



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra kybernetiky**

**Moderní řízení pohonu pomocí Simatic PLC**

**Modern drive control with Simatic PLC**

bakalářská práce

Studijní program: Kybernetika a robotika

Studijní obor: Robotika

Vedoucí práce: Ing. Martin Kozák

Karolína Machová

Praha 1/2019

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Machová** Jméno: **Karolína** Osobní číslo: **457192**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra kybernetiky**  
Studijní program: **Kybernetika a robotika**  
Studijní obor: **Robotika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Moderní řízení pohonu pomocí Simatic PLC**

Název bakalářské práce anglicky:

**Modern Drive Control with Simatic PLC**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Seznámení s architekturou a programovacím prostředím pro Simatic PLC řady S7-1500.
- 2) Konfigurace, připojení pohonu a jeho řízení pomocí Simatic S7-1500.
- 3) Vypracování a zprovoznění dvou vzorových úloh na výukovém pracovišti (PLC S7-1500, servopohon V90).

Seznam doporučené literatury:

- [1] S7-1500T Motion Control V4.0 in TIA Portal V15, (A5E37577855-AB)
- [2] SINAMICS/SIMOTICS, SINAMICS V90, SIMOTICS S-1FL6, (A5E37208830-004)

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Martin Kozák, Siemens, s.r.o., Praha**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

**doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., katedra elektrotechnologie FEL**

Datum zadání bakalářské práce: **03.10.2018** Termín odevzdání bakalářské práce: **08.01.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Martin Kozák  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Tomáš Svoboda, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústav/katedry

prof. Ing. Pavel Rípků, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze, 8. ledna 2019

---

Podpis autora práce

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinovi Kozákovi za podporu a zpětnou vazbu při vypracovávání této práce. Dále bych ráda poděkovala kolegům z firmy Siemens za poskytnutí cenných rad po dobu tvorby práce.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je seznámení s programovacím prostředím TIA Portal a se systémy Simatic PLC, se zaměřením na řadu S7-1500. Následně konfigurace a připojení pohonu, včetně jeho řízení pomocí Simatic S7-1500. Poslední část se skládá ze zpracování dvou vzorových úloh pro výukové pracoviště obsahující PLC Simatic S7-1500 a servopohon V90. Dále také zprovoznění těchto úloh. Jedná se o úlohy využívající omezení točivého momentu dle našeho požadavku za pomoci funkcí Torque limiting a Fixed stop.

## **Klíčová slova**

PLC, Simatic S7-1500, servopohon, V90, TIA Portal

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is first acquaintance with programming environment TIA Portal and with PLC controllers, with focus on line S7-1500. Furthermore, the introduction to configuration and connection of drive, including its control via Simatic S7-1500. The last part is composed from two model tasks for training workplace, containing PLC Simatic S7-1500 controller and servo drive V90. Further their putting into operation. These task deal with Torque limiting and Fixed stop functions.

## **Keywords**

PLC, Simatic S7-1500, servo drive, V90, TIA Portal

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	TIA Portal.....	2
2.1	STEP 7.....	2
2.2	WinCC.....	2
2.3	SINAMICS Startdrive.....	3
2.4	Programovací jazyky .....	3
2.4.1	LAD (Ladder Diagram).....	3
2.4.2	FBD (Function Block Diagram).....	4
2.4.3	SCL (Structured Control Language).....	4
2.4.4	Programové bloky SIMATIC STEP 7 .....	5
3	Programovatelné logické automaty (PLC).....	6
3.1	SIMATIC S7-1500 .....	6
3.1.1	Dostupné moduly.....	7
3.2	SIMATIC S7-1500T .....	9
4	Pohony.....	10
4.1	Servopohon .....	10
4.2	Měniče.....	10
4.2.1	Usměřňovač .....	10
4.2.2	Střídač.....	12
4.2.3	Frekvenční měnič .....	13
4.2.4	Pulzní měnič.....	14
4.2.5	Frekvenční měniče Siemens.....	14
4.3	SINAMICS V90.....	14

5	Sestava pro praktické úlohy .....	16
6	Praktické úlohy.....	17
6.1	Úloha č. 1 – Momentové uchopení pomocí funkce Torque limit function....	17
6.2	Úloha č. 2 – Lisování pomocí funkce Fixed stop.....	23
7	Závěr.....	28
8	Zdroje.....	29

# Seznam obrázků

Obrázek 1: Náhled programu TIA Portal .....	2
Obrázek 2: Ukázka jazyka LAD <sup>[6]</sup> .....	4
Obrázek 3: Ukázka jazyka FBD <sup>[7]</sup> .....	4
Obrázek 4: Zařazení kontroléru S7-1500 <sup>[1]</sup> .....	6
Obrázek 5: Rozdíly standardního a technologického CPU <sup>[1]</sup> .....	7
Obrázek 6: Příklad sestavy SIMATIC S7-1500 <sup>[1]</sup> .....	9
Obrázek 7: Zařazení technologického CPU <sup>[14]</sup> .....	9
Obrázek 8: Jednocestný usměřovač <sup>[18]</sup> .....	11
Obrázek 9: Dvoucestný usměřovač <sup>[19]</sup> .....	11
Obrázek 10: Schéma třífázového usměřovače <sup>[20]</sup> .....	11
Obrázek 11: Časový průběh a výsledný signál třífázového usměřovače <sup>[20]</sup> .....	12
Obrázek 12: Schéma a průběh střídače <sup>[22]</sup> .....	13
Obrázek 13: Schéma frekvenčního měniče <sup>[23]</sup> .....	13
Obrázek 14: Přehled měničů Siemens <sup>[1]</sup> .....	14
Obrázek 15: Ukázka zapojení PLC a pohonů po síti PROFINET <sup>[1]</sup> .....	15
Obrázek 16: Konfigurace technologického objektu – nastavení telegramů .....	18
Obrázek 17: Zapojení bloků v Network 1 .....	19
Obrázek 18: Datový blok Control drive .....	19
Obrázek 19: Zapojení bloků v Network 2 .....	19
Obrázek 20: Zapojení bloku MC_TORQUELIMITING v Network 3 .....	20
Obrázek 21: Obrazovka pro konfiguraci základních parametrů .....	21
Obrázek 22: Tabulka s informacemi o nastavení pohonu v TIA Portalu .....	22
Obrázek 23: Obrazovka pro ovládání omezení točivého momentu .....	22



Obrázek 24: Zapojení bloku MC_TORQUELIMITING v Network 3 v módu Fixed stop .....	23
Obrázek 25: Nastavení omezení točivého momentu .....	24
Obrázek 26: Nastavení detekce fixed stop .....	24
Obrázek 27: Obrazovka pro nastavování a sledování parametrů .....	25
Obrázek 28: Ideální průběh bloku MC_TORQUELIMITING v módu Fixed stop .....	26
Obrázek 29: Reálný průběh programu .....	27

# 1 Úvod

Již desítky let jsou součástí průmyslové automatizace programovatelné logické automaty (PLC). Vyznačují se odolností v průmyslovém prostředí, a také jejich rozsáhlými možnostmi nasazení. Původně byly tyto kontroléry využívány k realizaci jednoduchých logických obvodů. S postupem času se však jejich možnosti více rozšiřovali, a proto je možné je dnes využívat na komplexní řešení, například subsystémy v CNC systémech pro řízení obráběcích strojů.

V této práci se budeme věnovat možnostem využití PLC pro řízení pohonů. Všechny použité hardwarové i softwarové produkty v této práci jsou od firmy Siemens.

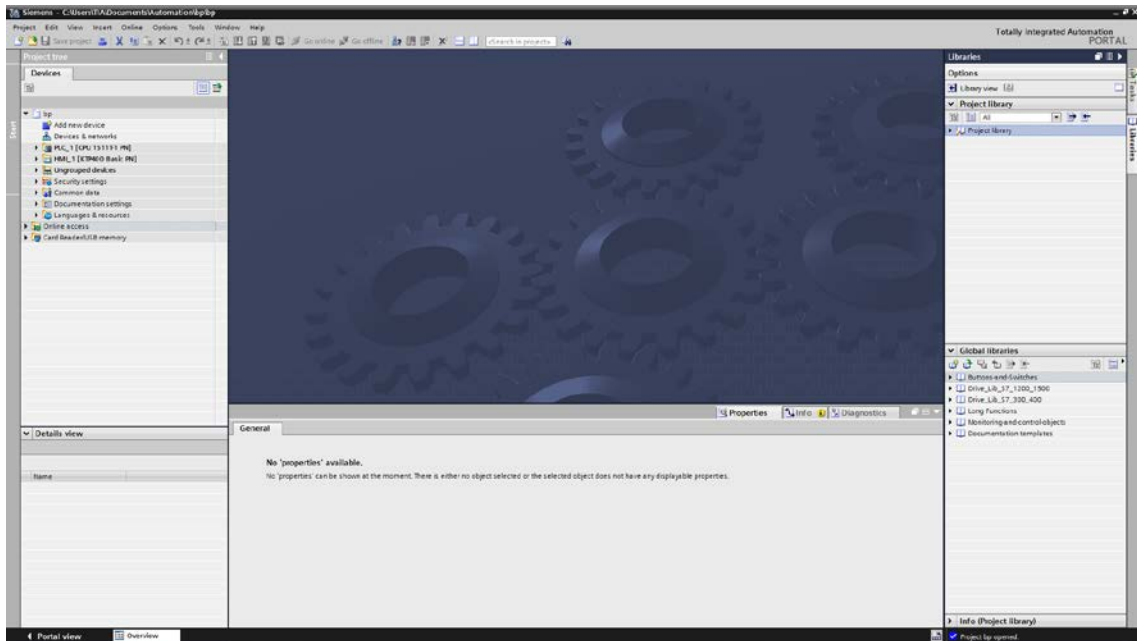
V teoretické části se budeme zabývat prostředím TIA Portal používaného k programování systémů využívaných v automatizaci a s jejich programovacími jazyky. Dále se seznámíme s obecným úvodem do PLC kontrolérů. Následně bližšímu zaměření na SIMATIC PLC řady S7-1500. Další kapitola se zaměřuje na úvod do tématu pohonů a měničů, s podrobnějším zaměřením na servopohony. V závěru kapitoly probereme servopohon SINAMICS V90.

Praktická část obsahuje zpracování a zprovoznění dvou úloh na toto téma. První úloha se zabývá realizací funkce omezující točivý moment. Tato metoda řízení se využívá například při uchopení pomocí manipulátoru. Druhá úloha se zabývá funkcí využívanou například pro lisování. Zde se kromě omezení točivého momentu nastavuje i to, v jakých vzdálenostech je tento točivý moment vyžadován.

Cílem práce je souhrn informací a zpracování úloh, které napomůžou bližšímu seznámení s danou problematikou.

## 2 TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) je inženýrský nástroj pro realizaci řešení různých úloh spojených s automatizací. TIA Portal spojuje několik klíčových softwarů, např.: STEP 7, WinCC, SINAMICS Startdrive a mnoho dalších důležitých nástrojů potřebných pro automatizační systémy. TIA Portal se v přední řadě využívá k programování kontrolérů (PLC), konfiguraci vizualizací (HMI panely), nastavování parametrů pro pohony. Dále také pro programování Fail-safe aplikací a sítí. Program nabízí intuitivní ovládání díky konzistenci uživatelského rozhraní.<sup>[2]</sup>



Obrázek 1: Náhled programu TIA Portal

### 2.1 STEP 7

U nástroje STEP 7 je možné si vybrat ze dvou variant.

STEP 7 Professional je software sloužící ke konfiguraci a programování všech SIMATIC kontrolérů. Poskytuje možnost online diagnostiky pro celý projekt a obsahuje funkce pro PID regulaci. Umožňuje plánování celé sítě zařízení, včetně nastavení komunikace.

Druhou možností je STEP 7 Basic, který představuje omezenou variantu verze Professional. Poskytuje stejnou funkčnost jako STEP 7 Professional, avšak lze použít pouze pro kontroléry řady S7-1200.

Součástí obou je také nástroj WinCC Basic pro jednoduché vizualizace.<sup>[2]</sup>

### 2.2 WinCC

WinCC (Windows Control Center) je nástroj pro vytváření vizualizací. Pomocí vizualizací na HMI (Human Machine Interface) panelech je možné sledovat průběh

programu v PLC a popřípadě jej i ovládat, či reagovat na vzniklé situace nebo chyby. Panely spolu s kontroléry komunikují pomocí PLC tagů (globální proměnné). Dále se však v této práci nebudeme panely zabývat. [2]

## 2.3 SINAMICS Startdrive

TIA Portal také obsahuje nástroj na konfiguraci SINAMICS pohonů, a to SINAMICS Startdrive. Tento nástroj umožňuje uvedení pohonu do provozu, nastavení a změnu jeho parametrů atd. Součástí jsou také knihovny pro ovládání pohonů pomocí PLC, obsahující funkční bloky jako SINA\_POS pro polohové aplikace nebo SINA\_SPEED pro rychlostní aplikace a další, díky kterým je možné pohon řídit bez nutnosti použití dalších nástrojů. Tento způsob je vhodný například při použití PLC, které nemá dostatečnou výpočetní paměť pro použití požadovaného počtu technologických objektů.

Provádět nastavení parametrů pomocí TIA Portalu není vždy možné, například kvůli omezeným funkčním možnostem (využívá se pouze pro jednodušší úlohy), nebo omezené hardwarové podpoře (možnost konfigurace je například vhodná pro pohony SINAMICS G120) Proto je nutné v ostatních případech použít samostatné nástroje pro pohony, například [2] [3]

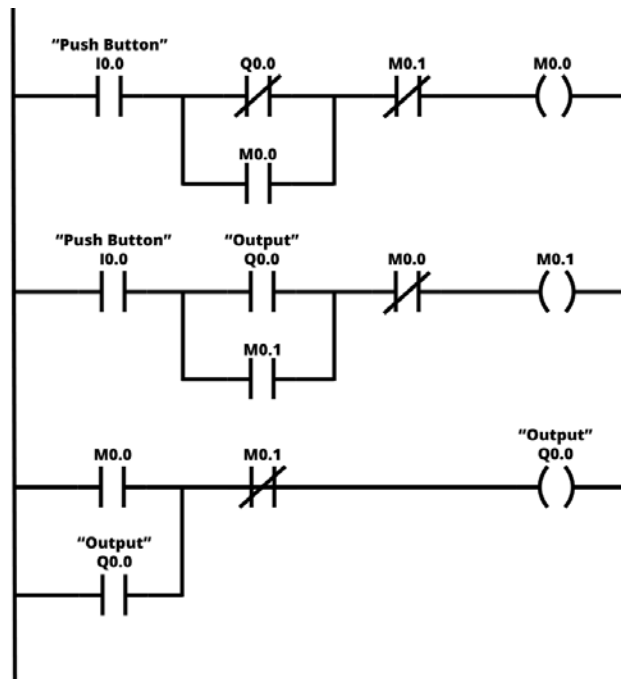
- V-Assistant – Pro zprovoznění pohonu V90, kterým se v této práci budeme zabývat dále.
- Starter – Pro zprovoznění pohonů SINAMICS a MICROMASTER. Je možné ho používat jako samostatný nástroj. Je ale také součástí softwaru SIMOTION SCOUT.
- Web server – U některých pohonů (V20, G120) je možné připojení modulů s webovým serverem. Ten je možné použít pro kompletní nastavení. Pohon S120 obsahuje integrovaný webový server, který obsahuje pouze nastavení základních parametrů.

## 2.4 Programovací jazyky

Programovací jazyky využívané u PLC kontrolérů jsou definované mezinárodní normou IEC 61131-3. Tato norma definuje kromě syntaxe těchto jazyků zabývá také základy architektury PLC systémů. V následující části se seznámíme s nejčastěji používanými jazyky. [4]

### 2.4.1 LAD (Ladder Diagram)

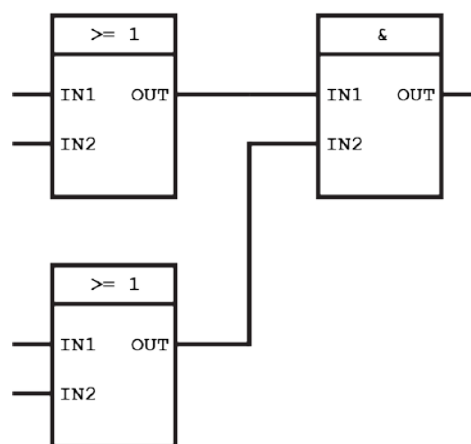
Jedná se o grafický jazyk, který patří k nejstarším metodám programování PLC. K základním elementům patří kontakty typu NO (Normally Open), NC (Normally Closed), vstupní relé, časovače a čítače. K rozšíření o další elementy došlo v době zabudování mikropočítačů do PLC. K ovládání ladder diagramů se využívá kombinační a sekvenční logika. Kombinační logika obsahuje sériové nebo paralelní zapojení elementů LAD, pomocí kterých je realizována logika programu. Sekvenční logika je využívána v případě nutnosti zpětné vazby, tzn.: výstup jedné části programu je vstupem pro jinou část programu. [5]



Obrázek 2: Ukázka jazyka LAD [6]

### 2.4.2 FBD (Function Block Diagram)

I zde se jedná o grafický jazyk, avšak tentokrát v podobě bloků. Patří k nejrozšířenějším možnostem programování PLC. Základem FBD je funkční blok. Funkčním blokem se rozumí instrukce, která na základě stavu vstupů nastaví odpovídající stavy výstupů. Nejzákladnější bloky využívají výrokovou logiku. Proto se zde setkáme s bloky AND, OR, NOT, XOR, NAND, NOR, přiřazení hodnoty atd. [7]



Obrázek 3: Ukázka jazyka FBD [7]

### 2.4.3 SCL (Structured Control Language)

S nástupem složitějších programů přestávaly být grafické jazyky přehledné, a proto byl vyvinut textový jazyk založený na Pascalu. Na rozdíl od ostatních vyšších

programovacích jazyků jsou zde zahrnuty elementy typické pro PLC, např.: vstupy, výstupy, volání bloků atd.<sup>[8]</sup>

#### **2.4.4 Programové bloky SIMATIC STEP 7**

- OB (Organization block) – Rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem.
- FC (Function) – Blok s možností předávat parametry, bez paměti.
- FB (Function block) - Blok s možností předávat parametry, s pamětí.
- DB (Data Block) – Blok uchovávající uživatelská data.
- UDT (User-defined Data Type) – Blok uchovávající uživatelsky definované datové typy.

Aby nebylo nutné často používané funkce programovat pokaždé, je možné použít předem definované bloky. Ty jsou součástí operačního systému, nebo je lze najít v knihovnách.

- SFC (System Function)
- SFB (System Function Block)

Oba bloky mají podobnou charakteristiku jako FC a FB.

Bloky vytvořené pomocí jednotlivých jazyků jsou vzájemně kompatibilní, a mohou se tedy využívat v rámci jednoho projektu společně.<sup>[9]</sup>

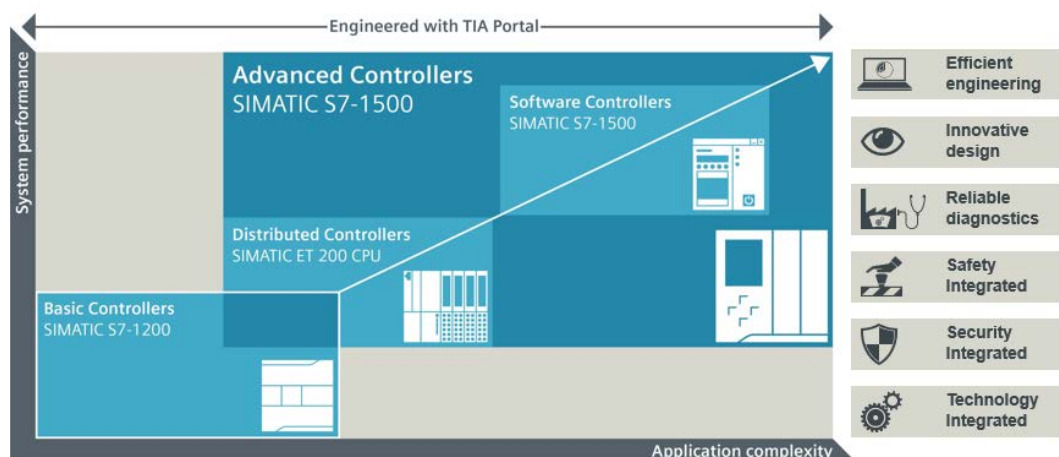
### 3 Programovatelné logické automaty (PLC)

Programovatelný logický automat (dále jen PLC) je průmyslový počítač používaný pro automatizaci. Nejčastěji jsou využívány pro automatizaci určitých procesů, řízení strojů nebo výrobních linek. Tyto kontroléry jsou nedílnou součástí průmyslové automatizace již desítky let, díky rozsáhlým možnostem jejich využití. Kontrolér je vybaven specializovaným operačním systémem (Firmwarem), který je navržen tak, aby v reálném čase zpracovával signály příchozí na vstup a po proběhnutí cyklu programu přes výstup poslal signály akčním členům systému. Z hlediska konstrukce dělíme PLC do dvou skupin. <sup>[10][11]</sup>

- Kompaktní – Systémy, které v jednom modulu obsahují CPU, vstupy/vstupy (I/O) (digitální i analogové). Dále periferie pro komunikaci, u kterých je rozšiřování funkčnosti značně omezené.  
(Například SIMATIC S7-300)
- Modulární – Systémy, které své pojmenování získaly proto, že jednotlivé komponenty (CPU, I/O, ...) mají svůj modul. Celkový systém poté vzniká skládáním potřebných částí pro dané použití. Tyto systémy jsou oproti kompaktním více flexibilní pro následné rozšiřování.  
(Například SIMATIC S7-1500)

#### 3.1 SIMATIC S7-1500

Kontrolér SIMATIC S7-1500 je modulární systém pro středně obtížné, až obtížné úlohy. Umožňuje připojení rozšiřujících modulů, a tudíž je možné ho optimalizovat podle potřeby. Nahrazuje SIMATIC S7-300 a S7-400. Mimo funkčnost těchto systémů je rozšířen o nové možnosti, např.: integrace motion control (ovládání pohonů), zvýšení výkonu, integrovaný displej (pro základní ovládání jednotky, zobrazení dostupných zařízení a diagnostiky).



Obrázek 4: Zařazení kontroléru S7-1500 <sup>[1]</sup>

Kontrolér řady S7-1500 se skládá ze zdroje, CPU s displejem. Často se také využívá vstupně výstupní modul (I/O modul) pro digitální a analogové signály. V případě potřeby je možné základní sestavu rozšířit o další moduly, např.: komunikační. Moduly se montují na DIN lištu.

Součástí kontrolérů S7-1500 je motion control, podporující polohování a pohyb os. Motion control využívá technologické objekty, například position axis (poziční osa), speed axis (rychlostní osa), external encoder (externí enkodér) či cam track (vačky).<sup>[12]</sup>

### 3.1.1 Dostupné moduly

Jelikož se kontrolér SIMATIC S7-1500 řadí mezi modulární kontroléry, je možné jej vybavit moduly potřebných pro danou úlohu.<sup>[12]</sup>

#### 3.1.1.1 CPU (Central processing unit)

Spouští uživatelský program. Vlastnosti a funkce CPU jsou: komunikace přes Ethernet, komunikace přes PROFIBUS/PROFINET, webový server, systémová diagnostika, technologické funkce (např.: PID regulátor, motion control...) a další. Každá CPU jednotka má jiné výkonové možnosti. Displej jednotky obsahuje stavové informace PLC, kde zelená znamená RUN, oranžová STOP, červená CHYBA či PORUCHA a bílá značí ZTRÁTU SPOJENÍ mezi CPU a displejem.

Následující obrázek ukazuje rozdíl mezi technologickým CPU a standardním. Ukazuje také optimální a maximální počet použitelných pohonů k ovládní pomocí technologických objektů pro jednotlivé řady (velikosti) CPU.<sup>[12]</sup>

		SIMATIC S7-1500 controller							Software Controller
		CPU 1511	CPU 1513	CPU 1515	CPU 1516	CPU 1516T	CPU 1517	CPU 1518	...
Motion control functionality	Number	5		7		55	70	128	
	Positioning axes	10		30		80	128	128	
						NEW			
	Kinematics functions					FW V2.5			
	Camming					FW V2.5			
	Gearing <sup>1)</sup> (absolute)					FW V2.5			
	Gearing <sup>2)</sup> (relative)								
	Output cam / measuring input								
	Positioning								
	Open-loop speed control								

1) Synchronization with specification of the synchronous position 2) Synchronization without specification of the synchronous position

Obrázek 5: Rozdíly standardního a technologického CPU<sup>[1]</sup>

#### 3.1.1.2 Zdroje

Zdroje dělíme na PS a PM. PS (System power supply modules) se vstupním stejnosměrným napětím (DC) 24 V nebo až 230 V střídavým napětím (AC). Jsou připojeny přes backplane bus k CPU jednotce. Jedná se o interní napájení. PM (Load



current supply modules) se vstupním napětí 120/230 V AC nemají připojení přes sběrnici. Jsou používány k dodávání 24 V DC do PS zdrojů napojených na CPU, včetně všech modulů, senzorů i aktuátorů. <sup>[13]</sup>

### 3.1.1.3 I/O moduly

Obsahují digitální (DI/DQ) a analogové (AI/AQ) vstupy a výstupy. Velký výběr modulů s různými parametry umožňuje vytvoření specifických sestav.

Digitální vstupní moduly je možné použít pro stejnosměrné i střídavé napětí (24 V DC nebo až 125V AC). Každý typ modulu má definované parametry jako počet vstupů, typ vstupu (sinking input, active low), jeho zpoždění (0,05 až 20 ms, nebo fixní zpoždění 3,2 nebo 20 ms) nebo počet potenciálových skupin.

U digitálních výstupních modulů si můžeme vybrat z obdobných parametrů. Počet výstupů, typ výstupu (tranzistorový, relé, sourcing output) a jejich napětí/maximální výstupní proud (např.: 24 V DC / 0,5 A, 230 V AC / 2 A...), počet potenciálových skupin a proud pro každou skupinu.

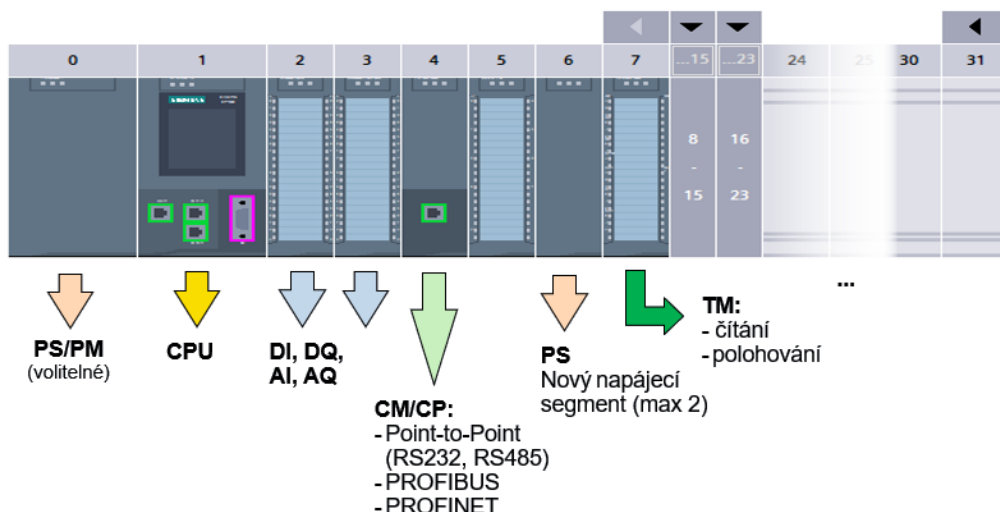
U analogových modulů volíme měřenou veličinu (napětí, proud či odpor), rozpětí napětí vstupu (10 V, 30 V AC / 60 V DC), oversampling (vzorkovací frekvence je větší než dvojnásobek požadované šířky pásma). Pro analogové vstupy je také možné zvolit moduly s následujícími funkcemi: škálování, kalibrace vstupů při běhu CPU nebo přizpůsobení měřeného rozsahu. Některé analogové výstupy také umožňují izochronní mód.

U analogových i digitálních modulů existují také vstupně-výstupní verze. Je také možnost použití failsafe I/O modulů. <sup>[12]</sup>

### 3.1.1.4 Další

Dále jsou často používané následující rozšiřující moduly: <sup>[12]</sup>

- Komunikační moduly – PROFIBUS, PROFINET, MODBUS TCP, sériová komunikace
- Technologické moduly – Counter, Interface Module for PTO (Pulse train Output), Weighing Modules
- SIMATIC paměťová karta – Využívá se například pro update firmwaru.

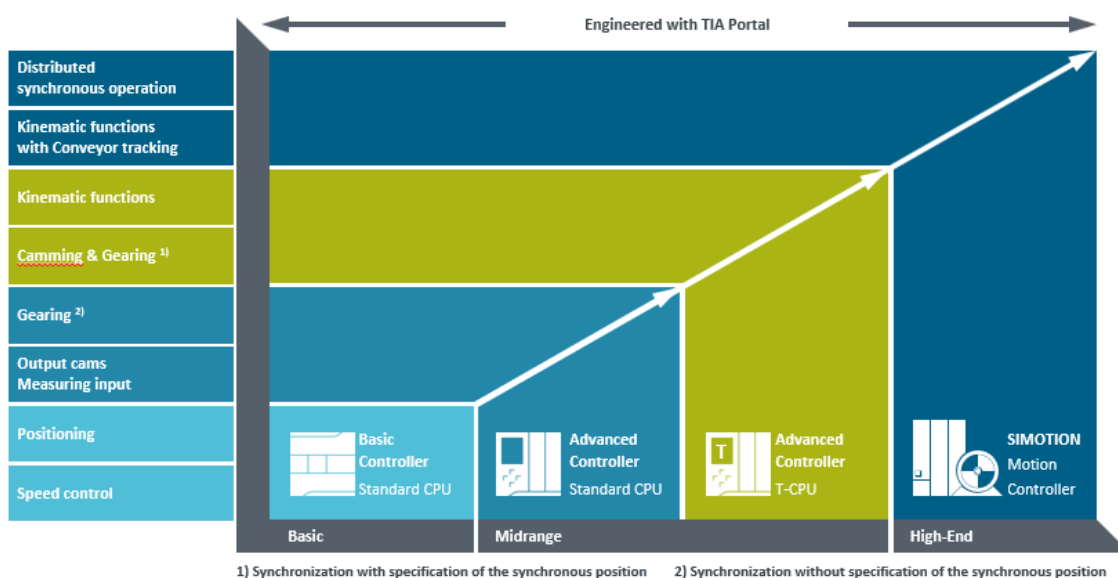


Obrázek 6: Příklad sestavy SIMATIC S7-1500 [1]

### 3.2 SIMATIC S7-1500T

Vzhledem k praktické části této práce se budu detailněji věnovat PLC S7-1500T. Na rozdíl od klasického kontroléru má Simatic S7-1500T (Technology) rozšířené funkce v oblasti motion control. Mezi hlavní výhody tzv. technologického CPU patří možnost kombinace standardních, safety a rozšířených motion control funkcí do jediného CPU, bezproblémové řízení pohonů či vaček nebo řízení kinematik. [14]

Funkce, o které je technologické CPU rozšířeno oproti standardnímu, ukazuje následující obrázek 7.



Obrázek 7: Zařazení technologického CPU [14]

## 4 Pohony

Pohon je zařízení (či skupina zařízení), které slouží k ovládání motoru předem definovaným způsobem. Součástí pohonů jsou zpravidla prvky typu spouštění a vypínání motoru, přepínání dopředného či zpětného pohybu, regulace rychlosti či točivého momentu a v neposlední řadě ochranu proti přetížení a dalším možným chybám. Tyto prvky zajišťují převod elektrické energie z vnější sítě na energii mechanickou s požadovanými parametry.

Téměř každý elektrický motor je v dnešní době zpravidla řízen frekvenčním měničem, usnadňujícím jeho řízení. Jeho řídicí jednotka má specifické vlastnosti podle komplexity úlohy, pro kterou je pohon použit. <sup>[15]</sup>

### 4.1 Servopohon

Servopohon se skládá z měniče a servomotoru, který je tímto měničem řízen.

Výkonová jednotka přijme signál od řídicí jednotky, zesílí ho a poté předá elektrický proud do servomotoru, který potom vykoná pohyb úměrný řídicímu signálu. Zpravidla je tímto řídicím signálem požadovaná rychlost, poloha či točivý moment. Encodér (polohový a rychlostní senzor) umístěný na servomotoru odešle nazpět informaci o skutečném stavu motoru. Encodér je pro řízení servomotoru zcela nezbytný. V řídicí jednotce frekvenčního měniče poté proběhne porovnání požadované hodnoty s hodnotu aktuální.

Se správně nastaveným systémem, rotuje motor rychlostí, která se velmi blíží požadované rychlosti. Aby byl zajištěn plynulý chod motoru je nutné správně nastavit jeho veškeré parametry. <sup>[16]</sup>

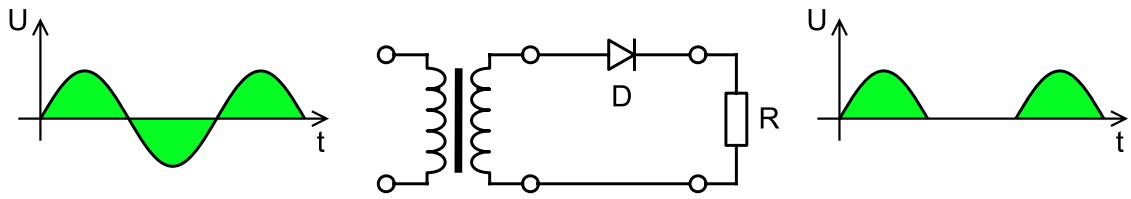
### 4.2 Měniče

Měniče napětí můžeme rozdělit dle jejich funkce. Tyto funkce jsou znázorněny na následujícím obrázku.

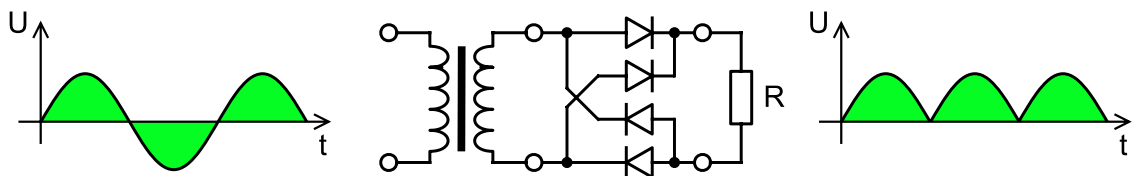
#### 4.2.1 Usměrňovač

Přeměňuje střídavé napětí na stejnosměrné. Usměrňovače lze rozlišovat podle několika kritérií. Například pomocí připojení na napájecí síť, a to na

- Jednofázové – Lze je dále rozdělit na jednocestné (dioda) a dvoucestné (Graetzův můstek). Jednocestné propouští pouze jednu půlvlnu ze vstupního napětí, a proto se využívají nejčastěji u zařízení s malým odběrem. Dvoucestné propouští obě půlvlny vstupního napětí. <sup>[17]</sup>

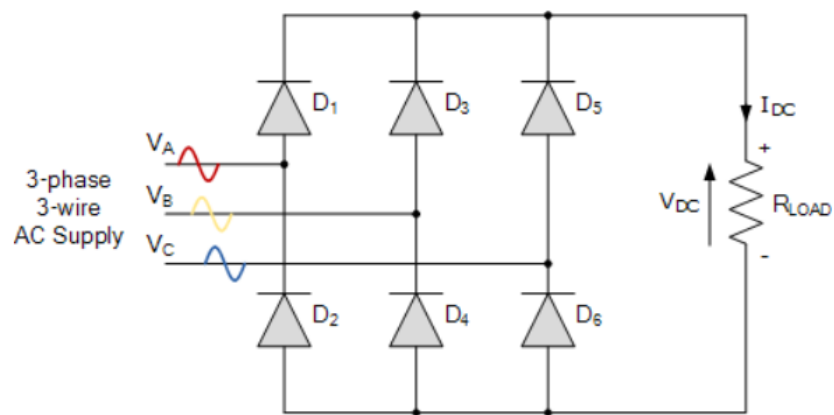


Obrázek 8: Jednocestný usměrňovač [18]

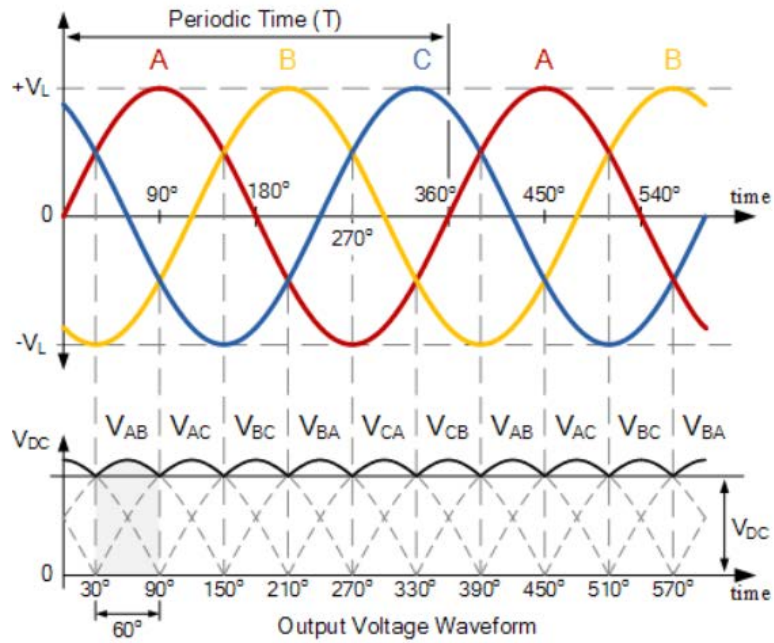


Obrázek 9: Dvoucestný usměrňovač [19]

- Vícefázové – Nejčastěji používanými z vícefázových usměrňovačů jsou třífázové. V případě třífázových usměrňovačů napětí prochází vždy skrze nejvíce pozitivní a nejvíce negativní diody. S rotací fáze se mění páry diod, skrze které je napětí vedeno a vzniká tak napětí kmitající pouze s malými odchylkami, které lze považovat za stejnosměrné. [20]



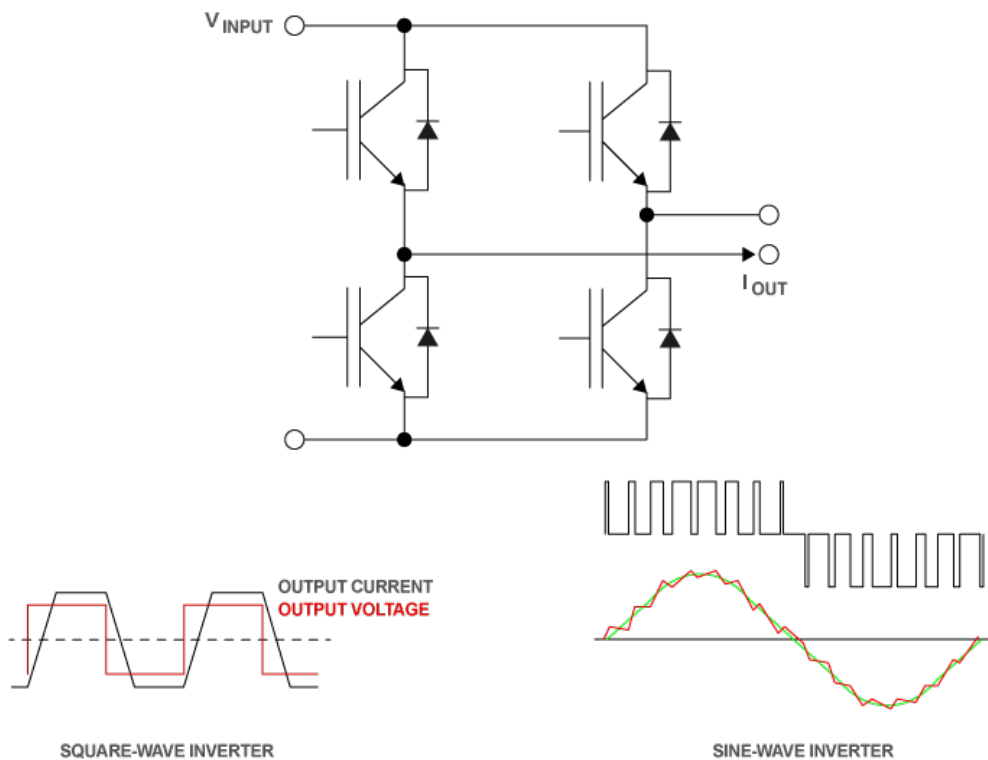
Obrázek 10: Schéma třífázového usměrňovače [20]



Obrázek 11: Časový průběh a výsledný signál třífázového usměrňovače [20]

#### 4.2.2 Střídač

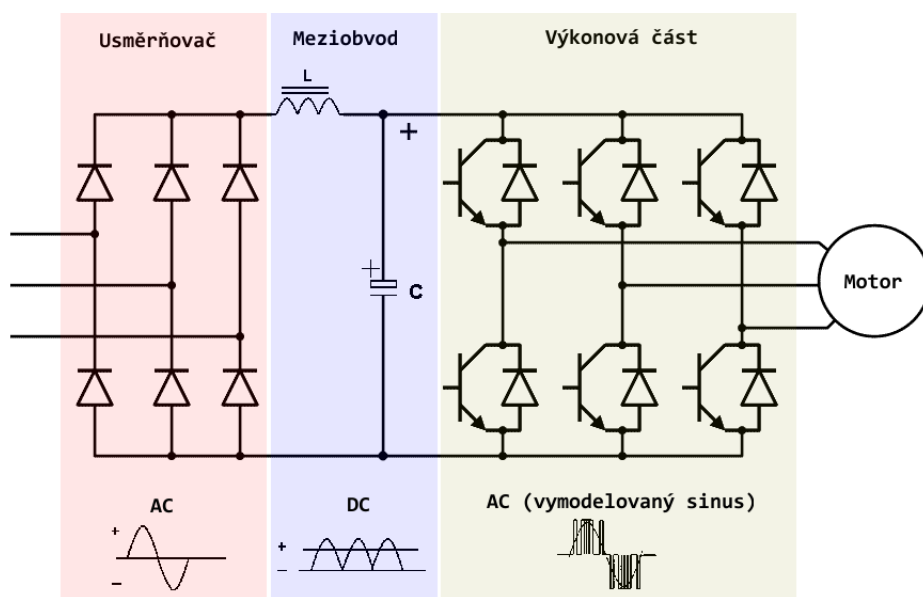
Vytváří střídavé napětí či proud ze stejnosměrného. Výstupem střídače je obdélníkový signál, ten je možné použít pro aplikace, které nevyžadují velkou přesnost (např.: osvětlení, topení). Pro náročnější aplikace je nutné tento signál převést na sinusový. Převod je realizován zpravidla pomocí série filtrů, induktorů či kapacitorů. [21]



Obrázek 12: Schéma a průběh střídače [22]

### 4.2.3 Frekvenční měnič

Mění frekvenci vstupního napětí, v tomto případě se na vstupu i výstupu jedná o střídavé napětí. Změnami frekvence dochází k plynulé regulaci pohonu. Může být napěťového nebo proudového typu. Obsahuje čtyři hlavní části a to usměrňovač, meziobvod, střídač a řídicí mikropočítač.<sup>[23]</sup>



Obrázek 13: Schéma frekvenčního měniče [23]

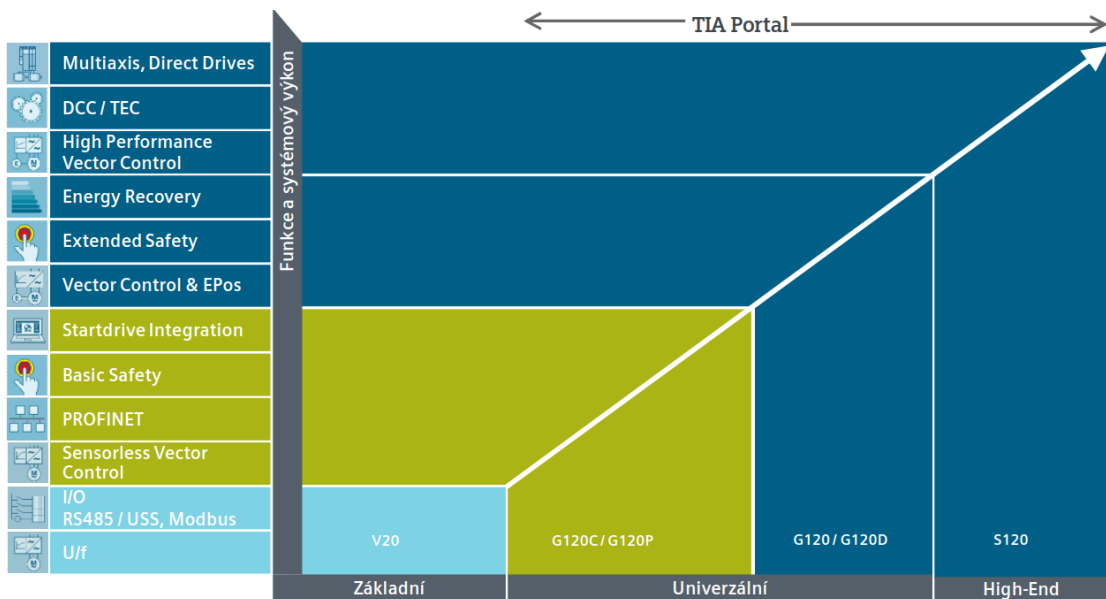
#### 4.2.4 Pulzní měnič

Mění velikost vstupního napětí, v toto případě se na vstupu i výstupu jedná o napětí stejnosměrné. Jako spínací prvky se používají tyristory nebo tranzistory. Lze je rozdělit na snižovač napětí (buck-convertor), zvyšovač napětí (boost-concertor) a invertor (buck-boost), který umožňuje jak snižování, tak i zvyšování napětí. [24][25]

#### 4.2.5 Frekvenční měniče Siemens

Frekvenční měniče firmy Siemens lze rozdělit do několika základních skupin [1]

- Decentrální měniče – SINAMICS G110M, SINAMICS G110D, SINAMICS G120D
- Univerzální (standardní) měniče – SINAMICS G120, SINAMICS G120C, SINAMICS G110, SINAMICS V20
- Měniče pro PFC – SINAMICS G120P
- Úsporný jednoosý servopohon – SINAMICS V90
- Jednoosý servopohon – SINAMICS S110, SINAMICS S210
- Víceosé pohony – SINAMICS S120



Obrázek 14: Přehled měničů Siemens [1]

Vzhledem k praktické části se dále budeme zabývat pouze pohonem SINAMICS V90

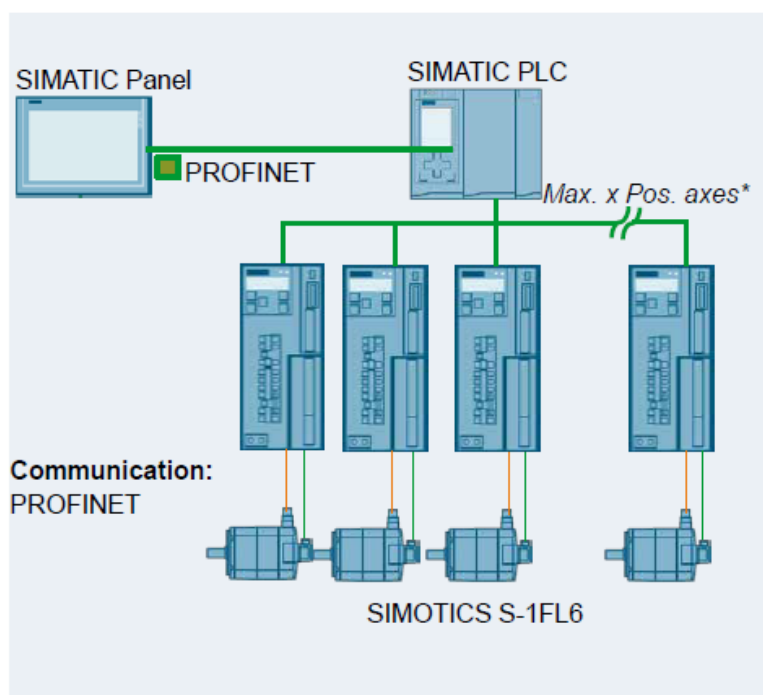
### 4.3 SINAMICS V90

SINAMICS V90 je jednoosý servopohon. Součástí pohonu je měnič SINAMICS V90, servomotor SIMOTICS S-1FL6 a kabely MOTION CONNECT MC300. Ke konfiguraci

pohonu se používá nástroj V-ASSISTANT. Sestava pohonu zajišťuje jednoduché plug-and-play zprovoznění, optimalizovaný chod serva a snadné napojení na SIMATIC PLC. SINAMICS V90 je často využíván v potravinářském, textilním, balícím nebo solárním průmyslu. U servopohonu V90 rozlišujeme dvě verze dle typu komunikace. U první verze, PTI probíhá veškerá komunikace s ostatními systémy pouze přes digitální a analogové vstupy a výstupy. Druhá verze, PN, kterou se budeme zabývat v této práci využívá pro komunikaci PROFINET síť. [26] [27]

Pro komunikaci mezi PLC a SINAMICS pohony se využívají telegramy. Ty zajišťují cyklickou výměnu dat mezi PLC a pohonem. Každý telegram má svou strukturu. Obsahují cyklické parametry, podle kterých jsou vybírány do jednotlivých aplikací. Existuje několik typů telegramů [28]

- PROFIdrive telegramy, např.: telegram 1
- Siemens telegramy, např.: telegram 111
- PROFIsafe telegramy např.: telegram 30
- volné telegramy, využívané pro uživatelsky definovanou komunikaci



Obrázek 15: Ukázka zapojení PLC a pohonů po síti PROFINET<sup>[1]</sup>

K původní 400 V verzi pohonu V90 s vyšším momentem setrvačnosti (High Inertia, HI) přibyla v průběhu času i verze 230 V a také motory s nižším, momentem setrvačnosti (Low Inertia, LI) a menší osovou výškou. Součástí měniče je integrované řízení polohy (Integrated Positioning Mode, EPos). Umožňuje jednofázové i třífázové zapojení a také přímé zapojení brzděného odporu. Co se týče softwarových funkcí, poskytuje pohon samo ladící funkci a potlačení rezonancí. Dalším prvkem je integrovaná bezpečnostní funkce STO (Safe Torque Off). Systém celkově nabízí osm velikostí měničů a motory se sedmi osovými výškami. [26]



## 5 Sestava pro praktické úlohy

Pro následující úlohy budeme využívat PLC, SIMATIC S7-1500, konkrétně s CPU 1511T-1 PN, verze firmwaru 2.5. Tato jednotka má pracovní paměť 225 KB pro program a 1 MB pro data. Jednotka podporuje rozšířené technologické funkce pro řízení pohonů. Rozhraním jednotky je PROFINET IRT s dvouportovým směrovačem.

Další částí sestavy je servopohon SINAMICS V90 s PROFINETEM, se střídavým jednofázovým vstupním napětím 200-240 V o výkonu 0,1 kW.

Jako poslední budeme v projektu používat 4 palcový HMI panel, KTP400 Basic, pomocí kterého budeme pohon ovládat. Přidání HMI panelu do sestavy bylo zvoleno pro jednodušší testování funkčnosti programů a větší přehlednost.

## 6 Praktické úlohy

V následujících úlohách se budeme zabývat řízením pohonu SINAMICS V90 pomocí PLC SIMATIC S7-1500T. Budou realizovány dvě momentové aplikace, první přes funkci Torque limit a druhá přes funkci Fixed stop.

Konfiguraci pohonu je nutné provést v programu V-ASSISTANT. Pro naši úlohu budeme potřebovat nastavení PROFINET sítě. Zde přidáme SIEMENS telegram 102, který se používá pro momentové aplikace a doplňkový telegram Supplementary telegram 750, které nám umožní dodatečný přenos točivého momentu z měniče do PLC. Dále nastavíme PROFINET jméno, IP adresu a masku podsítě pohonu. Vzhledem k tomu, že nemáme na pohon připojenou žádnou zátěž, není nutné měnit tovární nastavení regulátorů. Pro obě úlohy bude nastavení pohonu stejné.

### 6.1 Úloha č. 1 – Momentové uchopení pomocí funkce Torque limit function

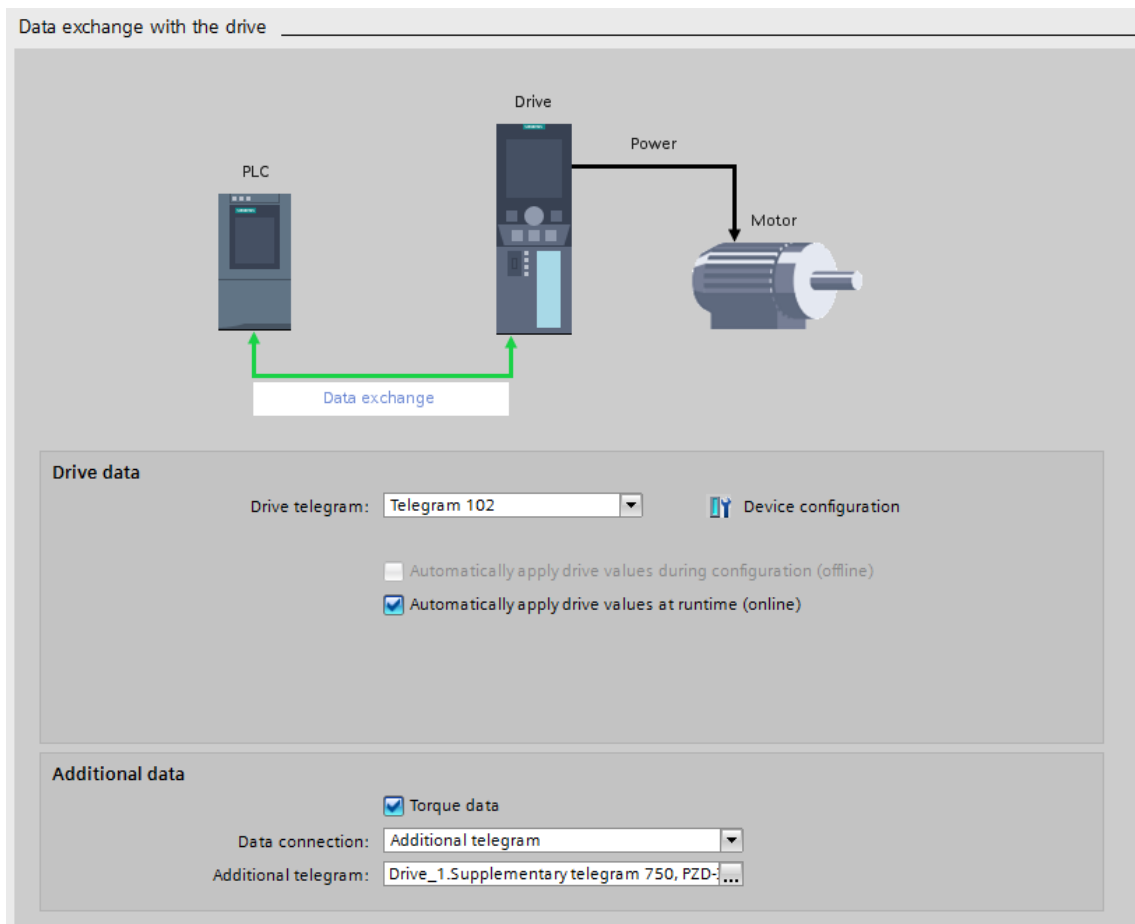
Torque limit je funkce, která umožňuje omezení točivého momentu. Pomocí této funkce realizujeme ovládání, kde se motor nedrží na daných otáčkách, ale na zadaném momentovém omezení. Tohoto principu je využíváno například v manipulátorech při uchopování, kdy je třeba předmět držet požadovanou silou.

Začneme vytvořením projektu v TIA Portalu a vytvořením požadované hardwarové konfigurace podle výše popsané sestavy. Když máme všechny komponenty vložené do projektu, přejdeme k nastavení sítě, v našem případě budeme využívat PROFINET. Proto je nutné u všech zařízení nastavit nejen IP adresu a masku podsítě, ale také PROFINET jméno. Poté stačí pohon a HMI panel připojit k PLC a vytvořit tak PROFINET podsít'. U pohonu je potřeba přidat telegramy 102 a 750.

Tabulka 1: Nastavení PROFINET sítě

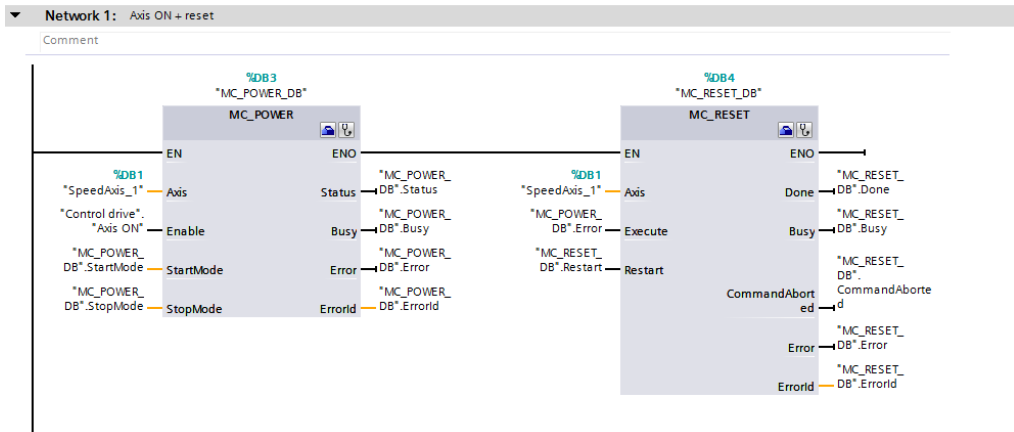
	PROFINET jméno	I.P. adresa	maska podsítě
pohon	v90	192.168.112.1	255.255.255.0
PLC	plc_1	192.168.112.2	255.255.255.0
HMI panel	hmi_1	192.168.112.3	255.255.255.0

V PLC přidáme technologický objekt Speed axis (rychlostní osa). Ke konfiguraci technologického objektu bude v našem případě stačit přidat spojení na pohon a nastavení telegramů.



Obrázek 16: Konfigurace technologického objektu – nastavení telegramů

Vytvoříme si nový funkční blok *MC (Motion Control)* pro ovládání pohonu. Tento blok budeme následně cyklicky volat v organizačním bloku *Main*, tak je zajištěn chod celého programu. Jako první přidáme do *MC Network 1* instrukci *MC\_POWER*, jejíž funkcí je zapnutí osy, v našem případě *SpeedAxis\_1*, kterou napojíme na vstup *Axis*. Tento blok, a i všechny další námi používané ve funkčním bloku *MC*, můžeme najít v technologických instrukcích. K ostatním vstupům a výstupům můžeme připojit výchozí tagy (adresované proměnné), které najdeme v datovém bloku generovaném při přidání instrukcí do funkčního bloku *MC*. Za první blok můžeme napojit blok *MC\_RESET*. Ten zajišťuje automatický reset pohonu v případě chyby.



Obrázek 17: Zapojení bloků v Network 1

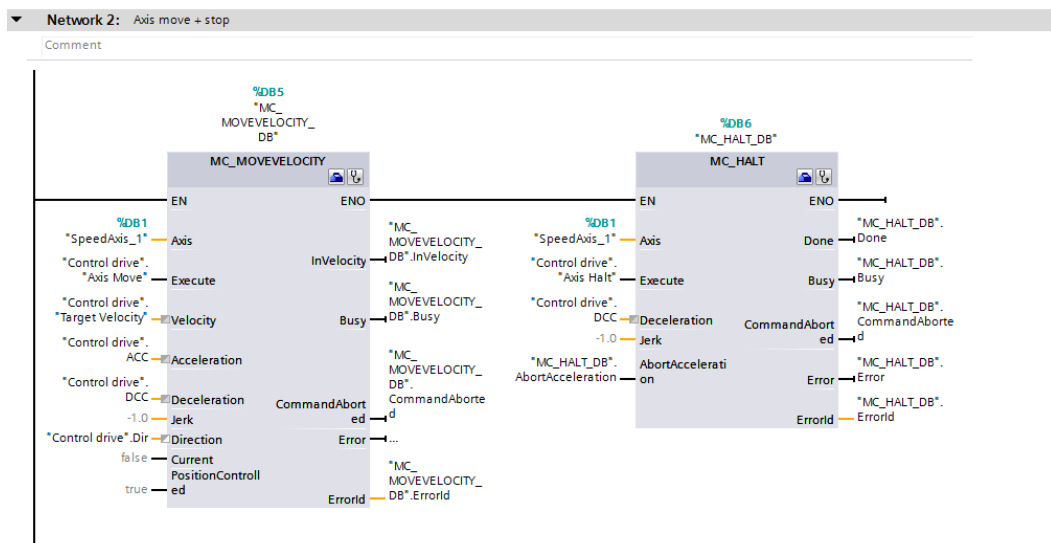
Dále si vytvoříme datový blok *Control drive* s proměnnými potřebnými pro ovládání naší úlohy. U těchto proměnných je také důležité vhodné nastavení datového typu.

bp > PLC\_1 [CPU 1511T-1 PN] > Program blocks > Control drive [DB8]

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
Static									
Axis ON	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Axis Move	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Target Velocity	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ACC	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
DCC	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Dir	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Axis Halt	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torque ON	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torque limit	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torque mode	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Obrázek 18: Datový blok Control drive

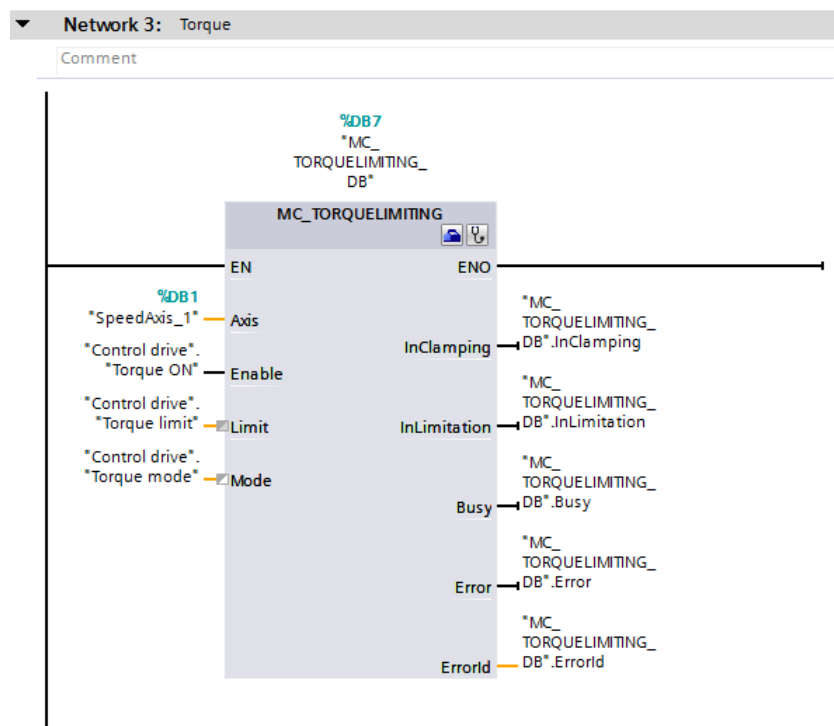
Do druhé síťové linky *Network 2* přidáme bloky *MC\_MOVEVELOCITY* a *MC\_HALT*. Tyto bloky nám zajišťují rozběhnutí osy na nastavenou rychlost a její zastavení. Výstupy u obou bloků napojíme na příslušné výchozí tagy. Na vstupy napojíme tagy z naší vytvořeného bloku *Control drive*.



Obrázek 19: Zapojení bloků v Network 2

Poslední částí naší funkce bude blok *MC\_TORQUELIMITING*. Vstupy a výstupy nastavíme stejným způsobem jako u předchozích bloků. V této úloze budeme blok *MC\_TORQUELIMITING* používat v módu 0, tedy jako funkci, která nám umožní zde již popsané řízení pomocí momentového omezení. Tuto funkčnost zaručíme buď nastavením vstupu *Mode* na hodnotu 0, nebo jako v našem případě připojením tagu *Control drive.Torque mode*, který má v našem projektu nastavenou výchozí hodnotu 0.

Jelikož je referenční hodnota momentu motoru 1 Nm, není nutné provádět přepočítání přenesené hodnoty části telegramu 102 MOMRED, která momentové omezení přenáší. Hodnota 1 Nm tedy odpovídá přenášené hodnotě 4000 hexadecimální, což je maximální přenesená hodnota (kdyby byla vztažná hodnota např. 2 Nm, tak bychom pro nastavení 1 Nm museli do limitu této funkce nastavit hodnotu 0.5). Hodnota momentu pro uchopení je tedy v našem případě přímo regulovatelná od 0 Nm do 1 Nm.

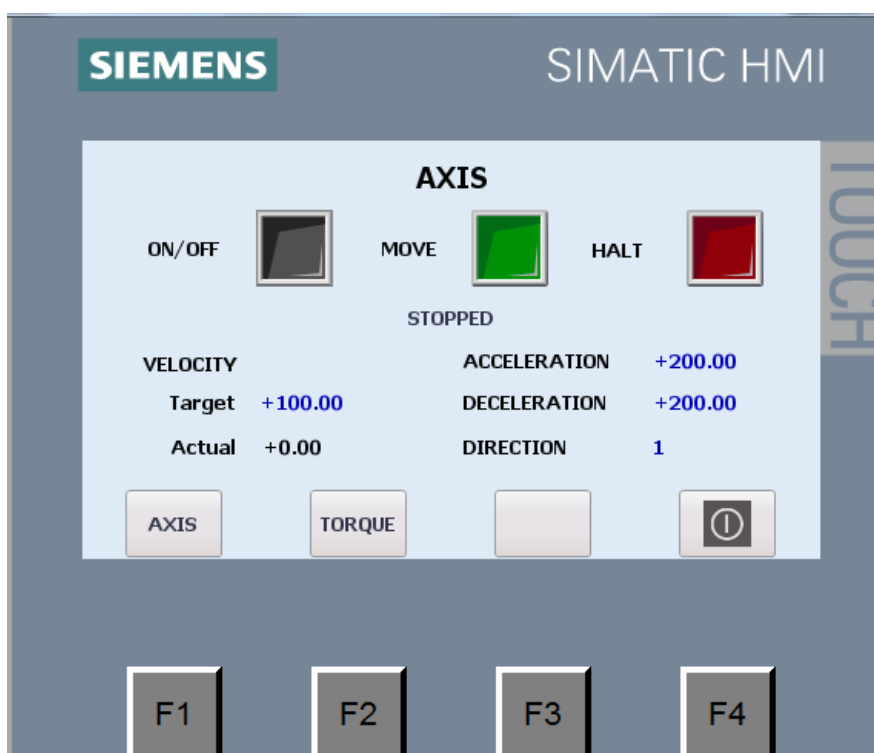


Obrázek 20: Zapojení bloku *MC\_TORQUELIMITING* v *Network 3*

Pro ovládání úlohy použijeme panel, na kterém si nastavíme vstupy a výstupy pro změny parametrů a monitorování aktuálních hodnot. Na první obrazovce je nastaveno základní ovládání osy.

Tabulka 2: Popis ovládací obrazovky a jejích prvků – ovládání osy

Typ	Objekt	PLC tag	Funkce
tlačítko	ON/OFF	Control drive.Axis ON	sepnutí/vypnutí pohonu
tlačítko	MOVE	Control drive.Axis Move	rozběhnutí osy
tlačítko	HALT	Control drive.Axis Halt	zastavení osy
I/O pole	VELOCITY Target	Control drive.Target Velocity	nastavení požadované rychlosti osy
I/O pole	ACCELERATION	Control drive.ACC	nastavení požadovaného zrychlení osy
I/O pole	DECELERATION	Control drive.DCC	nastavení požadovaného zpomalení osy
I/O pole	DIRECTION	Control drive.Dir	nastavení směru běhu osy
I/O pole (jen výstup)	VELOCITY Actual	SpeedAxis_1.ActualSpeed	zobrazení reálné rychlosti osy



Obrázek 21: Obrazovka pro konfiguraci základních parametrů

Na obrazovce zobrazující konfiguraci točivého momentu si přidáme zobrazení parametru *In Limitation*, který signalizuje, zda se pohon aktuálně nachází na momentovém omezení. Pro sledování aktuálního točivého momentu si musíme v PLC přidat tag *Actual torque* (%IW20). Adresu pro tento tag získáme z tabulky souhrnných

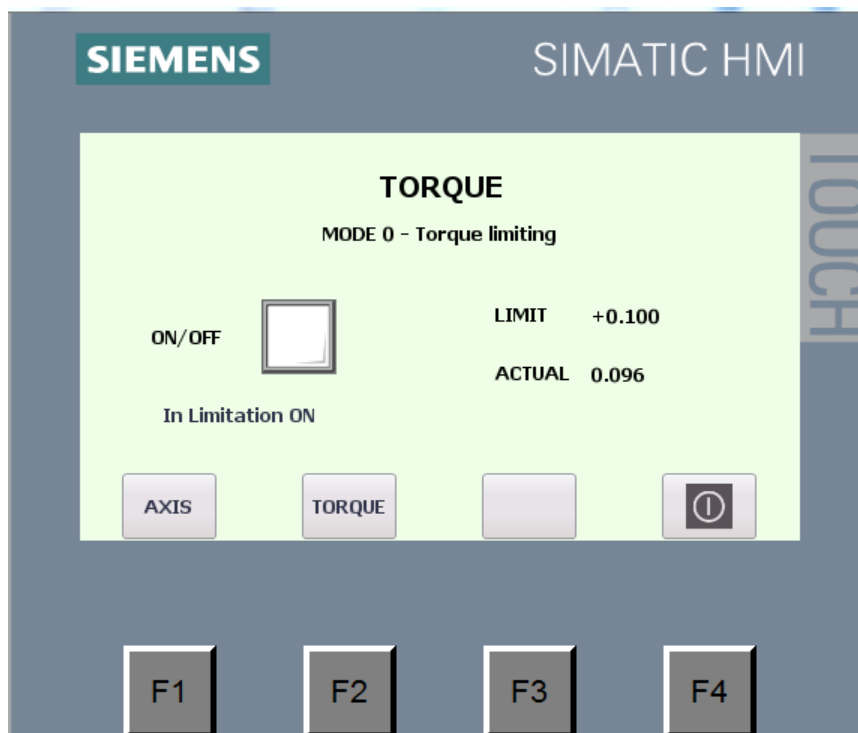
informací o pohonu. Jedná se o adresu vstupu u doplňujícího telegramu 750. Pro tag *Actual torque* bylo nutné v HMI panelu provést lineární škálování, aby zobrazená hodnota odpovídala skutečnému točivému momentu.

...	Module	Rack	Slot	I address	Q address	Type	Article no.
	▼ SINAMICS-V90-PN	0	0			SINAMICS V90 PN V...	6SL3 210-5FxxxoxFx
	▶ PN-IO	0	0 X150			SINAMICS-V90-PN	
	▼ Drive_1	0	1			Drive	
	Module Access Point	0	1 1			Module Access Point	
	without PROFIsafe	0	1 2			without PROFIsafe	
	SIEMENS telegram 102, P...	0	1 3	0...19	0...11	SIEMENS telegram ...	
	Supplementary telegram...	0	1 4	20...21	12...17	Supplementary tele...	
		0	2				

Obrázek 22: Tabulka s informacemi o nastavení pohonu v TIA Portalu

Tabulka 3: Popis ovládací obrazovky a jejích prvků – ovládání točivého momentu

Typ	Objekt	PLC tag	Funkce
tlačítko	ON/OFF	Control drive.Axis ON	sepnutí/vypnutí pohonu
I/O pole	LIMIT	Control drive.Axis Move	rozběhnutí osy
I/O pole (jen výstup)	ACTUAL	Control drive.Axis Halt	zastavení osy
I/O pole (jen výstup)	In Limitation ON	Control drive.Target Velocity	nastavení požadované rychlosti osy

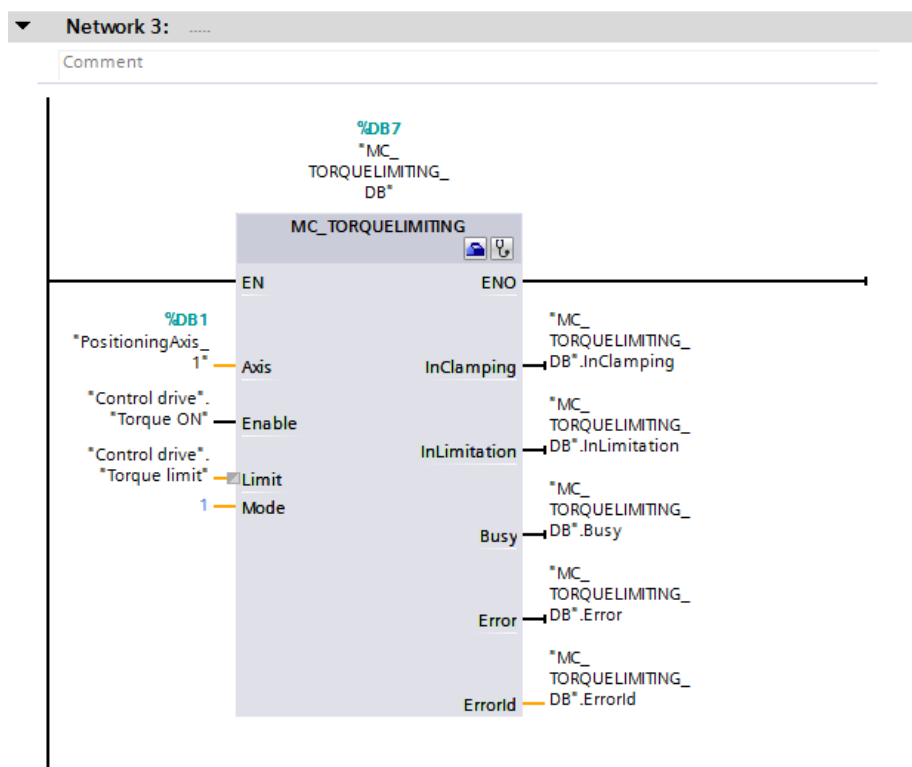


Obrázek 23: Obrazovka pro ovládání omezení točivého momentu

## 6.2 Úloha č. 2 – Lisování pomocí funkce Fixed stop

Druhá úloha se také zabývá podobným problémem jako úloha první, a to omezení točivého momentu. Toto řešení je ovšem používáno, pokud je potřeba zajistit nejen kontrolu točivého momentu, ale i rozpětí vzdálenosti, po jakou je tento moment vyžadován. V případě, že dojde k nedodržení nastavené vzdálenosti nastane chybový stav a dojde k vypnutí motoru. Jedná se například o případy, kde je osa mechanicky omezená (např.: lisování).

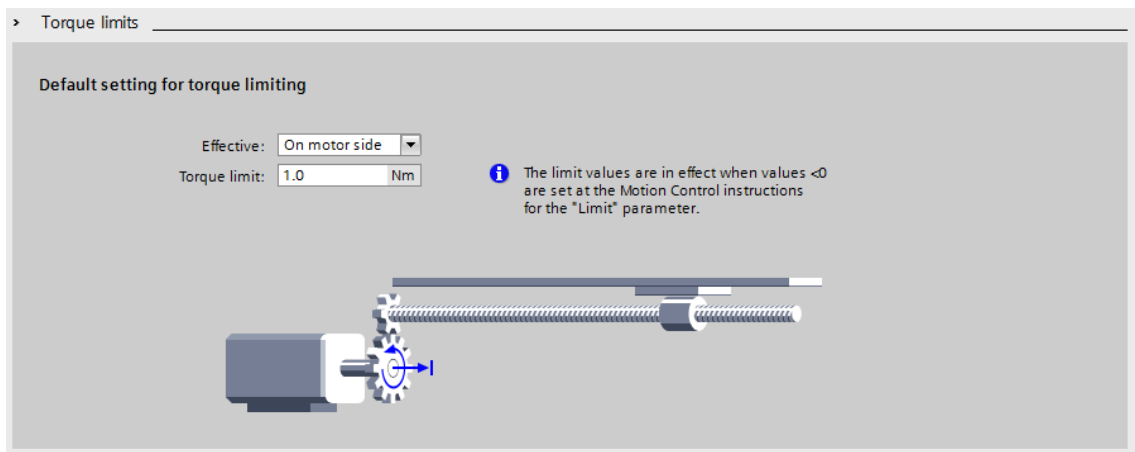
U druhé úlohy si vytvoříme stejnou hardwarovou konfiguraci jako u úlohy první. Podobně bude probíhat i vytváření programu v PLC, s tím rozdílem, že jako technologický objekt nebudeme používat *SpeedAxis* ale *PositioningAxis* (polohovou osu). Hlavní změny tedy nastanou právě v nastavení technologického objektu. Další změnou bude nastavení módu bloku *MC\_TORQUELIMITING*, ten bude mít pro tuto úlohu hodnotu 1, kterou můžeme nastavit přímo u vstupu bloku, nebo ji přiřadit jako výchozí v příslušném tagu.



Obrázek 24: Zapojení bloku *MC\_TORQUELIMITING* v Network 3 v módu *Fixed stop*

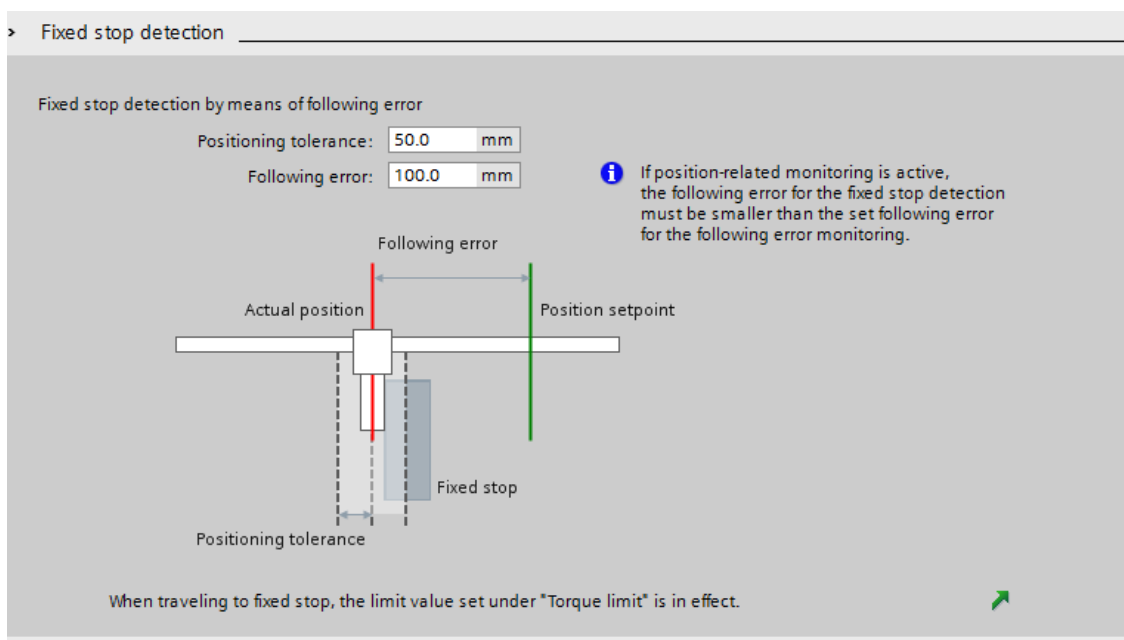
Pro technologický objekt je potřeba zde znovu nastavit připojení na pohon, jako v první úloze. Dále provedeme nastavení encodéru. Použijeme *Encoder 1*, který je implicitně vybrán i se všemi potřebnými parametry. Je tedy nutné nastavit pouze přenos dat, pro který použijeme telegram 102. V omezení točivého momentu nastavíme referenční hodnotu momentu 1 Nm. Dále bylo nutné nastavit mechaniku pohonu. Jelikož byl pohon v laboratorních podmínkách bez zátěže a bez převodovky, nastavili jsme použití lineární osy s přepočtem mezi otáčkou motoru a lineárním pohybem 60 mm/otáčku. Tím jsme docílili toho, že byla mechanika eliminována.





Obrázek 25: Nastavení omezení točivého momentu

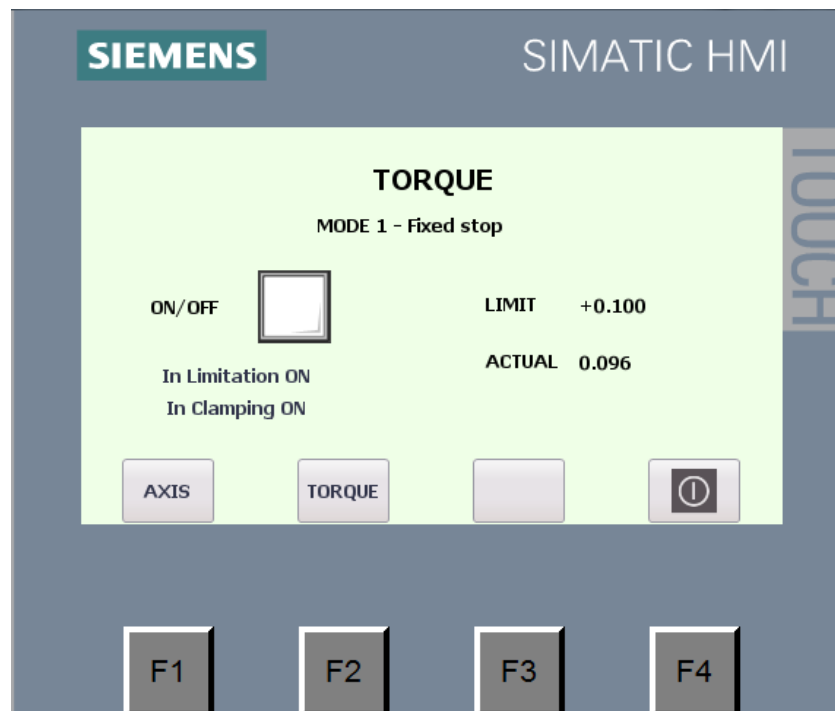
Jako poslední nastavíme detekci fixed stop, kde je nutné nastavit toleranci vzdálenosti mezi požadovanou polohou a zarážkou. V tomto okně musí dojít k dosažení nastaveného momentového omezení. Dále je také nutné nastavit toleranci polohy pevné zarážky.



Obrázek 26: Nastavení detekce fixed stop

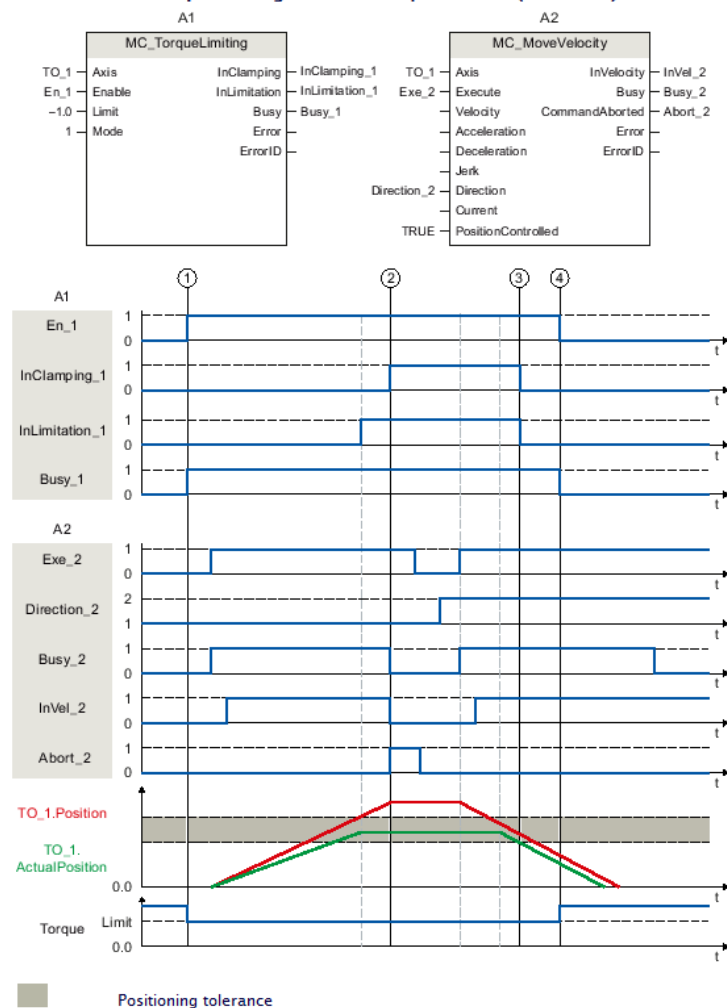
Ovládání úlohy bude znovu realizováno pomocí HMI panelu. Pro spouštění a konfiguraci parametrů osy použijeme stejnou obrazovku jako v prvním případě. Jedinou změnou zde bude PLC tag pro aktuální rychlost, který zde bude brán z technologického objektu poziční osa (*PositioningAxis\_1.ActualSpeed*). Na obrazovce pro ovládání a monitorování hodnot točivého momentu se také zobrazují parametry *In Limitation* a *In Clamping*. Kde parametr *In Limitation* (PLC tag *MC\_TORQUELIMITATION\_DB.InLimitation*) signalizuje, že se pohon nachází v nastaveném tolerančním pásmu a bit *In Clamping* (PLC tag *MC\_TORQUELIMITATION\_DB.InClamping*) signalizuje, že je pohon v nastaveném

momentovém omezení a došlo k vypnutí funkce pohybu motoru. Pohon tedy čeká na následující požadavky od PLC.



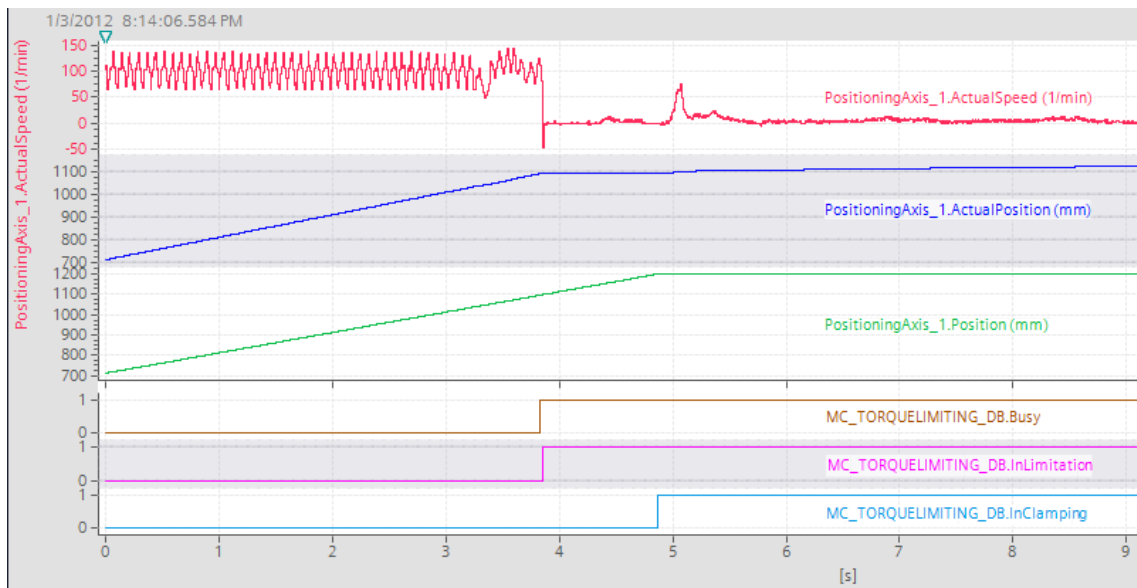
Obrázek 27: Obrazovka pro nastavování a sledování parametrů

Function chart: Torque limiting with fixed stop detection (mode = 1)



Obrázek 28: Ideální průběh bloku MC\_TORQUELIMITING v módu Fixed stop

Na obrázku č.28 je zobrazen ideální průběh programu při použití bloku MC\_TORQUELIMITING v módu Fixed stop. V bodě jedna je vidět sepnutí tohoto bloku, čímž se nastaví požadovaný limit točivého momentu. Dále je vidět moment, ve kterém dojde k sepnutí parametru InLimitation\_1, způsobeného tím, že se osa (aktuální poloha) nachází v nastaveném tolerančním pásmu. V bodě dva se pohon dostane do nastaveného momentového omezení a pohyb motoru se zastaví. Současně s tím se sepne bit InClamping\_1. Následující graf vykresluje námi sejmutý průběh pro tuto úlohu.



Obrázek 29: Reálný průběh programu

Z grafu vidíme, že v době sepnutí parametru *In Limitation* došlo k zpomalení osy téměř na nulovou rychlost, a tudíž došlo ke snížení rychlosti nárůstu aktuální pozice. Dále vidíme, že ve chvíli, kdy se aktuální pozice dostala do tolerančního pásma, došlo k sepnutí parametru *In Clamping*. Může zde také pozorovat, že v době tohoto sepnutí parametr *Position* (předpokládaná pozice) na rozdíl od parametru *Actual Position* (aktuální pozice) již dále neroste.

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo shromáždění informací o problematice moderního řízení pohonu pomocí PLC. Následně také zpracování a uvedení do provozu dvou úloh, které se touto problematikou zabývají.

V teoretické části jsem zpracovala informace nejprve o prostředí TIA Portal a jeho částí, dále pak o PLC systémech a v závěru také přehled pohonů. Tyto teoretické znalosti jsou nezbytným předpokladem pro správné použití těchto systémů.

Pro úlohy v praktické části je použita hardwarová sestava skládající se ze systémů od firmy Siemens, a to PLC SIMATIC S7 1500 (CPU 1511T-1 PN), servopohon SINAMICS V90 (PN) a HMI panel KTP400 Basic.

Nejdříve jsem provedla konfiguraci pohonu v nástroji V-ASSISTANT, potřebnou pro obě úlohy. Poté jsem vytvořila projekt v nástroji TIA Portal, do kterého jsem vložila veškerý výše popsaný hardware. Nakonfigurovala jsem PROFINET síť u všech zařízení. Vložila jsem do programu technologický objekt, v případě první úlohy se jedná o rychlostní osu. Vytvořila jsem funkční blok na ovládání první úlohy, který se skládá ze tří síťových částí. V první části jsem použila bloky pro sepnutí a reset pohonu, v druhé části bloky pro zapnutí pohybu osy a jeho zastavení, ve třetí části blok pro ovládání momentového omezení. Zároveň jsem vytvořila datový blok obsahující proměnné důležité pro správné fungování programu. Pro ovládání pohonu jsem použila HMI panel, na kterém si vytvoříme obrazovky nejen pro spuštění projektu, ale také na konfiguraci základních parametrů.

Pro druhou úlohu jsem vytvořila projekt stejným způsobem jako v předchozím případě. Tentokrát jsem použila jako technologický objekt polohovou osu. U tohoto typu osy je nutné nastavit kromě momentového omezení i mechaniku pohonu a encodér. Také jsem nastavila parametry pro realizaci funkce fixed stop. Pro zapnutí této funkce v PLC programu jsem přenastavila blok ovládající momentové omezení. Pro ovládání úlohy jsem znovu použila HMI panel.

Obě popsané úlohy jsou plně funkční a při jisté úpravě jsou připraveny na implementaci do reálného provozu.

## 8 Zdroje

- [1] Server technické podpory Siemens. [online]. Copyright © Siemens AG [cit. 30:10:2018]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/start>
- [2] Totally Integrated Automation Portal - Automation Software - Global. [online]. Copyright © Siemens AG, 1996 [cit. 03.11.2018]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>
- [3] Configuration & Engineering Software - Drive Technologies - Siemens. [online]. Copyright © 1996 [cit. 03.11.2018]. Dostupné z: <https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/engineering-software/pages/engineering-software.aspx>
- [4] IEC 61131-3. [online]. Copyright © 1993 - 2008 PLCopen, [cit. 03.11.2018]. Dostupné z: [http://www.plcopen.org/pages/tc1\\_standards/iec\\_61131\\_3/](http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/)
- [5] PLC FATEK » Ladder diagramy – základy. In: PLC FATEK [online]. Copyright 2019 SEA spol. s.r.o., [cit. 06.11.2018]. Dostupné z: <http://fatek.seapraha.cz/zakladr/>
- [6] Ladder Logic Examples and PLC Programming Examples. In: PLC Programming & Automation Online - PLC Academy [online]. Copyright 2015 PLC Academy, [cit. 06.11.2018]. Dostupné z: <https://www.plcacademy.com/ladder-logic-examples/>
- [7] Function Block Diagram (FBD) Programming Tutorial - PLC Academy. In: PLC Programming & Automation Online - PLC Academy [online]. Copyright 2015 PLC Academy, [cit. 06.11.2018]. Dostupné z: <https://www.plcacademy.com/function-block-diagram-programming/>
- [8] Structured Control Language (SCL) for S7-300/S7-400 Programming, Siemens. This manual has the order number: 6ES7811-1CA02-8BA0-01
- [9] Programming Guideline for S7-1200/S7-1500. Siemens, 2014. Entry-ID: 81318674, V1.3, Entry date: 09/2014
- [10] PLC Basics | Programmable Logic Controller. In: YouTube [online]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=PbAGl\\_mv5XI](https://www.youtube.com/watch?v=PbAGl_mv5XI) Kanál uživatele RealPars
- [11] Know about Programmable Logic Controllers - Types of PLC's. ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students - ElProCus is an educational website on electronic projects for ECE and EEE students. [online]. Copyright © Elprocus [cit. 15.11.2018]. Dostupné z: <https://www.elprocus.com/programmable-logic-controllers-and-types-of-plcs/>
- [12] SIMATIC S7-1500 - SIMATIC Controllers - Global. [online]. Copyright © Siemens AG, 1996 [cit. 15.11.2018]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>

- [13] SIMATIC S7-1500, ET 200MP Automation systém. Siemens, 2017. Systém manual, Entry ID: 59191792, Entry date: 12/12/2017.
- [14] SIMATIC S7-1500 T-CPU, Novinky v Motion Control. Siemens, 2017  
Autor: Radek Novotný, dodatečné informace na [siemens.com/t-cpu](http://siemens.com/t-cpu)
- [15] Wikipedia, The Free Encyclopedia: Motor controller [online]. c2018 [citováno 01. 12. 2018]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor\\_controller&oldid=865823899](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_controller&oldid=865823899).
- [16] CDHD Servo Drive User Manual. Servotronics, 2015. Revision 7.2, DOC-CDHD-UM-EN.
- [17] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Usměrňovač [online]. c2018 [citováno 01. 12. 2018]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Usm%C4%9Br%C5%88ova%C4%8D&oldid=16125804>
- [18] By Wdwd – Own work, CC BY 3.0, [online]. c2018 [citováno 01. 12. 2018]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12693362>
- [19] By Wdwd – Own work, CC BY 3.0, [online]. c2018 [citováno 01. 12. 2018]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12693353>
- [20] Three Phase Rectification. [online]. Copyright © 2019 by AspenCore, Inc., [cit. 07.12.2018]. Dostupné z: <https://www.electronicstutorials.ws/power/three-phase-rectification.html>
- [21] Making Direct Current Alternate | HowStuffWorks. Electronics | HowStuffWorks [online]. Copyright © 2019 [cit. 07.12.2018]. Dostupné z: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/automotive/dc-ac-power-inverter2.htm>
- [22] Topology Fundamentals - Electronics 101. [online]. Copyright © 1999 [cit. 07.12.2018]. Dostupné z: <http://www.irf.com/electronics/topology-fundamentals>
- [23] Zapojení a základní nastavení frekvenčního měniče - mylms. mylms [online]. Copyright © mylms.cz 2006 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/text-zapojeni-a-zakladni-nastaveni-frekvencniho-menice/>
- [24] Buck Boost Converter Circuit Theory Working and Applications. ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students - ElProCus is an educational website on electronic projects for ECE and EEE students. [online]. Copyright © Elprocus [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://www.elprocus.com/buck-boost-converter-circuit-theory-working-applications/>
- [25] Doc. Ing Václav Vrána, CSc., Ing. Václav Kolář, PhD. Základy Polovodičové Techniky [přednáška]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, říjen 2006.

- [26] SINAMICS V90 Basic Servo Drive System - SINAMICS V90 Basic Servo Drive System - Siemens. [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/mc-drives/en/low-voltage-inverter/basic-servo-drive-sinamics-v90/pages/sinamics-v90-portlet.aspx>
- [27] SINAMICS/SIMOTICS, SINAMICS V90, SIMOTICS S-1FL6. Siemens, 2018. Operating instructions, 04/2018, A5E37208830-004.
- [28] S7-1500T Motion Control V4.0 in TIA Portal V15. Siemens 2017. Functional manual, Edition 12/2017, A5E37577655-AB