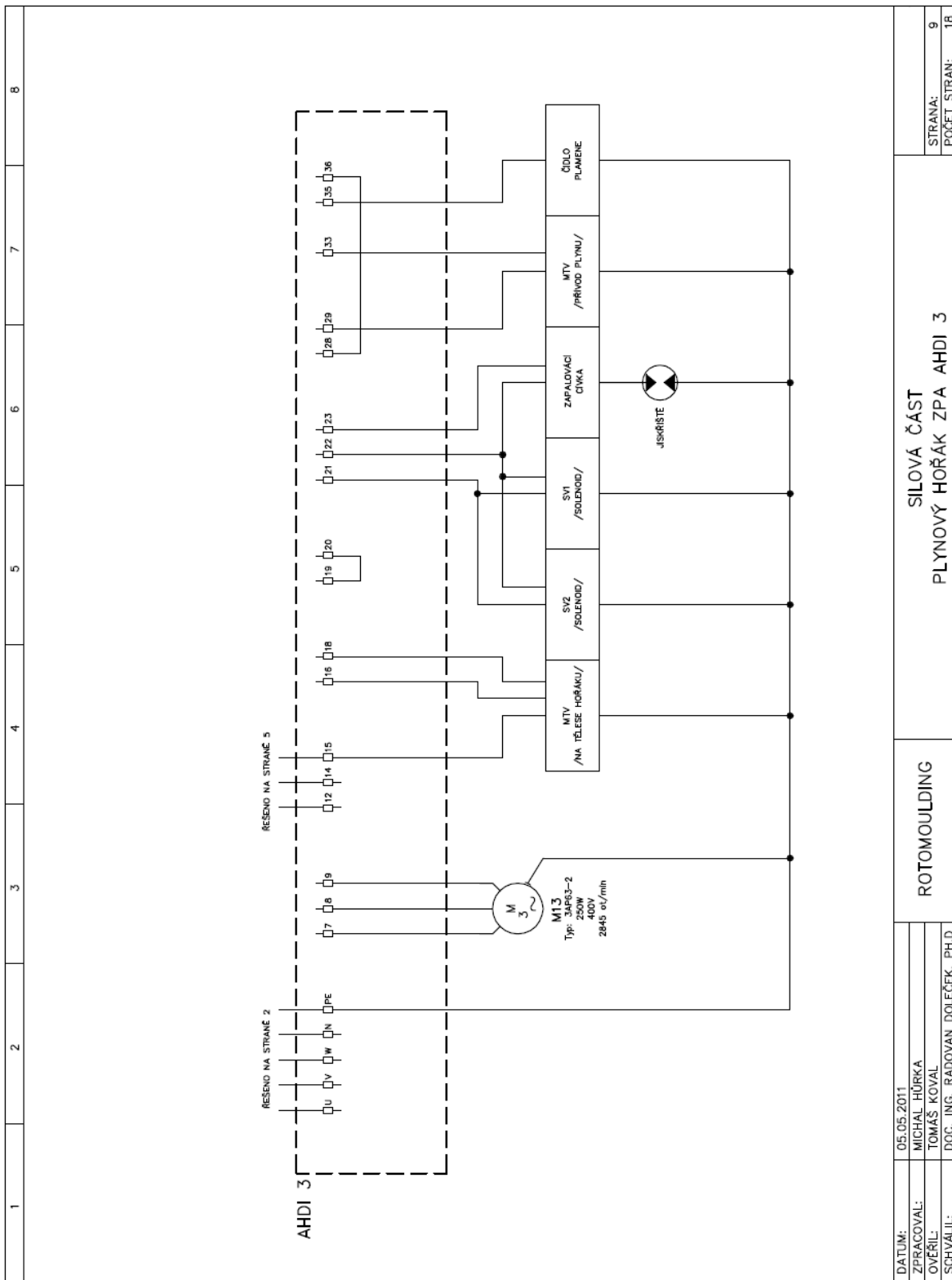
STRANA: 8
POČET STRAN: 18

SILOVÁ ČÁST

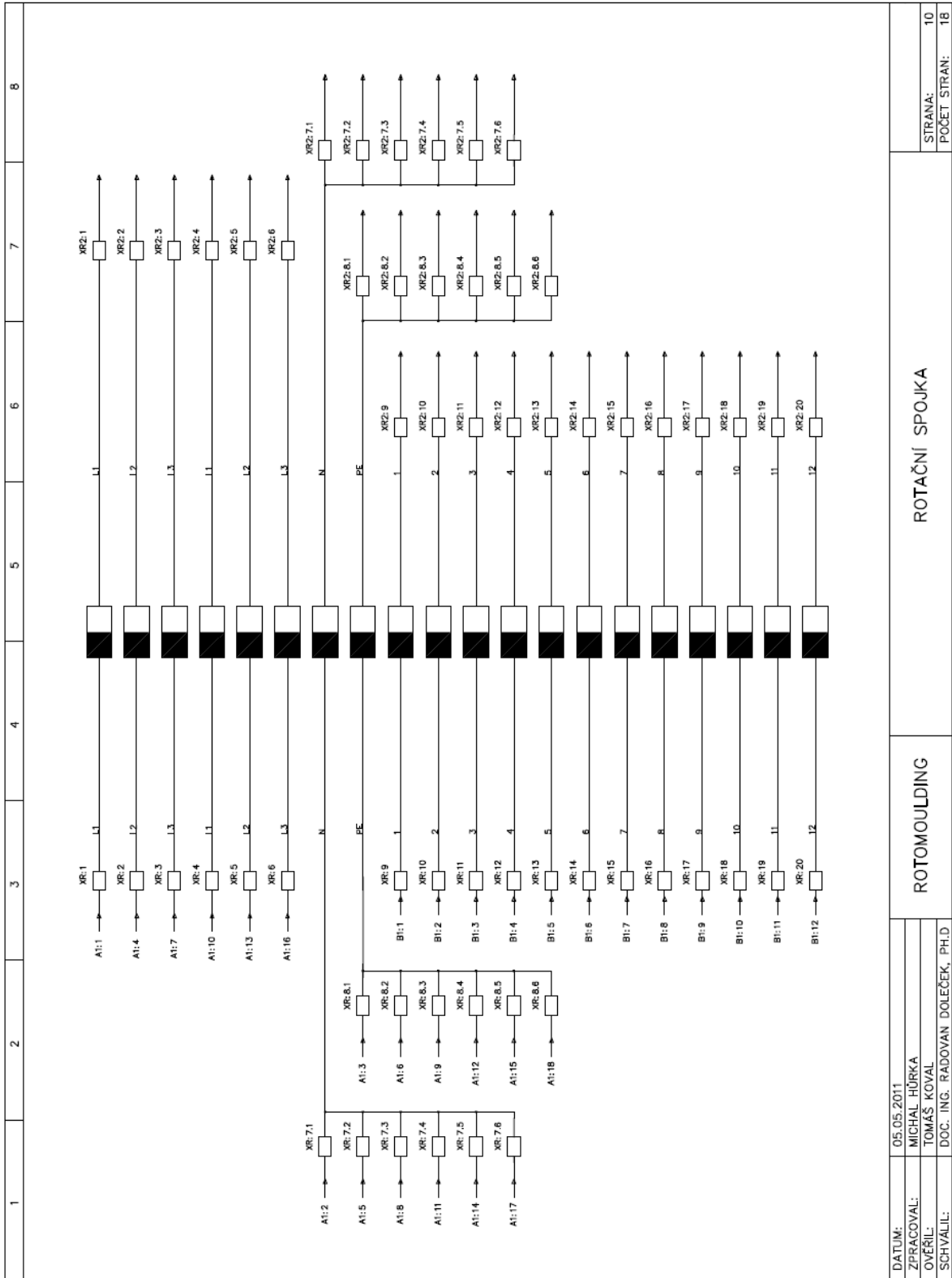
ROTOMOULDING

DATUM: 05.05.2011
ZPRACOVAL: MICHAL HÜRKA
OVĚŘIL: TOMAŠ KOVAL
SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, Ph.D

Příloha 9: Schéma 9



Příloha 10: Schéma 10



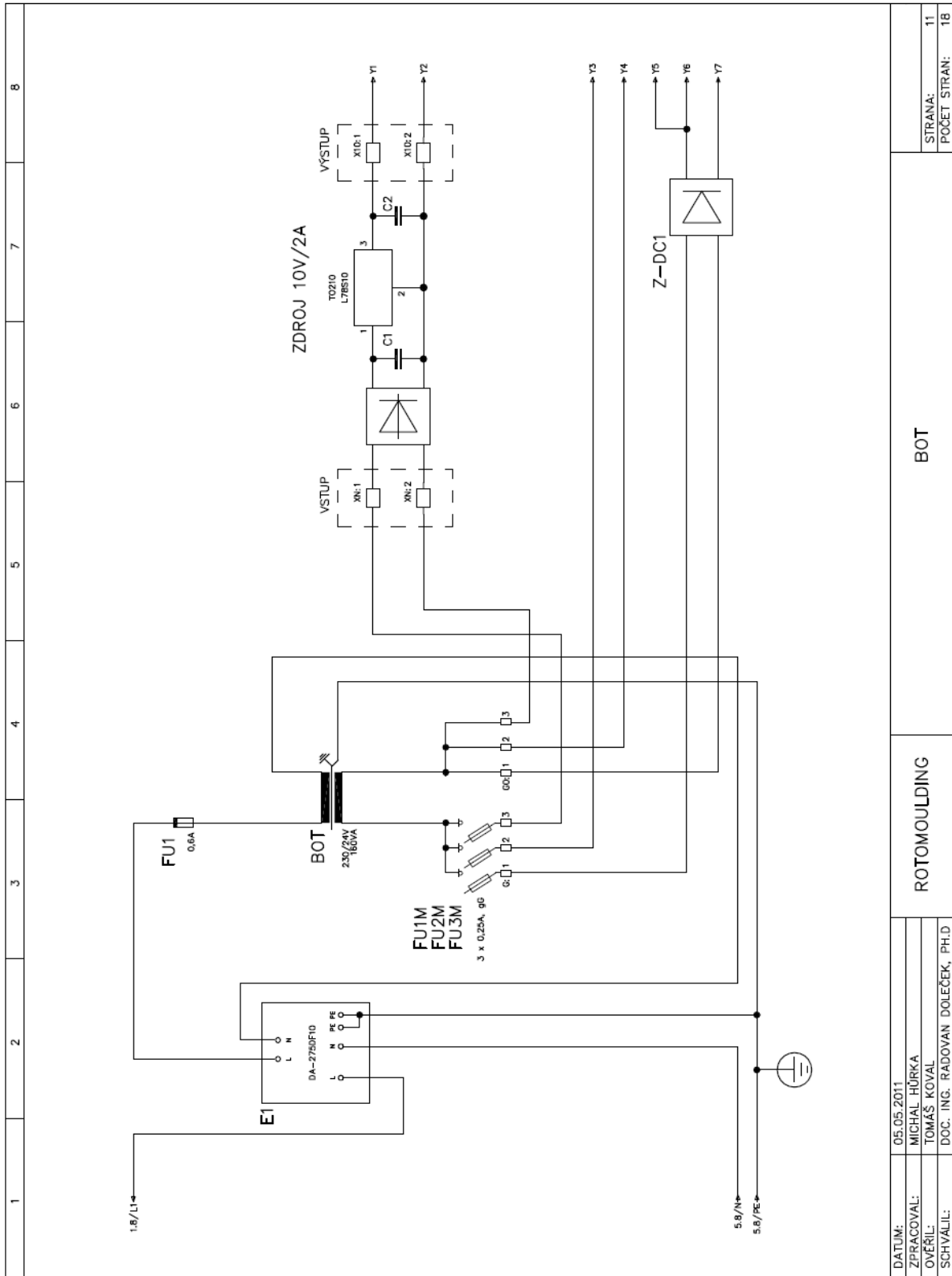
DATUM: 05.05.2011
 ZPRACOVAL: MICHAL HÜRKA
 OVEŘIL: TOMAŠ KOVAL
 SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D.

ROTOMOULDING

ROTAČNÍ SPOJKA

STRANA: 10
 POČET STRAN: 18

Příloha 11: Schéma 11



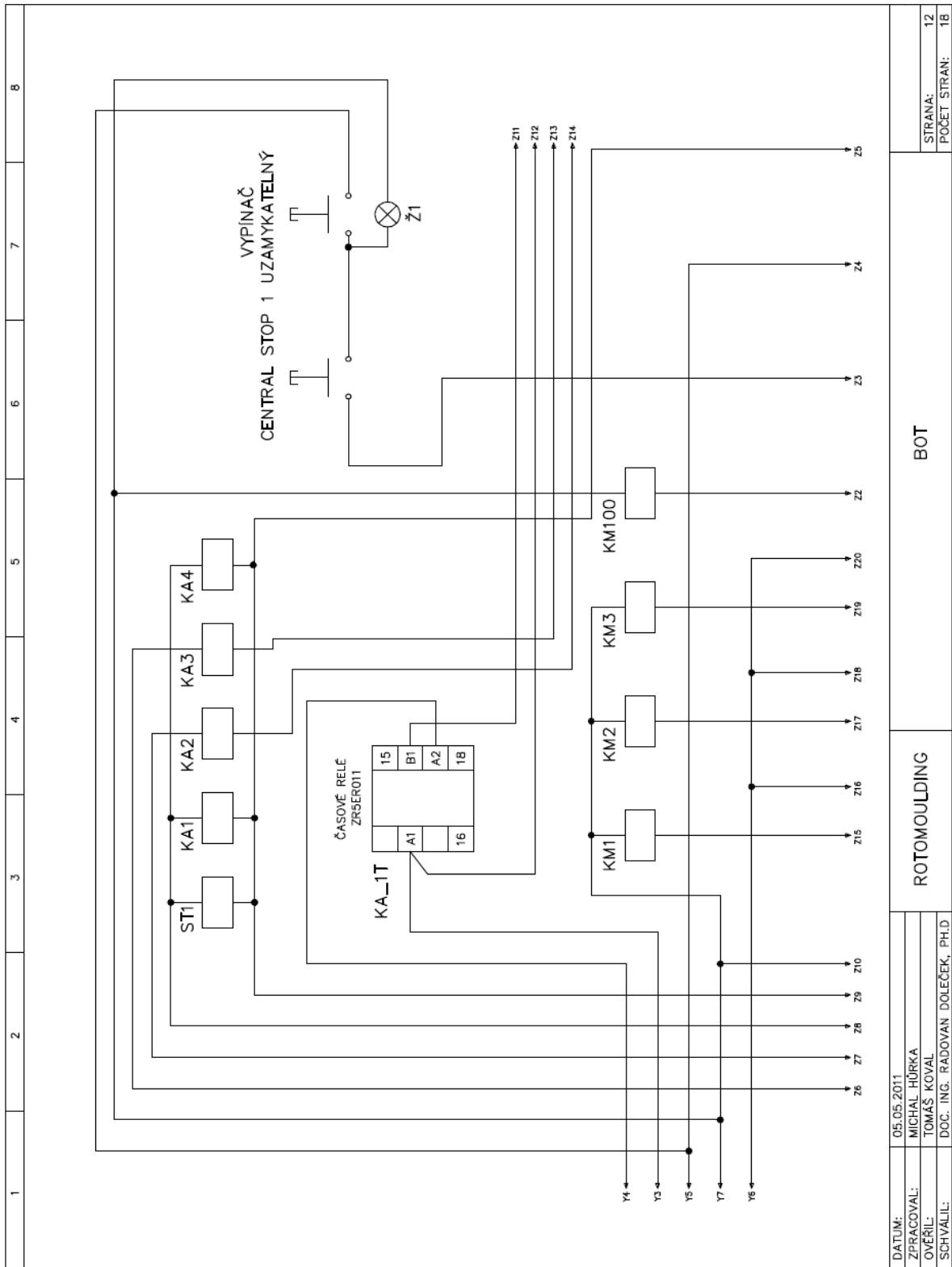
STRANA:	11
POČET STRAN:	18

ROTOMOULDING

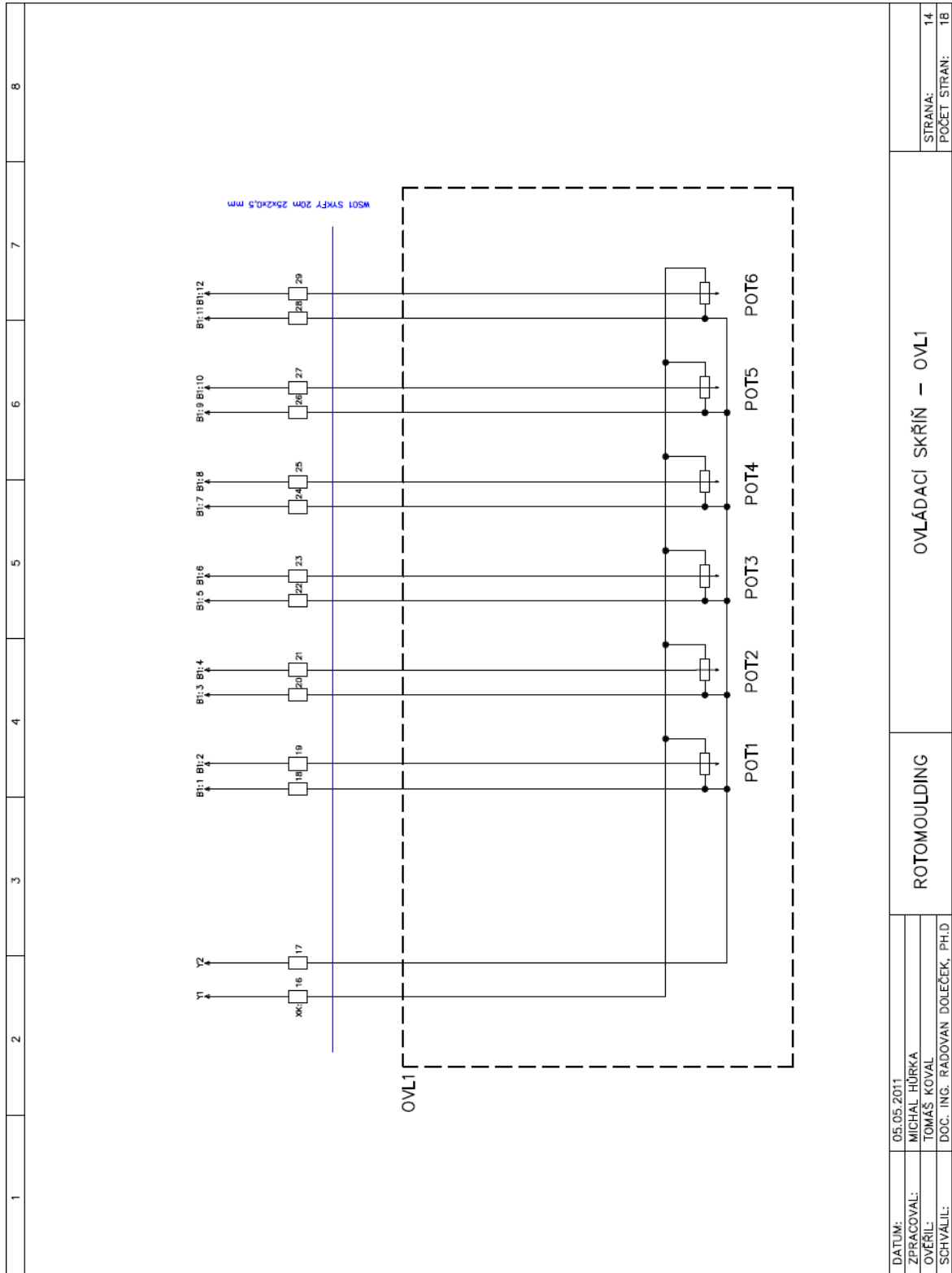
BOT

DATUM:	05.05.2011
ZPRACOVAL:	MICHAL HÜRKA
OVĚŘIL:	TOMÁŠ KOVAL
SCHVÁLIL:	DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D.

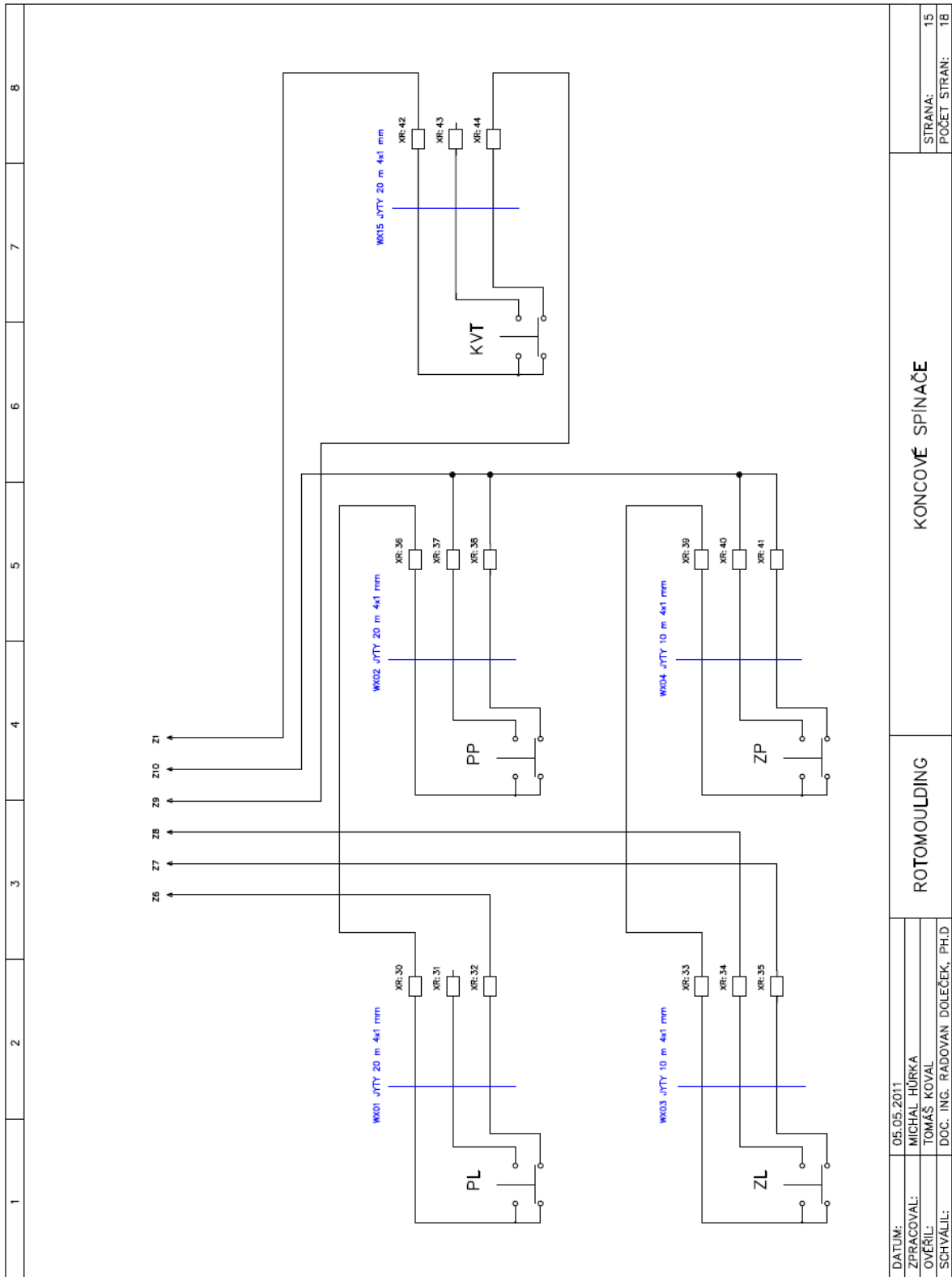
Příloha 12: Schéma 12



Příloha 14: Schéma 14

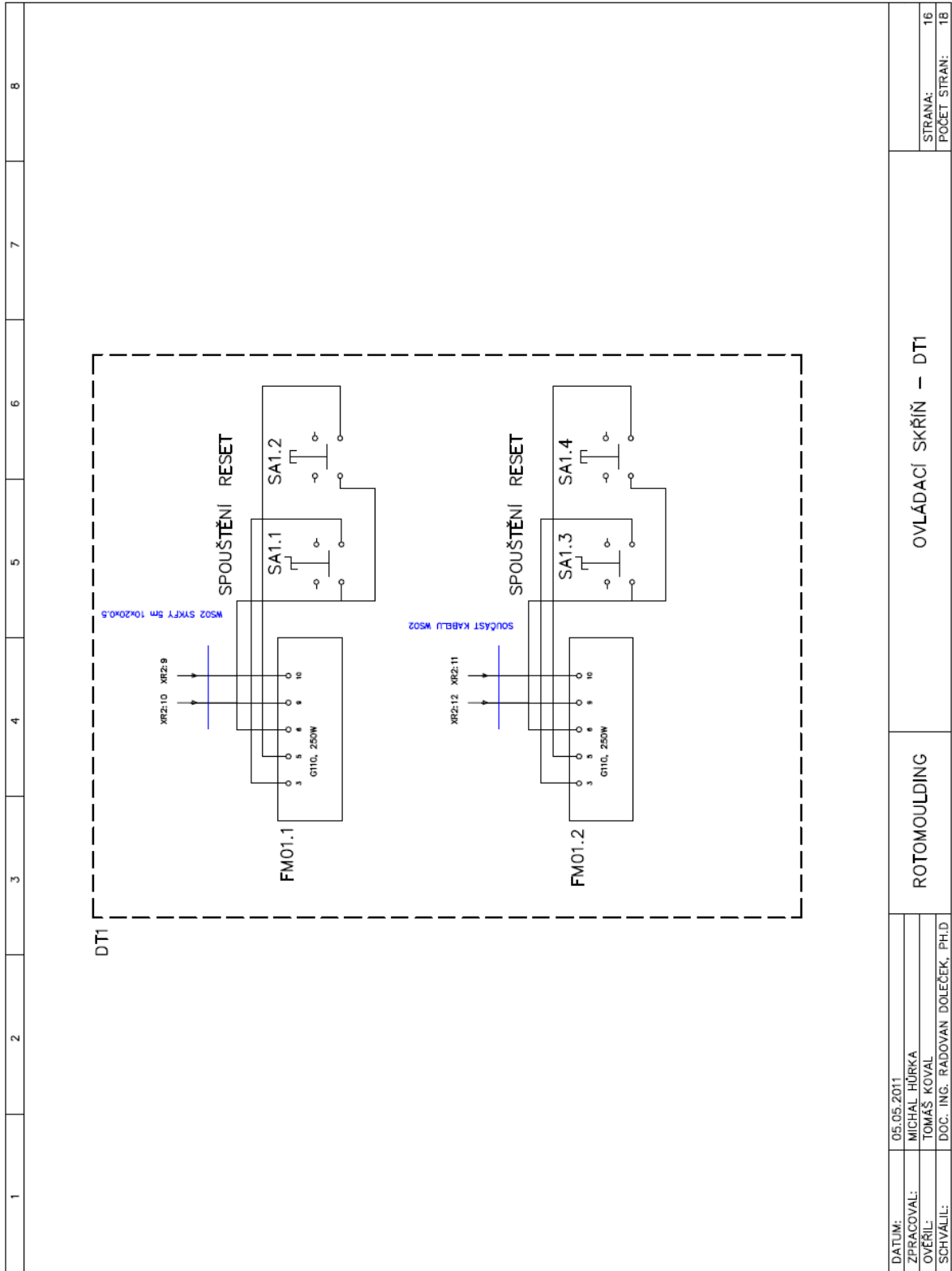


Příloha 15: Schéma 15

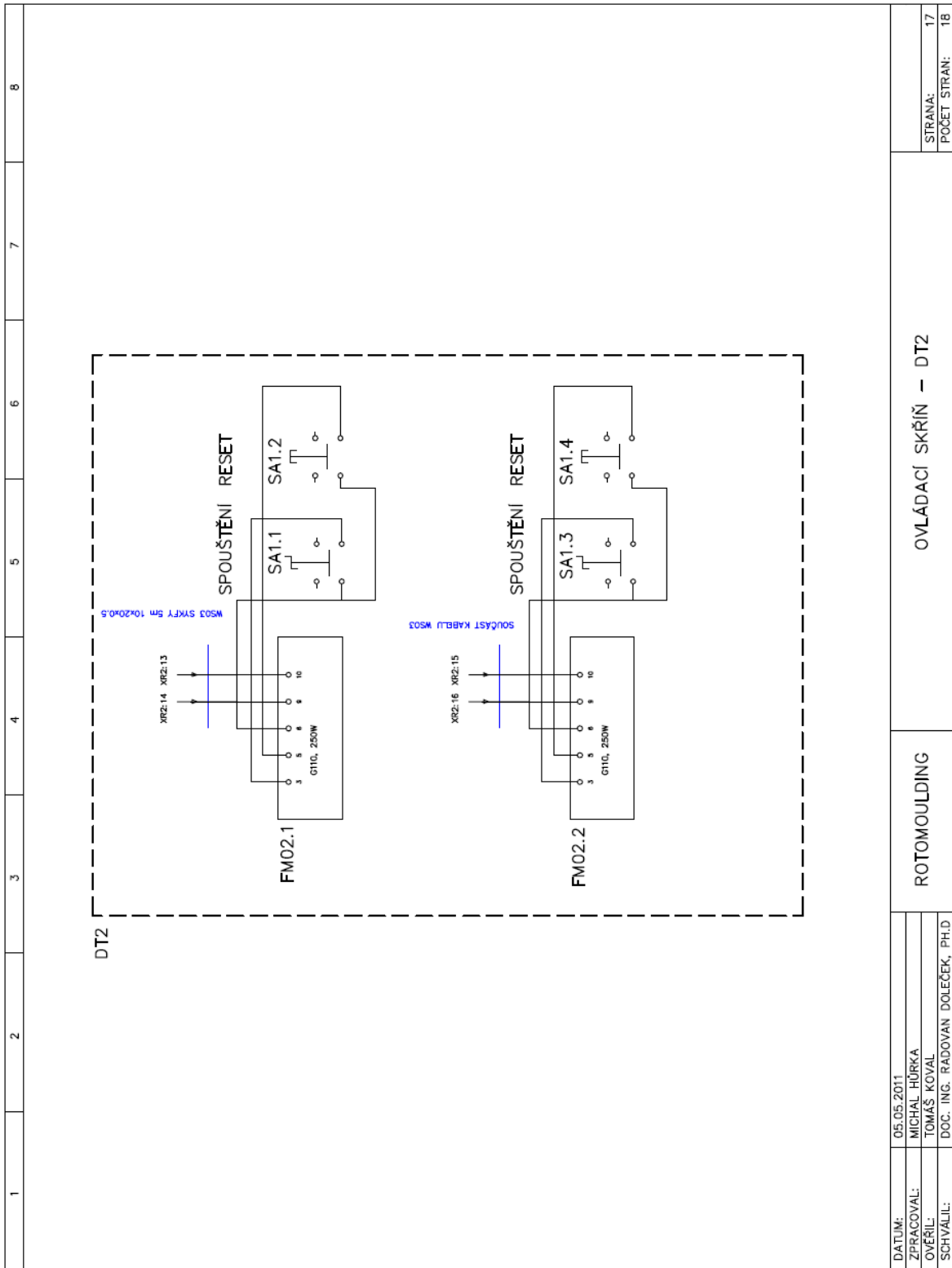


05.05.2011	ROTOMOULDING		KONCOVÉ SPINAČE		STRANA: 15
ZPRACOVAL: MICHAL HŮRKA					POČET STRAN: 18
OVĚŘIL: TOMÁŠ KOVAL					
SCHVÁLIL: DOC. ING. RADOVAN DOLEČEK, PH.D					

Příloha 16: Schéma 16



Příloha 17: Schéma 17



Příloha 18: Schéma 18

