

# Návrh elektronického řízení dvě a půl osového vyvrtávacího zařízení

Bc. Petr Šrotíř

---

Diplomová práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr ŠROTÍŘ**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Návrh elektronického řízení dvě a půl osového  
vyvrtávacího zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Popište požadovaný stav zařízení
2. Navrhněte způsob měření a řízení horizontální osy X.
3. Navrhněte způsob měření a řízení horizontální osy Y.
4. Navrhněte způsob měření a řízení vertikální osy Z.
5. Vyřešte regulaci otáček vřetene s nástrojem na ose Z.
6. Proveďte osazení stroje bezpečnostními prvky, které vyplývají ze systému řízení stroje.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Ing. Marie Martinásková, Ing. Ladislav Šmejkal, CSc. Řízení programovatelnými automaty. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01766-4; Jiří Javůrek. Regulace moderních elektrických pohonů. 1. vyd. GRADA, 2003. ISBN 80-247-0507-9; Ing. František Hruška, Ph.D. Technické prostředky automatizace 4. 2. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2003. ISBN 80-7318-131-2; Systémový manuál SIMATIC S7-200. 4. vyd. SIEMENS AG, 2003, SIEMENS s.r.o. Technická 15 Brno; SIEMENS. Software a řešení, mikrosystémy. Dostupné z CD; Manuál pro servopohon SmartStep R7D-AP, R7M-A od firmy OMRON electronic spol. s.r.o.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky


Datum zadání diplomové práce:

**14. února 2006**


Termín odevzdání diplomové práce:

**26. května 2006**

Ve Zlíně dne 14. února 2006

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*pověřený děkan*



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce obsahuje projekt měření a řízení vyvrtávacího zařízení pro firmu MOMENT, spol. s r.o. Teoretická část diplomové práce se zabývá problematikou programovatelných automatů PLC a měničů kmitočtu AC motorů. V praktické části je popsána zvolená jednotka pro vyvrtávací zařízení konkrétně programovatelný automat SIMATIC S7-200 od firmy SIEMENS. Tento automat zajišťuje měření a řízení polohy jednotlivých suportů na osách X, Y, Z. Pro komunikaci obsluhy zařízení se SIMATICEM S7-200 je použit operátorský panel OP7 od firmy SIEMENS. Pro řízení a regulaci otáček asynchronního motoru vřetene na ose Z je použit frekvenční měnič ARTDrive od firmy SIE. Posuv suportů na osách X, Y, Z zajišťují AC servopohony od firmy OMRON. Součástí diplomové práce je i program pro SIMATIC S7-200.

Klíčová slova: MikroPLC, SIMATIC S7-200, AC servopohony, operátorský panel OP7

## **ABSTRACT**

This master thesis contains a project of how to measure and control a boring plant for MOMENT, ltd. Company. The theoretical part of this work is concerned with problems of programmable logical controller PLC and frequency converter of the AC motors. A chosen unit for the boring plant, more specifically a programmable logical controller SIMATIC S7-200 from SIEMENS Company, is described in the practical part. This machine is handling measures and controls separate saddle towards on the X, Z, Y - axis. An operator panel OP7 from SIEMENS Company is used to enable communication between SIMATIC S7-200 and the operator. A frequency converter ARTDrive from SIE Company is used to control and regulate the spindle speed of the induction motor on the Y - axis. AC servo-driver from OMRON Company is used to move the saddle towards on the X, Y, Z - axis. The program for SIMATIC S7-200 is also included in this work.

Keywords: MicroPLC, SIMATIC S7-200, AC servo-driver, operator panel OP7

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Sysalovi, Ph.D. za odborné rady při vedení mé bakalářské práce.

Konzultantu bakalářské práce Ing. Václavu Tomáškoví, CSc. za konzultace při řešení problematiky bakalářské práce a za poskytnutí technického vybavení.

Členům technické přípravy výroby firmy MOMENT, Ing. Boženě Fialové a Jaroslavu Vavrušovi za poradenskou činnost v oblasti strojírenství.

Ve Zlíně, dne 26.5.2006

.....

Petr Šrotiř

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 VYVRTÁVACÍ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>9</b>
1.1 POŽADAVKY NA VYVRTÁVACÍ ZAŘÍZENÍ .....	9
1.2 MECHANICKÁ ČÁST VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ .....	9
<b>2 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
2.1 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	11
2.2 DŮVODY ZVOLENÉHO ZPŮSOBU ŘEŠENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	11
2.3 DŮVOD ZVOLENÉHO ZPŮSOBU ŘÍZENÍ STROJE .....	12
2.4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	12
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
<b>3 TEORIE POUŽITÝCH KOMPONENTŮ</b> .....	<b>14</b>
3.1 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT .....	14
3.1.1 Centrální procesorová jednotka CPU .....	15
3.1.2 Digitální vstupní modul .....	15
3.1.3 Digitální výstupní modul .....	15
3.1.4 Analogový vstupní modul .....	16
3.1.5 Analogový výstupní modul .....	16
3.1.6 Komunikační moduly .....	16
3.2 MĚNIČ KMITOČTU ASYNCHRONNÍHO MOTORU .....	17
3.2.1 Přímé měniče kmitočtu .....	17
3.2.2 Nepřímé měniče kmitočtu .....	17
3.2.3 Skalární řízení .....	19
3.2.4 Vektorové řízení .....	19
3.3 INDUKČNÍ SNÍMAČ .....	20
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>21</b>
<b>4 ŘÍDICÍ SYSTÉM SIMATIC S7-200</b> .....	<b>22</b>
4.1 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT SIMATIC S7-200 .....	22
4.1.1 CPU SIMATIC S7-200 .....	23
4.2 ROZŠIŘOVACÍ MODULY S7-200 .....	25
4.2.1 Rozšiřovací moduly digitálních vstupů a výstupů .....	25
4.2.2 Analogové rozšiřovací moduly .....	25
4.2.3 Termočláňkové a RTD rozšiřovací moduly .....	26
4.2.4 Rozšiřovací modul PROFIBUS-DP .....	26
4.2.5 Rozšiřovací modemový modul .....	27
4.2.6 Ethernetový rozšiřovací modul .....	28
4.3 OPERÁTORSKÉ PANELE .....	28
4.3.1 Textový displej TD 200 .....	29
4.3.2 Touch panel TP 070 .....	29
4.3.3 Textový displej OP7 .....	30

4.4	PROGRAMOVACÍ BALÍK STEP-MICRO/WIN .....	31
4.4.1	Požadavky na počítač .....	31
4.5	MOŽNOSTI KOMUNIKACE CPU SIMATIC S7-200 A PC .....	32
<b>5</b>	<b>FREKVENČNÍ MĚNIČ ARTDRIVEF (AFY).....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>AC SRVOPOHON SMARTSTEP OMRON R7D-AP .....</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>POPIS ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>36</b>
7.1	POPIS MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ HORIZONTÁLNÍ OSY X .....	36
7.2	POPIS MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ HORIZONTÁLNÍ OSY Y .....	37
7.3	POPIS MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ VERTIKÁLNÍ OSY Z .....	39
7.4	POPIS NAJÍŽDĚNÍ SUPORTŮ NA POŽADOVANOU HODNOTU.....	40
7.5	POPIS REGULACE OTÁČEK VŘETENE S NÁSTROJEM NA OSE Z.....	40
7.6	OVLÁDÁNÍ BRZDY VŘETENE S NÁSTROJEM NA OSE Z .....	41
7.7	OSAZENÍ STROJE BEZPEČNOSTNÍMI PRVKY .....	41
7.8	OVLÁDÁNÍ ČERPADLA CHLADÍCÍ KAPALINY NÁSTROJE.....	41
<b>8</b>	<b>POPIS PRACOVNÍCH CYKLŮ STROJE.....</b>	<b>43</b>
8.1	POPIS PRACOVNÍHO CYKLU VRTÁNÍ.....	43
8.2	POPIS PRACOVNÍHO CYKLU DRÁŽKOVÁNÍ.....	45
<b>9</b>	<b>POPIS OVLÁDÁNÍ STROJE .....</b>	<b>47</b>
9.1	HLAVNÍ MENU VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ .....	48
9.2	MENU VRTÁNÍ OTVORŮ .....	49
9.2.1	Vrtání - start řízení .....	49
9.2.2	Vrtání - nastavení řízení .....	50
9.2.3	Vrtání - paměti řízení .....	53
9.3	MENU DRÁŽKOVÁNÍ .....	54
9.3.1	Drážkování - start řízení.....	54
9.3.2	Drážkování - nastavení řízení .....	55
9.3.3	Drážkování - paměti řízení.....	58
9.4	RUČNÍ OVLÁDÁNÍ.....	59
9.4.1	Ruční ovládání – start ovládání.....	59
9.4.2	Ruční ovládání – nastavení ovládání .....	60
<b>10</b>	<b>NÁVRATNOST INVESTICE DO VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>61</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>67</b>

## ÚVOD

Úkolem této diplomové práce je navržení elektronického řízení dvě a půl osového vyvrtávacího zařízení, pro firmu MOMENT, spol. s r.o. sídlící na Mladcové u Zlína.

Firma MOMENT, spol. s r.o. se svým zaměřením v oblasti strojírenské výroby, dlouhodobě řeší problematiku vrtání otvorů do kovových materiálů na středisku zámečnické výroby. V současnosti se provádí vrtání otvorů do kovových materiálů na ručně ovládaných strojích VR2 a VR4 přímo na středisku zámečnické výroby nebo v kooperaci. V případě, že jsou otvory do materiálu vrtány na strojích s ručním ovládáním není možno docílit požadované přesnosti výroby a nastává problematika vysoké zmetkovosti. Pokud je zvolena varianta kooperace, je ve většině případů velmi drahá, protože je otvor do materiálu vrtán na stroji s velmi velkou mechanickou pevností, který je zbytečným přepychem a cena výrobku jde nežádoucím způsobem nahoru.

Z výše uvedených důvodů vzniknul požadavek, doplnit výrobní halu zámečnické výroby o zařízení, které by zajistilo požadovanou přesnost a jednoduchost ovládání z hlediska malosériové výroby. Takové zařízení je v současné době na trhu nedostupné. Většina výrobců strojů vyrábí ručně ovladatelné stroje a nebo elektronicky řízené stroje s vysokou přesností, pro velkosériové výroby.

Jelikož jednou z činností firmy MOMENT, spol. s r.o. je vlastní konstrukční činnost a malosériová výroba strojů, bylo zvoleno řešení daného problému s vrtáním otvorů do kovových materiálů na středisku zámečnické výroby, vyrobit si vyvrtávací zařízení sami. Toto vyvrtávací zařízení by nedosahovalo velké mechanické tuhosti, ale bylo by schopno opakovaně vyrábět shodné výrobky s požadovanou přesností na 0,1 mm.



# 1 VYVRTÁVACÍ ZAŘÍZENÍ

## 1.1 Požadavky na vyvrtávací zařízení

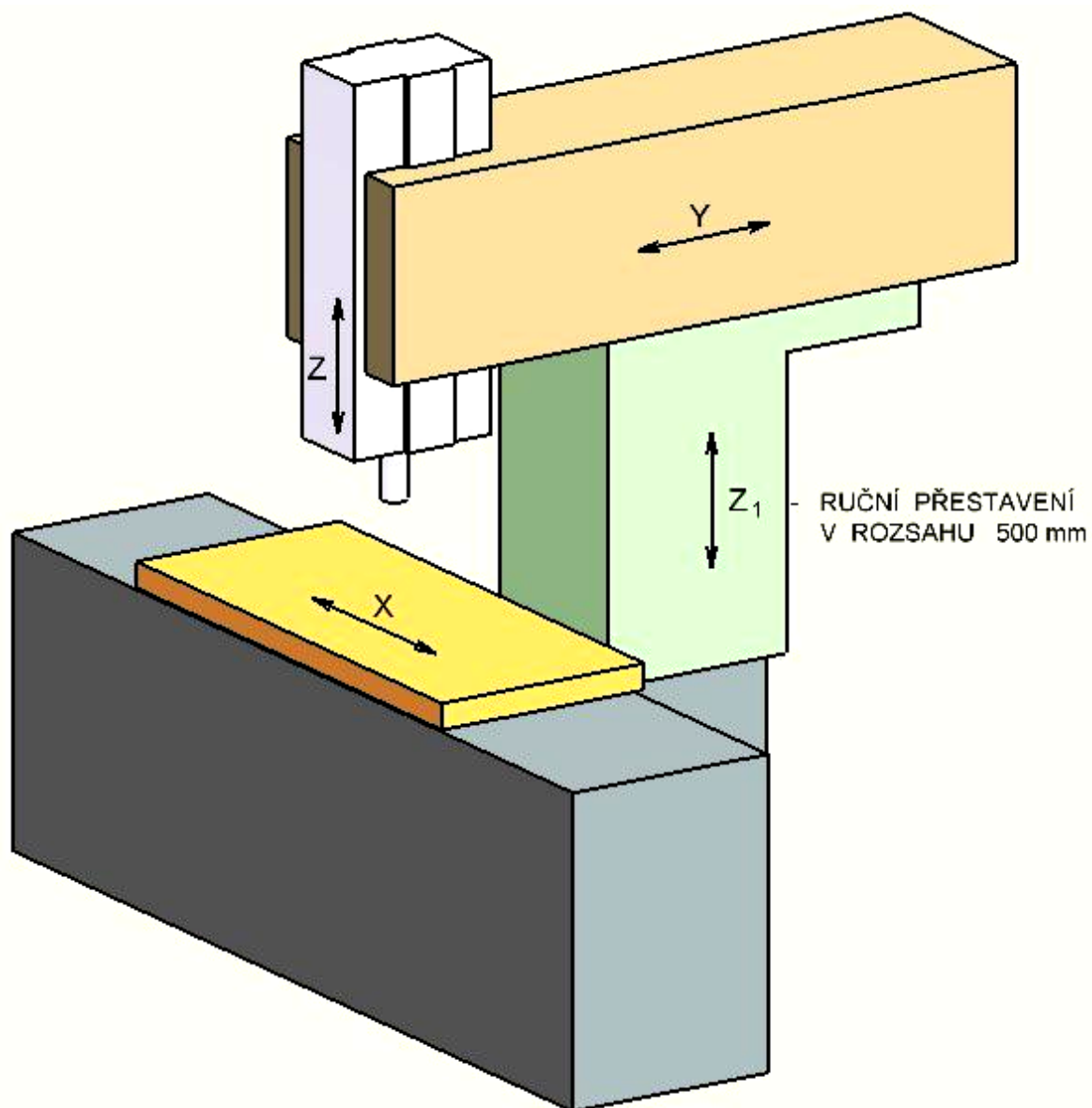
Během patnáctileté praxe ve firmě MOMENT, spol. s r.o., bylo zjištěno, že ve vybavení střediska zámečnické výroby chybí zařízení, které by bylo schopno vrtat do kovových materiálů otvory s požadovanou přesností  $\pm 0,05\text{mm}$ . Ve většině případů je zapotřebí vrtat otvory do materiálů profilu I,U, nebo ocelových ploten. Zařízení by mělo tedy být schopno vyvrtat otvory do materiálu s maximální osovou vzdáleností 2000 mm. Pracovní šířka stroje by měla být 500 mm. Zařízení by mělo umožňovat vrtat do hloubky 450 mm, s možností ručního přestavení nástroje nad povrchem pracovního stolu v rozmezí 0 až 500mm. Celková pracovní výška nástroje nad pracovním stolem by měla být 1000mm.

Nastavení zařízení by mělo být možno provést přímo na zařízení v prostorách zámečnické výroby, bez nutnosti použití PC. Zařízení by mělo mít schopnost uložení, alespoň tří nejčastěji používaných nastavení. Menu by mělo být zpracováno tak, aby vyvrtávací zařízení mohl ovládat kterýkoliv zaměstnanec zámečnické dílny, bez pomoci programátora.

## 1.2 Mechanická část vyvrtávacího zařízení

Vyvrtávací zařízení je tvořeno základovou částí na niž je uložen suport s pracovním stolem pohybujícím se po ose X v délce 2100 mm. Na zadní části stroje je upevněna nosná část, na které je uložen druhý horní suport a ten se bude pohybovat po ose Y v délce 510 mm. Druhý horní suport bude nést třetí suport, který se pohybuje po ose Z v délce 510 mm. Na třetím suportu je upevněna převodová skříň s vřetenem a jeho pohonem. Celou horní část stroje se suporty na osách Y, Z, lze manuálně posouvat v rozsahu 500 mm po ose Z. Tímto se zvedne rozsah pracovního prostoru osy Z na 1000 mm, z toho bude 500 mm aktivních. Grafické znázornění mechanické části zařízení je na obrázku č.1.

Posuv suportů na osách X, Y, Z zajišťují AC servopohony prostřednictvím kuličkových šroubů. Vřeteno je poháněno prostřednictvím dvoustupňové převodovky asynchronním motorem. Pasivní bezpečnost práce na stroji tvoří dva kryty pracovního prostoru.



Obrázek 1. Mechanická část zařízení

## 2 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### 2.1 Možnosti řešení problematiky diplomové práce

Jak již je z abstraktu známo, řešenou problematikou této diplomové práce je regulace otáček vřetene na ose Z, měření a řízení jednotlivých os X, Y, Z, dvě a půl osového vyvrtávacího zařízení. Problematiku měření a řízení tří os X, Y, Z, je možno řešit zakoupením kompletního řídicího systému od firmy SIEMENS s LCD uživatelským rozhraním jednoúčelovým řídicím systémem se servopohony. Toto řešení je zbytečným přepychem. Softwarové vybavení a uživatelské rozhraní, které je zpracováno na velmi vysoké úrovni přesahující užité vlastnosti zařízení, vzhledem k mechanické části stroje a tím navyšuje pořizovací cenu zařízení. Druhou variantou pro řešení již zmíněného problému je zakoupení kompaktních odměřovacích a řídicích modulů od firem SONY nebo ELGO, které je nutno doplnit servopohony. I toto řešení není nejlepší volbou, odměřovací a řídicí moduly od firem SONY a ELGO umožňují předdefinovat pouze jednu operaci automatického najetí polohy. Třetím řešením již zmíněného problému je použití automatu PLC s operátorským panelem, doplněným o inkrementální snímače polohy a servopohony pro osy X, Y, Z. Automatem PLC je možno rovněž řídit frekvenční měnič pohonu vřetene na ose Z a mnoho dalších pomocných prvků stroje.

### 2.2 Důvody zvoleného způsobu řešení diplomové práce

Dvě a půl osové vyvrtávací zařízení obsahuje tři odměřované osy a jedno vřeteno s možností plynulé regulace otáček. Toto zařízení je jednoúčelové a nemá vlastnosti sériově vyráběných CNC strojů. Proto jsem se rozhodl pro variantu řízení stroje za pomoci PLC automatu. Tato varianta mi umožňuje vytvořit uživatelské prostředí a funkce přizpůsobit povaze výroby zámečnického střediska ve firmě MOMENT, spol. s r.o. . Mezi programovatelnými automaty od firem FESTO, SCHNIDER, OMRON, FANUC a SIEMENS, jsem si vybral programovatelný automat SIMATIC S7-200 od firmy SIEMENS. Tento automat jsem si vybral z důvodu největšího rozšíření ve výrobních procesech velkých firem v Evropě. Hlavní výhodou tohoto automatu je jeho nízká cena vzhledem k jeho rychlosti a vybavenosti instrukčního souboru. Firma SIEMENS nabízí velké množství textových i grafických operátorských panelů. Pro komunikaci obsluhy stroje a SIMATICU S7-200 jsem si zvolil operátorský panel OP7. Tento panel jsem zvolil z důvodu velmi přehledného

zobrazování hlášení stavu stroje na displeji. Z důvodu nízké ceny a velmi dobrého vybavení, jsem si vybral pro řízení a regulaci otáček vřetene na ose Z frekvenční měnič ARTDrive řady AFy od firmy SIA. Z důvodu dostupnosti a dobré technické podpory výrobce jsem si vybral servopohony pro osy X, Y, Z od firmy OMRON. Programovatelný automat SIMATIC S7-200, operátorský panel OP7 i frekvenční měniče ARTDrive jsou již v základu bez nutnosti rozšiřovacích modulů vybaveny komunikačním portem RS 485. Komunikaci přes RS 485 považuji za velmi ekonomický prvek z hlediska úspory materiálu v oblasti elektroinstalace stroje.

### 2.3 Důvod zvoleného způsobu řízení stroje

Vzhledem k povaze zavedené výroby na zámečnickém středisku firmy MOMENT, spol. s r.o. jsem se rozhodl pro tři druhy řízení dvě a půl osového vyvrtávacího zařízení:

- Automatické řízení – vrtání
- Automatické řízení – drážkování
- Ruční ovládání

Automatické řízení (vrtání) umožňuje přednastavení požadovaných souřadnic otvoru na materiálu a přednastavení požadované hloubky otvoru. Automatické řízení (drážkování) umožňuje přednastavení požadované hloubky drážky a délku drážky. Ruční ovládání, není určeno pro práci na stroji, pouze k najetí výchozího nulového bodu.

### 2.4 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je popsat požadovaný stav dvě a půl osového vyvrtávacího zařízení. V dalších krocích vypracovat přehledné ovládání stroje s ohledem na opakovanou i jednorázovou výrobu. Navrhnout elektronické řízení jednotlivých suportů na osách X, Y, Z. Navrhnout řízení a regulaci otáček vřetene na ose Z a doplnit stroj o bezpečnostní prvky vyplývající ze systému řízení stroje.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 3 TEORIE POUŽITÝCH KOMPONENTŮ

### 3.1 Programovatelný automat

PLC je programovatelný řídicí systém vyvinutý pro řízení průmyslových a technologických procesů, strojů a speciálních úloh převážně logického typu. PLC bylo vyvinuto pro řízení logických aplikací a používáno jako náhrada reléových systémů. V současnosti se PLC využívá pro regulaci, monitorování a měření technologických procesů. [1]

PLC se skládá z centrální procesorové jednotky, systémové paměti, uživatelské paměti, ze vstupních a výstupních jednotek určených pro spojení PLC s technologickým procesem. PLC je rovněž vybaveno systémovou sběrnicí pro komunikaci s nadřazenými či podřízenými řídicími systémy. [1]

Řídicí funkce PLC jsou realizovány uživatelským programem uloženým v uživatelské paměti. Uživatelský program obsahuje posloupnost instrukcí, které procesor vykonává cyklicky. Uživatelský program lze vytvořit v různých programovacích jazycích. Chování PLC je tedy dáno uživatelským programem. Výhodou je snadné přednastavení probíhajícího technologického procesu změnou uživatelského programu v PLC bez nutnosti zásahu do elektrického zapojení systému. [1]

PLC dle provedení lze dělit na kompaktní a modulární. Kompaktní PLC mají pevně danou strukturu integrovaných modulů a jsou uzavřeny v jednom pouzdře bez jakékoliv možnosti rozšíření. V současnosti se u některých kompaktních PLC projevuje v malém měřítku možnost modulace. Kompaktní PLC je určeno k řešení malých automatizačních úloh. Modulární PLC je tvořeno pevným procesorovým jádrem a napájecím zdrojem, které jsou uloženy na liště. K procesorovému jádru lze přes sběrnicí připojit další moduly pro rozšíření funkcí PLC. Rozšiřovací moduly mohou být další digitální vstupy nebo výstupy, analogové vstupy nebo výstupy, reléové výstupy a také komunikační moduly pro Ethernet nebo modemový modul. Modulární PLC je určeno pro řešení automatizačních úloh středního a velkého rozsahu. [1]

### 3.1.1 Centrální procesorová jednotka CPU

CPU je jádrem PLC, určuje výkonnost PLC. CPU může být jednoprocessorové nebo více-processorové. Víceprocessorové CPU se skládá z matematického koprocesoru, vstupně-výstupního procesoru a komunikačního procesoru. Velmi důležitou vlastností CPU je operační rychlost která je dána dobou vykonání jednoho cyklu což je doba zpracování asi 1000 instrukcí. Podle typu jednotky CPU se operační rychlost pohybuje od desítek milisekund až k desetinám mikrosekund. Jednotlivé typy CPU se liší operační rychlostí a velikostí paměti, těmito dvěma vlastnostmi CPU je dána i jeho cena. Paměťový prostor CPU se dělí na dvě části, systémovou a uživatelskou. Uživatelská paměť je nejčastěji typu EPROM nebo EEPROM. Velikost uživatelské paměti bývá řádově v desítkách kB nebo několika MB. Systémová paměť je typu EPROM. Další paměti umístěnou v jednotce CPU je paměť typu RAM, která slouží k uložení uživatelských registrů, zápisníkových registrů, vyrovnávacích registrů pro obrazy vstupů a výstupů, čítačů a časovačů. Na CPU bývá zpravidla umístěn i sériový komunikační kanál RS 485. [1]

### 3.1.2 Digitální vstupní modul

Digitální vstupní modul slouží pro připojení prvků s dvouhodnotovým charakterem. Těmito prvky mohou být tlačítka, spínače, kontaktní snímače polohy, tlaku nebo teploty, ale také indukční snímače polohy.

Digitální vstupní modul zajišťuje tyto funkce:

- ochranu vstupů PLC před poškozením chybným napětím či přepětím
- odfiltrování krátkodobých rušivých impulsů
- galvanické oddělení vstupního modulu od centrální jednotky
- signalizaci stavu vstupů

Nejčastěji se vyrábí vstupní jednotky pro stejnosměrné napětí v rozsahu 5 až 48V, pro střídavé napětí v rozsahu 24 až 230 V. [1]

### 3.1.3 Digitální výstupní modul

Digitální výstupní modul slouží k připojení akčních členů s dvouhodnotovým charakterem. Těmito členy mohou být relé, stykače, signalizační zařízení, solenoidové ventily atd.

Digitální výstupní modul zajišťuje tyto funkce. [1]

- galvanické oddělení signálu přicházejícího z CPU od signálu výstupního z výstupního modulu
- zesílení signálu na potřebnou úroveň
- ochrana výstupů před zkratem
- signalizace stavu výstupu

Nejčastěji se vyrábí výstupní moduly pro stejnosměrná napětí v rozsahu 24V a 48 V, pro střídavé napětí v rozsahu 24 až 250 V. [1]

### **3.1.4 Analogový vstupní modul**

Analogový vstupní modul zajišťuje komunikaci mezi PLC a vnějším spojitým prostředím. K analogovým vstupům lze připojit například snímače teploty, snímače vlhkosti, tlaku, síly nebo hladiny. [1]

Hlavní částí analogového vstupního modulu je A/D převodník, který převádí analogové hodnoty napětí či proudu na číselné hodnoty. Rozsah A/D převodníku bývá nejčastěji 8 až 12 bitů. Rozsah převodníku určuje jeho přesnost převodu analogové veličiny na číselnou.

### **3.1.5 Analogový výstupní modul**

Analogové výstupní jednotky slouží pro ovládání různých akčních členů či zařízení se spojitým vstupním signálem. K analogovým výstupům mohou být připojeny spojitě servopohony, frekvenční měniče nebo ručkové měřicí přístroje. [1]

Hlavní částí analogového výstupního modulu je D/A převodník, který převádí číselné hodnoty na spojitě hodnoty napětí či proudu. Rozsah D/A převodníku bývá nejčastěji 8 až 12 bitů. Rozsah převodníku určuje jeho přesnost převodu číselné hodnoty na analogovou.

### **3.1.6 Komunikační moduly**

Jednou z hlavních vlastností PLC je komunikace mezi vzdálenými moduly vstupů a výstupů, s nadřizenými i podřizenými systémy nebo operátorskými panely. Komunikační moduly



ly jsou nejčastěji vybaveny sériovým síťovým rozhraním RS 232 nebo RS 485 podporující prostředí CAN nebo PROFI-BUS. Rozhraní RS 232 je určeno pro komunikaci na kratší vzdálenost, maximálně 15 m. Rozhraní RS 485 lze použít pro komunikaci na delší vzdálenosti, maximálně 1,2 km. Existují i komunikační moduly pro dálkové spojení vybavené konektorem RJ45 podporující komunikaci v síti Ethernet. Dalším typem komunikačního modulu je modemový modul vybavený konektorem RJ 11 podporující komunikaci po podnikové nebo státní telefonní síti. [1]

## **3.2 Měníč kmitočtu asynchronního motoru**

Měníče kmitočtu slouží k regulaci otáček asynchronních motorů. Regulace otáček je dosaženo změnou kmitočtu napájecího napětí asynchronního motoru.

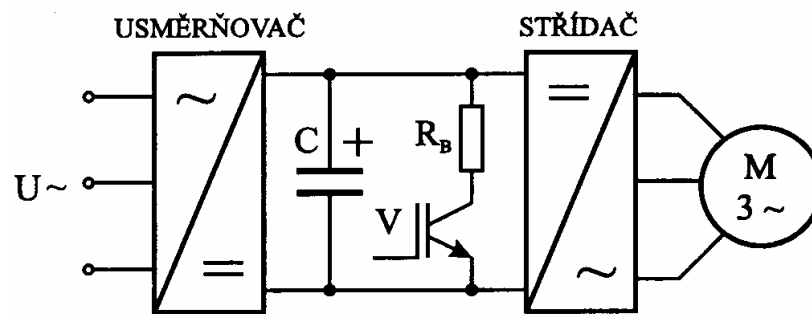
### **3.2.1 Přímé měniče kmitočtu**

Přímé měniče kmitočtu dělíme do dvou skupin - se síťovou a s vlastní komutací. Měníče se síťovou komutací, nazývané cyklokonvertory, jsou osazeny tyristory a jejich výstupní napětí může dosahovat pouze třetinového kmitočtu napájecího napětí. Používají se pro regulaci otáček speciálních pohonů velkých výkonů.

Přímé měniče kmitočtu s vlastní komutací se také nazývají maticové měniče. Maticové měniče jsou osazeny nejčastěji součástkami IGBT. Výstupní napětí je formováno pulzně-šířkovou modulací tak, že úseky vstupních napětí jsou připojovány na výstupní fáze a z nich je skládán průběh výstupního napětí s proměnným kmitočtem a efektivní hodnotou základní harmonické. Řízení maticových měničů vyžaduje složité algoritmy, mohou se ale považovat za perspektivní řešení. [2]

### **3.2.2 Nepřímé měniče kmitočtu**

Nepřímý měnič kmitočtu je nejrozšířenějším zapojením. Tvoří jej vstupní usměrňovač, stejnosměrný meziobvod a střídač. Může být napěťového nebo proudového typu. Dále se budeme zabývat jen měniči s meziobvodem napěťového typu. V tomto případě je v meziobvodu zapojen velký vyhlazovací kondenzátor. [2]



Obrázek 2. Schéma nepřímého měniče kmitočtu

Usměrňovač na vstupu měniče je nejčastěji diodový. Změna efektivní hodnoty výstupního napětí se realizuje pulzně šířkovou modulací. Moderním řešením je použití vstupního kompatibilního usměrňovače. [2]

V případě, že je na vstupu měniče kmitočtu použit diodový usměrňovač, je třeba řešit problém generátorického brzdění. V tomto režimu si napájený asynchronní stroj vyměňuje přes střídač s kondenzátorem ve stejnosměrném obvodu jalovou energii potřebnou pro vytvoření magnetického toku. Činná energie se předává z asynchronního stroje přes střídač do stejnosměrného meziobvodu. Přes diodový usměrňovač není možno tuto energii dále transportovat. Proto se paralelně ke kondenzátoru připojuje brzdňý odpor  $R_B$ , který je dalším výkonovým polovodičovým spínacím prvkem připojen v případě, že napětí kondenzátoru překročí určitou mez. Činná energie, generovaná brzdícím asynchronním strojem, se potom mění na tepelnou v brzdňém odporu  $R_B$ .

Měniče kmitočtu mají nepříznivý vliv na napájecí síť. Tyto nežádoucí vlivy jsou největší při použití vstupních diodových usměrňovačů a jsou způsobeny nepříznivým průběhem proudu. Proud má v tomto případě tvar úzkých pulzů, kterými je přes usměrňovač dobíjen kondenzátor v meziobvodu. Aby se tyto vlivy měniče kmitočtu minimalizovaly, připojuje se na jeho vstup LC filtr. Jeho nevýhodou je zvýšení odebíraného jalového výkonu. [2]

Vzhledem na způsob řízení dělíme frekvenční měniče na skalární a vektorové.

### 3.2.3 Skalární řízení

Skalární řízení je jednodušším způsobem řízení, které neumožňuje dosáhnout špičkových dynamických parametrů pohonů. Proto se používá u jednodušších aplikací, tam kde není nutno dosáhnout rovnoměrného zrychlení. [2]

Podle vzájemné vazby jednotlivých veličin rozlišujeme různé způsoby řízení. Z důvodu udržení konstantního sycení magnetického obvodu asynchronního stroje je se změnou kmitočtu svázána i změna výstupního napětí střídače. [2]

Udržování napětí úměrného kmitočtu není postačující v oblasti nízkých kmitočtů. Používají se proto různé způsoby zadání, založené na nelinearitách daných teoretickými výpočty nebo měřeními, které umožňují i v nízké rychlosti udržování konstantního magnetického toku, případně i přebuzení. Asynchronní stroj potom získá potřebné momentové charakteristiky. [2]

### 3.2.4 Vektorové řízení

Základní regulovanou veličinou v elektrických strojích je magnetický tok a vnitřní elektromagnetický moment. Tyto veličiny lze regulovat přímo, eventuelně i jiným způsobem. Magnetický tok a moment nejsou prakticky přímo měřitelné, a proto se vychází z hodnot, které lze technicky jednoduše měřit (statorové proudy, napětí, otáčky). Z těch jsou pomocí určitého zvoleného matematického modelu stroje vyčísleny všechny vnitřní veličiny, nutné pro regulaci. U střídavých strojů je nutno řešit soustavu diferenciálních rovnic. Vzhledem k nárokům na regulaci musí být opakování výpočtu řádově desítky  $\mu\text{s}$ . V úvahu připadají dva typy matematických modelů – takzvaný  $I_1 - n$  model, založený na měření statorových proudů a otáčivé rychlosti a  $U_1 - I_1$  model, zpracovávající informaci o napětí a proudu. Pro získání údaje o napětí ho není nutné vždy přímo měřit. Informaci lze vyhodnotit z měřené hodnoty napětí filtru ve stejnosměrném meziobvodu a okamžitého stavu sepnutí součástek střídače. Hlavní rozdíl mezi oběma typy matematických modelů je chování v nízkých otáčkách, kde je  $I_1 - n$  model stabilní, výhodou  $U_1 - I_1$  modelu je potom vyloučení otáčkového čidla. Pokud pohon obsahuje otáčkovou regulační smyčku, lze získat skutečné otáčky výpočtem. [2]

### 3.3 Indukční snímač

Indukční snímač pracuje na principu potlačeného magnetického obvodu.

Základními částmi indukčního snímače jsou:

- cívka z jádrem
- rezonanční obvod
- klopný obvod
- zesilovač

Přítomností kovového předmětu před cívkou indukčního snímače se mění frekvence nebo amplituda kmitů cívky a rezonančního obvodu. Tyto změny přehodnotí klopný obvod, jehož výstupem je dvouhodnotový signál. Výstupní signál ze snímače je zesílen zesilovačem na unifikovaný signál. [3]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ŘÍDICÍ SYSTÉM SIMATIC S7-200

### 4.1 Programovatelný automat SIMATIC S7-200

SIMATIC S7-200 je malý programovatelný automat (mikro-PLC), určený k řízení v různých automatizačních aplikacích. Je jedním z nejrychlejších ve své třídě. Vyrábí se v několika verzích – CPU 212, CPU 214, CPU 215, tyto CPU jsou doběhové typy. V současnosti se vyrábí nová CPU řady – CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226 a CPU 226MX, tyto CPU podporují i inteligentní moduly. [5]

SIMATIC S7-200 i při malých rozměrech poskytuje velký výkon za příznivou cenu. Má možnost modulového rozšíření vstupů výstupů a vestavěné hodiny reálného času, které se dají použít pro řízení procesu podle času. Obsahuje vysokofrekvenční výstupy vhodné pro řízení krokových a kmitočtových motorů. Je vybaven komunikačním portem přímo na základní desce CPU. Nepotřebuje zálohovací baterii po dobu až 5 dní. Pro dlouhodobé zálohování je možno rozšířit CPU o baterii, která prodlouží dobu zálohování dat až na 200 dní. Má vestavěný rychlý čítač a rychlé vstupy přímo na základní desce CPU. Lze CPU rozšířit o modul EEPROM, který nám umožňuje rychle a snadno změnit uživatelský program. [1]

*Normy, kterým výrobek odpovídá:*

Směrnice Evropského společenství (CE) pro nízké napětí 73/23/EEC

EN 61131 – 2: Programovatelné automaty – Požadavky na zařízení

Směrnice Evropského společenství (CE) pro EMC (elektromagnetickou kompatibilitu) 89/336/EEC

Norma pro elektromagnetické emise

EN 61000 – 6 – 3: obyvatelstvo, komerční a lehký průmysl

EN 61000 – 6 – 4: průmyslové prostředí

Normy elektromagnetické odolnosti

EN 61000 – 6 – 2: průmyslové prostředí

Underwriters Laboratories, Inc.: UL 508 (průmyslová řídicí zařízení)

Registrační číslo E75310

Canadian Standards Association (Kanadské sdružení pro normy) CSA C22.2 číslo 142

(Zařízení pro řízení procesu)

Factory Mutual Research: FM třída 1, oddělení 2, nebezpečná místa skupiny A,B,C a D, T4A a třída 1, pásmo 2, IIC, T4

SIMATIC S7-200 splňuje normu CSA , také byl schválen pro lodní dopravu. [5]

#### 4.1.1 CPU SIMATIC S7-200

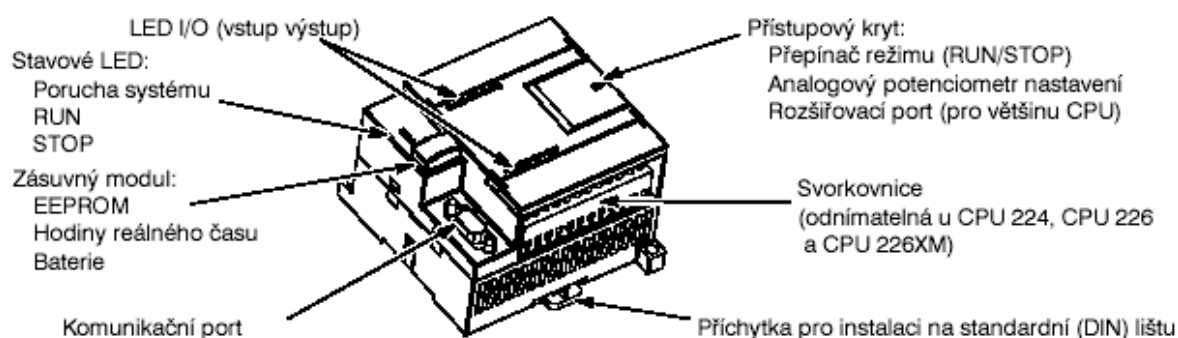
Zařízení S7-200 sleduje vstupy a řídí výstupy na základě uživatelského programu, který může obsahovat Booleovu logiku, čítače, časování, složité matematické operace a komunikaci s jinými inteligentními zařízeními. Po zapsání uživatelského programu bude S7-200 obsahovat logiku, potřebnou ke sledování a řízení vstupních a výstupních zařízení aplikace. [5]

Modul CPU SIMATIC S7-200 vykonává během svého provozu řadu úloh. Tyto úlohy jsou prováděny cyklicky. Při přepnutí CPU z režimu STOP do režimu RUN nastane provádění následujících úkolů: [5]

- 1) S7-200 nejprve načte hodnoty fyzických vstupů do registru obrazu vstupů a uloží ho v paměti. (SIMATIC S7-200 je vybaven filtrem vstupů, tento filtr se používá pro odstranění rušivých vlivů na fyzických vstupech PLC. Filtr vstupů se doporučuje používat jen u pomalých aplikací.)
- 2) Na základě registru obrazu vstupů provede řídicí logiku dle uživatelského programu a vygenerované hodnoty uloží do registru obrazu výstupu v paměti. (Uživatelský program se během cyklu vykonává od první instrukce až po poslední, pokud nedojde k vyvolání přerušování. Podmínky k vyvolání přerušování jsou součástí uživatelského programu.)
- 3) Dále provede zpracování úloh potřebných pro komunikace. ( CPU zpracuje všechny zprávy, které byly přijaty z komunikačního rozhraní nebo inteligentních modulů.)
- 4) Překontroluje zda firmware, paměť nebo program a další rozšiřující moduly pracují správně. ( Překontroluje správný provoz CPU.)
- 5) Hodnoty uložené v registru vstupů zapíše na fyzické výstupy. (Analogové výstupy jsou aktualizovány okamžitě bez ohledu na stav programového cyklu.) [5]

SIMATIC S7-200 obsahuje mikroprocesor, integrovaný zdroj, vstupní a výstupní obvody v kompaktním pouzdru, které tak tvoří výkonný programovatelný automat (mikro-PLC).

[5]



Obrázek 3. CPU SIMATIC S7-200

Parametr	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226	CPU226XM
Rozměry (mm)	90x80x62	90x80x62	120,5x80x62	190x80x62	190x80x62
Paměť pro program	4096 bytů	4096 bytů	8192 bytů	8192 bytů	16384 bytů
Paměť pro data	2048 bytů	2048 bytů	5120 bytů	5120 bytů	10240 bytů
Zálohování dat	50 hodin	50 hodin	190 hodin	190 hodin	190 hodin
Integrované I/O	6vst./4výst.	8vst./6výst.	14vst./10výst.	24vst./16výst.	24vst./16výst.
Rozšiřovací moduly	0	2	7	7	7
Vysokorychlostní čítače - Jednofázové	4 při 30kHz	4 při 30kHz	6 při 30kHz	6 při 30kHz	6 při 30kHz
- Dvoufázové	2 při 20kHz	2 při 20kHz	4 při 20kHz	4 při 20kHz	4 při 20kHz
Plnění výstupy (DC)	2 při 20kHz	2 při 20kHz	2 při 20kHz	2 při 20kHz	2 při 20kHz
Analogové potenciometry	1	1	2	2	2
Hodiny reálného času	Zásuv. modul	Zásuv. modul	Zabudované	Zabudované	Zabudované
Komunikační porty	1 x RS - 485	1 x RS - 485	1 x RS - 485	2 x RS - 485	2 x RS - 485
Matematika s pohyblivou řádovou čárkou	Ano				
Velikost registru obrazu digitálních I/O	256 (128 vst. 128 výst.)				
Prováděcí rychlost	0.37 $\mu$ s / instrukci				

Tabulka 1. Srovnání parametrů CPU SIMATIC S7-200



## 4.2 Rozšiřovací moduly S7-200

Pro řešení rozmanitějších aplikací obsahuje řada S7-200 širokou škálu rozšiřovacích modulů. Těmito rozšiřovacími moduly můžete do S7-200 přidat další funkce. [5]

### 4.2.1 Rozšiřovací moduly digitálních vstupů a výstupů

Digitální rozšiřovací moduly umožňují rozšířit počet vstupů a výstupů pro větší aplikace.

Výstupy modulů jsou v provedení tranzistorovém nebo reléovém. [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
EM 221 digitální vstup 8 x 24 V DC	8 x 24 V DC	---
EM 221 digitální vstup 8 x AC 120/230 V	8 x AC 120/230 V	---
EM 221 digitální vstup 16 x 24 V DC	16 x 24 V DC	---
EM 222 digitální výstup 4 x 24 V DC --- 5 A	---	4 x 24 V DC --- 5 A
EM 222 digitální výstup 8 x 24 V DC	---	8 x 24 V DC --- 0,75 A
EM 222 digitální výstup 4 x relé --- 10 A	---	4 x relé --- 10 A
EM 222 digitální výstup 8 x relé	---	8 x relé --- 10 A
EM 222 digitální výstup 8 x AC 120/230 V	---	8 x AC 120/230 V
EM 223 24 V DC digitální kombinace 4 vst./4 výst.	4 x 24 V DC	4 x 24 V DC --- 0,75 A
EM 223 24 V DC digitální kombinace 4 vst./4 reléových výst.	4 x 24 V DC	4 x relé --- 2 A
EM 223 24 V DC digitální kombinace 8 vst./8 výst.	8 x 24 V DC	8 x 24 V DC --- 0,75 A
EM 223 24 V DC digitální kombinace 8 vst./8 reléových výst.	8 x 24 V DC	8 x relé --- 2 A
EM 223 24 V DC digitální kombinace 16 vst./16 výst.	16 x 24 V DC	16 x 24 V DC --- 0,75 A
EM 223 24 V DC digitální kombinace 16 vst./16 reléových výst.	16 x 24 V DC	16 x relé --- 2 A

Tabulka 2. Rozšiřovací moduly digitálních vstupů a výstupů SIMATIC S7-200

### 4.2.2 Analogové rozšiřovací moduly

Analogové moduly EM 231 a EM 235 jsou levné a rychlé 12bitové analogové vstupní moduly. Umí převést analogový vstupní signál na odpovídající digitální hodnotu za 149  $\mu$ sec. Vstupní analogový signál se převádí pokaždé, když uživatelský program přistupuje k analogovému vstupu. Tyto doby převodu se přičítají k základní době provádění instrukce použité pro přístup k analogovému vstupu. [5]

Analogové moduly EM 231 a EM 235 poskytují nezpracovanou číselnou hodnotu, která odpovídá analogovému napětí nebo proudu na vstupních svorkách analogového modulu. Protože jsou moduly vysokorychlostní, umožňují sledovat rychlé změny analogového vstupního signálu . [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
EM 231 analogový vstup, 4 vstupy	4	---
EM 232 analogový výstup, 2 výstupy	---	2
EM 235 analogový kombinace 4 vstupy/1 výstup	4	1

Tabulka 3. Analogové rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200

#### 4.2.3 Termočláňkové a RTD rozšiřovací moduly

Termočláňkový modul EM 231 je analogové napěťové rozhraní SIMATICU S7-200 pro sedm typů termočláňků: J, K, E, N, S, T a R. Umožňuje připojení automatu SIMATIC S7-200 na velmi nízkonapěťové analogové signály v rozsahu  $\pm 80$  mV. Pro správnou funkci modulu EM 231 je nutnou podmínkou, aby všechny termočláňky připojené k modulu byly stejného typu. [5]

Na spodní straně modulu je umístěn DIP přepínač, který umožňuje výběr typu termočláňku, detekce přerušenoého vodiče, teplotní stupnice a kompenzace studenoého spoje. [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
EM 231 analogový vstup z termočláňku, 4 vstupy	4 termočláňky	---
EM 231 analogový vstup RTD, 2 vstupy	2 RTD	---

Tabulka 4. Termočláňkové a RTD rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200

#### 4.2.4 Rozšiřovací modul PROFIBUS-DP

CPU S7-200 může být připojena k síti PROFIBUS---DP prostřednictvím rozšiřovacího modulu EM 277 PROFIBUS---DP slave. Modul EM 277 je připojen k CPU S7-200 přes sériovou sběrnici. Síť PROFIBUS je k modulu EM 277 PROFIBUS---DP připojena přes jeho DP komunikační port. Tento port pracuje při kterékoliv přenosové rychlosti rozhraní

PROFIBUS v rozsahu od 9600 baudů při maximální vzdálenosti 1200 m nebo 12 Mbaudů při maximální vzdálenosti 100 m. [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
EM 277 PROFIBUS---DP slave	---	---

Tabulka 5. Rozšiřovací modul PROFIBUS-DP pro SIMATIC S7-200

DP master a DP slave. Tato norma definuje postupy pro konfiguraci a přiřazení parametrů, vysvětluje fungování cyklické výměny dat s distribuovanými vstupy a výstupy a obsahuje seznam podporovaných diagnostických funkcí. [5]

PROFIBUS---DP je protokol pro dálkovou I/O komunikaci definovaný evropskou normou EN 50170. Zařízení, která dodržují tuto normu, jsou kompatibilní, i když jsou vyráběna různými firmami. DP znamená distribuovaná periferní zařízení, tj. dálkové vstupy a výstupy. PROFIBUS je zkráceno z Process Field Bus. [5]

Modul EM 277 PROFIBUS---DP má implementovaný standardní protokol DP tak, jak je definován pro zařízení typu slave v následujících normách pro komunikační protokoly:

EN 50 170 (PROFIBUS) popisuje přístup po sběrnici, protokol přenosu a udává vlastnosti

EN 50 170 (Standard DP) popisuje vysokorychlostní cyklickou výměnu dat mezi zařízeními.

#### 4.2.5 Rozšiřovací modemový modul

Modemový modul EM 241 nahrazuje funkci externího modemu připojeného ke komunikačnímu portu CPU. Je---li modul EM 241 instalován v systému SIMATIC S7-200, je zapotřebí pro komunikaci s CPU ze vzdáleného místa, jen osobní počítač s externím modemem a programem STEP 7---Micro/WIN. [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
Modemový modul EM 241	---	8

Tabulka 6. Rozšiřovací modemový modul pro SIMATIC S7-200

#### 4.2.6 Ethernetový rozšiřovací modul

Ethernetový modul CP 243-1 obsahuje komunikační procesor pro spojení systému SIMATIC S7-200 s průmyslovým Ethernetem (IE). SIMATIC S7-200 je možné dálkově konfigurovat, programovat a diagnostikovat prostřednictvím Ethernetu a počítače s externím modemem za použití programu STEP 7 Micro/WIN. Přes Ethernet může Siativ S7-200 komunikovat s jiným programovatelným automatem S7-200, S7-300 nebo S7-400. Může také komunikovat s OPC serverem. [5]

IT funkce internetového modulu CP 243---1 IT umožňuje monitorování automatizačních systémů a v případě potřeby i manipulaci s nimi pomocí webového prohlížeče v PC připojeném k síti Ethernet. Ze systému je možné posílat diagnostické zprávy prostřednictvím e-mailu. Při použití IT funkce, je výměna celých souborů s jinými počítači nebo systémy programovatelného automatu snadná. [5]

Rozšiřovací modul	Vstupy EM	Výstupy EM
Ethernetový modul (CP 243---1)	---	8
Internetový modul (CP 243---1 IT)	---	8

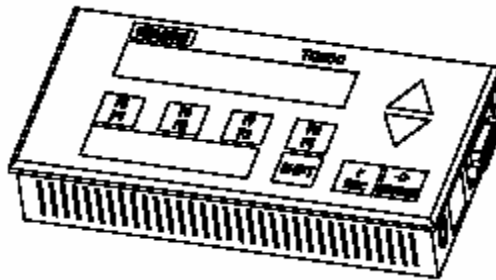
Tabulka 7. Ethernetové rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200

### 4.3 Operátorské panely

Pro SIMATIC S7-200 lze použít mnoha operátorských panelů od firmy SIEMENS. Přímou pro tento typ PLC je doporučen textový displej TD 200 nebo Touchpad TP 070. Lze použít i textové displeje OP3, OP5, OP7, OP17, nebo touchpady TP 170A, TP 170B. Důležitou podmínkou pro použití jiných panelů je komunikační protokol PPI nebo MPI na rozhraní RS-485. Pro snadné naprogramování operačních panelů TD 200 a TP 070 lze použít průvodce v STEP 7-Micro/WIN, pro ostatní operační panely univerzální program PRO TOOL. [5]

### 4.3.1 Textový displej TD 200

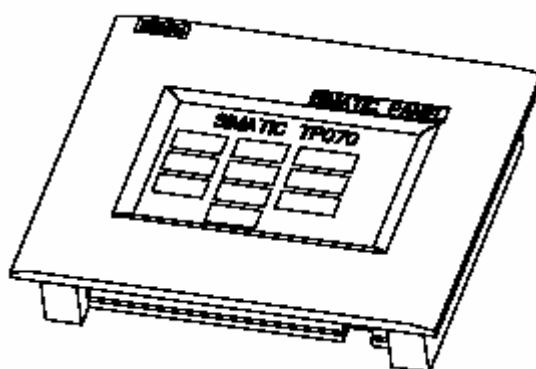
Toto textové zobrazovací zařízení o 2 řádcích a 20 znacích při velikosti znaku 5mm, které může být připojeno k S7-200. Tento textový display je vybaven 9 klávesami, 4 funkčními a 5 systémovými. Textový displej TD 200 má integrovanou paměť (FLESH) o velikosti 128 kB. Podporuje pouze sériovou komunikaci, proto ji lze použít pouze pro SIMATIC S7-200. TD 200 poskytuje základní rozhraní tím, že umožňuje sledovat a měnit proměnné procesu. [5]



Obrázek 4. Textový displej TD 200

### 4.3.2 Touch panel TP 070

Panel TP070 je dotykem ovládaná zobrazovací jednotka, která může být připojena k S7-200. Touch panel TP 070 má integrovanou paměť (FLESH) o velikosti 128 kB. Podporuje sériovou a MPI komunikaci, proto ji lze použít pouze pro SIMATIC S7-200. Jednotka TP 070 umožňuje vytvořit vlastní uživatelské prostředí k dané aplikaci. TP070 může zobrazovat uživatelskou grafiku, sloupcové grafy, aplikační proměnné, uživatelská tlačítka a další prvky pomocí uživatelsky příjemného dotykového panelu. Doplňkové CD TP---Designer pro TP070 obsahuje software TP Designer, který je určen pro nastavení TP070. [5]



Obrázek 5. Touch panel TP 070

### 4.3.3 Textový displej OP7

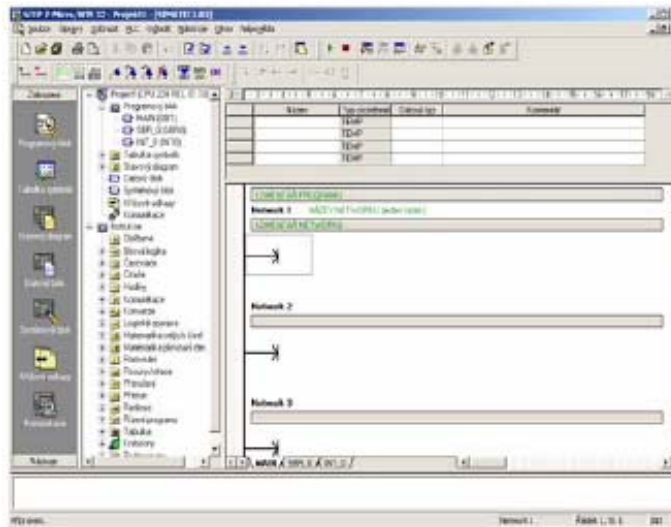
Toto textové zobrazovací zařízení o 4 řádcích a 20 znacích při velikosti znaku 8 mm, může být připojeno k S7-200. Tento textový display je vybaven 30 klávesami, z toho má 8 funkčních a 22 systémových. Pod 8 funkčních kláves lze zasunout fólii s vytištěnými znaky funkcí kláves k dané aplikaci. Textový displej OP7 má integrovanou paměť (FLASH) o velikosti 128 kB. Podporuje sériovou komunikaci, MPI, PROFIBUS DP. Pro nastavení funkcí OP7 je nutný program PRO TOOL. OP7 poskytuje základní rozhraní tím, že umožňuje sledovat a měnit proměnné stavy aplikací. [6]



Obrázek 6. Operátorský panel OP7

## 4.4 Programovací balík STEP-micro/WIN

Programovací balík STEP 7---Micro/WIN poskytuje uživatelsky příjemné prostředí pro editaci a monitorování logiky, nutné k řízení aplikace. Obsahuje tři programové editory pro komfort a efektivitu při vytváření ho programu pro aplikaci. Abyste lépe našli informace, které potřebujete, je vybaven rozsáhlým systémem on---line nápovědy a CD s dokumentací. [5]



Obrázek 7. Programovací balík STEP - Micro/WIN

### 4.4.1 Požadavky na počítač

Váš počítač nebo programovací přístroj by měl splňovat minimálně tyto požadavky:

- Operační systém:

Windows 95, Windows 98, Windows 2000,

Windows Me (Millennium Edition) nebo

Windows NT 4.0 (nebo pozdější verze),

Windows XP Professional

- Alespoň 100 Mb volného prostoru na HDD

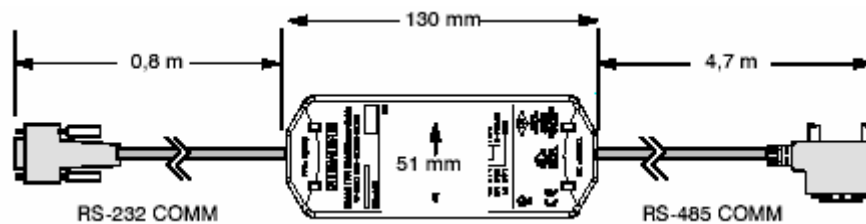
- Myš (doporučeno)

#### 4.5 Možnosti komunikace CPU SIMATIC S7-200 a PC

Existují dva způsoby komunikace programovací možnosti připojení počítače k S7-200:

přímé připojení pomocí PPI Multi-Master kabelu nebo kartou komunikačního procesoru (CP) a MPI kabelem.

PPI Multi-Master programovací kabel je nejekonomičtější způsob připojení počítače k S7-200. Tímto kabelem se propojí komunikační port S7-200 s portem COM nebo USB počítače. [5]



Obrázek 8. Komunikační kabel PPI Multi-Master



## 5 FREKVENČNÍ MĚNIČ ARTDRIVEF (AFY)

Frekvenční měnič ARTDriveF (AFy) je digitální měnič určený pro řízení rychlosti otáček třífázových motorů. Vyrábí se ve výkonovém rozsahu 0,75 kW až 160 kW při napětí 400 V a frekvenci 50 Hz. [4]

Napětí v meziobvodě je vytvořeno usměrněním střídavého napětí. Měnič z tohoto napětí ve stejnosměrném meziobvodu vytváří výstupní proměnlivé napětí a frekvenci vytvářenou šířkově pulzní modulací. Toto napájení zajišťuje provoz motorů s dobrými provozními charakteristikami a to i v nízkých frekvenčních rozsazích. Napájení jednotlivých karet se vytváří spínaným zdrojem z napětí ve stejnosměrném meziobvodu. Měniče jsou vybaveny IGBT tranzistory (bipolární tranzistory s izolovanou bází). Výstup je chráněn proti poruše uzemnění a zkratu. Je možno motor během provozu zapínat a vypínat. [4]

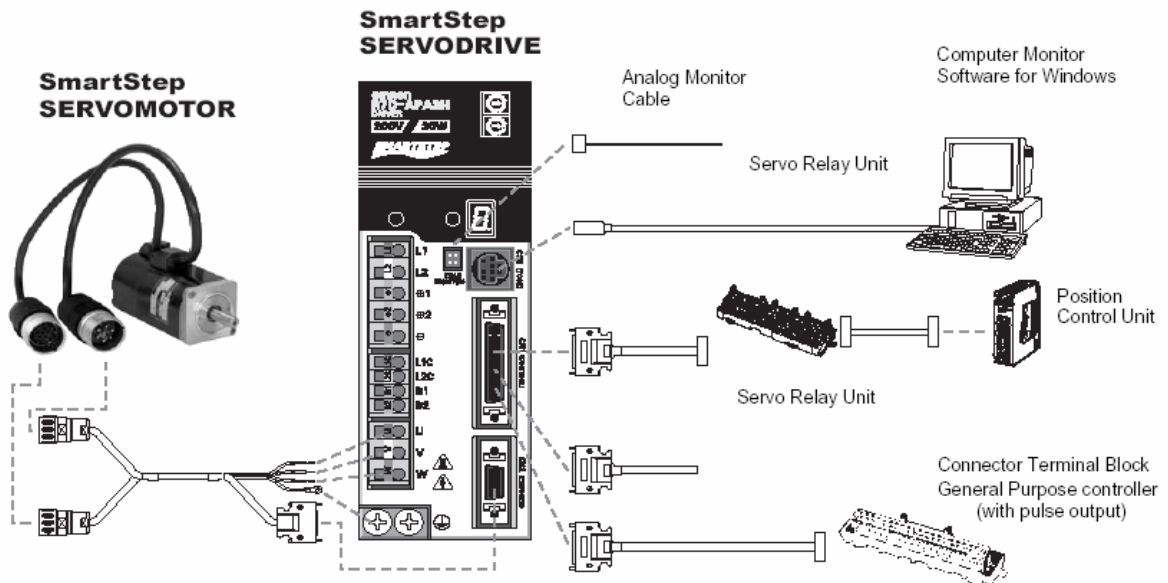
Měnič AFy je možno řídit různými způsoby:

- přes vstupní svorky měniče
- klávesnicí s podsvětleným displejem
- sériovou linkou RS 485

ARTDriveF umožňuje regulaci v otevřené smyčce a při použití doplňku EXPH-FIH i regulaci v uzavřené smyčce. Při regulaci v uzavřené smyčce zajišťuje informaci o zpětné vazbě otáček inkrementální čidlo IRC. Napájecí část i řídicí elektronika jsou galvanicky odděleny.

## 6 AC SRVOPOHON SMARTSTEP OMRON R7D-AP

SmartStep od firmy OMRON řady R7D-AP je zjednodušený servopohon pro pulzní polohové řízení. Vyrábí se ve výkonovém rozsahu 100 kW až 750 kW při napájecím napětí 230 V a frekvenci 50 Hz. K přednostem AC servopohonu patří krátká doba polohování a vysoká rychlost odezvy. Je složen ze dvou částí, servodriveru a servomotoru. [7]



Obrázek 9. AC servopohon OMRON R7D-AP

U AC Servodriverů řady R7M-AP je napětí v meziobvodě vytvořeno usměrněním střídavého napětí. Servodriver z tohoto napětí ve stejnosměrném meziobvodu vytváří výstupní proměnlivé napětí a frekvenci vytvářenou šířkově pulzní modulací. Je osazen tranzistory IGBT. Servodriver je možno připojit k programovatelným automatům PLC. Nastavení parametrů je možno provést za pomoci přídavné operátorské konzoly nebo po sériové lince prostřednictvím software pro PC. V současné době je dostupný software pro PC WMON Win Ver.2.0 pro všechny typy AC servopohonů od firmy OMRON. K přednostem již zmíněného AC servodriveru patří velmi malé rozměry a možnost elektromagnetické brzdy AC servomotoru. [7]

Přehled parametrů jednotlivých AC servodriverů a příslušných AC servomotorů je v tabulce č.8

AC Servodriver	R7M-AP10030	R7M-AP20030	R7M-AP40030	R7M-AP75030
Výstupní výkon	100 W	200 W	400 W	750 W
Kroutící moment	0,318 N.m	0,637 N.m	1,27 N.m	2,39 N.m
Jmenovité otáčky	3000 ot/min	3000 ot/min	3000 ot/min	3000 ot/min
Maximální otáčky	4500 ot/min	4500 ot/min	4500 ot/min	4500 ot/min
Maximální moment	0,96 N.m	1,91 N.m	3,82 N.m	7,1 N.m
Jmenovitý proud	0,89 A (ot.m.s)	2,0 A (ot.m.s)	2,6 A (ot.m.s)	4,1 A (ot.m.s)
Maximální proud	2,8 A (ot.m.s)	6,0 A (ot.m.s)	8,0 A (ot.m.s)	13,9 A (ot.m.s)
Okamžitý příkon	15,7 kW/s	19,4 kW/s	46,8 kW/s	26,9 kW/s
AC Servomotor 200 V	R7M-AP10030-S1-D	R7M-AP20030-S1-D	R7M-AP40030-S1-D	R7M-AP75030-S1-D

Tabulka 8. Srovnání parametrů AC servopohonů OMRON řady R7M-AP

AC servomotory řady T7M-AP jsou k dispozici kromě standardního válcového provedení i v plochem provedení s více než poloviční délkou těla. AC servomotory jsou tvořeny rotorem z permanentního magnetu a zabudovaným snímačem polohy (encoderem) s 2000 pulsy/otáčku. Maximální rychlost motoru je 3000 ot/min, ve špičkách až 4500 ot/min. Krytí motoru je IP 55. Hlavní předností AC servomotorů této řady je vysoká dynamika pohonu díky malé setrvačnosti rotoru AC servomotoru. [7]

## 7 POPIS ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ ZAŘÍZENÍ

### 7.1 Popis měření a řízení horizontální osy X

Měření polohy suportu na ose X zajišťuje IRC snímač, který je připevněn k horizontálnímu loži suportu. Jeho hřídel je prostřednictvím mechanické momentové spojky spojena s hřídelí kuličkového šroubu. Rotací kuličkového šroubu se mění poloha suportu. Otáčí-li se kuličkový šroub po směru hodinových ručiček, posouvá se suport doleva a změnou směru otáčení docílíme posuvu suportu doprava. Kuličkový šroub je poháněn prostřednictvím převodovky AC servomotorem. S rotací kuličkového šroubu na výstupu IRC snímače vznikají digitální stavy úměrné vstupním otáčkám. Tyto digitální stavy jsou přivedeny ve dvou kanálech A a B na digitální rychlé vstupy mikroPLC. V mikroPLC jsou tyto digitální stavy zpracovávány za pomoci vratných čítačů. Výstupem čítačů je dekadické číslo a to je převedeno na hodnotu polohy suportu na ose X v mm. Tato hodnota je za pomoci RS 485 přenesena do operátorského panelu a zobrazena na displeji.

Na operátorském panelu lze za pomoci numerické klávesnice nastavit rychlost posuvu a požadované pracovní polohy v jednotlivých krocích pracovního cyklu zařízení. Tyto nastavené požadované hodnoty se přenesou po RS 485 do mikroPLC. Stisknutím klávesy START na operátorském panelu jsou požadované parametry polohy suportu postupně v krocích vyhodnocovány a prováděny. Hodnota polohy suportu na ose X z vratného čítače je na základě podmínek, které jsou v uživatelském programu mikroPLC stanoveny porovnána s požadovanou hodnotou aktuálního kroku a vyhodnoceny. Výsledek rozdílu hodnot je dále převeden za pomoci generátoru pulzů na požadovaný počet pulzů o frekvenci požadované rychlosti posuvu suportu a podle směru posuvu vyslán na příslušný digitální výstup mikroPLC a z něj na AC servoměnič. Z mikroPLC je na servoměnič přivedeno pět signálů. Dva pulzní signály Reverse a Forward nám určují směr, rychlost a požadovaný počet otáček servomotoru. AC servoměnič je nutno nastavit tak, aby počet pulzů na vstupu odpovídal požadovanému počtu otáček servomotoru a reálnému posuvu suportu na ose X. Dalším vstupem do AC servoměniče z mikroPLC je signál Deviation Counter Reset, který okamžitě vynuluje čítač pulzů AC servoměniče. Tento signál slouží k okamžitému zastavení servopohonu suportu v případě, že by mohlo dojít k překročení požadované nebo koncové polohy suportu. Poslední dva signály, které do AC servoměniče vstupují z mikroPLC je signál RUN, který odblokuje a uvede v chod AC servoměnič. Dále signál Alarm Reset,

který je určen k odblokování poruchy na AC servoměniči. Informace o stavech AC servoměniče jsou prostřednictvím dvou digitálních výstupů předávány na digitální vstupy mikroPLC. Prvním výstupem z AC servoměniče je Positioning Completed Output, který informuje o splnění posuvu suportu na základě požadovaného počtu pulzů. Druhým výstupem z AC servoměniče je Alarm Output, který informuje mikroPLC o poruchových stavech na AC servoměniči.

Smysl otáček servomotoru je dán podle toho, na který ze vstupů Reverse pulzes nebo Forward pulses AC servoměniče je přiveden požadovaný počet pulzů z mikroPLC. Pokud přivedeme posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup Reverse pulzes bude se servomotor otáčet proti směru hodinových ručiček a suport na ose X se bude posouvat vpravo. Pokud přivedeme posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup forward pulzes bude se servomotor otáčet po směru hodinových ručiček a suport na ose X se bude posouvat vlevo. Rozsah posuvu suportu na ose X je omezen dvěma koncovými rozpínacími indukčními snímači v krajních polohách osy X. Signály z koncových snímačů polohy jsou přivedeny na digitální vstupy mikroPLC.

## 7.2 Popis měření a řízení horizontální osy Y

Měření polohy suportu na ose Y zajišťuje IRC snímač, který je připevněn k horizontálnímu loži suportu a jeho hřídel je prostřednictvím mechanické momentové spojky spojena s hřídelí kuličkového šroubu. Rotací kuličkového šroubu se mění poloha suportu. Otáčí-li se kuličkový šroub po směru hodinových ručiček, posouvá se suport vpřed a změnou směru otáčení docílíme posuvu suportu vzad. Kuličkový šroub je poháněn prostřednictvím převodovky AC servomotorem. S rotací kuličkového šroubu na výstupu IRC snímače vznikají digitální stavy úměrné vstupním otáčkám. Tyto digitální stavy jsou přivedeny ve dvou kanálech A a B na digitální rychlé vstupy mikroPLC. V mikroPLC jsou tyto digitální stavy zpracovávány za pomoci vratných čítačů. Výstupem čítačů je dekadické číslo a to je převedeno na hodnotu polohy suportu na ose Y v mm. Tato hodnota je za pomoci RS 485 přenesena do operátorského panelu a zobrazena na displeji.

Na operátorském panelu lze za pomoci numerické klávesnice nastavit rychlost posuvu a požadované pracovní polohy v jednotlivých krocích pracovního cyklu zařízení. Tyto nastavené požadované hodnoty se přenesou po RS 485 do mikroPLC. Stisknutím klávesy START na operátorském panelu jsou požadované parametry polohy suportu postupně

v krocích vyhodnocovány a prováděny. Hodnota polohy suportu na ose Y z vratného čítače je na základě podmínek, které jsou v uživatelském programu mikroPLC stanoveny porovnána s požadovanou hodnotou aktuálního kroku a vyhodnoceny. Výsledek rozdílu hodnot je dále převeden za pomoci generátoru pulzů na požadovaný počet pulzů o frekvenci požadované rychlosti posuvu suportu a podle směru posuvu vyslán na patřičný digitální výstup mikroPLC a z něj na AC servoměnič. Z mikroPLC je na servoměnič přivedeno pět signálů. Dva pulzní signály Reverse a Forward nám určují směr, rychlost a požadovaný počet otáček servomotoru. AC servoměnič je nutno nastavit tak, aby počet pulzů na vstupu odpovídal požadovanému počtu otáček servomotoru a reálnému posuvu suportu na ose Y. Dalším vstupem do AC servoměniče z mikroPLC je signál Deviation Counter Reset, který okamžitě vynuluje čítač pulzů AC servoměniče. Tento signál slouží k okamžitému zastavení servopohonu suportu v případě, že by mohlo dojít k překročení požadované nebo koncové polohy suportu. Poslední dva signály které do AC servoměniče vstupují z mikroPLC je signál RUN, který odblokuje a uvede v chod AC servoměnič. Dále signál Alarm Reset, který je určen k odblokování poruchy na AC servoměniči. Informace o stavech AC servoměniče jsou prostřednictvím dvou digitálních výstupů předávány na digitální vstupy mikroPLC. Prvním výstupem z AC servoměniče je Positioning Completed Output, který informuje o splnění posuvu suportu na základě požadovaného počtu pulzů. Druhým výstupem z AC servoměniče je Alarm Output, který informuje mikroPLC o poruchových stavech na AC servoměniči.

Smysl otáček servomotoru je dán podle toho, na který ze vstupů Reverse pulzes nebo Forward pulses AC servoměniče je přiveden požadovaný počet pulzů z mikroPLC. Pokud přivedene posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup Reverse pulzes bude se servomotor otáčet proti směru hodinových ručiček a suport na ose Y se bude posouvat vzad. Pokud přivedene posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup forward pulzes bude se servomotor otáčet po směru hodinových ručiček a suport na ose Y se bude posouvat vpřed. Rozsah posuvu suportu na ose Y je omezen dvěma koncovými rozpínacími indukčními snímači v krajních polohách osy Y. Signály z koncových snímačů polohy jsou přivedeny na digitální vstupy mikroPLC.

### 7.3 Popis měření a řízení vertikální osy Z

Měření polohy suportu na ose Z zajišťuje IRC snímač, který je připevněn k vertikálnímu loži suportu a jeho hřídel je prostřednictvím mechanické momentové spojky spojena s hřídelí kuličkového šroubu. Rotací kuličkového šroubu se mění poloha suportu. Otáčí-li se kuličkový šroub po směru hodinových ručiček posouvá se suport nahoru, změnou směru otáčení docílíme posuvu suportu dolů. Kuličkový šroub je poháněn prostřednictvím převodovky AC servomotorem. S rotací kuličkového šroubu na výstupu IRC snímače vznikají digitální stavy úměrné vstupním otáčkám. Tyto digitální stavy jsou přivedeny ve dvou kanálech A a B na digitální rychlé vstupy mikroPLC. V mikroPLC jsou tyto digitální stavy zpracovávány za pomoci vratných čítačů. Výstupem čítačů je dekadické číslo a to je převedeno na hodnotu polohy suportu na ose Z v mm. Tato hodnota je za pomoci RS 485 přenesena do operátorského panelu a zobrazena na displeji.

Na operátorském panelu lze za pomoci numerické klávesnice nastavit rychlost posuvu a požadované pracovní polohy v jednotlivých krocích pracovního cyklu zařízení. Tyto nastavené požadované hodnoty se přenesou po RS 485 do mikroPLC. Stisknutím klávesy START na operátorském panelu jsou požadované parametry polohy suportu postupně v krocích vyhodnocovány a prováděny. Hodnota polohy suportu na ose Z z vratného čítače je na základě podmínek, které jsou v uživatelském programu mikroPLC stanoveny porovnána s požadovanou hodnotou aktuálního kroku a vyhodnoceny. Výsledek rozdílu hodnot je dále převeden za pomoci generátoru pulzů na požadovaný počet pulzů o frekvenci požadované rychlosti posuvu suportu a podle směru posuvu vyslán na příslušný digitální výstup mikroPLC a z něj na AC servoměnič. Z mikroPLC je na servoměnič přivedeno pět signálů. Dva pulzní signály Reverse a Forward nám určují směr, rychlost a požadovaný počet otáček servomotoru. AC servoměnič je nutno nastavit tak, aby počet pulzů na vstupu odpovídal požadovanému počtu otáček servomotoru a reálnému posuvu suportu na ose Z. Dalším vstupem do AC servoměniče z mikroPLC je signál Deviation Counter Reset, který okamžitě vynuluje čítač pulzů AC servoměniče. Tento signál slouží k okamžitému zastavení servopohonu suportu v případě, že by mohlo dojít k překročení požadované nebo koncové polohy suportu. Poslední dva signály, které do AC servoměniče vstupují z mikroPLC je signál RUN, který odblokuje a uvede v chod AC servoměnič. Dále signál Alarm Reset, který je určen k odblokování poruchy na AC servoměniči. Informace o stavech AC servoměniče jsou prostřednictvím dvou digitálních výstupů předávány na digitální vstupy

mikroPLC. Prvním výstupem z AC servoměniče je Positioning Completed Output, který informuje o splnění posuvu suportu na základě požadovaného počtu pulzů. Druhým výstupem z AC servoměniče je Alarm Output, který informuje mikroPLC o poruchových stavech na AC servoměniči.

Smysl otáček servomotoru je dán podle toho, na který ze vstupů Reverse pulzes nebo Forward pulses AC servoměniče je přiveden požadovaný počet pulzů z mikroPLC. Pokud přivedene posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup Reverse pulzes bude se servomotor otáčet proti směru hodinových ručiček a suport na ose Z se bude posouvat dolů. Pokud přivedene posloupnost pulzů o dané frekvenci na vstup forward pulzes bude se servomotor otáčet po směru hodinových ručiček a suport na ose Z se bude posouvat nahoru. Rozsah posuvu suportu na ose Z je omezen dvěma koncovými rozpínacími indukčními snímači v krajních polohách osy Z. Signály z koncových snímačů polohy jsou přivedeny na digitální vstupy mikroPLC.

#### **7.4 Popis najíždění suportů na požadovanou hodnotu**

Způsob najíždění suportů na osách X, Y, Z, je předdefinován v uživatelském programu mikroPLC, který obsahuje pevně zadanou rampu rozjíždění a zastavení posuvu. Při rozjíždění suportu se rychlost posuvu lineárně zvyšuje až na požadovanou uživatelsky zadanou hodnotu posuvu prostřednictvím operátorského panelu. Suport se pohybuje po ose a při přiblížení se požadované poloze se začne rychlost posuvu suportu lineárně snižovat tak, aby nedošlo k překročení požadované hodnoty.

#### **7.5 Popis regulace otáček vřetene s nástrojem na ose Z**

Regulaci otáček vřetene s nástrojem na ose Z, je zajištěna prostřednictvím frekvenčního měniče asynchronního motoru. Požadované otáčky je možno nastavit za pomoci potenciometru, který je umístěn na ovládacím panelu stroje. Jelikož je pohon vřetene na ose Z vybaven dvoustupňovou převodovkou je možná plynulá regulace otáček v rozsahu 30 až 500 ot/min a 500 až 3000 ot/min. Frekvenční měnič je vybaven zpětnovazební kartou, na kterou je připojen IRC snímač otáček asynchronního motoru pohonu vřetene na ose Z. Ovládání pohonu vřetene na ose Z je zajištěno prostřednictvím operátorského panelu, který je přes rozhraní RS 485 spojen s mikroPLC. Na frekvenční měnič je přivedeno 5 řídicích signálů z mikroPLC. Prvním signálem je Enable Drive, kterým odblokujeme měnič. Dal-



ším signálem je signál Start, který uvede frekvenční měnič v chod. Signál Fast Stop umožňuje rychlé zastavení pohonu vřetene na ose Z. Signál Forward určuje směr rotace asynchronního motoru po směru hodinových ručiček a signál Reverse proti směru hodinových ručiček. Informace o stavu frekvenčního měniče je prostřednictvím reléového výstupu z frekvenčního měniče předávána na digitální vstup mikroPLC.

## **7.6 Ovládání brzdy vřetene s nástrojem na ose Z**

Asynchronní motor pohonu vřetene na ose Z je vybaven elektromagnetickou brzdou, která slouží k zajištění vřetene proti pootočení při výměně nástroje. Vřeteno lze zajistit zapínačem brzdy vřetene na ose Z, který je umístěn na ovládacím panelu stroje. Tento zapínač je připojen na digitální vstup mikroPLC. Uživatelský program v mikroPLC zajišťuje, aby nedošlo k zapnutí brzdy během rotace vřetene na ose Z. Brzdu vřetene zapíná pomocné relé, které je připojeno na digitální výstup z mikroPLC.

## **7.7 Osazení stroje bezpečnostními prvky**

Bezpečnost práce na vyvrtávacím zařízení je zajištěna dvěma tlačítky nouzového zastavení a dvěma bezpečnostními spínači na krytech pracovního prostoru zařízení. Tlačítka nouzového zastavení jsou připojena na napájecí svorky bezpečnostního modulu PREVENTA. Zapnutí a odblokování bezpečnostního modulu je možno provést stisknutím tlačítka Start pohonů na němž je kontakt odblokování bezpečnostního modulu. Dva bezpečnostní spínače krytů jsou vřazeny do obvodu napájení pracovního napětí na výstupech z mikroPLC. Přerušením tohoto obvodu se zamezí vydání jakéhokoliv povelu z mikroPLC do pohonů a tím zamezení možnosti posuvu suportů na osách X, Y, Z. Dále se zamezí možnosti rotace vřetene při otevřených krytech pracovního prostoru.

## **7.8 Ovládání čerpadla chladící kapaliny nástroje**

Stroj je vybaven dopravním čerpadlem chladící kapaliny. Toto čerpadlo je poháněno asynchronním motorem. Asynchronní motor je zapínán stykačem, který je možno ovládat zapínačem chladící kapaliny na ovládacím panelu stroje, nebo prostřednictvím paralelně zapojeného kontaktu pomocného relé, jehož ovládací cívka je připojena na digitální výstup z mikroPLC. Tento výstup je řízen uživatelským programem a jeho vlastnosti během au-

tomatického cyklu je možno definovat prostřednictvím operátorského panelu, který je na mikroPLC připojen přes RS 485.

## 8 POPIS PRACOVNÍCH CYKLŮ STROJE

Jak již bylo uvedeno v kapitole důvodů zvoleného způsobu řízení, byly zavedeny dva způsoby automatického řízení vyvrtávacího zařízení:

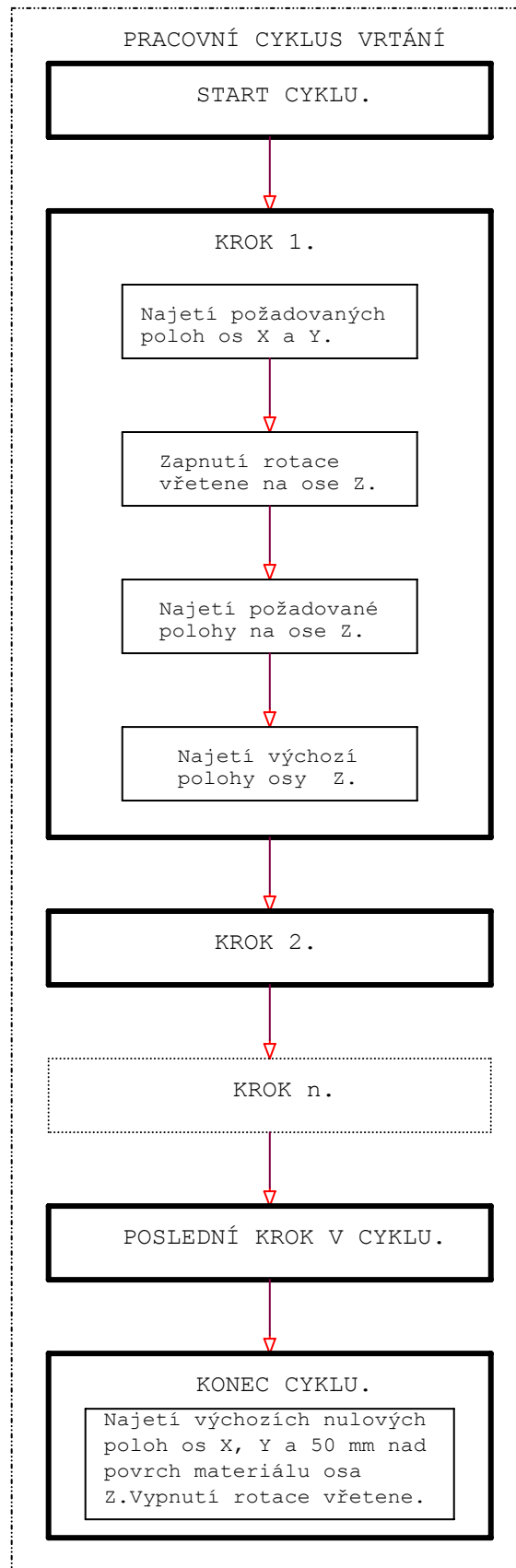
- Automatické řízení – vrtání
- Automatické řízení – drážkování

V následujícím textu jsou popsány automatické cykly vrtání a drážkování.

### 8.1 Popis pracovního cyklu vrtání

Po najetí nulového bodu suportů na osách X, Y, Z a přepnutí zařízení z režimu ručního ovládání do režimu automatického vrtání a po prvním stisknutí tlačítka start cyklu v menu start řízení najede suport vřetene na ose Z do pevně stanovené polohy a to tak, že je pracovní nástroj 50 mm nad povrchem materiálu. Po zadání požadovaných parametrů a zapnutí automatického cyklu v režimu vrtání se současně suporty na osách X a Y přesunou do požadovaných poloh zadaných v prvním kroku automatického cyklu. Následovně se roztočí vřeteno s pracovním nástrojem na ose Z. Suport na ose Z se přesune do nulové polohy a pracovní nástroj je těsně nad materiálem, po splnění této podmínky se začne suport posouvat směrem dolů až na požadovanou hodnotu a nástroj je vnořen do materiálu. V tomto bodě je ukončen první krok a nástroj na ose Z se vrací do výchozí polohy a to jest 50 mm nad materiál. Následovně se stejným způsobem provede přednastavený počet kroků a po splnění posledního kroku se všechny suporty vrací do výchozích nulových poloh a suport na ose Z do polohy 50 mm nad povrchem materiálu. Splněním najetí výchozích poloh suportů na osách X, Y, Z, je ukončen automatický cyklus a je možno materiál ze zařízení vyjmout.

Grafické znázornění popisu pracovního cyklu vrtání je na obrázku č.10.



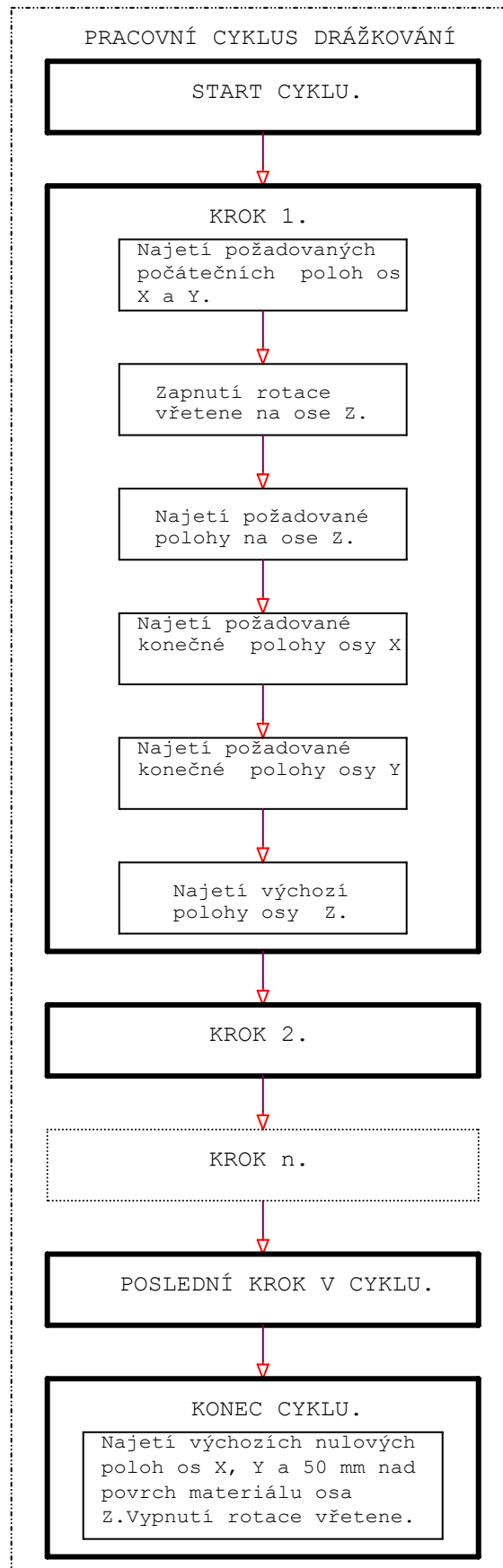
Obrázek 10. Pracovní cyklus vrtání

## 8.2 Popis pracovního cyklu drážkování

Po najetí nulového bodu suportů na osách X, Y, Z a přepnutí zařízení z režimu ručního ovládání do režimu automatického vrtání a po prvním stisknutí tlačítka start cyklu v menu start řízení, najede suport vřetene na ose Z do pevně stanovené polohy a to tak, že je pracovní nástroj 50 mm nad povrchem materiálu. Po zadání požadovaných parametrů a zapnutí automatického cyklu v režimu drážkování se současně suporty na osách X a Y přesunou do počátečních požadovaných poloh zadaných v prvním kroku automatického cyklu. Následovně se roztočí vřeteno s pracovním nástrojem na ose Z. Suport na ose Z se přesune do nulové polohy a pracovní nástroj je těsně nad materiálem, po splnění této podmínky se začne suport posouvat směrem dolů až na požadovanou hodnotu a nástroj je vnořen do materiálu. Pokud je splněna požadovaná hodnota polohy osy Z, začne se nejprve přesouvat suport osy X do konečné požadované polohy. Následovně se začne přesouvat suport na ose Y do požadované konečné polohy. V tomto bodě je ukončen první krok a nástroj na ose Z se vrací do výchozí polohy a to jest 50 mm nad materiál. Následovně se stejným způsobem provede přednastavený počet kroků a po splnění posledního kroku se všechny suporty vrátí do výchozích nulových poloh a suport na ose Z do polohy 50 mm nad povrchem materiálu. Splněním najetí výchozích poloh suportů na osách X, Y, Z, je ukončen automatický cyklus a je možno materiál ze zařízení vyjmout.

Poznámka: Pokud nastavíme na osách X nebo Y, do pole počáteční požadované hodnoty polohy a konečné požadované polohy stejnou hodnotu, pokládá se posuv za splněn a nedochází při drážkování k posuvu suportu do konečné požadované polohy drážky na dané ose.

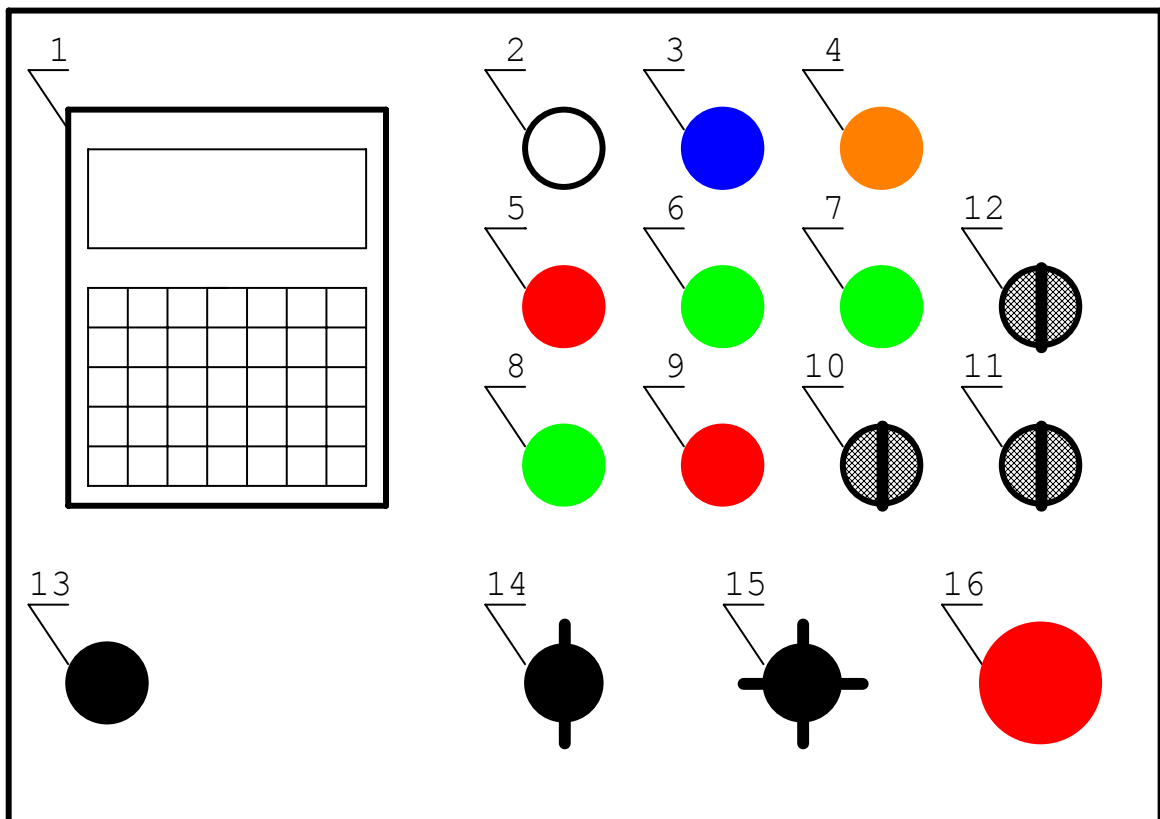
Grafické znázornění popisu pracovního cyklu vrtání je na obrázku č.11.



Obrázek 11. Pracovní cyklus drážkování

## 9 POPIS OVLÁDÁNÍ STROJE

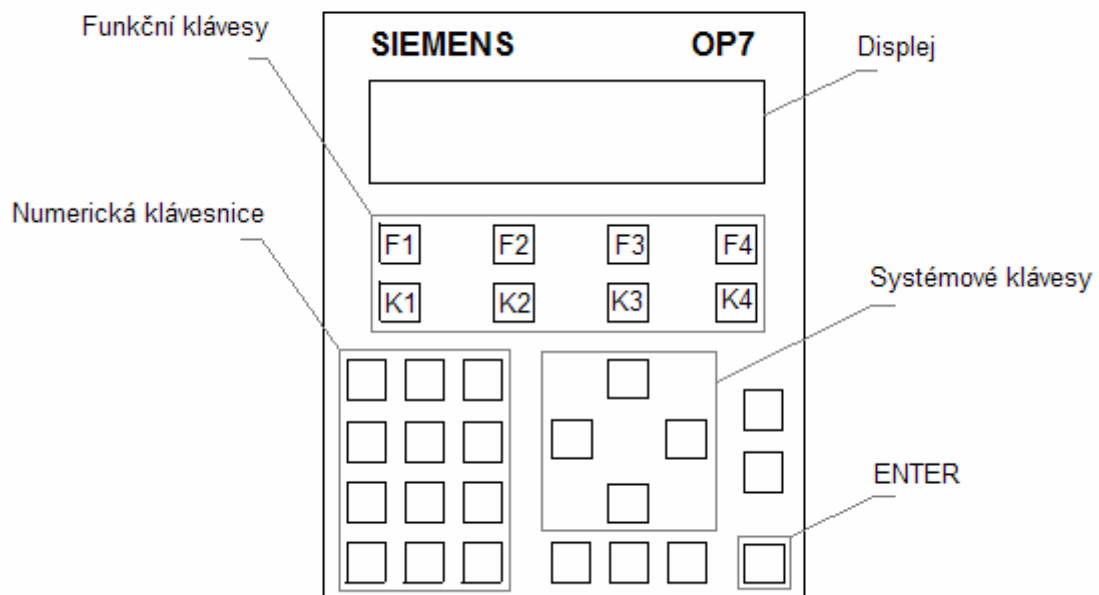
Na rozvodnici stroje je umístěn hlavní vypínač zařízení. Ovládací panel stroje je osazen operátorským panelem OP 7, kontrolkou zapnutého stavu zařízení (2), kontrolkou režimu automat (3), kontrolkou ručního ovládání (4), kontrolka poruchy na zařízení (5), kontrolkou chodu automatického cyklu (6) a kontrolkou chodu vřetene (7). Dále tlačítkem zapnutí pohonů zařízení (8), tlačítkem vypnutí pohonů zařízení (9), tlačítkem nouzového zastavení (16), tlačítkem rychloposuvu (13), zapínačem chlazení (10), zapínačem brzdy (11), uzamykatelným přepínačem odblokování bezpečnostních spínačů krytu pracovního prostoru zařízení (12). Joystikem osy Z (14) a joystikem os X, Y (15). Kontrolka zapnutého stavu signalizuje stav zařízení po zapnutí hlavního vypínače. Tlačítka zapnutí a vypnutí pohonů zařízení slouží k zapnutí či vypnutí ACservopohonů os X, Y, Z a pohonu vřetene na ose Z. Operátorský panel zajišťuje uživatelské rozhraní zařízení, je vybaven displejem, osmi funkčními klávesami a numerickou klávesnicí.



Obrázek 12. Ovládací panel zařízení

Na displeji jsou zobrazovány menu stroje. Menu obsahuje odkazy funkcí stroje na jednotlivé funkční klávesy operátorského panelu. Nastavení parametrů řízení vyvrtávacího zařízení provedeme najetím do patřičného řádku za pomoci systémových kláves nahoru a dolů. Na numerické klávesnici nastavíme hodnotu a potvrdíme klávesou ENTER.

Po zapnutí stroje se rozsvítí displej operátorského panelu, proběhne test paměti operátorského panelu a poté se zobrazí na displeji hlavní menu zařízení. Každé menu, které obsahuje na konci znak # a číslici je menu, které obsahuje více listů. Číslice znázorňuje číslo listu. Listovat lze systémovými klávesami nahoru a dolů.



Obrázek 13. Schéma kláves na OP7

## 9.1 Hlavní menu vyvrtávacího zařízení

Hlavní menu obsahuje tři základní položky řízení vyvrtávacího zařízení. Menu vrtání umožňuje přednastavení požadovaných souřadnic otvoru na materiálu, přednastavení požadované hloubky otvoru a následovně automaticky provést operaci zařízení. Menu drážkování umožňuje přednastavení požadované hloubky drážky, délku drážky a následovně



automaticky provést operaci. Menu ručního ovládání, umožňuje ruční ovládání zařízení, je určeno pro najetí počátečního nulového bodu.

### HLAVNÍ MENU

F1 – VRTÁNÍ

F2 - DRÁŽKOVÁNÍ

F3 – RUČNÍ OVLÁDÁNÍ

## **9.2 Menu vrtání otvorů**

Stisknutím klávesy F1 hlavního menu se na displeji zobrazí menu vrtání. Na displeji budou odkazy na tři položky. Start řízení umožňuje sledovat aktuální hodnoty os X, Y, Z a spustit či zastavit pracovní cyklus stroje. Nastavení řízení umožňuje přednastavení hodnot rychlostí posuvů suportů na osách X, Y, Z a parametrů jednotlivých pracovních kroků v cyklu zařízení. Paměti řízení umožňují uložení často používaných nastavení zařízení.

### VRTÁNÍ

F1 – START ŘÍZENÍ

F2 – NASTAVENÍ ŘÍZENÍ

F3 – PAMĚTI ŘÍZENÍ

### **9.2.1 Vrtání - start řízení**

Stisknutím klávesy F1 menu vrtání otvorů se na displeji zobrazí aktuální a požadované hodnoty polohy suportů X, Y, Z.

### START ŘÍZENÍ VRTÁNÍ

X:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Y:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Z:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Při zapnuté funkci startu řízení vrtání jsou aktivní tyto funkční klávesy:

- K1 – START automatického cyklu vyvrtávacího zařízení
- K2 – PAUSE přerušení automatického cyklu vyvrtávacího zařízení
- K3 – STOP automatického cyklu vyvrtávacího zařízení

### 9.2.2 Vrtání - nastavení řízení

Stisknutím klávesy F2 menu vrtání se na displeji zobrazí menu nastavení řízení. Zde je na prvním listě možno nastavit rychlost posuvů suportů na osách X, Y, Z, požadované pracovní souřadnice poloh suportů, smysl otáčení vřetene na ose Z a chlazení pracovního nástroje.

#### NASTAVENÍ ŘÍZENÍ #1

F1 – RYCHLOST POSUVŮ

F2 – NASTAVENÍ SOUŘADNIC

F3 – CHLAZENÍ NÁSTROJE

#### NASTAVENÍ ŘÍZENÍ #2

F4 – SMYSL OT. VŘETENE

Stisknutím klávesy F1 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení rychlostí posuvů jednotlivých suportů na osách X, Y, Z a pracovní posuv suportu na ose Z, v m/min.

#### RYCHLOST POSUVŮ

RYCHLOST X, Y, Z: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

PRAC.RYCHLOST Z: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

Stisknutím klávesy F2 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení požadovaných pracovních souřadnic jednotlivých suportů na osách X, Y, Z, po krocích automatického cyklu. Menu nastavení požadovaných souřadnic obsahuje celkem 17 listů. Na prvním listě je možno nastavit požadovaný počet kroků v cyklu a první a druhý krok. Od druhého listu se opakuje nastavení jednotlivých kroků od třetího až po padesátý.

### NASTAVENÍ SOUŘADNIC #1

F1 – POČET KROKŮ V CYKLU

F2 – KROK 1

F3 – KROK 2

### NASTAVENÍ SOUŘADNIC #2

F1 – KROK 3

F2 – KROK 4

F3 – KROK 5

Stisknutím klávesy F1 menu prvního listu nastavení souřadnic se na displeji zobrazí menu počtů kroků v cyklu. Zde je možno nastavit počet kroků v cyklu od 1 do 50.

### POČET KROKŮ

POČET KROKŮ V CYKLU: (HODNOTA)

Stisknutím klávesy F2 nebo F3 prvního listu menu nastavení souřadnic se na displeji zobrazí menu nastavení pracovních souřadnic prvního nebo druhého kroku v pracovním cyklu. Na ostatních listech postupujeme následovně stisknutím kláves F1, F2, nebo F3 dle popisu na displeji.

KROK 1

X:> (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Y:> (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Z:> (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Stisknutím klávesy F3 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu chlazení nástroje. Zde je možno předdefinovat automatické zapnutí čerpadla chladicí kapaliny při zapnutém automatickém cyklu vyvrtávacího zařízení.

CHLAZENÍ NÁSTROJE

CHLAZENÍ ZAPNUTO: 1

CHLAZENÍ VYPNUTO: 0

POŽADOVANÝ STAV:(HODNOTA)

Při zapnutém menu chlazení nástroje je aktivní tato funkční klávesa:

- K4 – Opakovaným stisknutím měníme hodnotu požadovaného stavu chlazení z 0 na 1 a naopak.

Stisknutím klávesy F4 na druhém listu menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení smyslu otáčení vřetene na ose Z.

SMYSL OT. VŘETENE

K1 - PO SMĚRU HOD. RUČ.

K2 - PROTI SMĚRU HOD. RUČ

Při zapnuté funkci startu řízení jsou aktivní tyto funkční klávesy:

- K1 – Otáčky vřetene po směru hodinových ručiček
- K2 – Otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček

### 9.2.3 Vrtání - paměti řízení

Stisknutím klávesy F3 menu vrtání otvorů se na displeji zobrazí menu paměti řízení. Na displeji se zobrazí uložení do paměti a vyvolání paměti.

#### PAMĚTI ŘÍZENÍ

F1 – ULOŽENÍ PAMĚTI

F2 - VYVOLÁNÍ PAMĚTI

Stisknutím klávesy F1 menu paměti řízení se zobrazí na displeji menu uložení do paměti. Zde je možno uložit aktuální nastavení stroje pod jednu ze tří pamětí a zadat ji jméno (kód).

#### ULOŽENÍ DO PAMĚTI

F1 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F2 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F3 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

Stisknutím klávesy F2 menu paměti řízení se zobrazí na displeji menu vyvolání paměti. Zde je možno vyvolat jedno ze tří uložených nastavení a zavést jej jako aktuální nastavení stroje na základě jejího jména (kódu).

## VYVOLÁNÍ PAMĚTI

F1 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F2 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F3 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

### **9.3 Menu drážkování**

Stisknutím klávesy F2 hlavního menu se na displeji zobrazí menu drážkování. Na displeji budou odkazy na tři položky. Start řízení umožňuje sledovat aktuální hodnoty os X, Y, Z a spustit či zastavit pracovní cyklus vyvrtávacího zařízení. Nastavení řízení umožňuje přednastavení hodnot rychlostí posuvů suportů na osách X, Y, Z a parametrů jednotlivých pracovních kroků v cyklu stroje. Paměti řízení umožňují uložení často používaných nastavení vyvrtávacího zařízení.

## DRAŽKOVÁNÍ

F1 – START ŘÍZENÍ

F2 – NASTAVENÍ ŘÍZENÍ

F3 – PAMĚTI ŘÍZENÍ

#### **9.3.1 Drážkování - start řízení**

Stisknutím klávesy F1 menu drážkování se na displeji zobrazí aktuální a požadované konečné hodnoty polohy suportů na osách X, Y a požadovaná poloha suportu na ose Z.

## START ŘÍZENÍ DRAŽKOVÁNÍ

X:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (KONEČNÁ POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Y:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (KONEČNÁ POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Z:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm > (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Při zapnuté funkci startu řízení vrtání jsou aktivní tyto funkční klávesy:

- K1 – START automatického cyklu vyvrtávacího zařízení.
- K2 – PAUSE přerušení automatického cyklu vyvrtávacího zařízení.
- K3 – STOP automatického cyklu vyvrtávacího zařízení.

### 9.3.2 Drážkování - nastavení řízení

Stisknutím klávesy F2 menu drážkování se na displeji zobrazí menu nastavení řízení. Zde je na prvním listě možno nastavit rychlost posuvů suportů na osách X, Y, Z, požadované pracovní souřadnice poloh suportů, smysl otáčení vřetene na ose Z a chlazení pracovního nástroje.

#### NASTAVENÍ ŘÍZENÍ #1

F1 – RYCHLOST POSUVŮ

F2 – NASTAVENÍ SOUŘADNIC

F3 – CHLAZENÍ NÁSTROJE

#### NASTAVENÍ ŘÍZENÍ #2

F4 – SMYSL OT. VŘETENE

Stisknutím klávesy F1 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení pracovní rychlostí posuvů jednotlivých suportů na osách X, Y, Z, v m/min.

#### RYCHLOST POSUVŮ

PRAC.RYCHLOST X: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

PRAC.RYCHLOST Y: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

PRAC.RYCHLOST Z: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

Stisknutím klávesy F2 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení požadovaných pracovních souřadnic jednotlivých suportů na osách X, Y, Z, po krocích automatického cyklu. Menu nastavení požadovaných souřadnic obsahuje celkem 17 listů. Na prvním listě je možno nastavit požadovaný počet kroků v cyklu a první a druhý krok. Od druhého listu se opakuje nastavení jednotlivých kroků od třetího až po padesátý.

### NASTAVENÍ SOUŘADNIC #1

F1 – POČET KROKŮ V CYKLU

F2 – KROK 1

F3 – KROK 2

### NASTAVENÍ SOUŘADNIC #2

F1 – KROK 3

F2 – KROK 4

F3 – KROK 5

Stisknutím klávesy F1 menu prvního listu nastavení souřadnic se na displeji zobrazí menu počtů kroků v cyklu. Zde je možno nastavit počet kroků v cyklu od 1 do 50.

### POČET KROKŮ

POČET KROKŮ V CYKLU: (HODNOTA)

Stisknutím klávesy F2 nebo F3 prvního listu menu nastavení souřadnic se na displeji zobrazí menu nastavení pracovních souřadnic prvního nebo druhého kroku v pracovním cyklu. Na ostatních listech postupujeme následovně stisknutím kláves F1, F2, nebo F3 dle popisu na displeji.



KROK 1

X:> (POČ.POŽADOVANÁ HODNOTA) mm> (KONEČNÁ. POŽ. HODNOTA) mm

Y:> (POČ.POŽADOVANÁ HODNOTA) mm> (KONEČNÁ. POŽ. HODNOTA) mm

Z:> (POŽADOVANÁ HODNOTA) mm

Stisknutím klávesy F3 menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu chlazení nástroje. Zde je možno předdefinovat automatické zapnutí čerpadla chladicí kapaliny při zapnutém automatickém cyklu vyvrtávacího zařízení.

CHLAZENÍ NÁSTROJE

CHLAZENÍ ZAPNUTO: 1

CHLAZENÍ VYPNUTO: 0

POŽADOVANÝ STAV:(HODNOTA)

Při zapnutém menu chlazení nástroje je aktivní tato funkční klávesa:

- K4 – Opakovaným stisknutím měníme hodnotu požadovaného stavu chlazení z 0 na 1 a naopak.

Stisknutím klávesy F4 na druhém listu menu nastavení řízení se na displeji zobrazí menu nastavení smyslu otáčení vřetene na ose Z.

SMYSL OT. VŘETENE

K1 - PO SMĚRU HOD. RUČ.

K2 - PROTI SMĚRU HOD. RUČ

Při zapnuté funkci startu ovládání jsou aktivní tyto funkční klávesy:

- K1 – Otáčky vřetene po směru hodinových ručiček
- K2 – Otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček

### 9.3.3 Drážkování - paměti řízení

Stisknutím klávesy F3 menu drážkování se na displeji zobrazí menu paměti řízení. Na displeji se zobrazí uložení do paměti a vyvolání paměti.

#### PAMĚTI ŘÍZENÍ

F1 – ULOŽENÍ PAMĚTI

F2 - VYVOLÁNÍ PAMĚTI

Stisknutím klávesy F1 menu paměti řízení se zobrazí na displeji menu uložení do paměti. Zde je možno uložit aktuální nastavení stroje pod jednu ze tří pamětí a zadat ji jméno (kód).

#### ULOŽENÍ DO PAMĚTI

F1 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F2 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F3 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

Stisknutím klávesy F2 menu paměti řízení se zobrazí na displeji menu vyvolání paměti. Zde je možno vyvolat jedno ze tří uložených nastavení a zavést jej jako aktuální nastavení stroje na základě jejího jména (kódu).

#### VYVOLÁNÍ PAMĚTI

F1 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F2 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

F3 – NÁZEV: ( ČÍSELNÝ KÓD VÝROBKU )

## 9.4 Ruční ovládání

Stisknutím klávesy F3 hlavního menu se na displeji zobrazí menu ručního ovládání. Na displeji budou odkazy na tři položky. Start ovládání, umožňuje sledovat aktuální hodnoty a ruční ovládání posuvů suportů na osách X, Y,Z. Dále umožňuje ruční ovládání vřetene. Nastavení ovládání umožňuje přednastavení hodnot rychlostí posuvů a rychloposuvů suportů na osách X, Y, Z.

### RUČNÍ OVLÁDÁNÍ

F1 – START OVLÁDÁNÍ

F2 – NASTAVENÍ OVLÁDÁNÍ

#### 9.4.1 Ruční ovládání – start ovládání

Stisknutím klávesy F1 menu ručního ovládání se na displeji zobrazí aktuální hodnoty polohy suportů na osách X, Y, Z.

### START OVLÁDÁNÍ

X:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm

Y:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm

Z:> (AKTUÁLNÍ HODNOTA) mm

Při zapnuté funkci startu ovládání jsou aktivní tyto funkční klávesy:

- F1 – START vřetene na ose Z.
- F2 – STOP vřetene na ose Z.
- F3 – nulování čítače polohy osy Z.
- F4 – nulování čítačů polohy os X, Y, Z.
- K1 – Otáčky vřetene po směru hodinových ručiček
- K2 – Otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček

#### 9.4.2 Ruční ovládání – nastavení ovládání

Stisknutím klávesy F2 menu ručního ovládání se na displeji zobrazí menu nastavení ovládání. Zde je možno nastavit rychlost posuvů a rychloposuvů suportů na osách X, Y, Z.

##### NASTAVENÍ OVLÁDÁNÍ

F1 – RYCHLOST POSUVŮ

F2 – RYCHLOPOSUV

Stisknutím klávesy F1 menu nastavení ovládání se na displeji zobrazí menu nastavení rychlostí posuvů jednotlivých suportů na osách X, Y, Z, v m/min.

##### RYCHLOST POSUVŮ

RYCHLOST X: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

RYCHLOST Y: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

RYCHLOST Z: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

Stisknutím klávesy F2 menu nastavení ovládání se na displeji zobrazí menu nastavení rychlostí rychloposuvů jednotlivých suportů na osách X, Y, Z, v m/min.

##### RYCHLOST RYCHLOPOSUVŮ

RYCHLOST X: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

RYCHLOST Y: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

RYCHLOST Z: ( POŽ. HODNOTA RYCHLOSTI POSUVU) m/min

## 10 NÁVRATNOST INVESTICE DO VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Celková cena realizace vyvrtávacího zařízení je přibližně 946 000 Kč. Z celkové ceny je 584 000 Kč na výrobu a montáž mechanické části zařízení. Cena elektronického řízení vyvrtávacího zařízení je z celkové částky 362 000 Kč.

### Rovnoměrný odpis vyvrtávacího zařízení:

Zařízení spadá do druhé skupiny s odpisovou dobou 6 let. V prvním roce 8,5% a v ostatních letech 18,3%.

$$\text{Odpis v prvním roce} = \frac{946000 \cdot 8,5}{100} = 80410 \text{ Kč}$$

$$\text{Odpis v ostatních letech} = \frac{946000 \cdot 18,3}{100} = 173118 \text{ Kč}$$

V prvním roce bude odepsána suma 80410 Kč a v dalších pěti letech, bude činit odpisová suma za rok 173118 Kč.

V současné době si firma MOMENT, spol. s r.o. účtuje za jednu hodinu práce na vrtačce 270 Kč. Využití vrtaček na středisku zámečnické dílny činí 2000 hod. za jeden rok. Předpokládaná úspora času na vrtání při pořízení vyvrtávacího zařízení je o polovinu menší, tj. o 1000 hod. za jeden rok. Přičemž vzroste cena vrtání za jednu hodinu v prvním roce na 350 Kč a v dalších pěti letech na 443 Kč. Navýšení ceny za jednu hodinu práce na vyvrtávacím zařízení je kompenzováno:

- Pracovní doba vrtání se sníží na polovinu.
- Vzhledem k úspoře času si firma může dovolit vzít dvojnásobek zakázek na vrtání.
- Vyvrtávací zařízení sníží zmetkovitost výroby až o 30%.
- Není nutno vyrábět drahé přípravky, které jsou potřeba při vrtání na ručně ovládaném stroji.

Za předpokladu, že firma nabere dvojnásobek práce na vrtání, zvýší se obrat firmy za jeden rok o 270 000 Kč. Snížením zmetkovosti o 30% vznikne úspora 81 000 Kč za rok a úspora za přípravky činí v průměru 40 000 Kč za rok, z čehož vyplývá, že investice do vyvrtávacího zařízení se vrátí přibližně za dva a půl roku.

## ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce byla řešena problematika měření a řízení polohy suportů na osách X, Y, Z, ovládání a regulace otáček vřetene na ose Z včetně elektromagnetické brzdy pro zajištění vřetene proti pootočení při výměně nástroje. Dále je řešeno osazení zařízení bezpečnostními prvky, které vyplývají ze systému řízení a chlazení pracovního nástroje z důvodu prodloužení jeho životnosti.

Funkce a ovládání vyvrtávacího zařízení jsou přizpůsobeny požadavkům zámečnické výroby ve firmě MOMENT, spol. s r.o. Byly zvoleny dva způsoby řízení vyvrtávacího zařízení. Prvním řízením je vrtání otvorů do kovového materiálu. Tento způsob řízení vyvrtávacího zařízení umožňuje přednastavit požadované souřadnice otvorů na osách X, Y a jejich hloubku na ose Z v jednotlivých krocích. Po spuštění automatického cyklu zařízení jsou jednotlivé kroky provedeny. Druhým řízením je drážkování otvorů v kovovém materiálu. Tento způsob řízení vyvrtávacího zařízení umožňuje přednastavit hloubku otvorů na ose Z a souřadnice počátečních a konečných hodnot drážek na osách X a Y v jednotlivých krocích. Po spuštění automatického cyklu zařízení jsou jednotlivé kroky provedeny. Vyvrtávací zařízení lze také ovládat ručně, tato funkce je určena pouze k najetí výchozích nulových bodů na osách X, Y, Z.

Hlavním řídicím prvkem vyvrtávacího zařízení je programovatelný automat SIMATIC S7-200. Při řešení zadaných úkolů diplomové práce bylo zjištěno, že možnost jednoduchého programování usnadňuje řešení problému odměřování polohy suportů na osách X, Y, Z. Možnost přeprogramování stroje a rozšíření řízení o další funkce dle požadavků firmy MOMENT, spol. s r.o. je považováno do budoucna za velmi výhodné. Komunikace jednotlivých řídicích a ovládacích prvků po RS 485 je považována za velmi ekonomické řešení. Toto řešení komunikace neomezuje stroj pro další rozšíření jeho funkcí do budoucna.

Jedinou nevýhodou jsou vyšší finanční pořizovací náklady při výrobě vyvrtávacího zařízení. Tato nevýhoda je kompenzována jednoduchým ovládáním stroje, snížením zmetkovitosti výroby a úsporou času v pracovním procesu. Na základě úspory času v pracovním procesu a snížení zmetkovitosti výroby je očekávána blízká návratnost vynaložených finančních nákladů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Ing. Marie Martinásková, Ing. Ladislav Šmejkal, CSc. *Řízení programovatelnými automaty*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01766-4
- [2] Jiří Javůrek. *Regulace moderních elektrických pohonů*. 1. vyd. GRADA, 2003. ISBN 80-247-0507-9
- [3] Ing. František Hruška, Ph.D. *Technické prostředky automatizace 4*. 2. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2003. ISBN 80-7318-131-2
- [4] *Návod k obsluze měniče kmitočtu pro AC motory ARTDrive F*. vyd. Zlín EDTS spol. s r.o. 1999
- [5] *Systémový manuál SIMATIC S7-200*. 4. vyd. SIEMENS AG, 2003.
- [6] SIEMENS. *Software a řešení, mikrosystémy*. poslední revize 9.2003. Dostupné z: CD a <<http://www.siemens.cz/micro>> .
- [7] *Manuál pro servopohon SmartStep R7D-AP*. Elektropohony spol. s r.o.
- [8] *Global Detection, Electronic and elektromechanical sensors*. Schneider Electric Industries SAS. Telemecanique, June 2003.
- [9] *Elektronický katalog inkrementálních snímačů*. LARM a.s. <<http://www.larm.cz>>
- [10] *Safety solutions usány Preventa*. Schneider Electric Industries SAS. Telemecanique, June 2002.
- [11] *Katalog přístrojů 2005 - stykače a relé*. Moeller elektrotechnika s.r.o.
- [12] *Katalog přístrojů 2005 - spouštěče motorů*. Moeller elektrotechnika s.r.o.
- [13] *Katalog přístrojů 2005 - vačkové spínače T a vypínače P*. Moeller elektrotechnika s.r.o.
- [14] *Katalog přístrojů 2005 - ovládací a signalizační přístroje*. Moeller elektrotechnika s.r.o.
- [15] *Elektronický katalog výrobků*. Lenze, s.r.o. <<http://www.lenze.cz/lf05.htm>>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC Programovatelný automat (Programmable Logic Controller).

CPU Centrální procesorová jednotka (Central Processor Unit)

IRC Inkrementální snímač otáček



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Mechanická část zařízení .....	10
Obrázek 2. Schéma nepřímého měniče kmitočtu .....	18
Obrázek 3. CPU SIMATIC S7-200 .....	24
Obrázek 4. Textový displej TD 200.....	29
Obrázek 5. Touch panel TP 070 .....	30
Obrázek 6. Operátorský panel OP7 .....	30
Obrázek 7. Programovací balík STEP - Micro/WIN.....	31
Obrázek 8. Komunikační kabel PPI Multi-Master .....	32
Obrázek 9. AC servopohon OMRON R7D-AP.....	34
Obrázek 10. Pracovní cyklus vrtání.....	44
Obrázek 11. Pracovní cyklus drážkování .....	46
Obrázek 12. Ovládací panel zařízení .....	47
Obrázek 13. Schéma kláves na OP7 .....	48

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Srovnání parametrů CPU SIMATIC S7-200 .....	24
Tabulka 2. Rozšiřovací moduly digitálních vstupů a výstupů SIMATIC S7-200.....	25
Tabulka 3. Analogové rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200 .....	26
Tabulka 4. Termočláňkové a RTD rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200 .....	26
Tabulka 5. Rozšiřovací modul PROFIBUS-DP pro SIMATIC S7-200 .....	27
Tabulka 6. Rozšiřovací modemový modul pro SIMATIC S7-200.....	28
Tabulka 7. Ethernetové rozšiřovací moduly pro SIMATIC S7-200.....	28
Tabulka 8. Srovnání parametrů AC servopohonů OMRON řady R7M-AP.....	35

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Seznam použitého materiálu elektroinstalace vyvrtávacího zařízení.
- P II Výkresová dokumentace elektrického zapojení vyvrtávacího zařízení.
- P III Uživatelský program vyvrtávacího zařízení pro PLC SIMATIC S7-200, operátorský panel OP7 a elektronická verze diplomové práce na nosiči CD.

## PŘÍLOHA P I: SEZNAM POUŽITÉHO MATERIÁLU ELEKTROINSTALACE VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ.

Název	Typ	Parametry	Značka	Ks
Tlačítko zelené	MOELLER RMQ-Titan M22-D-G	240 V / 3 A AC Led: 24 V DC	SW 6.7.G	1
Tlačítko červené	MOELLER RMQ-Titan M22-D-R	240 V / 3 A AC	SW 6.7.E	1
Tlačítko černé	MOELLER RMQ-Titan M22-D-S	240 V / 3 A AC	SW 15.11.H	1
Tlačítko červené aretační	MOELLER RMQ-Titan M22-PV/K01	240 V / 3 A AC	SW 7.3.D SW 7.3.E	2
Přepínač černý	MOELLER RMQ-Titan M22-WRK	240 V / 3 A AC	SW 6.5.E SW 15.10.H	3
Přepínač černý uzamykatelný	MOELLER RMQ-Titan M22-WS-SA	240 V / 3 A AC	SW 7.9.J	1
Kontrolka bílá	MOELLER RMQ-Titan M22-L-W	Led: 24 V DC	H 11.3.B	1
Kontrolka zelená	MOELLER RMQ-Titan M22-L-G	Led: 24 V DC	H 11.8.B H 11.9.B	1
Kontrolka oranžová	MOELLER RMQ-Titan M22-L-Y	Led: 24 V DC	H 11.5.B	1
Kontrolka červená	MOELLER RMQ-Titan M22-L-R	Led: 24 V DC	H 11.7.B	1
Kontrolka modrá	MOELLER RMQ-Titan M22-L-B	Led: 24 V DC	H 11.6.B	1
Joystick	MOELLER RMQ-Titan M22-WRJ4	240 V / 3 A AC	SW 16.5.H SW 16.6.H SW 16.7.H SW 16.8.H	1
Joystick	MOELLER RMQ-Titan M22-WRJ2V	240 V / 3 A AC	SW 16.9.H SW 16.10.H	1
Relé	Telemecanique RXN 41 G11BD	Ovl: 24 V DC Spin: 250 V / 2 A AC	RA 11.11.B RA 11.12.B	2
Polovodičové relé SSR	CRYDOM DID12	Ovl: 0...32 V DC Spin: 100 V / 12 A DC	RA 13.10.G RA 13.11.G RA 14.5.G RA 14.6.G RA 14.7.G RA 14.8.G	6

Indukční snímač	Telqmeccanique XS508B1PBL2	10 ... 30 V DC Spin: 200 mA	SQ 15.4.I SQ 15.5.I SQ 15.6.I SQ 15.7.I SQ 15.8.I SQ 15.9.I	6
IRC snímač	LARM 305 / 1250	10 ... 30 V DC max: 6000 ot. / min max: 30 mA	SQ 2.7.I SQ 13.3.H SQ 13.5.I SQ 13.7.H	4
Modul PREVENTA	XPSAC5121P	Ovl: 24 V DC Spin: 250 V / 10 A AC	RB 7.3.G	1
Zdroj napětí	AXIMA AXSP3P06	230 V / 4 A AC 20..28 V / 6 A DC	US 6.7.F	1
Zdroj napětí	AXIMA AXSP3P03	230 V / 0.6 A AC 20..28 V / 3 A DC	US 6.9.F	1
MikroPLC	SIMATIC S7-200 CPU 224	24 V DC 14 dig. vstupu / 10 dig výstupu	CPU 17.9.D	1
Rozšiřovací modul	SIMATIC S7-200 EM 223	16dig. vstupu / 16 dig výstupu	CPU 17.9.D	1
Rozšiřovací modul	SIMATIC S7-200 EM 223	8 reléových výstupů 230 V / 8 A AC	CPU 17.9.D	1
Operátorský panel	SIEMENS OP7	24 V DC	OP 17.4.D	1
Frekvenční měnič	ARTDrive AFy - 2055	400 V 5,5 kW 11 A	FSM 2.5.H	1
FILTR	EMI FFP 480-30	400 V 11 kW	EMF 2.5.F	1
AC servopohon	OMRON SmartStep R7D - AP	230 V 750 W	FSFM 3.3.I M3.3.J FSFM 4.3.I M4.3.J FSFM 5.3.I M5.3.J	3
Filtr	OMRON	230 V 750 W	EMF 3.3.E EMF 4.3.E EMF 5.3.E	3
Pružinová brzda	LENZE BFK 458	230 V AC	LB 2.13.F	1
Stykač	MOELLER DIL-M12-AC4	Ovl: 240 V AC 50Hz Spin: 400 V AC / 5,5 kW	KM 2.5.E	1
Stykač	MOELLER DIL-M7-AC4	Ovl: 240 V AC 50 Hz Spin: 400 V AC / 2,2 kW	KM 3.3.G KM 4.3.G KM 5.3.G KM 6.3.E	4
Hlavní vypínač	Spamal LK63	400V / 63 A AC	SWH 2.2.B	1

Pojistkové pouzdro	RSAP	400V / 10 A AC		7
Proudový chránič	LSN	4pól. 400V /40 A	FI 2.3.B	1
Jistič	LSN	3pól. 400V /16 A	FI 3.3.D FI 4.3.D FI 5.3.D	3
Jistič	LSN	3pól. 400V /20 A	FI 2.5.D	1
Motorový jistič	MOELLER PKZM01	3pól. 400V / 0,63 - 1 A	FA 6.3.D	1
Pojistka	ESKA	250 V / 100 mA	FU 7.6.D	1
Pojistka	ESKA	250 V / 650 mA	FU 6.9.D FU 7.3.C FU 8.7.H FU 11.4.H FU 12.4.E FU 14.3.F	6
Pojistka	ESKA	250 V / 800 mA	FU 6.7.D FU 9.12.D FU 12.3.H FU 15.2.F	4
Pojistka	ESKA	250 V / 1 A	FU 16.3.F	1
Pojistka	ESKA	250 V / 1,6 A	FU 8.5.H FU 13.2.F	2
Pojistka	ESKA	250 V / 2,5 A	FU 7.3.C	1
Pojistka	ESKA	250 V / 4 A	FU 7.6.C	1
Svorka 4 tm. modrá	RSA 4 M	400 V / 10 A AC		73
Svorka 6 sv. modrá	RSA 6 SM	400 V / 10 A AC		2
Svorka 4 červená	RSA 4 R	400 V / 10 A AC		5
Svorka 6 černá	RSA 6 ČR	400 V / 10 A AC		8
Svorka PE 4	RSA 4 PE	400 V / 10 A AC		21
Svorka PE 6	RSA 6 PE	400 V / 10 A AC		3

## **PŘÍLOHA P II: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE ELEKTRICKÉHO ZAPOJENÍ VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ.**

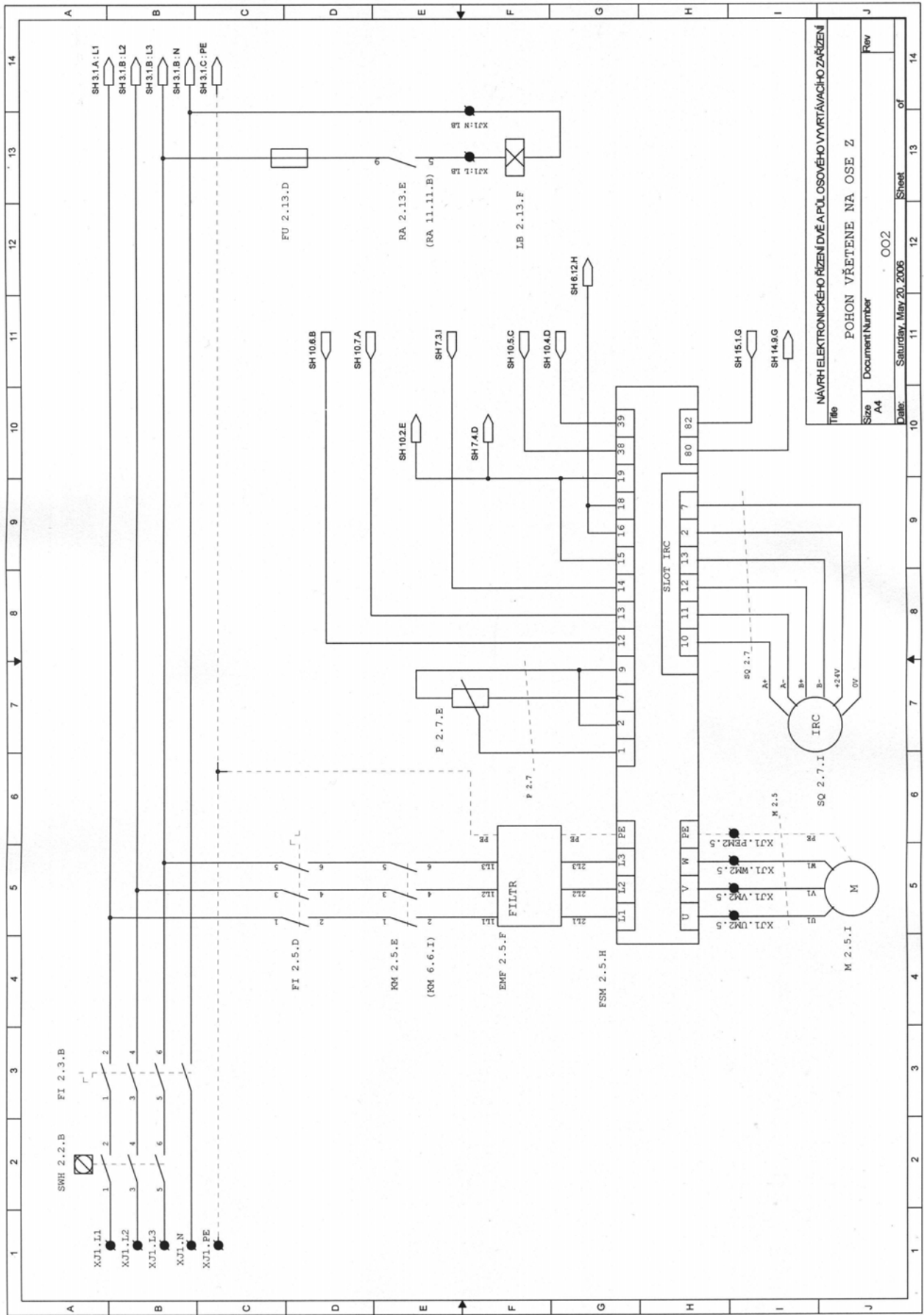
- 001 - SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE
- 002 - POHON VŘETENE NA OSE Z (+ BRZDA )
- 003 - SERVOPOHON OSY X
- 004 - SERVOPOHON OSY Y
- 005 - SERVOPOHON OSY Z
- 006 - MOTOR CHLAZENÍ A ZDROJE 24V
- 007 - MODUL PREVENTA
- 008 - CPU 224 OUT B1 (VÝSTUPY Z PLC - PULZNÍ ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X,Y,Z A RESET ČITAČŮ)
- 009 - CPU 224 OUT B2 (VÝSTUPY Z PLC - PULZNÍ ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X,Z, OP7)
- 010 - EM 223 OUT B1 (VÝSTUPY Z PLC - ŘÍZENÍ MĚNIČE POHONU VŘETENE NA OSE Z A PULZNÍ ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSU Y)
- 011 - EM 223 OUT B2 (VÝSTUPY Z PLC PRO SIGNÁLKY STAVU STROJE)
- 012 - EM 222 OUT B1(VÝSTUPY Z PLC - ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X,Y,Z)
- 013 - CPU 224 IN B1 (VSTUPY DO PLC - IRC SNÍMAČE POLOHY OS X,Y,Z)
- 014 - CPU 224 IN B2 (VSTUPY DO PLC - STAVY SERVOPOHONŮ OS X,Y,Z)
- 015 - EM 223 IN B1 (VSTUPY DO PLC - KONCOVÉ SNÍMAČE POLOHY OS X,Y,Z)
- 016 - EM 223 IN B2 (VSTUPY DO PLC - OVLÁDÁNÍ STROJE)
- 017- KOMUNIKACE PO RS 485 (PLC SIMATIC S7-200, OPERÁTORSKÝ PANEL OP7)
- 018 - LEGENDA
- 019 - LEGENDA

## NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ

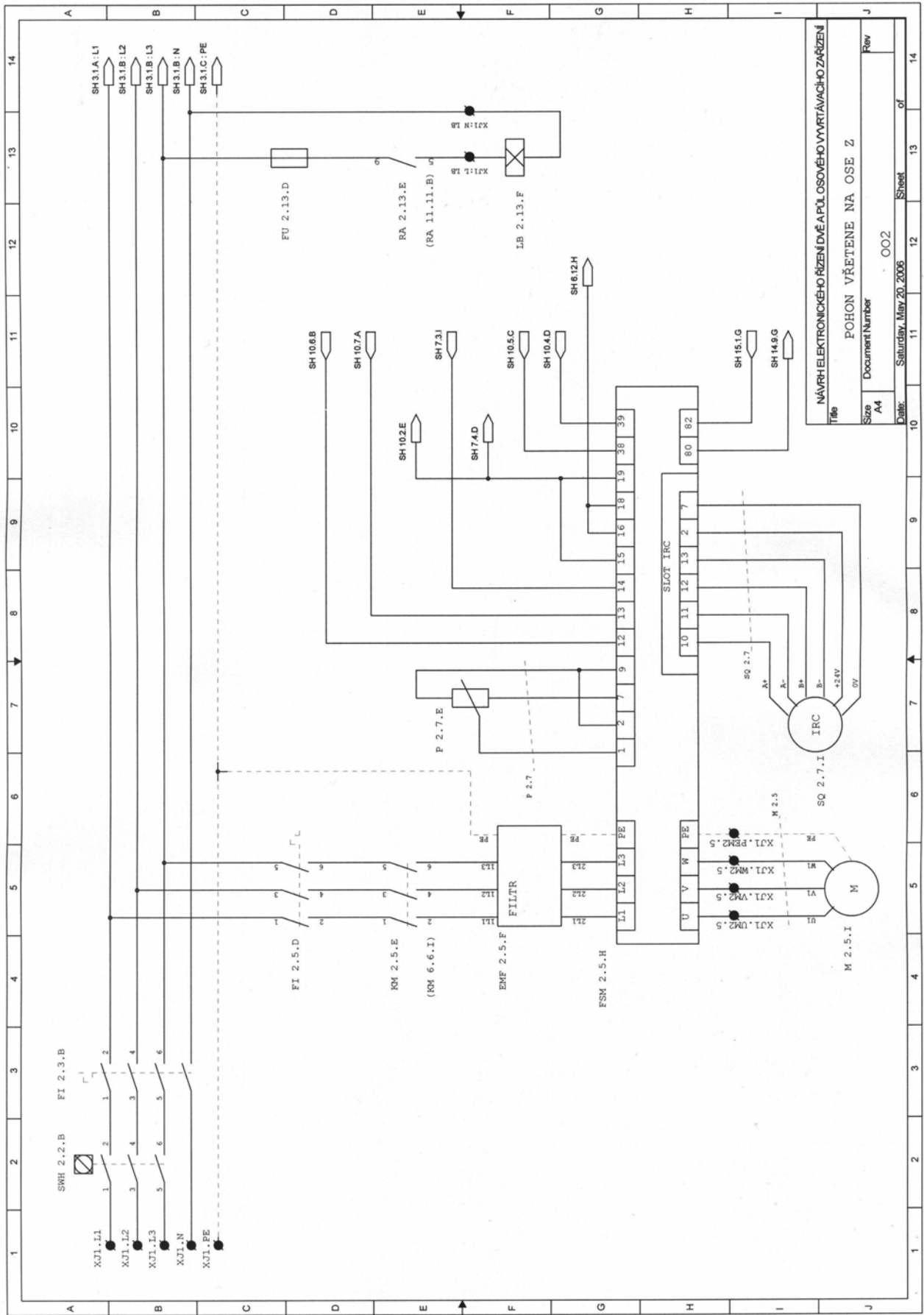
- 001 SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE
- 002 Pohon vřetene na ose z (+ brzda )
- 003 SERVOPOHON OSY X
- 004 SERVOPOHON OSY Y
- 005 SERVOPOHON OSY Z
- 006 MOTOR chlazení a zdroje 24V
- 007 MODUL PREVENTA
- 008 CPU 224 OUT B1 (VÝSTUPY Z PLC - PULZNÍ ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X, Y, Z A RESET ČITACŮ)
- 009 CPU 224 OUT B2 (VÝSTUPY Z PLC - PULZNÍ ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X, Z, OP7)
- 010 EM 223 OUT B1 (VÝSTUPY Z PLC - ŘÍZENÍ MENIČE Pohonu vřetene na ose z a pulzní řízení servoohonů pro osu y)
- 011 EM 223 OUT B2 (VÝSTUPY Z PLC PRO SIGNÁLKY STAVU STROJE)
- 012 EM 222 OUT B1 (VÝSTUPY Z PLC - ŘÍZENÍ SERVOPOHONŮ PRO OSY X, Y, Z)
- 013 CPU 224 IN B1 (VSTUPY DO PLC - IRC SNÍMAČE POLOHY OS X, Y, Z)
- 014 CPU 224 IN B2 (VSTUPY DO PLC - STAVY SERVOPOHONŮ OS X, Y, Z)
- 015 EM 223 IN B1 (VSTUPY DO PLC - KONCOVÉ SNÍMAČE POLOHY OS X, Y, Z)
- 016 EM 223 IN B2 (VSTUPY DO PLC - OVLÁDÁNÍ STROJE)
- 017 KOMUNIKACE PO RS 485 (PLC SIMATIC S7-200, OPERÁTORSKÝ PANEL OP7)
- 018 LEGENDA
- 019 LEGENDA

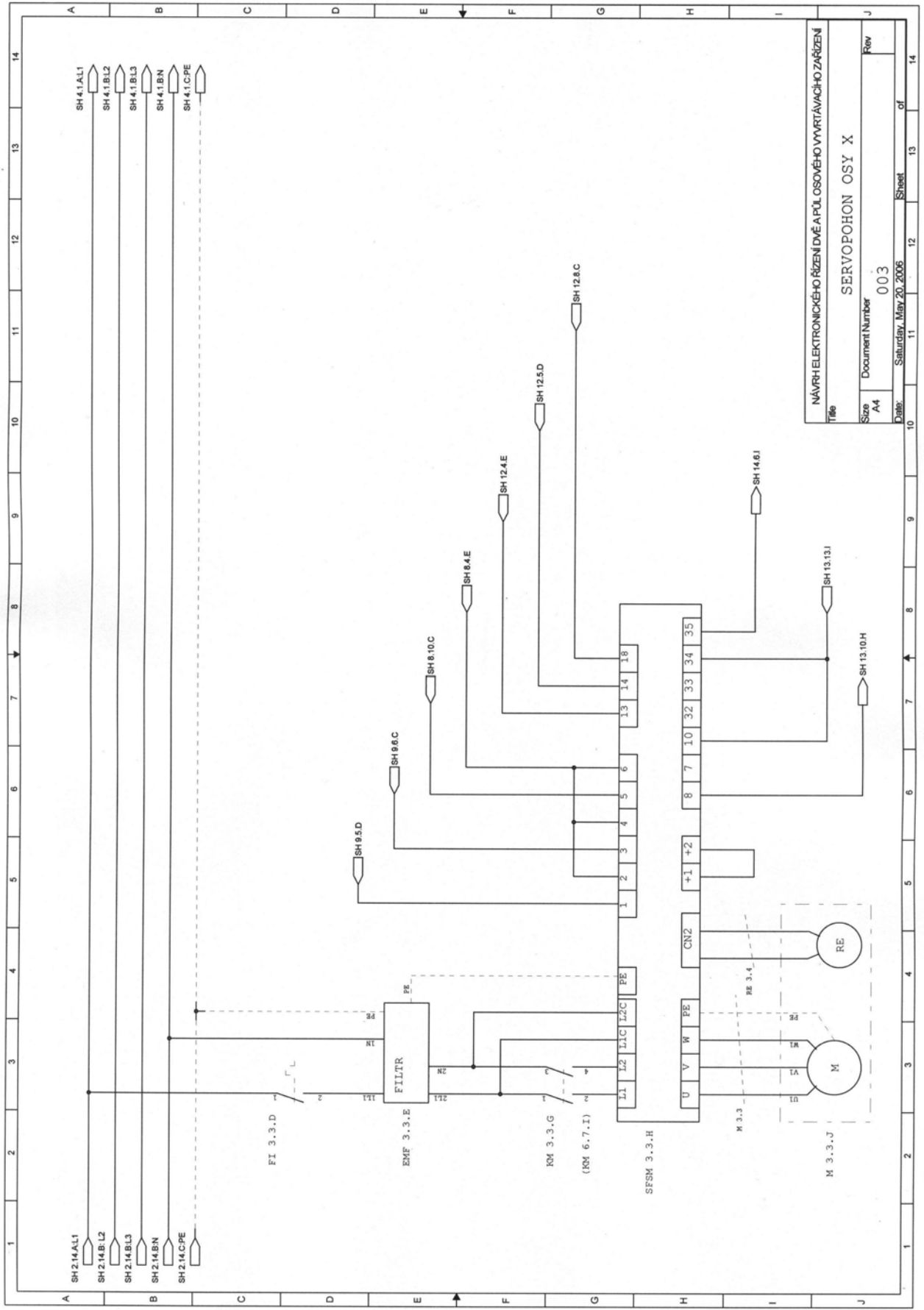
NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ				
Title				
SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE				
Size A4	Document Number 001			
Date Saturdav, May 20, 2006	Rev of			
10	11	12	13	14
Sheet	of	Sheet	of	Sheet



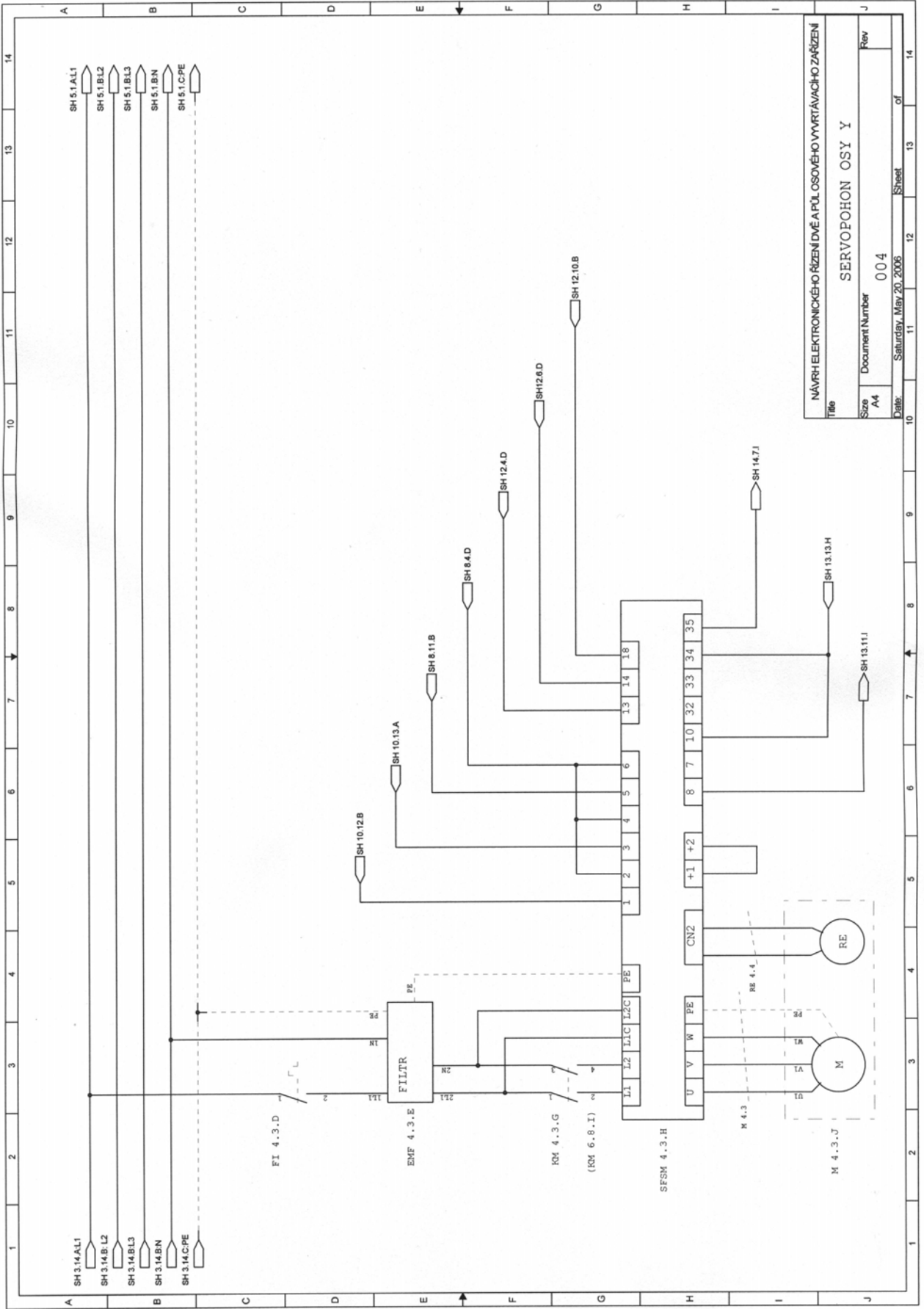


NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVEŘÍ A PŮL OSOBNÉHO VYVRTÁVACÍHO ZŘÍZENÍ	
Title	
POHON VŘETENE NA OSE Z	
Size	Document Number
A4	002
Date	Sheet
Saturday, May 20, 2006	11 of 14

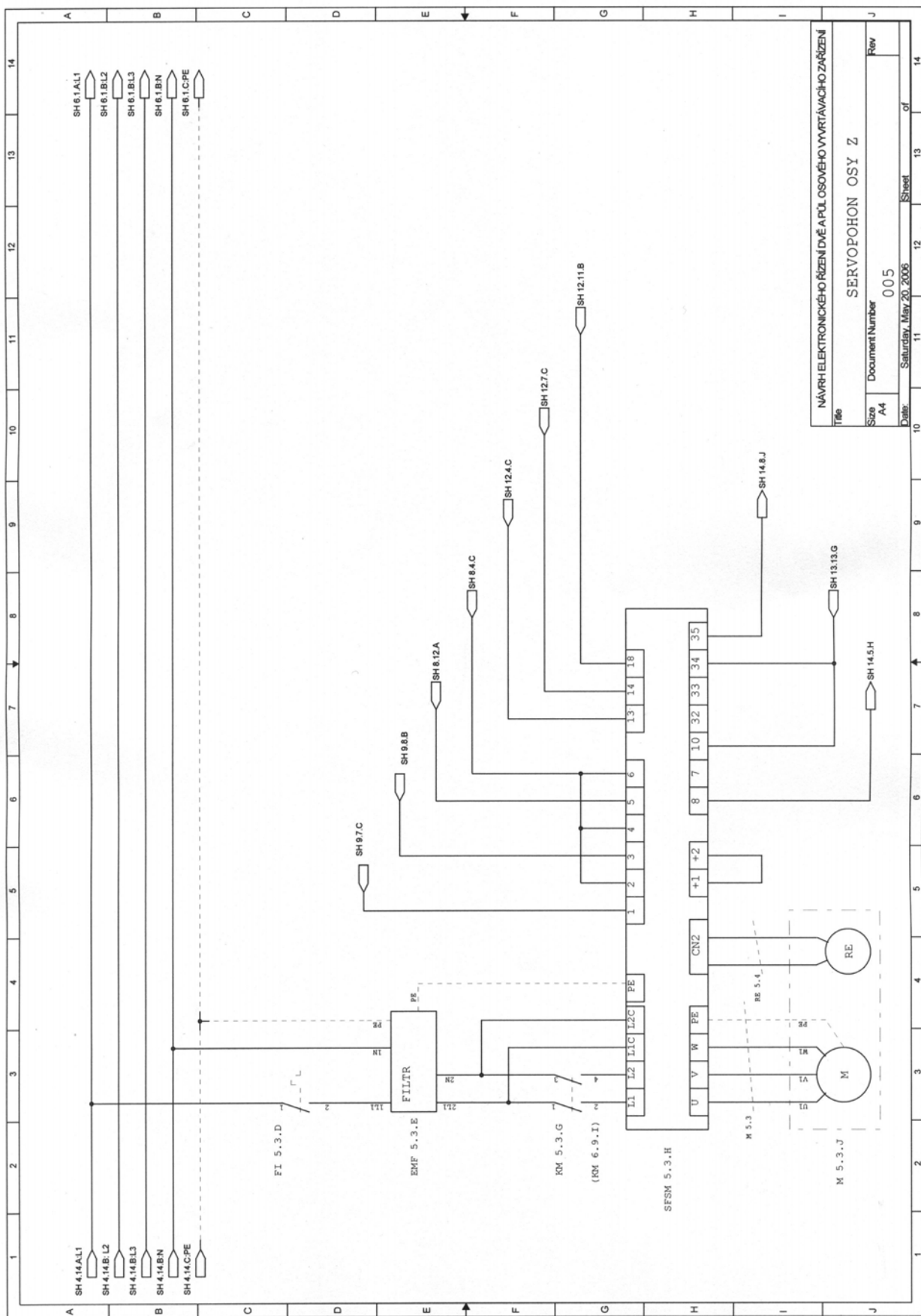




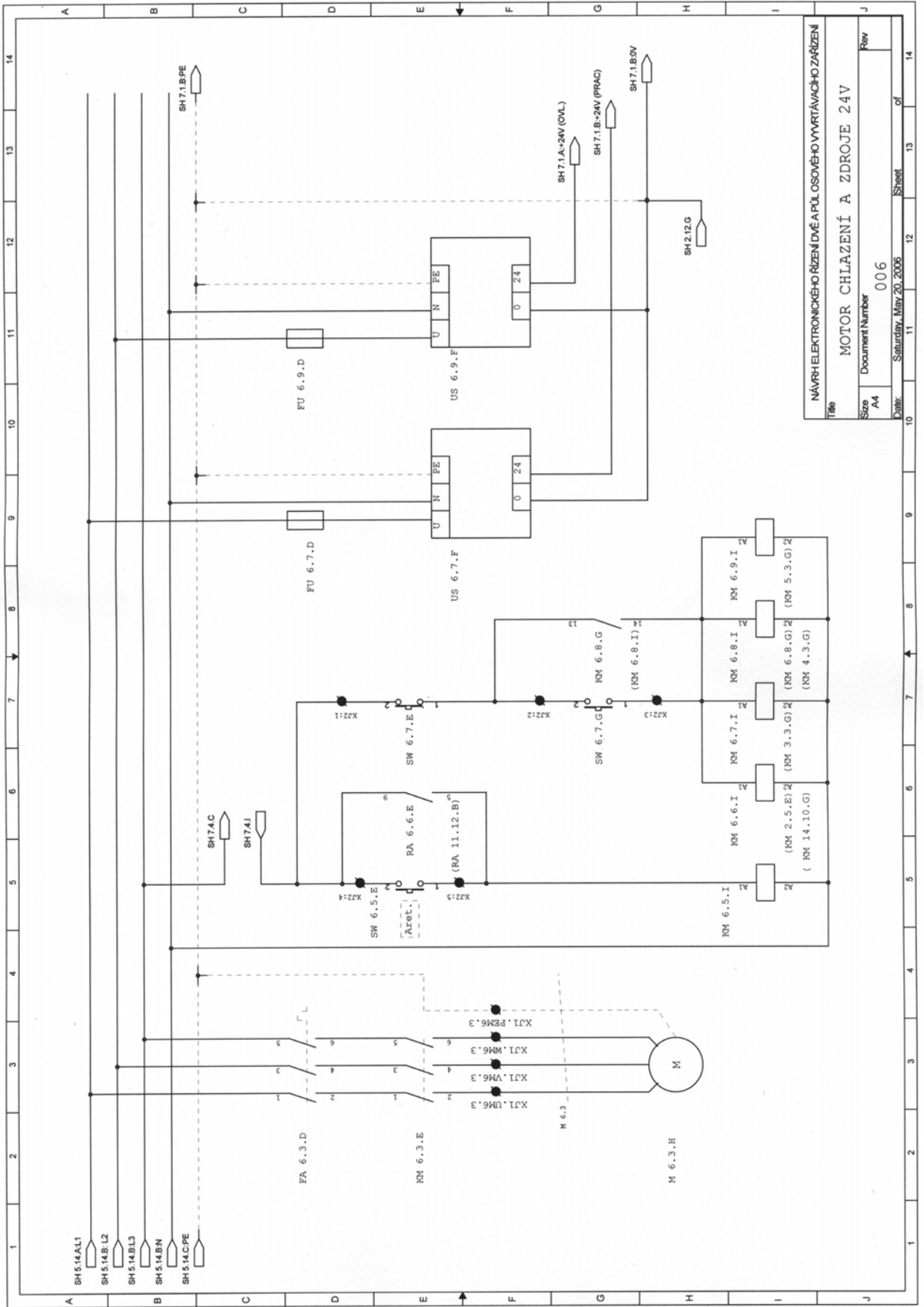
Title		NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVÁČOHO ZAŘÍZENÍ	
Size	Document Number	SERVOPOHON OSY X	
A4	003		
Date	Saturday, May 20, 2006	Sheet	of
		11	14



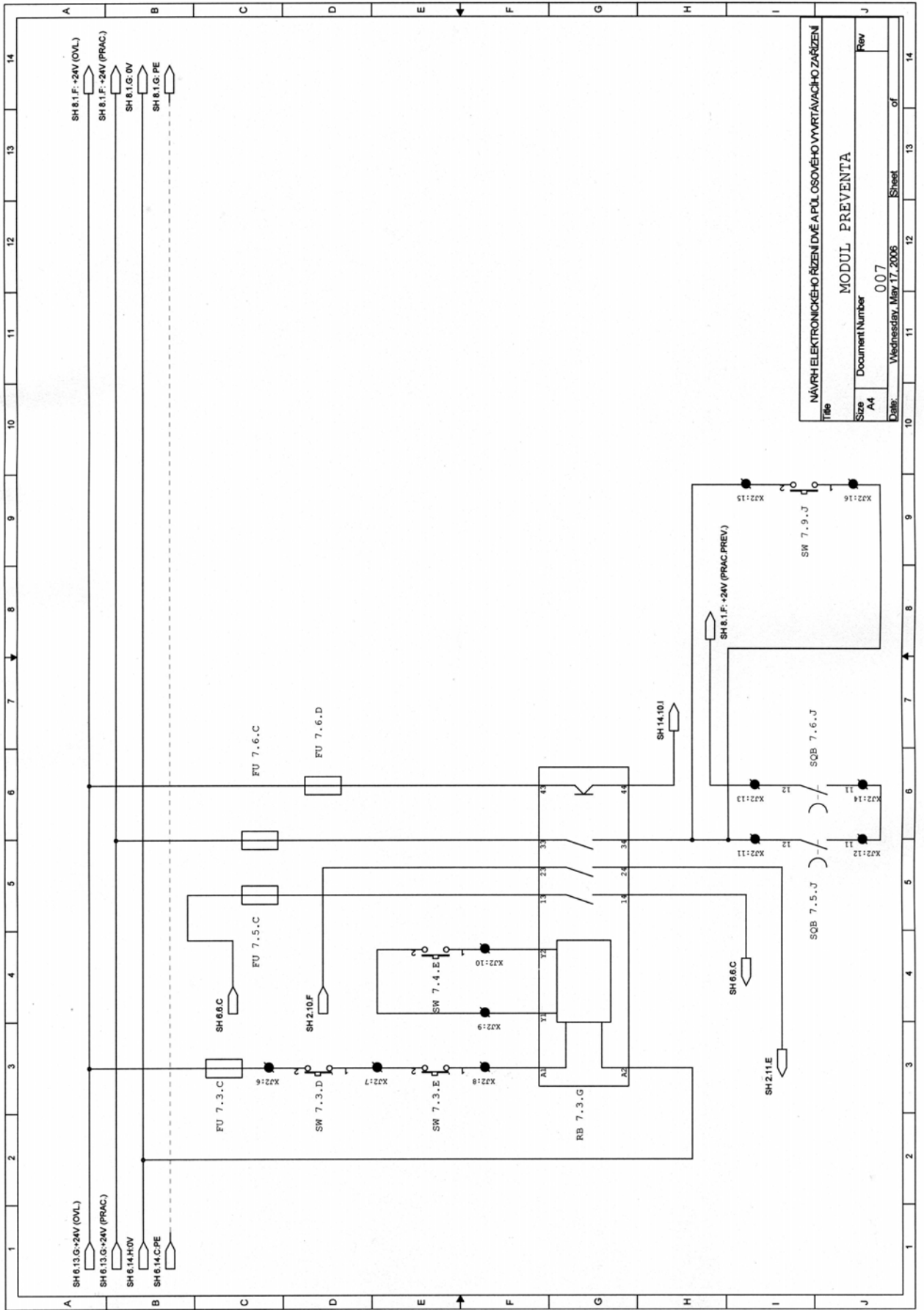
NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVÁČHO ZARÍZENÍ	
Title	SERVOPOHON OSY Y
Size	A4
Document Number	004
Date	Saturday, May 20, 2006
Sheet	11 of 14



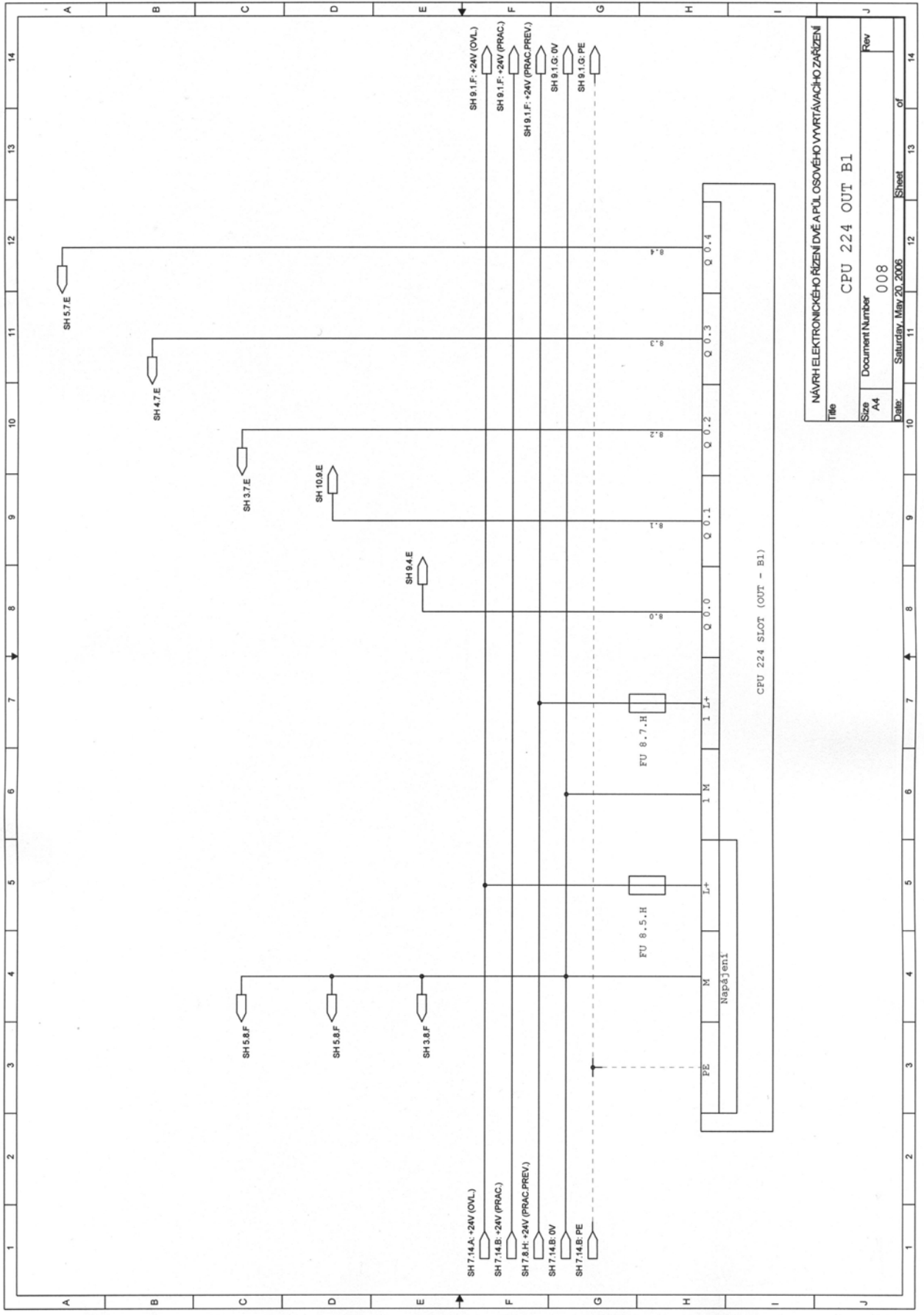
NÁVRH ELEKTRONICKEHO ŘÍZENÍ DVĚ A PULSOVÉHO VYVRTÁVÁČHO ZŘÍZENÍ	
Title	SERVOPOHON OSY Z
Size	Document Number
A4	005
Date	Sheet
Saturday, May 20, 2006	of
	13
	14



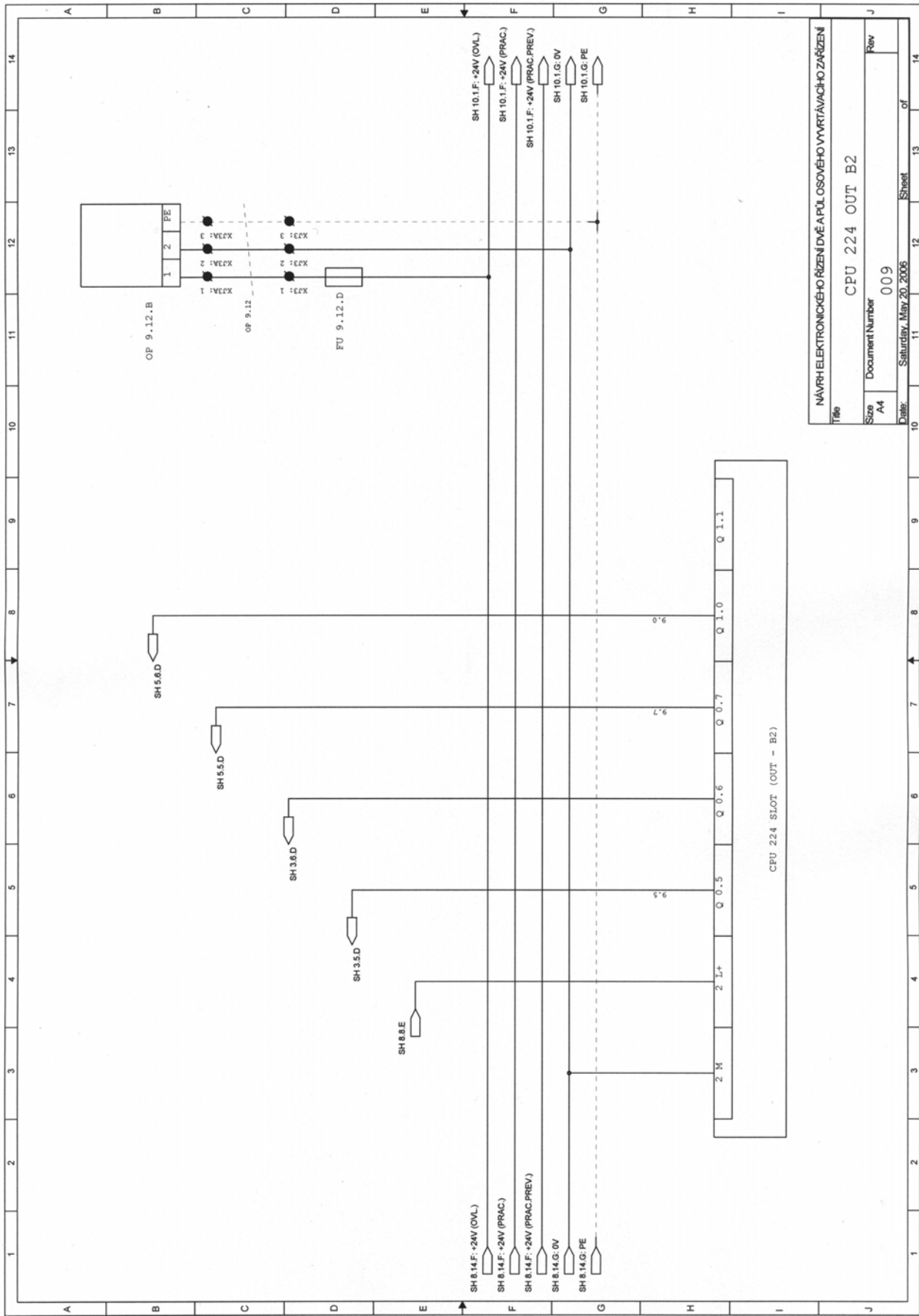
Title		NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVÁČIHO ZARÍZENÍ	
Size	Document Number	MOTOR CHLAZENÍ A ZDROJE 24V	
A4	006		
Date:	Saturday, May 20, 2006	Sheet	of
		11	14



Title		NÁVRH ELEKTRONICKEHO ŘÍZENÍ DVĚA PŮLOSOVÉHO VYVRTÁVÁČIHO ZÁŘIZENÍ	
Size	Document Number	MODUL PREVENTA	
A4	007		
Date:	Wednesday, May 17, 2006	Sheet	of
		13	14

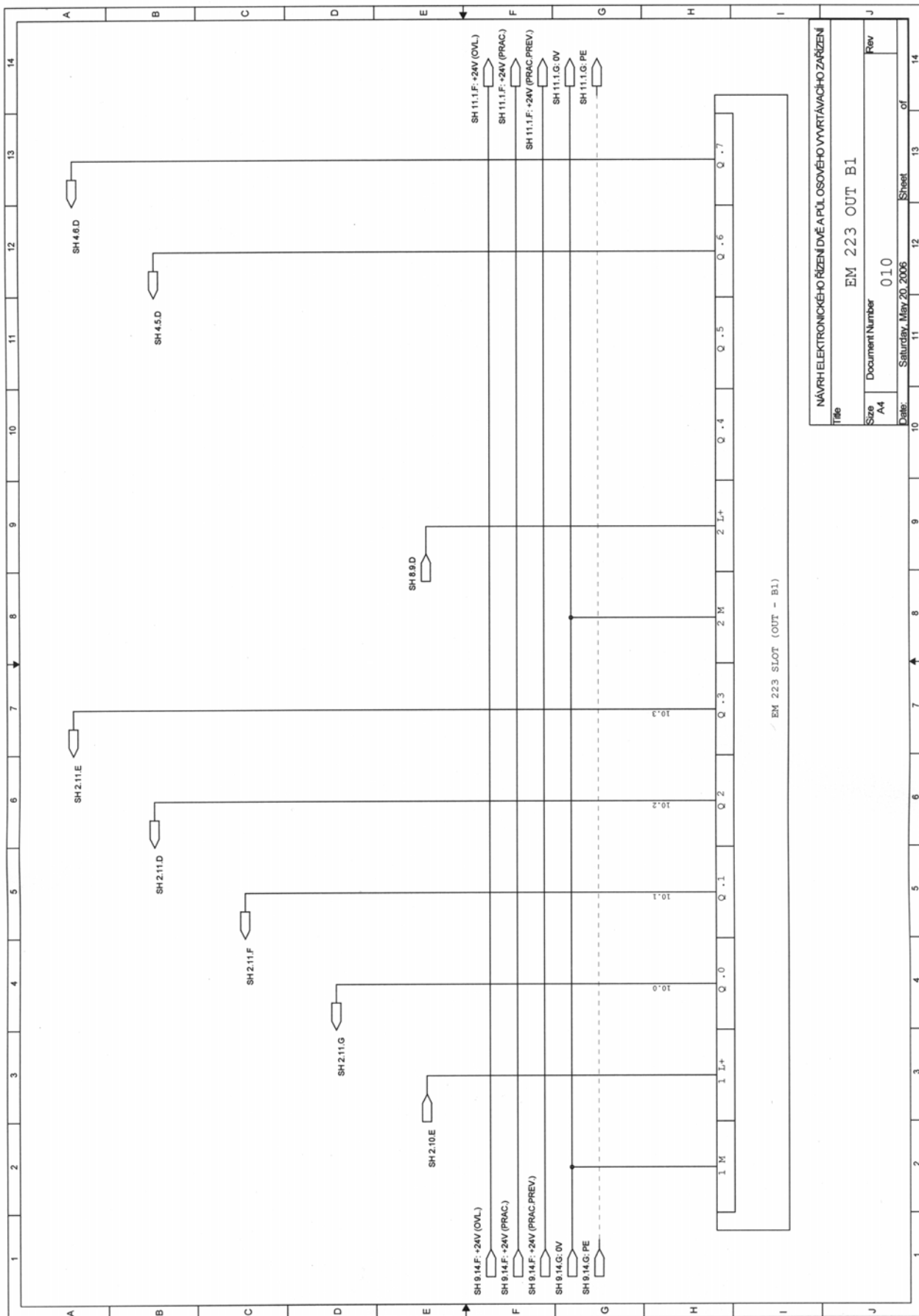


NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ APÚL OSOVÉHO VYVRTÁVÁČHO ZAŘÍZENÍ	
Title	CPU 224 OUT B1
Size	A4
Document Number	008
Date	Saturday, May 20, 2006
Sheet	11 of 14



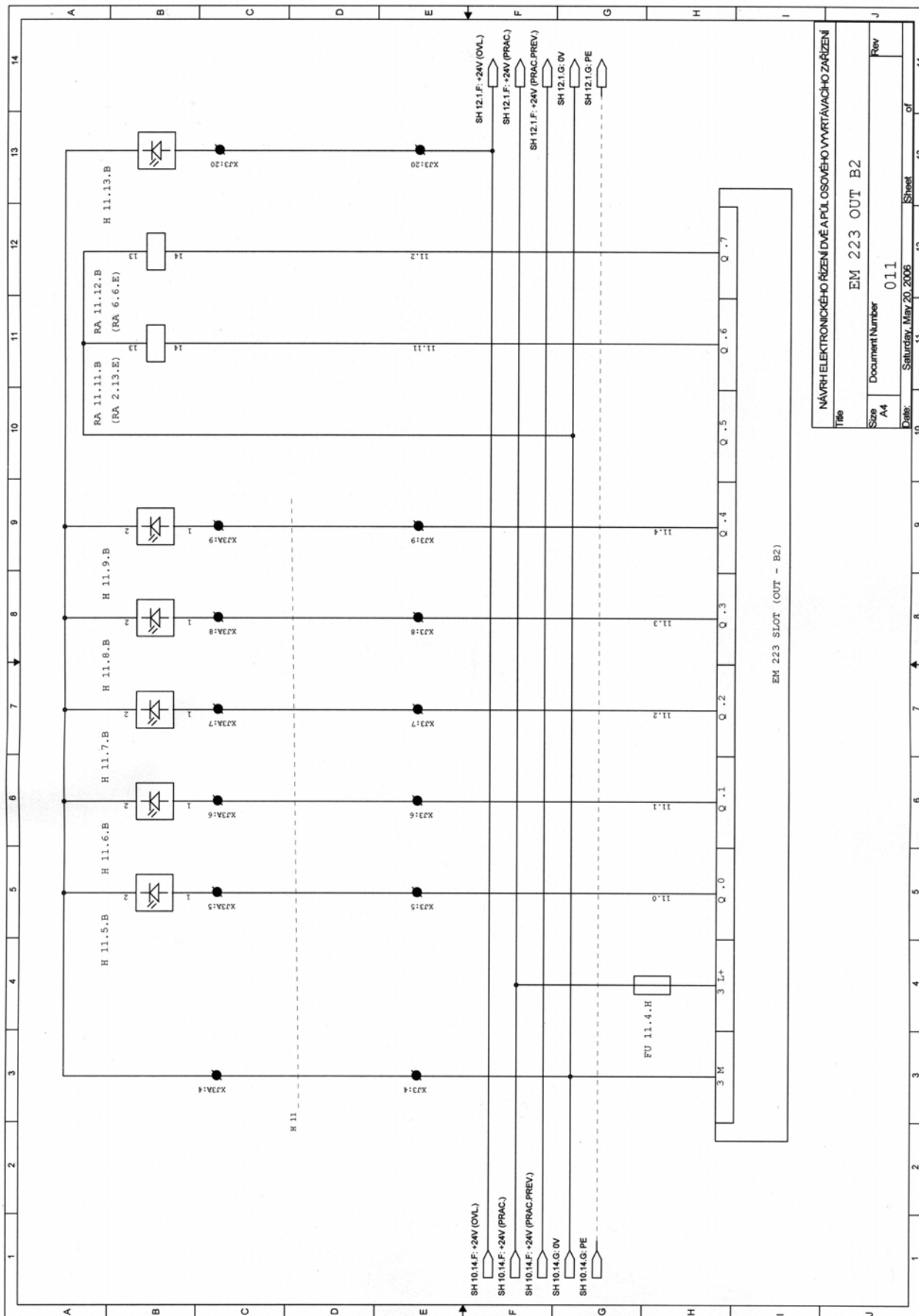
Title		NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VMRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ	
Size	Document Number	CPU 224 OUT B2	
A4	009		
Date:	Saturday, May 20, 2006	Sheet	of
		11	14





Title		EM 223 OUT B1	
Size	A4	Document Number	010
Date:	Saturday, May 20, 2006	Sheet	of
		11	14

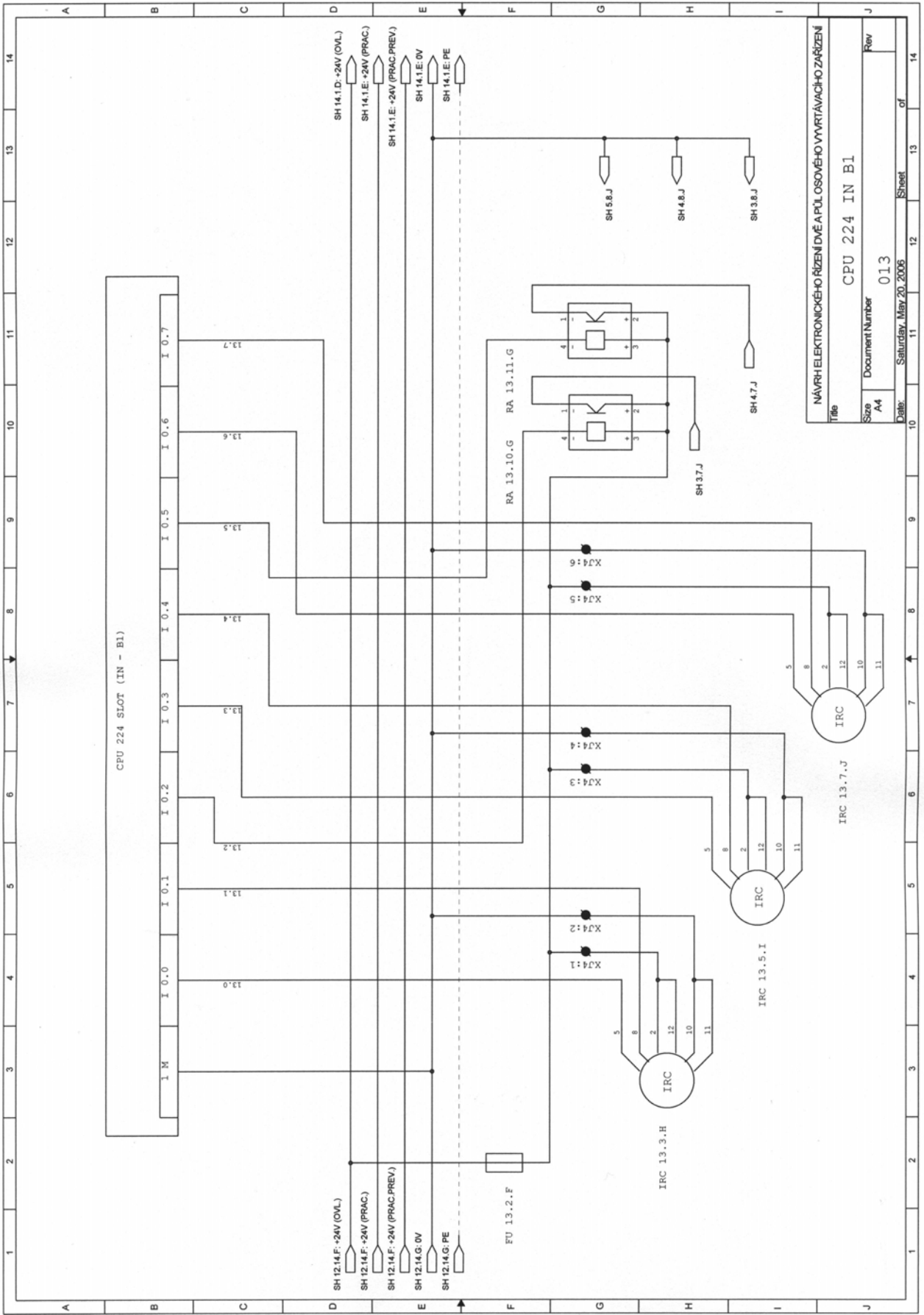
EM 223 SLOT (OUT - B1)



Title		EM 223 OUT B2	
Size	Document Number	Rev	
A4	011		
Date	Saturday, May 20, 2006		
Sheet		11	of 14

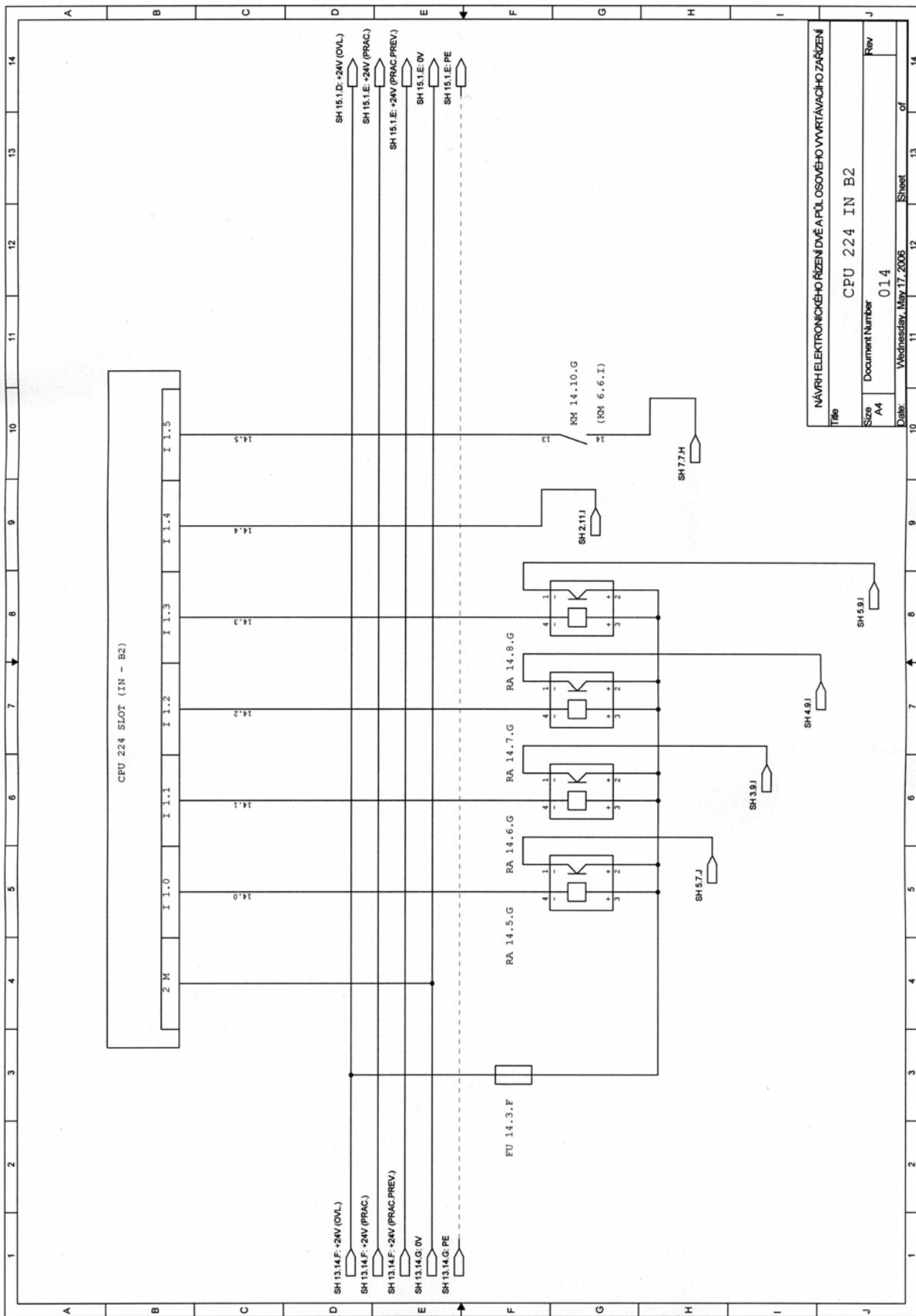
EM 223 SLOT (OUT - B2)



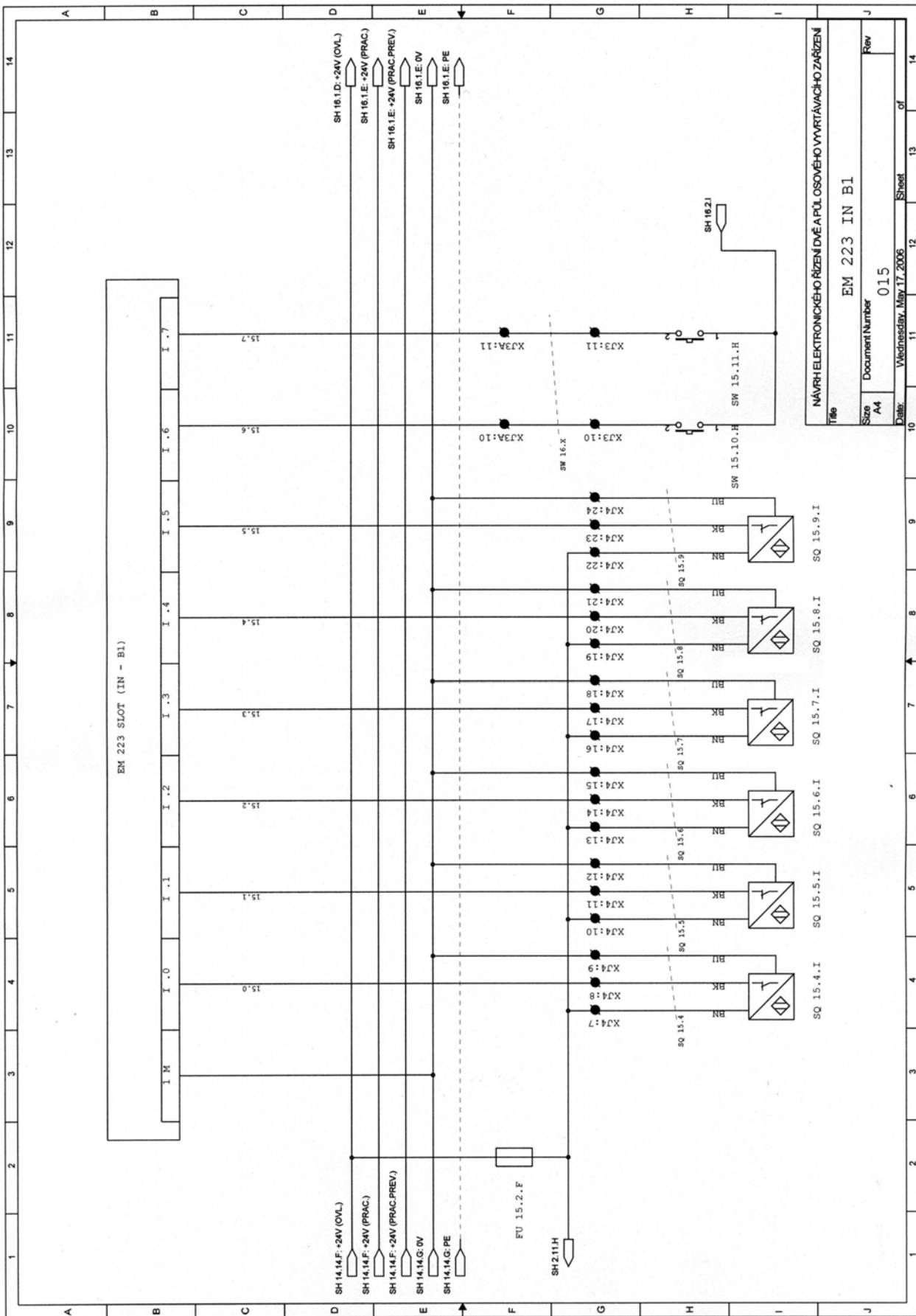


Title		NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DĚJĚ A PŮLOSOVÉHO VYVRTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ	
Size		A4	
Document Number		013	
Date	Sheet	of	
Saturday, May 20, 2006	11	13	14

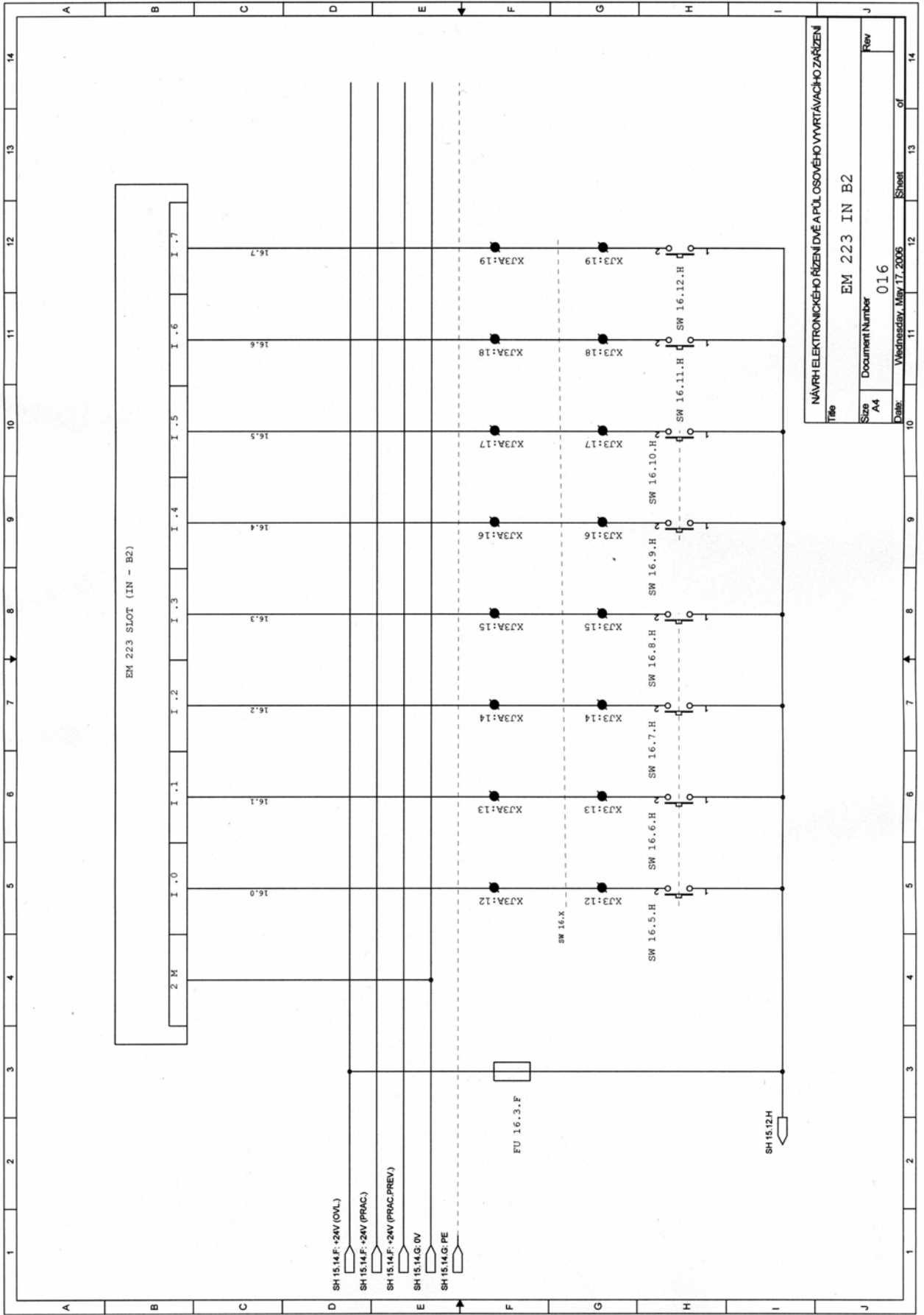
CPU 224 IN BI



Title		NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVACÍHO ZŘÍZENÍ	
Size	Document Number	CPU 224 IN B2	
A4	014		
Date:	Wednesday, May 17, 2006	Sheet	of
		13	14

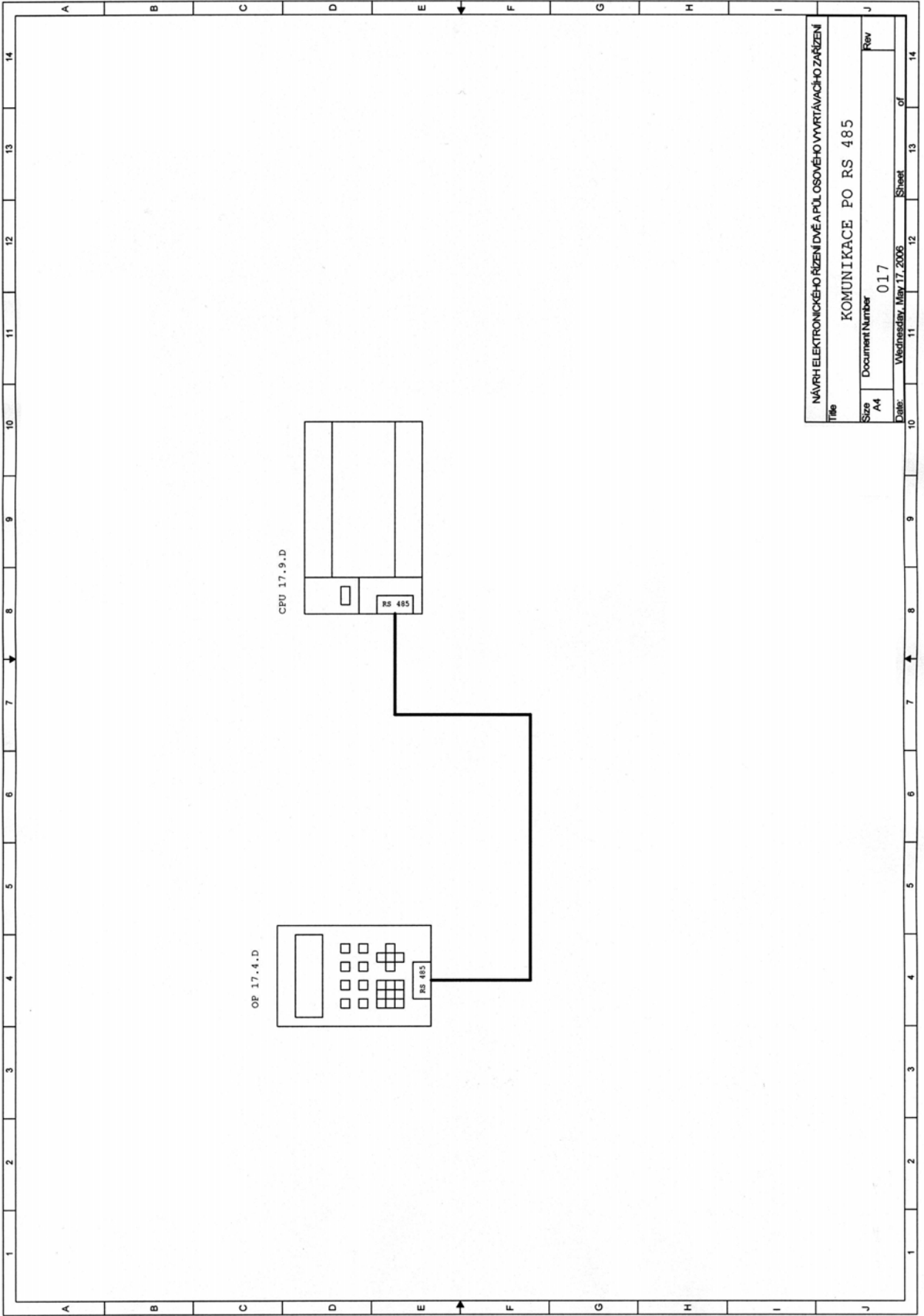


Title		NAVRH ELEKTRONICKEHO RIZENI DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVACÍHO ZARÍZENÍ	
Size	Document Number	EM 223 IN B1	
A4	015		
Date	Wednesday, May 17, 2006	Sheet	of
		13	14



Title		EM 223 IN B2	
Size	Document Number	Rev	
A4	016		
Date	Wednesday, May 17, 2006		Sheet
			of
			14

NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYRTÁVÁČO ZARÍZENÍ



Title		NÁVRH ELEKTRONICKEHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVRTÁVÁČIHO ZAŘÍZENÍ	
Size	Document Number	Rev	
A4	KOMUNIKACE PO RS 485	017	
Date:	Wednesday, May 17, 2006	Sheet	of
		11	14



JISTIČÍ PRVKY

FI 2.3.B - PROUDOVÝ CHRÁNIČ  
 FI 2.5.D - JISTIČ Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 FI 3.3.D - JISTIČ Pohonu OSY X  
 FI 4.3.D - JISTIČ Pohonu OSY Y  
 FI 5.3.D - JISTIČ Pohonu OSY Z  
 FA 6.3.D - MOTOROVÝ SPOUŠTEČ ČERPADLA CHLAZENÍ

FU 2.13.D - POJISTKA BRZDY VŘETENE NA OSE Z  
 FU 6.7.D - POJISTKA ZDROJE 24V DC PRO PRACOVNÍ OBVODY  
 FU 6.9.D - POJISTKA ZDROJE 24V DC PRO OVLÁDACÍ OBVODY  
 FU 7.3.C - POJISTKA MODULU PREVENTA  
 FU 7.3.C - POJISTKA OVLÁDACÍHO OBVODU STYKAČŮ  
 FU 7.6.C - POJISTKA PRACOVNÍHO OBVODU 24 V DC - PREVENTA  
 FU 7.6.D - POJISTKA SIGNÁLU NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ  
 FU 8.5.H - POJISTKA SIMATIC S7-200  
 FU 8.7.H - POJISTKA VÝSTUPŮ Z CPU 224 SLOT OUT B1  
 FU 9.12.D - POJISTKA OPERÁTORSKÉHO PANELU OP7  
 FU 11.4.H - POJISTKA VÝSTUPŮ Z EM 223 SLOT OUT B2  
 FU 12.4.E - POJISTKA VÝSTUPŮ Z EM 222 SLOT OUT B1  
 FU 12.3.H - POJISTKA MODULU EM 222  
 FU 13.2.F - POJISTKA SNÍMAČŮ IRC OS X, Y, Z A PŘEVODNÍCH RELÉ NA VSTUPU EM 223 SLOT IN B1

FU 14.3.F - POJISTKA PŘEVODNÍCH RELÉ NA VSTUPU CPU 224 SLOT IN B2  
 FU 15.2.F - POJISTKA SNÍMAČŮ KONCOVÉ POLOHY NA OSÁCH X, Y, Z NA VSTUPU EM 223 SLOT IN B1  
 FU 16.3.F - POJISTKA OVLÁDACÍCH PRVKŮ NA VSTUPU EM 223 SLOT IN B2

MĚNIČE A MOTORY

FSM 2.5.H - FREKVENČNÍ MĚNIČ Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 EMF 2.5.F - FILTR PRO MĚNIČ Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 M 2.5.I - MOTOR Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 FSM 3.3.H SERVO MĚNIČ PRO Pohon OSY X  
 EMF 3.3.E - FILTR PRO SERVOMĚNIČ Pohonu OSY X  
 M 3.3.J - MOTOR SE SNÍMAČEM Pohonu OSY X  
 FSM 4.3.H SERVO MĚNIČ PRO Pohon OSY Y  
 EMF 4.3.E - FILTR PRO SERVOMĚNIČ Pohonu OSY Y  
 M 4.3.J - MOTOR SE SNÍMAČEM Pohonu OSY Y  
 FSM 5.3.H SERVO MĚNIČ PRO Pohon OSY Z  
 EMF 5.3.E - FILTR PRO SERVOMĚNIČ Pohonu OSY Z  
 M 5.3.J - MOTOR SE SNÍMAČEM Pohonu OSY Z  
 M 6.3.H - MOTOR ČERPADLA CHLAZENÍ

SPÍNAČE A TLAČÍTKA

SWH 2.2.B - HLAVNÍ VYPÍNAČ  
 SW 6.5.E - ZAPÍNAČ ČERPADLA CHLAZENÍ  
 SW 6.7.E - TLAČÍTKO STOP STROJE  
 SW 6.7.G - TLAČÍTKO START STROJE  
 SW 7.3.D - TLAČÍTKO NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ  
 SW 7.3.E - TLAČÍTKO NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ  
 SW 15.10.H - ZAPÍNAČ BRZDY VŘETENE NA OSE Z  
 SW 15.11.H - TLAČÍTKO - RYCHLOPOSUV  
 SW 16.5.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE X V PRAVO  
 SW 16.6.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE X V LEVO  
 SW 16.7.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE Y V PŘED  
 SW 16.8.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE Y V ZAD  
 SW 16.9.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE Z NAHORU  
 SW 16.10.H - SPÍNAČ JOYSTIKU - POSUV SUPORTU NA OSE Z DOLU  
 SW 7.9.J - SPÍNAČ PŘEKLENUTÍ BEZPEČNOSTNÍCH KRYTŮ STROJE

POMOCNÉ A VÝKONOVÉ SPÍNAČE

KM 2.5.E - STYKAČ Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 KM 3.3.G - STYKAČ SERVOPOHONU OSY X  
 KM 4.3.G - STYKAČ SERVOPOHONU OSY Y  
 KM 5.3.G - STYKAČ SERVOPOHONU OSY Z  
 KM 6.3.E - STYKAČ MOTORU ČERPADLA CHLAZENÍ  
 KM 6.5.I - CÍVKA STYKAČE ČERPADLA CHLAZENÍ  
 KM 6.6.I - CÍVKA STYKAČE Pohonu VŘETENE NA OSE Z  
 KM 6.7.I - CÍVKA STYKAČE SERVOPOHONU OSY X  
 KM 6.8.I - CÍVKA STYKAČE SERVOPOHONU OSY Y  
 KM 6.9.I - CÍVKA STYKAČE SERVOPOHONU OSY Z  
 RA 2.13.E - KONTAKT RELÉ BRZDY VŘETENE NA OSE Z  
 RA 6.6.E - KONTAKT RELÉ OVLÁDÁNÍ ČERPADLA CHLAZENÍ  
 RA 11.11.B - CÍVKA RELÉ BRZDY VŘETENE NA OSE Z  
 RA 11.12.B - CÍVKA RELÉ ČERPADLA CHLAZENÍ  
 RB 7.3.G - BEZPEČNOSTNÍ RELÉ NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ (PREVENTA)

BRZDY

LB 2.13.F - CÍVKA BRZDY VŘETENE NA OSE Z

NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮL OSOVÉHO VYVŘTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ	
Title	LEGENDA
Size	Document Number
A4	018
Date	Sheet
Saturday, May 20, 2006	11 of 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																																																																					
A																																																																																																																																		
B	<p><u>SNÍMAČE POLOHY</u></p> <p>SQ 15.4.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY X - V PRAVO  SQ 15.5.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY X - V LEVO  SQ 15.6.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY Y - V PŘED  SQ 15.7.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY Y - V ZAD  SQ 15.8.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY Z - NAHORU  SQ 15.9.I - SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY OSY X - DOLU  SQ 2.7.I - IRC SNÍMAČ OTÁČEK POHONU VŘETENE NA OSE Z  SQ 13.3.H - IRC SNÍMAČ POLOHY NA OSE X  SQ 13.5.I - IRC SNÍMAČ POLOHY NA OSE Y  SQ 13.7.J - IRC SNÍMAČ POLOHY NA OSE Z  SOB 7.5.J - BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČ KRYTU PRACVNÍHO PROSTORU  SOB 7.6.J - BEZPEČNOSTNÍ SPÍNAČ KRYTU PRACVNÍHO PROSTORU</p>																																																																																																																																	
C																																																																																																																																		
D	<p><u>ZDROJE NAPĚTÍ 24V DC</u></p> <p>US 6.7.F - ZDROJ 24V DC - ZDROJ PRACOVNÍHO NAPĚTÍ  US 6.9.F - ZDROJ 24V DC - ZDROJ OVLÁDACÍHO NAPĚTÍ</p>																																																																																																																																	
E																																																																																																																																		
F	<p><u>SIGNÁLKY</u></p> <p>H 11.5.B - SIGNÁLKA REŽIM RUČNÍHO ŘÍZENÍ  H 11.6.B - SIGNÁLKA REŽIM AUTOMAT  H 11.7.B - SIGNÁLKA PORUCHA  H 11.8.B - SIGNÁLKA CHOD CYKLU V REŽIMU AUTOMAT  H 11.9.B - SIGNÁLKA CHOD VŘETENE  H 11.13.I - SIGNÁLKA STROJ ZAPNUT</p>																																																																																																																																	
G																																																																																																																																		
H	<p><u>OPERÁTORSKÝ PANEL A PLC</u></p> <p>OP 17.4.D - OPERÁTORSKÝ PANEL OP7 S ROZHRANÍM RS 485  CPU 17.9.D - PLC SIMATIC S7-200 S ROZHRANÍM RS 485</p>																																																																																																																																	
I																																																																																																																																		
J	<table border="1"> <tr> <td colspan="13">NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮLOSOVÉHO VYVRTÁVÁČOHO ZARÍZENÍ</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Title</td> </tr> <tr> <td colspan="13">LEGENDA</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Document Number</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Size A4</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Date: 019</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Wedsnesday, May 17, 2006</td> </tr> <tr> <td colspan="13">Sheet</td> </tr> <tr> <td colspan="13">of</td> </tr> </table>													NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮLOSOVÉHO VYVRTÁVÁČOHO ZARÍZENÍ													Title													LEGENDA													Document Number													Size A4													Date: 019													Wedsnesday, May 17, 2006													Sheet													of												
NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ŘÍZENÍ DVĚ A PŮLOSOVÉHO VYVRTÁVÁČOHO ZARÍZENÍ																																																																																																																																		
Title																																																																																																																																		
LEGENDA																																																																																																																																		
Document Number																																																																																																																																		
Size A4																																																																																																																																		
Date: 019																																																																																																																																		
Wedsnesday, May 17, 2006																																																																																																																																		
Sheet																																																																																																																																		
of																																																																																																																																		