



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

DEMONSTRAČNÍ ÚLOHY S PLC A FREKVENČNÍM MĚNIČEM

DEMONSTRATION APPLICATIONS OF PLC AND FREQUENCY INVERTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Viktor Šimco

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Bc. Viktor Šimco

ID: 240444

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Demonstrační úlohy s PLC a frekvenčním měničem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem je pro daný panel obsahující PLC, frekvenční měnič, HMI a další komponenty, vytvořit demonstrační úlohu nebo více úloh, které budou používat jednotlivé komponenty v různých operačních módech. Cílem je zprovoznit dodaný systém a ukázat komplexně jeho možnosti konfigurace a provozu.

1. Provedte průzkum technologií daného systému.
2. Navrhněte demonstrační aplikace pomocí prostředků daného panelu.
3. Vytvořte SW vybavení a konfigurace jednotlivých komponentů.
4. Vytvořte dokumentace k jednotlivým aplikacím.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

HUGHES, Austin. Electric motors and drives: fundamentals, types and applications. 3rd ed. Oxford: Newnes, 2006. ISBN 0-7506-4718-3.

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 22.5.2024

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Ing. Miroslav Jirgl, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalárska práca sa venuje opisu frekvenčného meniča ACS880-01 a komponentov demonštračného panelu. Obsahuje opis funkcií frekvenčného meniča, jeho parametrov, prídavných prvkov a bezpečnostných možností. Stručne opisuje taktiež riadenie asynchrónneho motora, komunikačné rozhrania a možné prídavné moduly frekvenčného meniča. Následne obsahuje návrh demonštračných úloh a dokumentáciu ich realizácie, SW vybavenia, vizualizácie a konfigurácie jednotlivých komponentov.

Kľúčové slová

Frekvenčný menič, PLC, ACS880, FPNO-21, DTC, asynchrónny motor, demonštračný panel, riadenie, komunikačné rozhrania, Profinet, HMI, vizualizácia

Abstract

The bachelor thesis is devoted to the description of the ACS880-01 frequency converter and the components of the demonstration panel. It includes a description of the frequency converter functions, its parameters, additional elements and safety options. It also briefly describes the asynchronous motor control, communication interfaces and possible add-on modules of the frequency converter. Subsequently, it includes the design of demonstration tasks and documentation of their implementation, SW equipment, visualization and configuration of the individual components.

Keywords

Frequency converter, PLC, ACS880, FPNO-21, DTC, asynchronous motor, demonstration panel, control, communication interfaces, Profinet, HMI, visualization

Bibliografická citácia

ŠIMCO, Viktor. *Demonstrační úlohy s PLC a frekvenčním měničem* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159820>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Prehlásenie autora o pôvodnosti diela

Meno a priezvisko študenta: *Viktor Šimco*

VUT ID študenta: *240444*

Typ práce: *Bakalárska práca*

Akademický rok: *2023/24*

Téma záverečnej práce: *Demonštračná úloha s PLC a frekvenčným meničom*

Vyhlasujem, že svoju záverečnú prácu som vypracoval samostatne pod vedením vedúcej/ceho záverečnej práce, s využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej záverečnej práce ďalej vyhlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto záverečnej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona Českej republiky č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka Českej republiky č. 40/2009 Sb.

V Brne dňa:

podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu konzultantovi bakalárskej práce Ing. Jakubovi Armovi, PhD. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri vypracovaní mojej bakalárskej práce. Veľká vďaka patrí taktiež váženým kolegom z firmy ABB, a to predovšetkým hlavnému konzultantovi Ing. Zdeňkovi Obornému a manažérovi Ing. Petrovi Urbánkovi za ich podporu a odborné rady. Rád by som tiež poďakoval Ing. Radekovi Štohlvi, Ph.D. za cenné rady a postrehy.

V Brne dňa:

podpis autora

Obsah

ÚVOD	10
1. ASYNCHRÓNNY MOTOR.....	11
1.1 FREKVENČNÁ REGULÁCIA RÝCHLOSTI ASYNCHRÓNNEHO MOTORA.....	11
2. FREKVENČNÝ MENIČ ACS880-01 OD FIRMY ABB	13
2.1 TECHNICKÉ ÚDAJE.....	14
2.2 OPERAČNÉ ROZHRANIA	16
2.2.1 <i>Vstupy a výstupy.....</i>	<i>16</i>
2.2.2 <i>Funkcia master/follower</i>	<i>16</i>
2.2.3 <i>Režim regulácie rýchlosti.....</i>	<i>16</i>
2.2.4 <i>Režim riadenia krútiaceho momentu.....</i>	<i>17</i>
2.2.5 <i>Režim riadenia frekvencie.....</i>	<i>17</i>
2.2.6 <i>Režim riadenia jednosmerného napätia</i>	<i>17</i>
2.2.7 <i>Špeciálne režimy riadenia.....</i>	<i>17</i>
2.2.8 <i>Ostatné operačné rozhrania.....</i>	<i>17</i>
2.3 RIADENIE MOTORA	18
2.3.1 <i>Direct Torque Control (DTC).....</i>	<i>18</i>
2.3.2 <i>Referenčné rampy</i>	<i>18</i>
2.3.3 <i>Kritické pásma hodnôt rýchlosti a frekvencie.....</i>	<i>19</i>
2.3.4 <i>Automatické ladenie regulátora otáčok</i>	<i>19</i>
2.3.5 <i>Funkcia tlmenia kmitov.....</i>	<i>19</i>
2.3.6 <i>Kontrola zrýchlenia</i>	<i>19</i>
2.3.7 <i>Podpora enkodérov a rezolverov</i>	<i>19</i>
2.3.8 <i>Jogging.....</i>	<i>20</i>
2.3.9 <i>Skalárne ovládanie motora</i>	<i>20</i>
2.3.10 <i>Autofázovanie.....</i>	<i>20</i>
2.3.11 <i>Brzdenie magnetickým tokom.....</i>	<i>21</i>
2.3.12 <i>Magnetizácia jednosmerným prúdom</i>	<i>21</i>
2.3.13 <i>Šesťuholníkový vzor toku motora</i>	<i>21</i>
2.3.14 <i>Ostatné funkcie riadenia motora.....</i>	<i>22</i>
2.4 PID REGULÁCIA.....	22
2.5 RIADENIE JEDNOSMERNÉHO NAPÄTIA.....	22
2.5.1 <i>Kontrola prepätia.....</i>	<i>22</i>
2.5.2 <i>Regulácia podpätia (riadenie straty výkonu).....</i>	<i>23</i>
2.5.3 <i>Brzdový chopper</i>	<i>23</i>
2.6 BEZPEČNOSTNÉ MOŽNOSTI	23
2.6.1 <i>Núdzové zastavenie pomocou control word bitov Off 1 až 3.....</i>	<i>23</i>
2.6.2 <i>Tepelná ochrana motora.....</i>	<i>23</i>
2.6.3 <i>Brzdenie</i>	<i>23</i>
2.6.4 <i>EMC - elektromagnetická kompatibilita</i>	<i>24</i>
2.7 OSTATNÉ FUNKCIE.....	25
2.8 VYUŽITIE.....	25
2.9 FPNO-21 PROFINET FIELDBUS MODUL.....	25
2.10 FSPS-21 PROFISAFE MODUL BEZPEČNOSTNÝCH FUNKCIÍ.....	26

2.10.1	STO (Safe torque off) - Bezpečné vypnutie krútiaceho momentu	27
2.10.2	SSI (Safe stop 1) – Bezpečné zastavenie s monitorovaním času	27
3.	KOMUNIKAČNÉ ROZHRANIA PROFINET, PROFIBUS A PROFISAFE	28
3.1	PROFINET	28
3.2	PROFIBUS	28
3.3	PROFISAFE	28
4.	POPIS PANELU PRE DEMONŠTRAČNÚ ÚLOHU	29
4.1	MODUL OCHRANY TURBÍNY TP800	31
4.2	MONITOROVACÍ MODUL MCM800.....	32
5.	NÁVRH DEMONŠTRAČNÝCH ÚLOH	33
5.1	ZÁKLADNÉ ROZDELENIE DANÝCH RIADIACICH ÚLOH	33
6.	SOFTWAREVÉ APLIKÁCIE POUŽITÉ NA TVORBU APLIKÁCIE	35
6.1	PROGRAM DRIVE COMPOSER	35
6.2	PROGRAM AUTOMATION BUILDER	35
7.	TVORBA PROJEKTU A KONFIGURÁCIA KOMPONENTOV	37
7.1	KONFIGURÁCIA APLIKÁCIE V PROGRAME AUTOMATION BUILDER	37
7.2	NASTAVOVANIE PARAMETROV FREKVENČNÉHO MENIČA	40
7.3	NASTAVENIE VIZUALIZÁCIE A PROCESNÉHO PANELU	40
8.	DOKUMENTÁCIA K PLC PROGRAMU	41
8.1	GLOBALNE PREMENNÉ.....	41
8.2	HĽAVNÝ PROGRAM APLIKÁCIE PLC_PRG	41
8.3	FUNKČNÝ BLOK PPO_TYPE7	41
8.4	FUNKČNÝ BLOK DEMO 1	42
8.5	FUNKČNÝ BLOK DEMO 2	42
9.	DOKUMENTÁCIA K VIZUALIZÁCIÍ NA HMI PANELI	43
9.1	TLAČIDLÁ V HORNEJ ČASTI OBRAZOVKY	43
9.2	ČASŤ NA ĽAVEJ STRANE OBRAZOVKY	43
9.3	OBRAZOVKY PRE SPOLOČNÉ FUNKCIE VIZUALIZÁCIE	44
9.4	OBRAZOVKY ŠPECIFICKÝCH FUNKCIÍ PRE ÚLOHU DEMO 1.....	44
9.5	OBRAZOVKY ŠPECIFICKÝCH FUNKCIÍ PRE ÚLOHU DEMO 2.....	45
9.6	OBRAZOVKY RIADENIA	45
10.	TESTOVANIE APLIKÁCIÍ	46
10.1	DEMO 1 – DTC (DIRECT TORQUE CONTROL) RIADENIE RÝCHLOSTI	46
10.2	DEMO 1 – DTC (DIRECT TORQUE CONTROL) RIADENIE MOMENTU.....	48
10.3	DEMO 2 – SKALÁRNE RIADENIE RÝCHLOSTI	49
10.4	DEMO 2 – SKALÁRNE RIADENIE FREKVENCIE	50
	ZÁVER	51
	LITERATÚRA.....	52
	ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK	54

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Momentové charakteristiky pri zmene frekvencie [1, s. 29]	12
1.2	U/f charakteristika nábehu asynchrónneho motora [1].....	12
2.1	Frekvenčný menič ACS880-01 [6].....	13
2.2	Technické parametre frekvenčného meniča [6].....	14
2.3	Východiskové zapojenie frekvenčného meniča [7].....	15
2.4	Prehľad typov riadenia asynchrónneho motora [8]	18
2.5	IR kompenzácia. [8]	20
2.6	Brzdzenie magnetickým tokom [8].....	21
2.7	PID regulácia [8]	22
2.8	Parametre pre brzdné rezistory [6]	24
2.9	EMC parametre [6].....	24
2.10	Cyklické správy modulu FPNO-21 (PPO typy) [10].....	26
4.1	Demonštračný panel.....	29
4.2	Technický výkres čela demonštračného prípravku [16]	30
4.3	Detail technického výkresu čela demonštračného panelu [16].....	30
4.4	Parametre motora	31
5.1	Diagram základného rozdelenia riadenia	33
5.2	Diagram rozdelenia jednotlivých funkcií medzi úlohy Demo 1 a Demo 2	34
7.1	Kompletné rozdelenie konfigurácie aplikácie, pripojených zariadení a vytvorených programov.....	38
7.2	Nastavenie IP adries pre PNIO_Controller a jeho slaves	38
7.3	Nastavenie IP adresy pre frekvenčný menič ACS880	39
7.4	Vstupno-výstupné mapovanie parametrov cyklickej komunikácie PPO Type 7.....	39
7.5	Lišta programu Panel Builder 600 so zvýraznenou ikonou na vytvorenie súborového balíku pre HMI panel	40
8.1	Hlavný obsah aplikácie	41
9.1	Tlačidlá v hornej časti obrazovky na prepínanie medzi stranami a určovanie úlohy po určení úlohy Demo 1	43
9.2	Tlačidlá v hornej časti obrazovky vizualizácie na prepínanie medzi stranami a určovanie úlohy po určení úlohy Demo 2	43
9.3	Časť na ľavej strane obrazovky vizualizácie spoločná pre všetky stránky	44
10.1	Priebeh DTC riadenia rýchlosti	47
10.2	Obrazovka pre DTC riadenie momentu	48
10.3	Priebeh skalárneho riadenia rýchlosti.....	49
10.4	Priebeh skalárneho riadenia frekvencie.....	50

ÚVOD

Táto práca slúži na predstavenie frekvenčného meniča ACS880-01 od firmy ABB a demonštráciu úloh preň navrhnutých.

Zaoberá sa frekvenčným meničom, jeho nastavením, parametrami a funkciami, ako aj prostriedkami demonštračného panelu, ktorého je súčasťou. Ďalej rieši návrh demonštračných úloh, ktoré sú ukázkou funkcií frekvenčného meniča a možností jeho riadenia. Súčasťou práce je opis SW vybavenia a vizualizácie daných úloh.

Práca je zložená z viacerých častí. Kapitola 1 opisuje asynchrónny motor a jeho riadenie pomocou frekvenčného meniča, ktorý je následne popísaný v kapitole 2. Kapitola 3 obsahuje opis komunikačných zberníc. Následne je v kapitole 4 opísaný daný demonštračný panel, pre ktorý sú v kapitole 5 navrhnuté spomínané úlohy. Kapitola 6 predstavuje programové aplikácie, pomocou ktorých sú vytváraný projekt a konfigurácia popísané v kapitole 7. V kapitolách 8 a 9 sa nachádza dokumentácia ku PLC programu a vizualizácii. V poslednej kapitole 10 je opísané testovanie daných úloh.

1. ASYNCHRÓNNY MOTOR

Asynchrónny motor je pripojený na striedavé 3-fázové napätie. Stator tvoria cievky a rotor je tvorený kliečkou z feromagnetického materiálu. Je to najpoužívanejší typ motora, ktorý je zároveň cenovo dostupný a odolný voči preťaženiu. Vyznačuje sa priamo spojenou reguláciou otáčok, jednoduchým zapojením a reverzáciou. Nevýhodou je napríklad zložité riadenie polohy a veľký počiatočný prúd. [1, s. 27; 2, s. 2; 3]

V statore sa vytvára synchronne točivé magnetické pole, ktoré indukuje magnetické pole v rotorovej kliečke (lisované plechy s hliníkovým alebo medeným vinutím). Vzájomným pôsobením týchto magnetických polí sa motor otáča. Hriadeľ asynchrónnych motorov sa teda vždy točí asynchrónnou rýchlosťou vzhľadom na magnetické pole statora. Rozdiel týchto rýchlostí sa nazýva sklz. [1, s. 27; 2, s. 2; 3]

Asynchrónne motory sa používajú na akýkoľvek rotačný pohyb (čerpádlá, pily, dopravníkové pásy, turbíny, ventilátory). [1, s. 27; 2, s. 2; 3]

1.1 Frekvenčná regulácia rýchlosti asynchrónneho motora

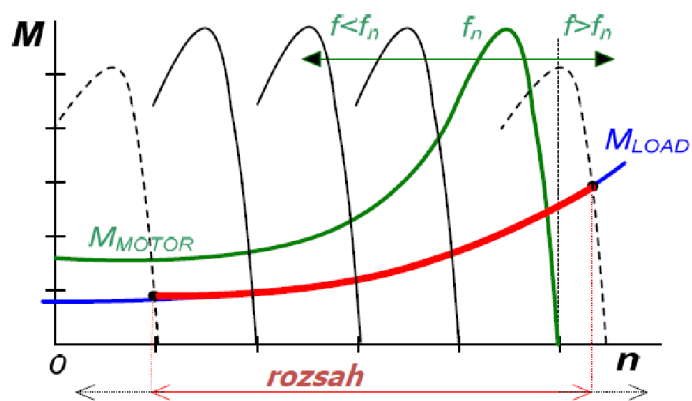
Všetky metódy riadenia otáčok asynchrónneho motora sú založené na vzťahu:

$$n = (60 * f)p * (1 - s), \quad (1.1)$$

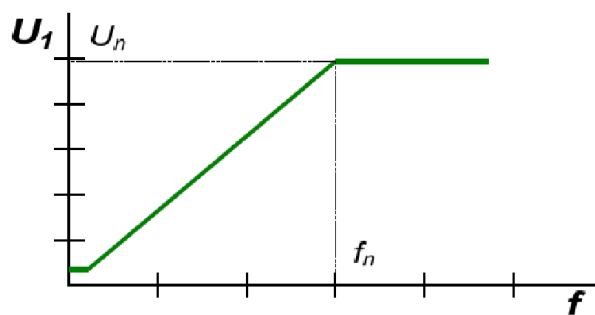
kde n sú otáčky rotora, f je frekvencia, p je počet pólov statora a s je sklz. [3, s. 31]

Asynchrónny stroj nakrátko, pripojený k sieti s konštantnou frekvenciou a napätím, má len jednu momentovú charakteristiku. Akýkoľvek požadovaný moment z rozsahu od voľnobehu po maximálny moment zodpovedá len jednému stabilnému bodu tejto charakteristiky, v ktorom môže stroj pracovať. [3, s. 31]

Zodpovedajúci rozsah otáčok je len zlomkom intervalu od nulových otáčok po otáčky zodpovedajúce voľnobehu. Ak však dokážeme nezávisle meniť napájaciu frekvenciu a napätie, môžeme dosiahnuť požadovaný krútiaci moment a otáčky za rôznych podmienok. K dispozícii sú teda rôzne charakteristiky. Preto, aby sme dosiahli široký rozsah regulácie, musíme asynchrónny motor napájať zo zdroja s premenlivou frekvenciou, ktorý umožňuje súčasnú zmenu výstupného napätia. [3, s. 31]



Obrázok 1.1 Momentové charakteristiky pri zmene frekvencie [1, s. 29]



Obrázok 1.2 U/f charakteristika nábehu asynchrónneho motora [1]

2. FREKVENČNÝ MENIČ ACS880-01 OD FIRMY ABB

Tento frekvenčný menič je postavený na široko kompatibilnej architektúre. Vyznačuje sa taktiež bezprecedentnou úrovňou flexibility a jednoduchosti používania. Kompaktný nástenný frekvenčný menič, ktorý má všetky dôležité funkcie už zabudované, šetrí miesto a čas pri inštalácii. Ponúka špičkové riadenie prakticky akéhokoľvek typu striedavého motora s priamym riadením krútiaceho momentu (DTC) vrátane motorov s permanentnými magnetmi a synchronných reluktančných motorov. Flexibilita je zaručená vďaka univerzálnej konektivitě a širokej škále interných a externých možností. [5]

Je postavený na spoločnej architektúre pohonov ABB:

- trieda krytia IP21,
- priame riadenie krútiaceho momentu DTC (Dynamic Torque Control) ako štandard,
- integrovaná bezpečnosť vrátane STO (Safe Torque Off) ako štandard,
- intuitívny ovládací panel s portom USB,
- zabudovaný filter EMC (Electromagnetic Compatibility), tlmivka a brzdoVý striedač,
- podpora širokej škály protokolov fieldbus-ových zberníc, vstupov/výstupov a kódov,
- konštrukcia schválená pre námorné lode. [5]



Obrázok 2.1 Frekvenčný menič ACS880-01 [6]

2.1 Technické údaje

Špecifické údaje pre používaný frekvenčný menič sú:

ACS880-01-04A6-2 (930) - UL (NEMA) Type 1 / IP21 Veľkosť krytu: R1 [6]

	Frame Size	Light Duty use			Heavy Duty use			Noise Level dB(A)	Heat Loss W*
		I_{LD} A	P_{LD} Hp	P_{LD} kW	I_{2HD} A	P_{HD} Hp	P_{HD} kW		
$U_N = 240$ V (range 208 to 240 V). Ratings are valid at nominal voltage 230 V, 60 Hz									
ACS880-01-04A6-2	R1	4.4	1	0.75	3.7	0.75	0.55	50	61

Nominal ratings

I_N	Rated current available continuously without overloadability at 40 °C.
P_N	Typical motor power in no-overload use.

Maximum output current

I_{max}	Maximum output current. Available for 10 seconds at start, then as long as allowed by drive temperature.
-----------	--

Light-overload use

I_{Ld}	Continuous current allowing 110% I_{Ld} for 1 minute every 5 minutes at 40 °C.
P_{Ld}	Typical motor power in light-overload use.

Heavy-duty use

I_{Hd}	Continuous current allowing 150% I_{Hd} for 1 minute every 5 minutes at 40 °C.
P_{Hd}	Typical motor power in heavy-duty use.

The ratings apply at 40 °C ambient temperature. At higher temperatures (up to 55 °C) the derating is 1%/1 °C.

¹⁾ 130% overload

²⁾ 125% overload

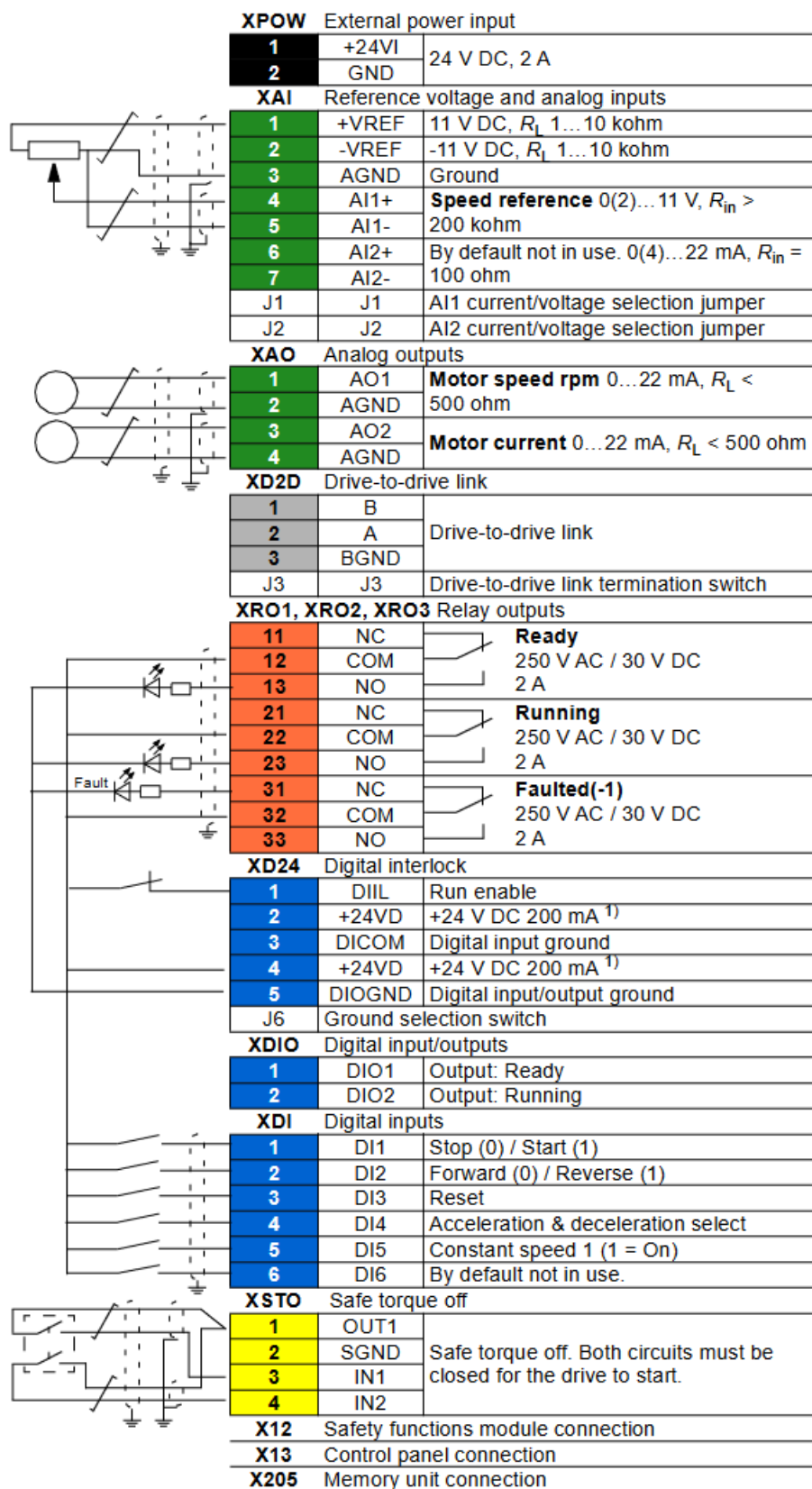
³⁾ For drives with enclosure class IP55 the ratings apply at 40 °C ambient temperature .

At higher temperature the derating is from 40 to 45 °C 1%/1 °C and 45 to 55 °C 2.5%/1 °C.

⁴⁾ For drives with enclosure class IP55 the ratings apply at 40 °C ambient temperature.

At higher temperature the derating is from 40 to 50 °C 1%/1 °C and 50 to 55 °C 2.5%/1 °C.

Obrázok 2.2 Technické parametre frekvenčného meniča [6]



Obrázok 2.3 Východiskové zapojenie frekvenčného meniča [7]

2.2 Operačné rozhrania

Frekvenčný menič môže byť ovládaný buď lokálne na ovládacom paneli (možnosť pripojenia drive composeru cez USB, bluetooth), alebo externe pomocou:

- I/O svoriek (digitálne a analógové vstupy) alebo voliteľných rozširujúcich I/O modulov,
- zabudovaného rozhrania zbernice alebo voliteľného modulu adaptéra zbernice,
- rozhrania externého riadiaceho systému (DDCS),
- prepojenia master/follower. [8]

2.2.1 Vstupy a výstupy

Riadiaca jednotka má dva programovateľné analógové vstupy. Každý zo vstupov môže byť nezávisle nastavený ako napät'ový (0/2 až 10 V alebo -10 až 10 V) alebo prúdový (0/4 až 20 mA). Riadiaca jednotka má dva prúdové (0...20 mA) analógové výstupy. Každý môže byť filtrovaný, invertovaný a škálovaný. [8]

Riadiaca jednotka má šesť digitálnych vstupov, digitálny vstup blokovania štartu a dva digitálne vstupy/výstupy (I/O, ktoré možno nastaviť ako vstup alebo výstup). Jeden digitálny vstup (DI6) slúži ako vstup PTC termistora. Digitálny vstup/výstup DIO1 možno použiť ako frekvenčný vstup a DIO2 ako frekvenčný výstup. Riadiaca jednotka má taktiež tri reléové výstupy. Všetky signály sa na riadiacej jednotke čítajú na časovej úrovni 0,5 ms. [8]

Počet vstupov/výstupov môže byť rozšírený pomocou modulov FIO-01, FIO-11. FIO-01 poskytuje 4 obojsmerné digitálne vstupy/výstupy a 2 elektromechanické relé. FIO-11 ponúka 3 analógové vstupy, 1 analógový výstup a 2 digitálne vstupy/výstupy. Tieto vstupy/výstupy sa aktualizujú v intervale 2 ms. [8]

2.2.2 Funkcia master/follower

Menič disponuje aj funkciou master/follower, ktorú možno použiť na prepojenie niekoľkých frekvenčných meničov tak, aby sa zaťaženie mohlo rovnomerne rozdeliť medzi pohony. To je ideálne v aplikáciách, kde sú motory navzájom prepojené prostredníctvom prevodov, reťazí, remeňov atď. [8]

Externé riadiace signály sú zvyčajne pripojené len k jednému pohonu, ktorý funguje ako master. Master ovláda až 10 nasledovníkov odosielaním vysielacích správ cez elektrický kábel alebo optické vlákno. Hlavný ovládač môže čítať spätné signály až z 3 vybraných sledovacích zariadení. [8]

2.2.3 Režim regulácie rýchlosti

Motor sa riadi zadanou referenčnou rýchlosťou. Tento režim sa môže použiť buď s odhadovanou rýchlosťou ako spätnou väzbou, alebo so snímačom, alebo s rezolverom

pre lepšiu presnosť regulácie rýchlosti. [8]

Režim regulácie otáčok je k dispozícii pri lokálnom aj externom riadení. K dispozícii je aj v režime DTC (priame riadenie momentu) aj v režime skalárneho riadenia motora. [8]

2.2.4 Režim riadenia krútiaceho momentu

Krútiaci moment motora sa riadi zadaným referenčným momentom. Riadenie krútiaceho momentu je možné bez spätnej väzby, ale je oveľa dynamickejšie a presnejšie, ak sa používa v spojení so zariadením so spätnou väzbou, ako je snímač alebo rezolver. [8]

Režim riadenia krútiaceho momentu je k dispozícii v režime riadenia motora DTC pre miestne aj externé ovládanie. [8]

2.2.5 Režim riadenia frekvencie

Motor sleduje referenčnú frekvenciu zadanú pohonom. Frekvenčné riadenie je k dispozícii len v režime skalárneho riadenia motora. [8]

2.2.6 Režim riadenia jednosmerného napätia

Tento režim je určený najmä pre aplikácie mimo siete, kde je jednotka meniča pripojená ku generátoru a napájacia jednotka vytvára sieť striedavého prúdu. Jednotka meniča reguluje jednosmerné napätie riadením krútiaceho momentu generátora. Na základe kapacity obvodu jednosmerného prúdu buď z internej databázy alebo z parametra zadaného používateľom a nameraného jednosmerného napätia, vydáva PI regulátor referenčný výkon. Výkon sa potom prevádza na referenčný krútiaci moment. [8]

Režim riadenia jednosmerného napätia je k dispozícii len pri pohonoch s riadiacou jednotkou BCU. [8]

2.2.7 Špeciálne režimy riadenia

Medzi špeciálne režimy riadenia patria:

- procesné PID riadenie,
- režimy núdzového zastavenia Off1 a Off3: pohon sa zastaví pozdĺž definovaného spomalenia rampy a zastaví sa modulácia pohonu,
- režim jogging: pohon sa spustí a zrýchľuje na definovanú rýchlosť, keď je aktivovaný signál joggingu. [8]

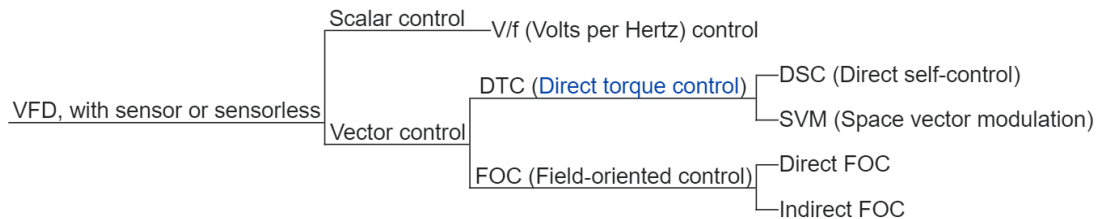
2.2.8 Ostatné operačné rozhrania

Medzi ostatné operačné rozhrania patria:

- rozhranie externého ovládača,
- ovládanie zásobovacej jednotky (LSU). [8]

2.3 Riadenie motora

Na obrázku 2.4 je vidieť že motor sa dá ovládať rôznymi spôsobmi. Hlavné rozdelenie je riadenie skalárne a vektorové. V tejto práci bude využívané riadenie skalárne, ako aj vektorové riadenie DTC. Spomínaný frekvenčný menič nedisponuje riadením FOC.



Obrázok 2.4 Prehľad typov riadenia asynchrónneho motora [8]

2.3.1 Direct Torque Control (DTC)

Riadenie motora je založené na priamom riadení krútiaceho momentu (DTC). Spínanie výstupných polovodičových tranzistorov je riadené tak, aby sa dosiahol požadovaný satorový tok a krútiaci moment motora. Referenčná hodnota pre regulátor krútiaceho momentu pochádza z regulátora otáčok, jednosmerného napätia, alebo priamo z externého referenčného zdroja krútiaceho momentu. [8]

Riadenie motora si vyžaduje meranie jednosmerného napätia a prúdov dvoch fáz motora. Satorový tok sa vypočíta integráciou napätia motora vo vektorovom priestore. Krútiaci moment motora sa vypočíta ako krížový súčin satorového toku a rotorového prúdu. Využitím identifikovaného modelu motora sa zlepšuje odhad satorového toku. Skutočné otáčky hriadeľa motora nie sú potrebné na riadenie motora. [8]

Hlavným rozdielom medzi tradičným riadením a DTC je, že riadenie krútiaceho momentu pracuje na rovnakej časovej úrovni ako riadenie výkonového spínača. Neexistuje žiadny samostatný modulátor PWM (pulzne šírková modulácia) riadený napätím a frekvenciou. Spínanie výstupného stupňa je plne založené na elektromagnetickom stave motora. [8]

Najlepšia presnosť riadenia motora sa dosahuje aktiváciou samostatného motora identifikačného chodu (ID run). [8]

2.3.2 Referenčné rampy

Čas zrýchlenia a spomalenia možno nastaviť individuálne pre referencie rýchlosti, krútiaceho momentu i frekvencie. [8]

Pri referencii rýchlosti a frekvencie sú rampy definované ako čas, ktorý je potrebný na zrýchlenie alebo spomalenie medzi nulovými otáčkami, prípadne frekvenciou a hodnotou definovanou parametrom frekvenčného meniča. [8]

Používateľ môže prepínať medzi dvoma prednastavenými súpravami rámp pomocou binárneho zdroja, akým je napríklad digitálny vstup. V prípade referenčnej rýchlosti je možné ovládať aj tvar rampy. [8]

Pri referencii krútiaceho momentu sú rampy definované ako čas, ktorý je potrebný na zmenu medzi nulovým a nominálnym krútiacim momentom motora. [8]

Rampy môžu byť zvlášť nastavené pre módy jogging, emergency stop (“Off3”) alebo funkciu potenciometru. [8]

2.3.3 Kritické pásma hodnôt rýchlosti a frekvencie

Kritické pásma hodnôt rýchlosti a frekvencie môžu byť nastavené pre vyhnutie sa určitým rozsahom rýchlostí alebo frekvencií ktoré môžu spôsobiť problémy ako napríklad mechanickú rezonanciu. [8]

2.3.4 Automatické ladenie regulátora otáčok

Automatické ladenie je založené na odhade mechanickej časovej konštanty (zotrvačnosti) motora. Rutina automatického ladenia spustí motor cez sériu zrýchlení/spomalení a podľa nastavenia jedného z módov Smooth, Normal alebo Tight nadefinuje správanie reakcie referencie krútiaceho momentu na skok referencie rýchlosti. [8]

2.3.5 Funkcia tlmenia kmitov

Funkcia tlmenia kmitov sa môže použiť na potlačenie kmitov spôsobených mechanikou alebo oscilujúcim jednosmerným napätím. Funkcia na výstupe generuje sínusový signál, ktorý je následne sčítavaný so vstupným signálom pri vhodnom zosilnení a fázovom posune, čo vedie k zníženiu kmitov tohto signálu. [8]

2.3.6 Kontrola zrýchlenia

Pri regulácii krútiaceho momentu by sa motor mohol potenciálne rozbehnúť, ak by náhle došlo k strate záťaže. Riadiaci program má funkciu kontroly zrýchlenia, ktorá znižuje referenčný krútiaci moment, ak rýchlosť motora prekročí stanovenú rýchlosť. [8]

2.3.7 Podpora enkodérov a rezolverov

Program podporuje 2 jednootáčkové alebo viacotáčkové snímače (alebo rezolvery). K dispozícii sú nasledujúce voliteľné moduly rozhrania:

- rozhranie TTL enkodéru FEN-01: dva vstupy TTL, výstup TTL (pre snímač) a dva digitálne vstupy,
- rozhranie absolútneho snímača FEN-11: vstup absolútneho snímača, vstup TTL, TTL (pre emuláciu enkodéra a echo) a dva digitálne vstupy,
- rozhranie rezolvera FEN-21: vstup rezolvera, vstup TTL, výstup TTL (pre enkodér a echo) a dva digitálne vstupy,
- rozhranie HTL enkodéru FEN-31: HTL vstup enkodéra, TTL výstup (pre enkodér, echo a dva digitálne vstupy. [8]

2.3.8 Jogging

Funkcia jogging umožňuje pomocou momentového spínača krátkodobo otáčať motor. Zvyčajne sa používa počas servisu alebo uvádzania do prevádzky na lokálne ovládanie strojového zariadenia. [8]

Keď je aktivovaný jogging, pohon sa spustí a zrýchľuje na požadovanú rýchlosť po definovanej rampe zrýchlenia. Po vypnutí sa pohon spomalí až na doraz pozdĺž definovanej spomaľovacej rampy joggingu. [8]

2.3.9 Skalárne ovládanie motora

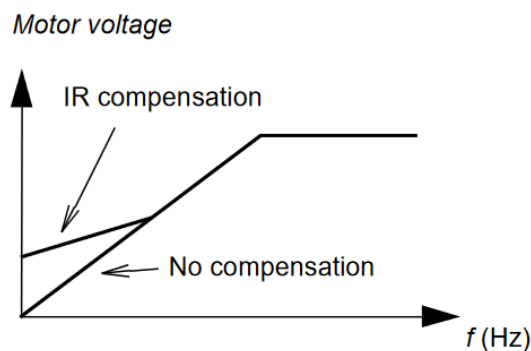
V režime skalárneho riadenia sa pohon riadi pomocou referenčných otáčok/frekvencie. Odporúča sa aktivovať režim skalárneho riadenia motora:

- ak je menovitý prúd motora menší ako 1/6 menovitého výstupného prúdu pohonu,
- ak sa pohon používa bez pripojeného motora (napríklad na testovacie účely),
- ak pohon prevádzkuje strednapät'ový motor cez zvyšovací transformátor alebo v prípade multimotorových pohonov, ak
 - zaťaženie nie je rovnomerne rozdelené medzi motory,
 - motory majú rôzne veľkosti, alebo
 - motory sa budú meniť po identifikácii motora (ID run). [8]

Pri skalárnom riadení nie sú k dispozícii niektoré štandardné funkcie. [8]

IR (Internal Resistance) kompenzácia pre skalárne riadenie motora

IR (Internal Resistance) kompenzácia (známa aj ako napät'ové zvýšenie) je k dispozícii len vtedy, ak sa motor nachádza v režime skalárneho riadenia. Poskytuje motora dodatočné zvýšenie napätia pri nízkych otáčkach. Je užitočná v aplikáciách, ktoré si vyžadujú vysoký nábehový krútiaci moment. [8]



Obrázok 2.5 IR kompenzácia. [8]

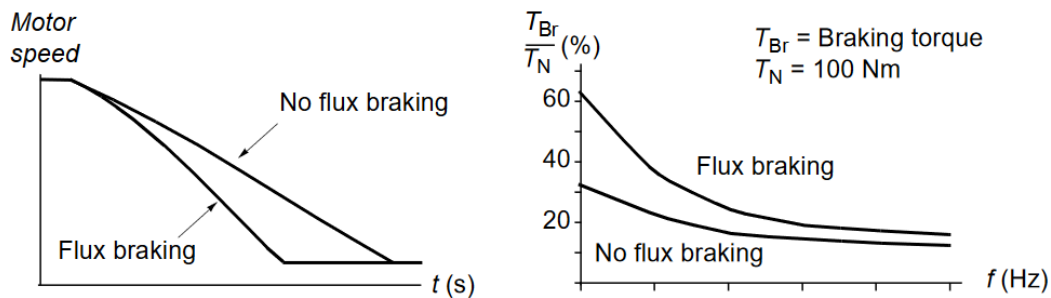
2.3.10 Autofázovanie

Autofázovanie je automatický postup merania na určenie uhlovej polohy magnetického

toku synchronného motora s permanentnými magnetmi, alebo magnetickej osi synchronného reluktančného motora. Riadenie vyžaduje absolútnu polohu magnetického toku, aby bolo možné presne riadiť krútiaci moment motora. [8]

2.3.11 Brzdenie magnetickým tokom

Pohon môže zabezpečiť väčšie spomalenie zvýšením úrovne magnetizácie motora. Zvýšením magnetického toku v motore sa energia generovaná motorom počas brzdenia mení na tepelnú energiu. Na pravej strane obrázku 2.6 je vidieť že pri zapnutí funkcie je brzdiaci moment približne dvakrát väčší. [8]



Obrázok 2.6 Brzdenie magnetickým tokom [8]

2.3.12 Magnetizácia jednosmerným prúdom

Magnetizácia jednosmerným prúdom sa môže použiť na:

- ohriatie motora, aby sa zabránilo kondenzácii, alebo
- na zablokovanie rotora pri nulových otáčkach, alebo v ich blízkosti (DC hold),
- pred-magnetizovanie pre zvýšenie nábehového momentu. [8]

Rozdelenie funkcií:

- predhriatie,
- predmagnetizovanie,
- DC hold,
- post-zmagnetizovanie,
- stála magnetizácia. [8]

2.3.13 Šesťuholníkový vzor toku motora

Pri prevádzke nad bodom zoslabenia poľa (FWP) nie je možné dosiahnuť 100 % výkonu napätia, čím sa znižuje špičková zaťažiteľnosť pohonu. Pri použití šesťuholníkového vzoru vektora toku motora môže byť maximálne výstupné napätie dosiahnuté nad bodom oslabenia poľa. Tým sa síce zvyšuje špičková zaťažiteľnosť v porovnaní s kruhovým vzorom, ale trvalá zaťažiteľnosť v rozsahu $FWP \dots 1,6 \times FWP$ sa znižuje z dôvodu

zvyšujúcich sa strát. [8]

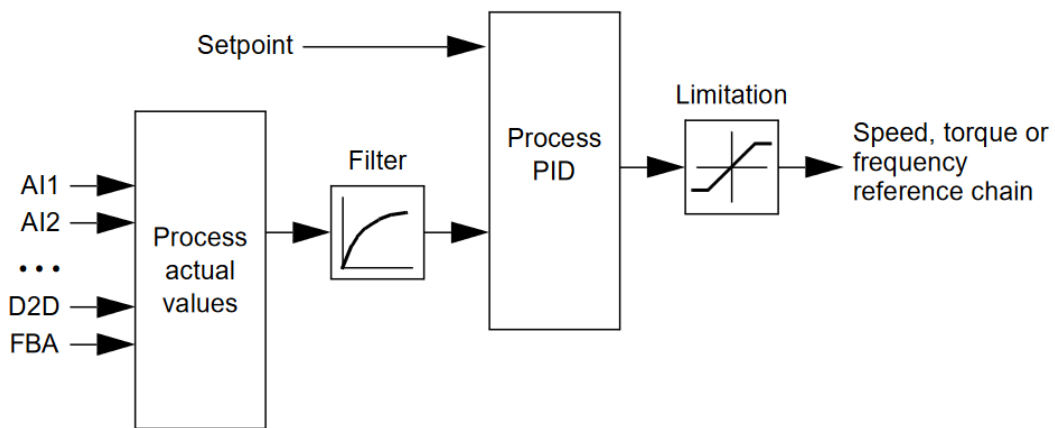
2.3.14 Ostatné funkcie riadenia motora

Medzi ostatné funkcie riadenia motora patria:

- konštantné otáčky/frekvencie,
- eliminácia rezonančnej frekvencie. [8]

2.4 PID regulácia

Pri procesnej PID regulácii je k frekvenčnému meniču pripojená referenčná hodnota procesu (žiadaná hodnota) a aktuálna hodnota (procesná spätná väzba). Procesná PID regulácia upravuje otáčky pohonu tak, aby sa udržala meraná veličina na požadovanej úrovni. Procesná PID regulácia pracuje v časovom intervale 2 ms. [8]



Obrázok 2.7 PID regulácia [8]

PID regulácia disponuje funkciami ako funkcia spánku na šetrenie energie alebo funkcia sledovania. [8]

2.5 Riadenie jednosmerného napätia

Medzi riadenie jednosmerného napätia patria funkcie kontroly prepätia a podpätia, brzdoý chopper, regulácia napätia, limity vypnutia a režim regulácie jednosmerného napätia. [8]

2.5.1 Kontrola prepätia

Kontrola prepätia jednosmerného napätia je zvyčajne potrebná, keď je motor v režime generovania. Aby sa zabránilo tomu, že jednosmerné napätie prekročí hranicu regulácie prepätia, regulátor prepätia automaticky zníži generujúci moment, keď dosiahne limit. Regulátor prepätia tiež zvyšuje akýkoľvek naprogramovaný čas spomalenia, ak sa

dosiahne limit. Na dosiahnutie kratších časov spomalenia sa môže použiť brzdový chopper a rezistor. [8]

2.5.2 Regulácia podpätia (riadenie straty výkonu)

Ak dôjde k prerušeniu vstupného napájacieho napätia, pohon bude pokračovať v prevádzke využitím kinetickej energie rotujúceho motora. Pohon bude plne funkčný, pokiaľ sa motor otáča a vytvára energiu. [8]

2.5.3 Brzdový chopper

Brzdový chopper sa môže použiť na spracovanie energie generovanej spomaľovaním motora. Keď jednosmerné napätie stúpne dostatočne vysoko, chopper spojí obvod jednosmerného prúdu s externým brzdovým odporom. Chopper pracuje na základe PWM (pulzne šírkovej modulácie). [8]

2.6 Bezpečnostné možnosti

Medzi bezpečnostné funkcie patria núdzové zastavenie, tepelná ochrana, brzdenie, ochrana proti preťaženiu a mnohé ďalšie. Ďalšie rozšírenie je možné pomocou Profisafe modulu opísanom v kapitole 2.10.

2.6.1 Núdzové zastavenie pomocou control word bitov Off 1 až 3

- Off1: zastavenie pozdĺž štandardnej spomaľovacej rampy definovanej pre konkrétny používaný referenčný typ. [8]
- Off2: Zastavenie pri jazde na voľnobeh. [8]
- Off3: Zastavenie pomocou rampy núdzového zastavenia. [8]

2.6.2 Tepelná ochrana motora

Riadiaci program obsahuje dve samostatné funkcie monitorovania teploty motora. Zdroje údajov o teplote a výstražné/spúšťacie limity možno nastaviť nezávisle pre každú funkciu.

Teplotu motora možno monitorovať pomocou:

- modelu tepelnej ochrany motora (odhadovaná teplota odvodená interne vo vnútri frekvenčného meniča), alebo
- snímačov inštalovaných vo vinutí. Výsledkom bude presnejší model motora. [8]

2.6.3 Brzdenie

Pre brzdenie je v ACS880-01 zabudovaný brzdový chopper spolu s ovládaním. Systém tiež dohliada na stav, zisťuje poruchy akými sú napríklad skraty a vypočítava prehriatie. Samostatne sú taktiež k dispozícii brzdové rezistory.

$U_N = 400 \text{ V (range 380 to 415 V)}$						
Braking power		Brake resistor(s)				Drive type
P_{brcont} (kW)	R_{min} (ohm)	Type	R (ohm)	E_r (kJ)	P_{rcont} (kW)	
0.75	78	JBR-03	80	40	0.14	ACS880-01-02A4-3
P_{brcont}	Continuous brake chopper power. The value applies to the minimum resistance value. With a higher resistance value, the P_{brcont} may increase in some ACS880 units.					
R	Resistance value for the listed resistor type.					
R_{min}	Minimum allowable resistance value for the brake resistor.					
E_r	Energy pulse that the resistor assembly will withstand (400 s duty cycle). This energy will heat the resistor element from 40 °C to the maximum allowable temperature.					
P_{rcont}	Continuous power (heat) dissipation of the resistor when placed correctly. Energy E_r dissipates in 400 seconds.					

Obrázok 2.8 Parametre pre brzdné rezistory [6]

2.6.4 EMC - elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita je schopnosť elektrického/elektronického zariadenia pracovať bez problémov v elektromagnetickom prostredí. Rovnako zariadenie nesmie rušiť alebo zasahovať do žiadneho iného výrobku, alebo systému v jeho okolí. Ide o právnu požiadavku pre všetky zariadenia uvedené do prevádzky v rámci Európskeho hospodárskeho priestoru (EHP).

Selecting an EMC filter						
Drive type	Voltage (V)	Frame sizes	1 st environment, restricted distribution, C2, grounded network (TN) Option code	2 nd environment, C3, grounded network (TN) Option code	2 nd environment, C3, ungrounded network (IT) Option code	2 nd environment, C4, grounded network (TN) ²⁾
ACS880-01	208 to 240	R1 to R8	+E202	+E200	+E201	–
ACS880-01	380 to 500	R1 to R9	+E202	+E200	+E201 ³⁾	As standard

¹⁾ 2nd environment, C4: ACS880-01, 380 to 500 V, frame sizes R1 to R5. ACS880-01, 690 V, frame sizes R3 to R6. ACS880-07, 690 V, frame size R6.

²⁾ EMC plan required.

³⁾ Please contact your local ABB.

⁴⁾ Radiated emission and immunity (cabinet construction).

⁵⁾ Not available for R6.

Obrázok 2.9 EMC parametre [6]

Ochrana motora proti preťaženiu

Tepelná ochrana kábla motora

Ďalšie programovateľné ochranné funkcie:

- externé udalosti,
- detekcia straty fázy motora,
- detekcia poruchy uzemnenia,
- detekcia bezpečného vypnutia krútiaceho momentu,
- vymenená napájacia a motorová kabeláž,
- ochrana proti zablokovaniu,

- ochrana proti nadmerným otáčkam,
- dohľad nad zastavením rampy,
- dohľad nad hlavným chladiacim ventilátorom,
- vlastné obmedzenie poruchového prúdu motora,
- lokálna detekcia straty riadenia. [6; 8]

2.7 Ostatné funkcie

Medzi ostatné frekvenčného meniča patria:

- súbory používateľských parametrov,
- výpočet kontrolného súčtu parametrov,
- používateľský zámok,
- parametre ukladania údajov,
- funkcia redukovaného chodu,
- podpora filtra du/dt,
- podpora sínusového filtra,
- režim smerovača pre riadiacu jednotku BCU. [8]

2.8 Využitie

Frekvenčné meniče triedy AC880-01 od firmy ABB majú široké využitie v rôznych priemyselných aplikáciách, ako napríklad: čerpadlá, ventilátory, kompresory, dopravníky, miešadlá, obrábacie stroje, extrudéry, automatizačné systémy, atď. [6]

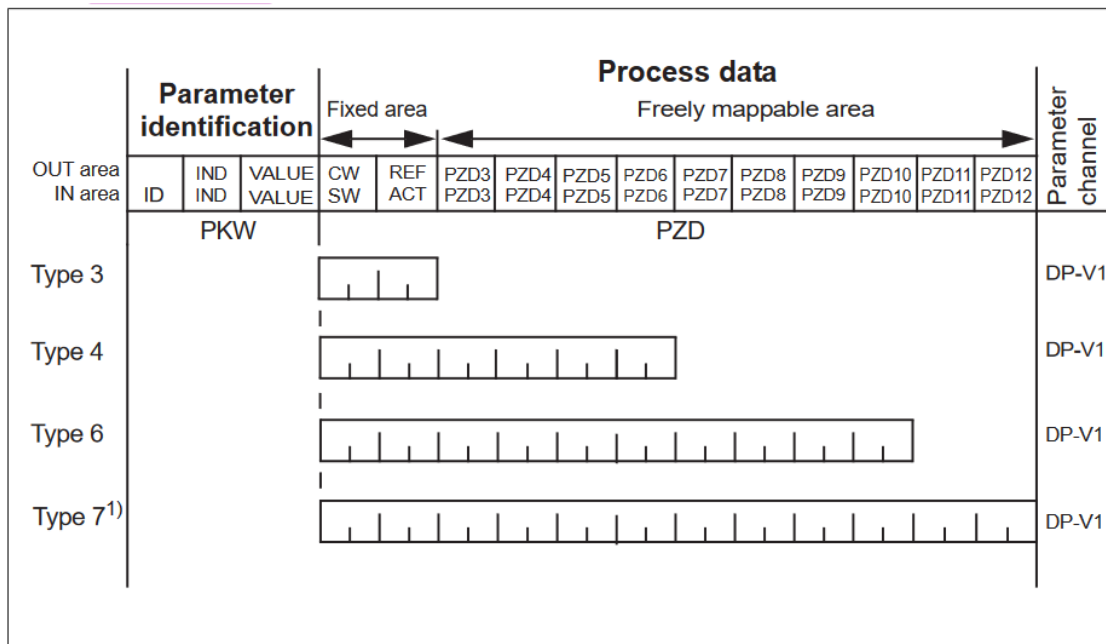
Široká škála použití AC880-01 pramení z jeho schopnosti prispôbiť sa rôznym priemyselným procesom, kde je presná kontrola motora kľúčová pre efektívnosť, úspory energie a celkový prevádzkový úspech. [6]

2.9 FPNO-21 Profinet fieldbus modul

Pripájací modul FPNO-21 je zásuvné zariadenie pre pohony ABB, ktoré umožňuje pripojenie pohonu k sieti Profinet IO. Prostredníctvom pripájacieho modulu sa dá:

- zadávať riadiace príkazy pohonu (napríklad Start, Stop, Run enable),
- privádzať do frekvenčného meniča referenčné údaje o otáčkach alebo o krútiacom momente motora,
- odovzdať aktuálnu hodnotu procesu alebo referenciu procesu PID regulátoru frekvenčného meniča,
- čítať stavové informácie a skutočné hodnoty z frekvenčného meniča,
- resetovať poruchu frekvenčného meniča,
- čítať/zapisovať parametre frekvenčného meniča,
- pripojiť nástroj Drive composer,

- synchronizovať hodiny reálneho času. [10]



Obrázok 2.10 Cyklické správy modulu FPNO-21 (PPO typy) [10]

OUT oblasť – Údaje odoslané z nadradeného zariadenia do podradeného (riadiace údaje)

IN oblasť – Údaje odoslané z podriadeneho zariadenia do nadradeného (aktuálne údaje)

Identifikácia parametrov:

ID - identifikácia parametra

IND - Index pre polia

VALUE - hodnota parametra (max. 4 bajty)

PKW - ID/hodnota parametra

Údaje o procese:

CW (control word) - riadiace slovo

SW (status word) - stavové slovo

REF - referenčné číslo

ACT - skutočná hodnota

PZD - procesné údaje (špecifické pre aplikáciu)

DW - dátové slovo [10]

2.10 FSPS-21 Profisafe modul bezpečnostných funkcií

Na zabezpečenie spoľahlivého bezpečnostného riešenia pre potreby výroby slúži modul bezpečnostných funkcií Profisafe (FSPS-21) Zásuvný modul bezpečnostných funkcií FSPS-21 využíva zabudované bezpečnostné funkcie prostredníctvom Profisafe a riadi pohon prostredníctvom siete Profinet. [11; 12]

Modul má zabudované funkcie bezpečného vypnutia momentu (STO) a bezpečného zastavenia 1 (SS1-t). Má certifikát TÜV a môže sa používať v najnáročnejších aplikáciách (SIL3 / PL e) bez toho, aby bola ohrozená bezpečnosť. [11; 12]

Integráciou FSPS-21 do pohonu eliminuje potrebu externých komponentov, ako sú bezpečnostné relé a stýkače. Znížený počet komponentov, ako aj zjednodušené technické a priestorové požiadavky urýchľujú prácu pri návrhu bezpečnostného systému. [11; 12]

2.10.1 STO (Safe torque off) - Bezpečné vypnutie krútiaceho momentu

Funkcia STO bezpečne uvedie stroj do stavu bez krútiaceho momentu a zabráni náhodnému spusteniu. Funkcia STO v module FSPS-21 aktivuje frekvenčný menič, t. j. otvorí obvod STO v pohone, čím sa zabráni tomu, aby sa generoval krútiaci moment potrebný na otáčanie motora. Ak je motor v chode keď je funkcia STO aktivovaná, zastaví sa. [12]

2.10.2 SS1 (Safe stop 1) – Bezpečné zastavenie s monitorovaním času

Funkcia SS1-t bezpečne zastaví motor znížením jeho otáčok. FSPS-21 aktivuje funkciu STO pohonu keď sa dosiahne definovaná nulová hranica otáčok. Funkcia SS1 využíva parameter frekvenčného meniča rampy núdzového zastavenia. [12]

Modul FSPS-21 monitoruje zastavovaciu rampu s časovým obmedzením. Ak rýchlosť motora nedosiahne používateľom definovanú hranicu nulových otáčok v stanovenom časovom limite, modul aktivuje funkciu STO, motor sa zastaví a modul FSPS-21 vytvorí poruchu. [12]

3. KOMUNIKAČNÉ ROZHRANIA PROFINET, PROFIBUS A PROFISAFE

Tieto komunikačné rozhrania umožňujú spoľahlivú a efektívnu komunikáciu v priemyselných prostrediach, pričom Profisafe zabezpečuje aj bezpečnú výmenu informácií.

3.1 Profinet

Profinet je moderný priemyselný ethernetový systém, ktorý využíva iba switche a plne duplexný režim, a tým úplne eliminuje tzv. kolízie. Profinet využíva existujúce informačné štandardy a technológie, ako sú internetový protokol (IP), TCP, UDP atď. [13; 14]

Na rozdiel od týchto štandardov však Profinet pracuje v "reálnom čase" a je deterministický. Profinet je plne kompatibilný so sieťami Profibus a pripája sa k nim prostredníctvom štandardizovaných brán. [13; 14]

3.2 Profibus

Ide o najrozšírenejší fieldbus na svete. Fieldbus je digitálna sériová priemyselná komunikačná zbernica pre decentralizované riadenie v reálnom čase, definovaná štandardom IEC 61158. Používa sa v spracovateľskom a výrobnom priemysle na riadenie diskretných i spojitých procesov a na komunikáciu medzi rôznymi zariadeniami v danom priemysle. Výhodami sú napríklad medzinárodná štandardizácia a taktiež široká dostupnosť a podpora. [13; 14]

Fieldbus používa deterministickú komunikáciu, čo znamená, že pravidlá prenosu sú jednoznačne definované a jeho výsledok je predpovedateľný. Dá sa tým garantovať prístup k médiu. [13; 14]

Delenie:

- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification),
- Profibus PA (Process Automation),
- Profibus DP (Decentralized Periphery). [13; 14]

3.3 Profisafe

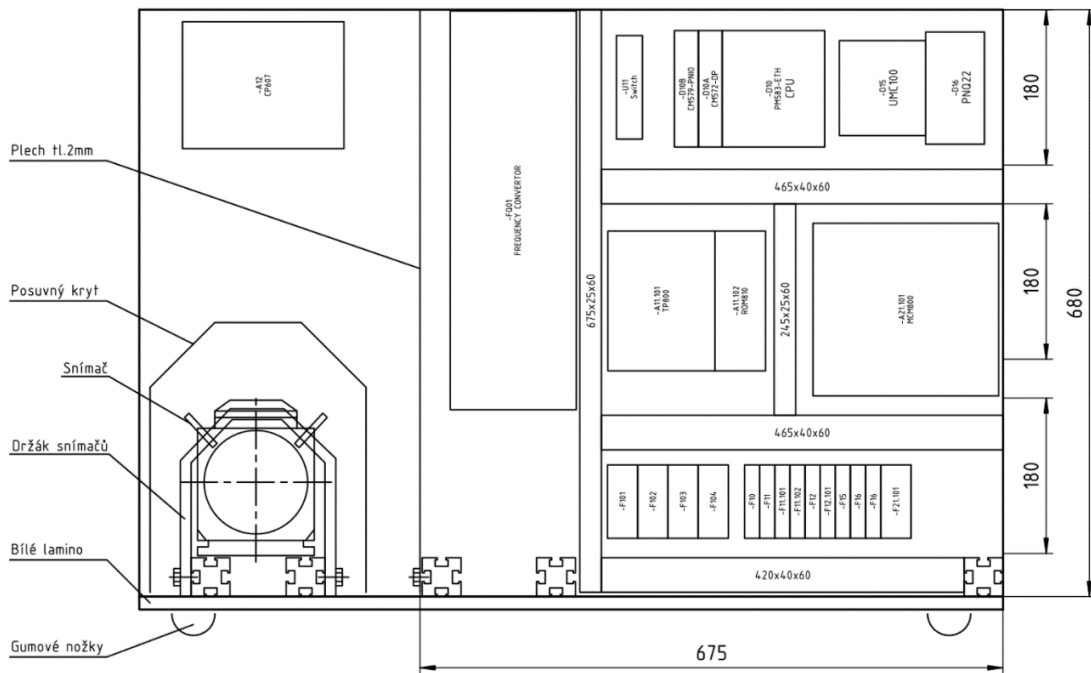
Profisafe je dodatočná softvérová vrstva, ktorá zabezpečuje funkčnú bezpečnosť na zbernici v sieťach Profinet (alebo Profibus). Profisafe sa postará o časť komunikácie týkajúcu sa funkčnej bezpečnosti. Zabezpečuje integritu bezpečnostných signálov prenášaných medzi bezpečnostnými zariadeniami a bezpečnostnou riadiacou jednotkou, ktorá spĺňa príslušné bezpečnostné normy pre priemyselné siete. [15]

4. POPIS PANELU PRE DEMONŠTRAČNÚ ÚLOHU

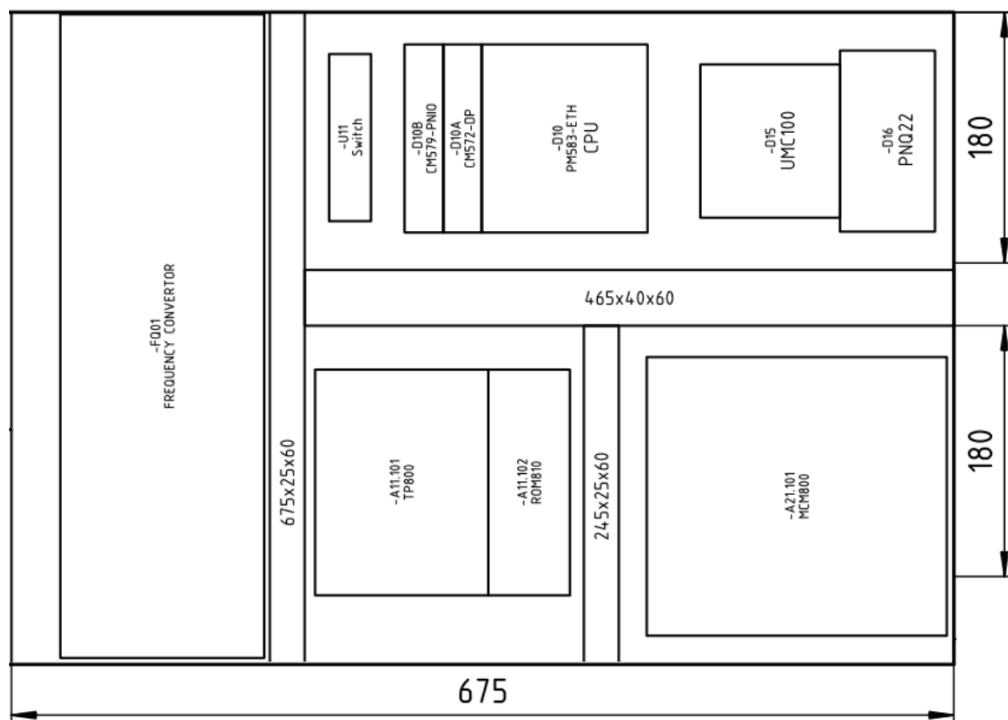
Na obrázku 4.1 môžeme vidieť opisovaný demonštračný panel, ktorý je tvorený frekvenčným meničom, PLC, HMI panelom, asynchrónnym motorom, motorovým spúšťačom, Profinet a Profibus modulmi na riadenie komunikácie a snímačov. Je doplnený o bezpečnostné prvky. Modul FPNO-21 je pripojený vo vnútri frekvenčného meniča zo spodnej časti. Profibus prvky zatiaľ nie sú zahrnuté do obsahu návrhu úloh.



Obrázok 4.1 Demonštračný panel



Obrázok 4.2 Technický výkres čela demonstračného prípravku [16]



Obrázok 4.3 Detail technického výkresu čela demonstračného panelu [16]

FQ01 – Frekvenčný menič ACS880-01 INDUSTRIAL DRIVE 3f, 1000W s modulom FPNO-21

D10B - CM579-PNIO - 1SAP170901 R0101

- Komunikačný modul Profinet, Profinet I/O RT
- 2 x Profinet port

D10A - CM572-DP - 1SAP170200R0001

- Profibus DPMaster V0/V1, Master 12 MBit/s
- 1 x Profibus port
- Profibus DP (decentralizovaná periféria)
- Master v Profibus komunikácii – riadi komunikáciu s perifériami (slaves)

D10 - PM583-ETH

- Procesorová jednotka(PLC), 96 MHz, 32 MB RAM, 12 x S800 I/O

D15 - UMC100.3 DC

- Univerzálny motorový spúšťač
- Zdroj 24 V DC, 6 DI, 4 DO, PTC vstup

D16 - PNQ22-FBP.0 1SAJ261000R0100

- Komunikačný modul pre Profinet, Profinet IO Interface
- 2 x Profinet port

A11.101 – TP800

- Modul ochrany turbíny, 3AI, 5 DI, 2 rýchlosti

A11.102 – Reléový modul ROM810

- 2x Relé

A21.101 - MCM800

- Monitorovací modul, 4 AI, 1 DO, TBU850

M01 - M2AA 071B 2 - 550W, 3f – asynchrónny kľetkový indukčný motor

V	Hz	kW	r/min	A	cosφ
230 D	50	0.55	2790	2.2	0.78
400 Y	50	0.55	2790	1.29	0.78
460 Y	60	0.55	3420	1.12	0.75

Obrázok 4.4 Parametre motora

A12 - Procesný panel CP607 [16]

4.1 Modul ochrany turbíny TP800

Konfiguruje sa pomocou rozhrania Profibus a poskytuje **funkcie** ako:

- ochrana proti prekročeniu rýchlosti,

- vypnutie pri prekročení rýchlosti,
- ochrana proti zrýchleniu,
- predvídanie vypnutia,
- predvídanie poklesu zaťaženia,
- asymetria výkonového zaťaženia (tri rôzne typy),
- ovládanie reléového modulu ROM810. [17]

Prevádzková nezávislosť od nadradenej riadiacej jednotky má za následok vysokú spoľahlivosť a rýchlu odozvu. Detekcia nadmernej rýchlosti sa vykoná za menej ako 8 ms. [17]

Pozn.: tento modul v návrhoch demonštračných úloh nie je zahrnutý

4.2 Monitorovací modul MCM800

Funkčnosť

MCM800 poskytuje kompletný súbor funkcií navrhnutých na riešenie všetkých potrieb rotačných strojov, ktoré umožňujú implementáciu všetkých bežných monitorovacích a ochranných schém. Poskytované funkcie sledujú napríklad:

- vibrácie,
- excentricitu
- polohu ťahu (rotora),
- relatívnu expanziu,
- absolútnu expanziu. [17]

Pozn.: tento modul v návrhoch demonštračných úloh nie je zahrnutý

5. NÁVRH DEMONŠTRAČNÝCH ÚLOH

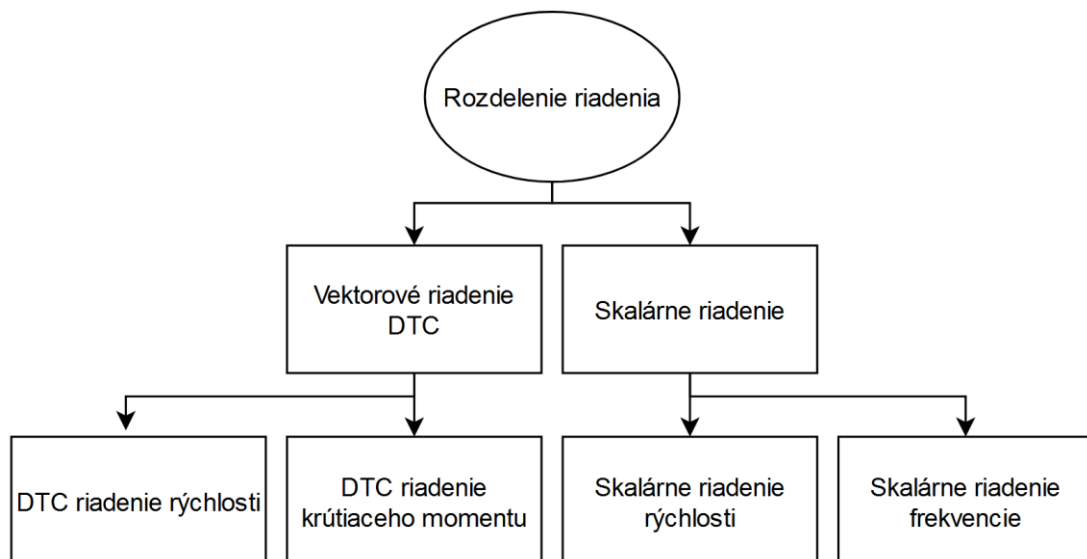
Demonštračné úlohy budú slúžiť na ukážku rôznych typov riadenia, operačných módov, nastavení a rôznych ďalších funkcií, medzi ktoré patria aj rôzne bezpečnostné funkcie.

Výber z týchto možností bude prehľadne realizovaný na HMI paneli nad motorom, kde ich užívateľ bude môcť voliť, spúšťať a nastavovať. Následne budú sledované a prehľadne zobrazované výstupné signály a budú nastavené parametre a grafické priebehy veličín ako rýchlosť, moment a frekvencia v čase.

Programová aj vizualizačná časť bude realizovaná v programe Automation Builder od firmy ABB pomocou funkčných blokov a štruktúrovaného textu. Práca bude obsahovať dve hlavné úlohy s názvami Demo 1 a Demo 2 medzi ktorými bude užívateľ môcť prepínať.

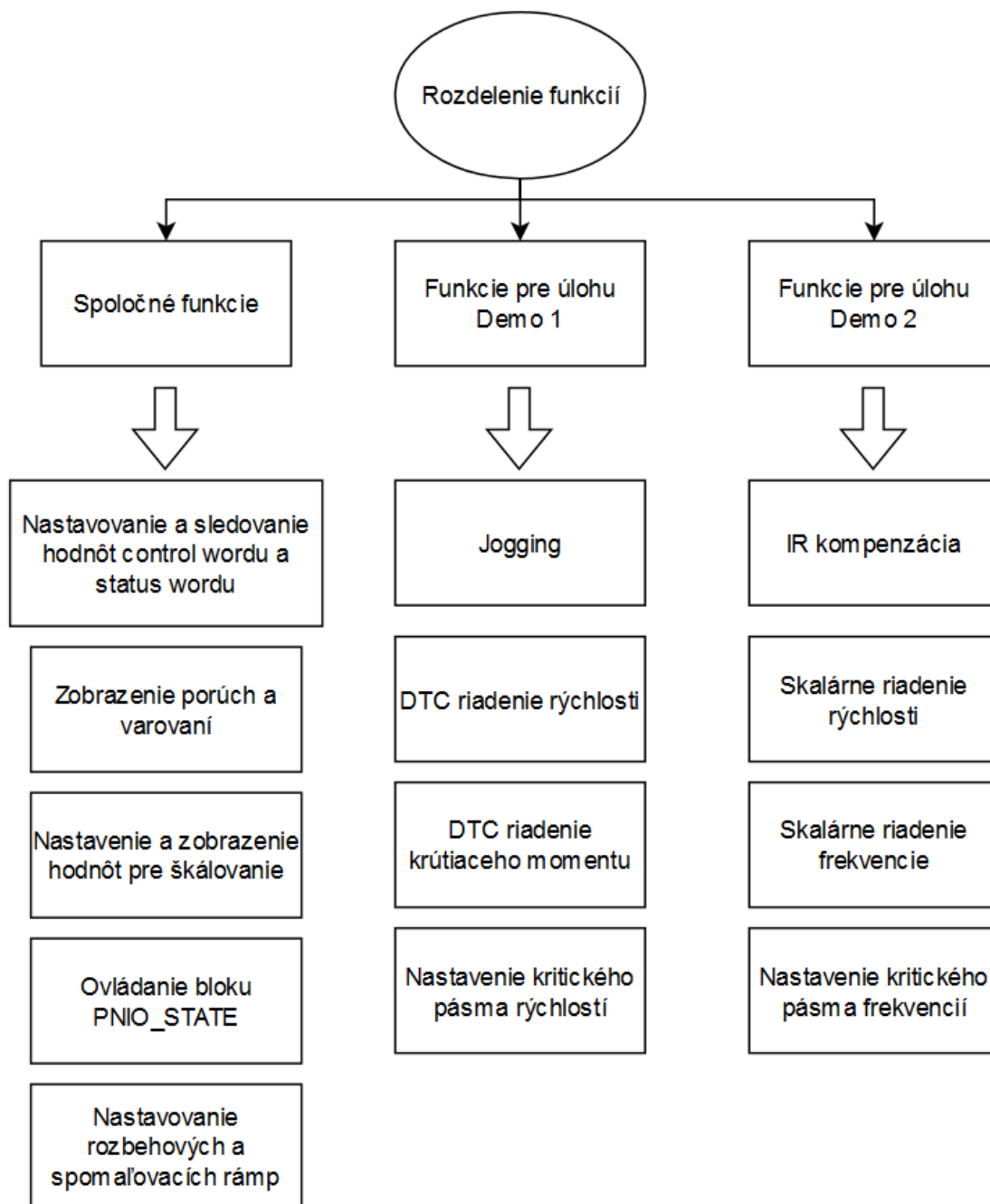
5.1 Základné rozdelenie daných riadiacich úloh

Hlavné rozdelenie je podľa riadenia a to na riadenie DTC alebo riadenie skalárne. To je možné vidieť v diagrame na obrázku 5.1. Úloha Demo 1 bude realizovať riadenie DTC, a to rýchlostné a momentové. Úloha Demo 2 bude realizovať skalárne riadenie rýchlosti a frekvencie.



Obrázok 5.1 Diagram základného rozdelenia riadenia

Rozdelenie funkcií do jednotlivých úloh vidno v diagrame na obrázku 5.2.



Obrázok 5.2 Diagram rozdelenia jednotlivých funkcií medzi úlohy Demo 1 a Demo 2

6. SOFTWAREOVÉ APLIKÁCIE POUŽITÉ NA TVORBU APLIKÁCIE

V tejto kapitole je popísaný software pomocou ktorého boli aplikácie realizované, jeho konfigurácia a jednotlivé časti programu. Použitým softwarom bol program Automation Builder of firmy ABB ktorého súčasťou je aj software na tvorbu HMI Panel Builder 600. Ďalší nástroj ktorý bol použitý je aj program Drive Composer taktiež od firmy ABB.

6.1 Program Drive Composer

Program Drive Composer od firmy ABB slúži na monitorovanie, nastavovanie jednotlivých parametrov frekvenčného meniča, ako aj na jednoduché rýchle ovládanie zahrňujúce štart, stop, zastavenie v klze, reset, zmenu lokálneho alebo vzdialeného riadenia a nastavenie referencie.

Jeho veľkou výhodou je možnosť vytvorenia zálohy všetkých parametrov meniča, ktoré sa prehľadne uložia do súboru. Následne je možné tento súbor parametrov opäť nahráť a zmeniť tým všetky parametre meniča naraz. To sa dá využiť napríklad na vytvorenie viacerých súborov s rôznymi parametrami pre každú aplikáciu.

Prepojenie s operačným panelom frekvenčného meniča sa dá jednoducho realizovať pomocou USB Mini alebo Bluetooth pripojenia.

6.2 Program Automation Builder

Automation Builder 2.6 Premium je softvérový nástroj určený na automatizáciu priemyselných procesov a riadenie zariadení v priemyselných prostrediach. Poskytuje komplexné prostredie pre vývoj, konfiguráciu a správu automatizačných systémov. Vyznačuje sa:

1. **Integrované vývojové prostredie (IDE):** Automation Builder 2.6 Premium poskytuje celkové IDE Codesys, ktoré umožňuje vytvárať a upravovať programy pre rôzne typy priemyselných riadiacich systémov a zariadení.
2. **Podpora pre rôzne platformy:** Tento softvér podporuje rôzne platformy a zariadenia, vrátane PLC (programovateľných logických riadiacich systémov), HMI (rozhraní človeka a stroja), SCADA (supervízneho riadenia a zberu dát) a ďalších.
3. **Programovacie jazyky:** Automation Builder 2.6 Premium podporuje štandardizované programovacie jazyky podľa normy IEC 61131-3, čo zahrňuje:
 - Ladder Diagram (LD),
 - Structured Text (ST),
 - Function Block Diagram (FBD),
 - Instruction List (IL),
 - Sequential Function Chart (SFC),

- Continuous Function Chart (CFC).
4. **Simulácia a ladenie:** Poskytuje nástroje pre simuláciu a ladenie programov pred ich nasadením do reálneho priemyselného prostredia, čo pomáha minimalizovať chyby a optimalizovať výkon systému.
 5. **Kompatibilita a integrácia:** Automation Builder 2.6 Premium je navrhnutý tak, aby bol kompatibilný s rôznymi priemyselnými štandardmi a protokolmi, čo umožňuje jednoduchú integráciu s existujúcimi systémami a zariadeniami.
 6. **Bezpečnosť a spoľahlivosť:** Softvérový balík je navrhnutý s dôrazom na bezpečnosť a spoľahlivosť, aby zabezpečil stabilitu a ochranu priemyselných systémov pred možnými hrozbami a zlyhaniami.
 7. **Aktualizácie a podpora:** Automation Builder 2.6 Premium je pravidelne aktualizovaný a poskytuje užívateľom širokú škálu podpory vrátane dokumentácie, online zdrojov a technického poradenstva.

Tento softvér je vhodný pre široké spektrum priemyselných aplikácií, od jednoduchých automatizačných úloh až po komplexné riadiace systémy v rôznych odvetviach priemyslu.

Súčasťou Automation Builder 2.6 Premium je aj softwarová aplikácia PB610 Panel Builder 600, ktorá umožňuje vytvárať grafické stránky HMI. Používa drag-and-drop systém pre jednoduché ovládanie. Disponuje množstvom tlačidiel, posuvníkov, indikátorov a trendov, ktorými sa dajú nastavovať rôzne parametre.

7. TVORBA PROJEKTU A KONFIGURÁCIA KOMPONENTOV

Na to, aby projekt fungoval bolo najprv potrebné vytvoriť konfiguráciu aplikácie v programe Automation Builder, čo zahŕňalo pridanie a konfiguráciu jednotlivých komponentov ako PLC, frekvenčného meniča, HMI panelu a komunikačných modulov riadiacich Profinet komunikáciu.

Následne bolo potrebné nastaviť parametre frekvenčného meniča pre jednotlivé úlohy Demo 1 a Demo 2.

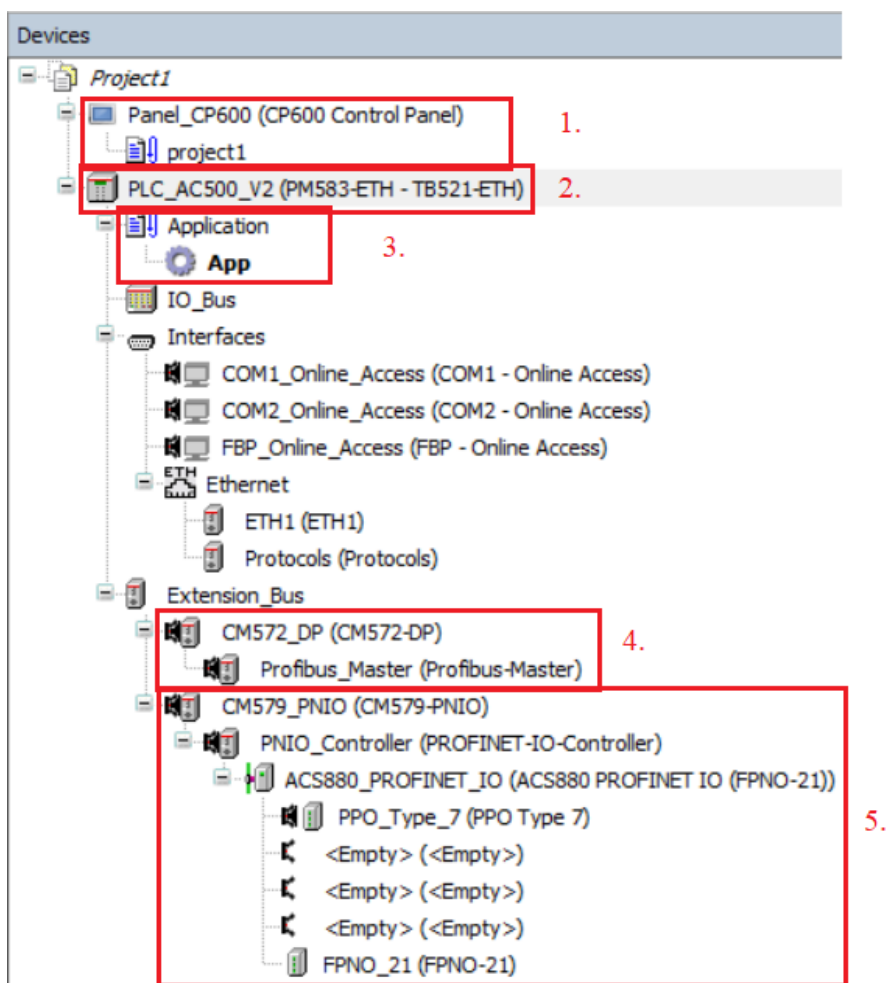
Nakoniec bol vytvorený PLC program, z ktorého bol exportovaný symbol file do projektu na vizualizáciu na HMI paneli.

7.1 Konfigurácia aplikácie v programe Automation Builder

Na obrázku 7.1 môžeme vidieť jednotlivé komponenty aplikácie:

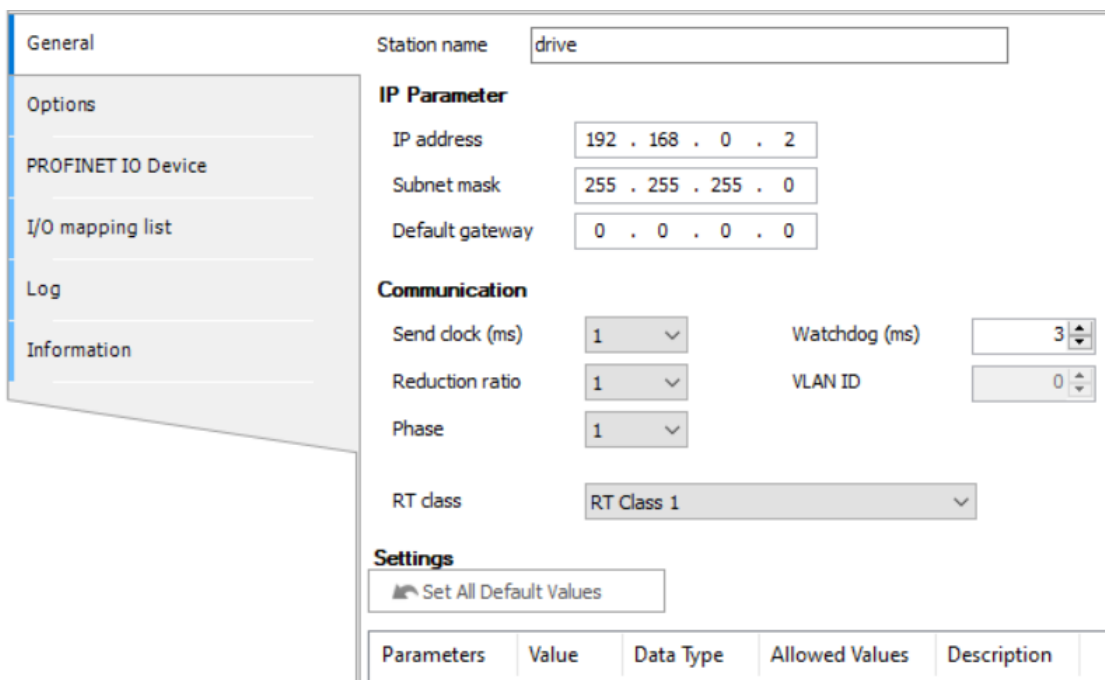
1. Projekt vizualizácie pre HMI panel CP607 v programe Panel Builder 600. HMI panel bol pripojený a jeho IP adresa bola nastavená na 192.168.0.8.
2. Programovateľný logický automat (PLC) z rady AC500 PM583-ETH s nastavenou IP adresou 192.168.0.10.
3. Projekt pre PLC v integrovanom vývojovom prostredí Codesys.
4. Profibus master modul CM572-DP na riadenie Profibus komunikácie. Tento modul síce je súčasťou demonštračného panelu, ale nie je v úlohách využívaný.

Profinet master modul CM579-PNIO s nastavenou IP adresou 192.168.0.1 na riadenie Profinet komunikácie. Tento modul komunikuje s frekvenčným meničom ACS880, ktorý má nastavenú IP adresu 192.168.0.2 pomocou komunikačného modulu FPNO-21 umiestneného na meniči. Pre cyklickú komunikáciu sme zvolili dátovú štruktúru PPO typu 7, ktorá je schopná prenášať 12 vstupných a 12 výstupných hodnôt dátového typu UINT.



Obrázok 7.1 Kompletné rozdelenie konfigurácie aplikácie, pripojených zariadení a vytvorených programov

Obrázok 7.2 Nastavenie IP adres pre PNIO_Controller a jeho slaves



Obrázok 7.3 Nastavenie IP adresy pre frekvenčný menič ACS880

The screenshot shows the 'I/O mapping list' for a PROFINET IO Controller. The table lists various parameters and their mappings:

Object Name	Variable	Channel	Address	Type
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	SW	Status	%IW2.0	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Speed	Speed Actual	%IW2.1	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Freq	Actual PZD3	%IW2.2	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Current	Actual PZD4	%IW2.3	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Torque	Actual PZD5	%IW2.4	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Power	Actual PZD6	%IW2.5	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_Voltage	Actual PZD7	%IW2.6	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_oper_mode	Actual PZD8	%IW2.7	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Act_est_temp	Actual PZD9	%IW2.8	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	FBA_comm_status	Actual PZD10	%IW2.9	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Faults	Actual PZD11	%IW2.10	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Warnings	Actual PZD12	%IW2.11	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	CW	Command	%QW2.0	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Ref1	Speed Reference	%QW2.1	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Ref2	Reference PZD3	%QW2.2	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Acc_time	Reference PZD4	%QW2.3	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	Dec_time	Reference PZD5	%QW2.4	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD6	Reference PZD6	%QW2.5	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD7	Reference PZD7	%QW2.6	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD8	Reference PZD8	%QW2.7	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD9	Reference PZD9	%QW2.8	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD10	Reference PZD10	%QW2.9	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD11	Reference PZD11	%QW2.10	UINT
PPO_Type_7 (ACS880_PROFINET_IO\)	PZD12	Reference PZD12	%QW2.11	UINT

Obrázok 7.4 Vstupno-výstupné mapovanie parametrov cyklickej komunikácie PPO Type 7

Podrobný návod na konfiguráciu je možné nájsť v manuáli pre modul FPNO-21: *FPNO-21 PROFINET fieldbus adapter module: User's manual* [10].

7.2 Nastavovanie parametrov frekvenčného meniča

Nastavenie parametrov prebiehalo pomocou aplikácie Drive composer, ktorá bola cez Bluetooth pripojená na frekvenčný menič. Bluetooth prenos na frekvenčnom meniči sa zapol podržaním symbolu “?” na paneli. Po zapnutí sa na paneli objavil kód, ktorý bolo potrebné zadať v aplikácii Drive Composer.

Pre každú úlohu bol vytvorený parametrizačný súbor (backup). Pri zmene úlohy užívateľom je okrem prepnutia medzi Demo 1 a Demo 2 na HMI paneli taktiež potrebné nahráť príslušný súbor parametrov.

V prílohách B.1, B.2 a B.3 sú spísané zoznamy parametrov pre jednotlivé úlohy Demo 1, Demo 2 a zoznam pre ich spoločné parametre. Parametre, ktoré nie sú spomenuté majú pôvodné hodnoty. Parametre skupín 98 a 99 boli nastavené automaticky pre každú úlohu po nastavení ID run parametrom 99.13 ID run requested – Normal a spustení signálom START.

Detailné popisy jednotlivých parametrov je možné nájsť v manuáloch ACS880 primary control program: Firmware manual [8] a FPNO-21 PROFINET fieldbus adapter module: User's manual [10].

7.3 Nastavenie vizualizácie a procesného panelu

Po zapnutí napájania umožní opakované ťukanie na displej HMI panelu zapnúť nastavenia, kde je potrebné nastaviť rovnakú IP adresu, takže 192.168.0.8.

Tagy vo vizualizačnom programe Panel Builder 600 boli nastavené pomocou súboru symbolov (symbol file), ktorý bol vytvorený a exportovaný v programe Automation Builder z globálnych premenných.

V prípade potreby je do panelu nutné nahráť aj HMI runtime pomocou USB so súborovým balíkom, ktorý je možné vygenerovať v programe Panel Builder 600 kliknutím na ikonku vyznačenú na obrázku 7.5.



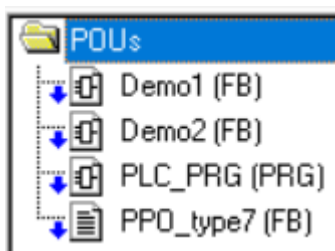
Obrázok 7.5 Lišta programu Panel Builder 600 so zvýraznenou ikonou na vytvorenie súborového balíku pre HMI panel

Podrobné návody a popisy programového prostredia, tvorby programu, exportovania a nahrávania súboru symbolov (symbol file) sa nachádzajú v manuáloch Exporting AC500 tags for use with Panel Builder [18] a PB610 Panel Builder 600: Programming software for CP600 control panels [19].

8. DOKUMENTÁCIA K PLC PROGRAMU

Kód aplikácie v programe Automation Builder bol rozdelený na dva hlavné bloky, a to Demo 1 a Demo 2. Každý z nich následne volal vytvorený blok PPO_type7, ktorý má za úlohu riadenie frekvenčného meniča a cyklickej komunikácie cez dátovú štruktúru PPO typu 7 pomocou Profinet modulu FPNO-21.

V hlavnom programe bol na riadkoch 1 a 2 ešte interlock na zabránenie spustenia oboch úloh naraz a blok PNIO_STATE na zisťovanie stavu Profinet komunikácie z knižnice PROFINET_AC500_V13.lib. Podrobný popis bloku PNIO_STATE sa nachádza v manuáli Manual for PLC Automation with AC500 V2 and Automation Builder 2.7.0 dostupnom na odkaze [20].



Obrázok 8.1 Hlavný obsah aplikácie

8.1 Globálne premenné

Globálne premenné sú popísané v prílohe C.1. Sú používané ako tagy vo vizualizácii a ako vstupy a výstupy blokov Demo 1, Demo 2 a PPO_type7. Keďže je blok PPO_type7 volaný v bloku Demo 1 i Demo 2 tak sú jeho výstupy pre jednotlivé úlohy duplované pre každú úlohu a rozlíšené patričnou príponou.

8.2 Hlavný program aplikácie PLC_PRG

Na prvých dvoch riadkoch programu je interlock, aby nemohli byť zároveň spustené premenné Demo1_EN a Demo2_EN, ktoré slúžia ako enable signály pre jednotlivé bloky PPO_type7.

8.3 Funkčný blok PPO_type7

Funkčný blok PPO_type7 bol vytvorený na riadenie a monitorovanie cyklickej komunikácie PPO typu 7 pomocou modulu FPNO-21, frekvenčného meniča a škálovania jeho hodnôt. Taktiež v ňom dochádzalo k prepočtu jednotiek jednotlivých parametrov na základe škálovania a hodnoty nominálneho momentu motora. Ku prepočtu nedochádzalo pri premenných PZD6 až PZD12 z toho dôvodu, že si užívateľ môže na tieto parametre v prípade potreby namapovať iné parametre.

Blok realizoval ovládanie frekvenčného meniča zapisovaním hodnôt do jednotlivých referencií cyklickej komunikácie, a to:

- control word (parameter 50.13 FBA A control word),
- dve referencie (parametre 03.05 FB A reference 1 a 03.06 FB A reference 2),
- nastavovanie rýchlostných rámp (parametre 23.12 Acceleration time 1 a 23.13 Deceleration time 1),
- referencie PZD6 – 12 špecifikované pre konkrétnu úlohu.

Jednotlivé referencie komunikácie menili parametre frekvenčného meniča podľa nastavenej skupiny parametrov 53 FBA A data out. Vid' prílohy B.1, B.2 a B.3.

Sledovanie aktuálnych hodnôt frekvenčného meniča bolo postavené na sledovaní vstupných hodnôt cyklickej komunikácie, a to:

- status word (parameter 50.16 FBA A status word),
- aktuálne hodnoty rýchlosti, prúdu, momentu, výkonu, napätia,
- operačný mód, predpokladaná teplota, komunikačný status FBA komunikácie,
- výstrahy a poruchy.

Jednotlivé aktuálne hodnoty komunikácie boli z parametrov frekvenčného meniča podľa nastavenej skupiny parametrov 52 FBA A data in. Vid' prílohy B.1, B.2 a B.3.

Škálovanie bolo realizované funkčným blokom ACS_REF_SCALING z knižnice ACSDrivesBase_AC500_V20.lib. Jeho vstupmi boli maximálna hodnota parametra fieldbusu, maximálna hodnota škálovania, referencia a aktuálna hodnota veličiny z fieldbusu. Výstupmi bola referencia pre fieldbus a aktuálna hodnota veličiny. Podrobný popis tohoto bloku sa nachádza v manuáli Manual for PLC Automation with AC500 V2 and Automation Builder 2.7.0 prístupnom na odkaze [20].

Podrobný popis kódu pre blok PPO_type7 sa nachádza v prílohe C.3.

8.4 Funkčný blok Demo 1

Tento blok bol vytvorený na ukážku konkrétneho využitia bloku PPO_type7, a to na DTC riadenie rýchlosti a momentu a na ovládanie funkcií jogging a critical speed function.

Vstupné hodnoty pre tieto funkcie boli prepočítavané na vstupe do bloku podľa škálovania a potrebných jednotiek. Podrobný popis kódu sa nachádza v prílohe C.4 a zoznam parametrov menených komunikáciou v prílohe B.2.

8.5 Funkčný blok Demo 2

Tento blok bol vytvorený na ukážku konkrétneho využitia bloku PPO_type7, a to na skalárne riadenie rýchlosti a frekvencie a na ovládanie funkcií IR kompenzácie, critical frequency function a zmeny frekvenčných rámp. Vstupné hodnoty pre tieto funkcie boli prepočítavané na vstupe do bloku podľa škálovania a potrebných jednotiek. Nastavovanie frekvenčných rámp bolo vo vizualizácii v periférnych hodnotách, a preto bola použitá štandardizácia týchto hodnôt. Podrobný popis kódu sa nachádza v prílohe C.5 a zoznam parametrov menených komunikáciou v prílohe B.3.

9. DOKUMENTÁCIA K VIZUALIZÁCIÍ NA HMI PANELI

Vizualizácia bola tvorená na procesnom paneli CP607 v programe Panel Builder 600, ktorý je súčasťou programu Automation Builder. Používané tagy boli vytvorené exportovaním globálnych premenných aplikačného programu. Obrazovka vizualizácie sa dá rozdeliť do troch hlavných častí:

1. Tlačidlá v hornej časti obrazovky.
2. Časť so spínačom START, tlačidlami STOP, STOP COAST, RESET a zobrazením aktuálnych hodnôt v ľavej časti obrazovky.
3. Zvyšné časti špecifické pre danú stránku.

Výzor všetkých obrazoviek je v prílohách D.

9.1 Tlačidlá v hornej časti obrazovky

Vizualizácia obsahuje 13 stránok medzi ktorými vie užívateľ prepínať pomocou tlačidiel umiestnených v hornej časti každej strany. Prvých 5 tlačidiel na ľavej strane umožňuje prechod na stránky funkcií spoločných pre obe úlohy. Pomocou tlačidiel Demo 1 a Demo 2 sa určuje aktuálna úloha. Po výbere úlohy sa zviditeľnia ďalšie 4 tlačidlá na výber stránok funkcií špecifických pre danú úlohu.



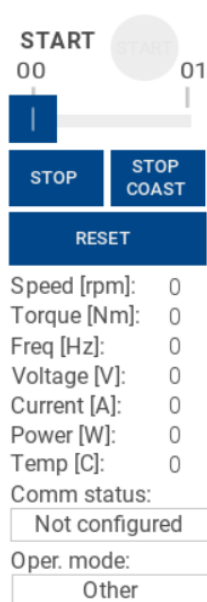
Obrázok 9.1 Tlačidlá v hornej časti obrazovky na prepínanie medzi stranami a určovanie úlohy po určení úlohy Demo 1



Obrázok 9.2 Tlačidlá v hornej časti obrazovky vizualizácie na prepínanie medzi stranami a určovanie úlohy po určení úlohy Demo 2

9.2 Časť na ľavej strane obrazovky

Časť na ľavej strane obrazovky je rovnaká pre všetky stránky a slúži na presné a prehľadné zobrazovanie aktuálnych hodnôt, statusu komunikácie a aktuálneho režimu riadenia. Taktiež je na nej spínač signálu START spolu so signálkou, tlačidlá na zastavenie STOP (negovaná hodnota bitu 2 control wordu), zastavenie dobehom STOP COAST (negovaná hodnota bitu 1 control wordu) a tlačidlo RESET (zapisuje hodnotu do bitu 7 control wordu).



Obrázok 9.3 Časť na ľavej strane obrazovky vizualizácie spoločná pre všetky stránky

9.3 Obrazovky pre spoločné funkcie vizualizácie

Medzi spoločné stránky oboch úloh patrí:

- Zobrazovanie status wordu (parameter 50.16 FBA A status word). a nastavovanie control wordu (parameter 50.13 FBA A control word). Obrazovka v prílohe D.1.
- Zobrazovanie varovaní (parameter 04.31 Warning word 1) a chýb (parameter 04.21 Fault word 1). Obrazovka v prílohe D.2.
- Nastavovanie maximálnych hodnôt pre škálovanie nominálneho momentu motora. Vid' kód programu v prílohe C.3. Obrazovka v prílohe D.3.
- Ovládanie bloku PNIO_STATE, ktorý poskytuje informácie o stave komunikácie Profinet IO. Vid' manuál k bloku: [20]. Obrazovka v prílohe D.4.

9.4 Obrazovky špecifických funkcií pre úlohu Demo 1

Funkcie špecifické pre úlohu Demo 1 a ich komponenty na stránkach sú:

- jogging - obrazovka v prílohe D.5 s komponentami:
 - spínače ovládajúce bity control wordu 8 a 9 zapínajúce jogging 1 a 2,
 - posuvníky určujúce referencie pre jogging 1 a 2 (parametre 22.42 a 22.43),
 - nastavovanie rámp pre jogging (parametre 23.20 Acc time jogging a 23.21 Dec time jogging).
- funkcia Critical speed – obrazovka v prílohe D.8 s komponentami:

- nastavovanie parametru 22.51 Critical speed function: bit 0 – tlačidlo Enable, bit 1 – tlačidlo Sign mode,
- parameter 1 - 22.52 Critical speed 1 low - spodná hodnota funkcie v jednotkách rpm,
- parameter 2 - 22.53 Critical speed 1 high - horná hodnota funkcie v jednotkách rpm.

9.5 Obrazovky špecifických funkcií pre úlohu Demo 2

Funkcie špecifické pre úlohu Demo 1 a ich komponenty na stránkach sú:

- IR kompenzácia – obrazovka v prílohe D.9 s komponentami:
 - parameter 97.13 IR kompenzácia v %.
- funkcia Critical frequency – v prílohe D.12 s komponentami:
 - nastavovanie parametru 28.51 Critical frequency function: bit 0 – tlačidlo Enable, bit 1 – tlačidlo Sign mode
 - parameter 28.52 Critical frequency 1 low - spodná hodnota funkcie v jednotkách Hz
 - parameter 28.53 Critical frequency 1 high - horná hodnota funkcie v jednotkách Hz

9.6 Obrazovky riadenia

Každá obrazovka riadenia sa skladá z:

- tlačidla MODE ON na zapnutie konkrétneho riadenia,
- tlačidiel Positive a Negative na určenie znamienka referencie a tým pádom smer otáčania motora,
- posuvníka na nastavenie referencie,
- číselníka zobrazujúceho zadanú hodnotu. Poskytuje aj možnosť zadať konkrétnu hodnotu pomocou klávesnice,
- grafu ktorý zobrazuje 6 aktuálnych hodnôt. Ponúka možnosti zapínania viditeľnosti ôs, pozdržania, približovania, posúvania a iné.

Obrazovky sa nachádzajú v prílohách:

- D.6 - DTC rýchlostné riadenie,
- D.7 - DTC momentové riadenie,
- D.10 - Skalárne rýchlostné riadenie,
- D.11 - Skalárne frekvenčné riadenie.

10. TESTOVANIE APLIKÁCIÍ

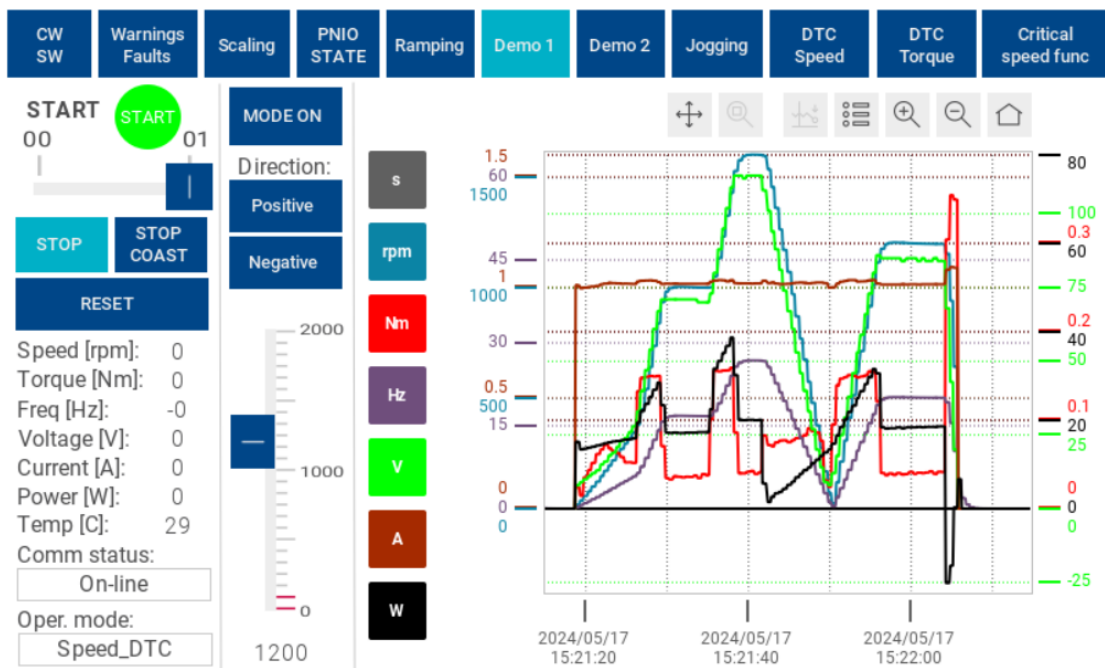
V tejto kapitole sme testovali jednotlivé demo úlohy, riadiace módy a funkcie. Demo 1 malo vektorové riadiace módy DTC rýchlosti a momentu a funkcie jogging a critical speed function. Demo 2 malo skalárne riadiace módy rýchlosti a frekvencie a funkcie IR compensation a critical frequency function. Testované boli aj bloky programu pre acyklickú komunikáciu ale neboli zahrnuté do kódu z dôvodu ich nefunkčnosti.

10.1 Demo 1 – DTC (direct torque control) riadenie rýchlosti

Na začiatku bola nastavená referencia rýchlosti 1200 rpm pri zrýchlení 50 rpm/s, čo po prepočte ovplyvňuje parameter acceleration time 1 (parameter 23.12). Potom bolo zrýchlenie navýšené na 200 rpm/s spolu so spomalením deceleration time 1 (parameter 23.13). Hodnota rýchlosti sa ustálila na hodnote 1000 rpm na rozdiel od 1200 rpm, pretože bola referencia ovplyvnená funkciou critical speed function (parameter 22.51), ktorá mala hodnoty critical speed 1 low = 1000 rpm (parameter 22.52) a critical speed 1 high = 1500 rpm (parameter 22.53). Po zvýšení referencie na hodnotu 1600 rpm už bola referencia nad hornou medzou funkcie, a tak sa rýchlosť zvýšila.

Následne bol zmenený smer otáčania a nastavená referencia 1200 rpm. V tomto smere funkcia critical speed function (parameter 22.51) nemala účinok, pretože bola nastavená na signed, čo znamená že sa brala do úvahy aj polarita medzí, ktorá bola v našom prípade kladná.

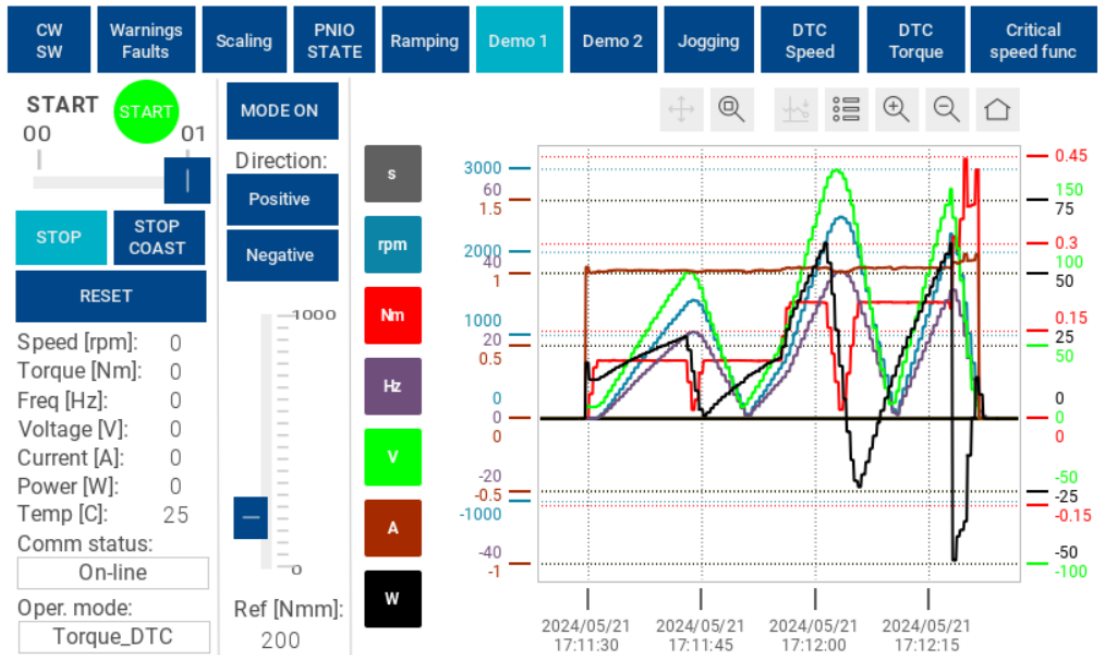
Nakoniec bol motor zastavený tlačidlom STOP. Motor zastavil za 1,8 s so zrýchlením 666,7 rpm/s. Rýchlosť zastavenia tlačidlom STOP je závislá od parametru emergency stop time (parameter 23.23), ktorý mal hodnotu 3s a hodnoty speed scaling (parameter 46.01) s hodnotou 2000 rpm.



Obrázok 10.1 Priebeh DTC riadenia rýchlosti

10.2 Demo 1 – DTC (direct torque control) riadenie momentu

Na začiatku bola momentová referencia nastavená na hodnotu 100 Nmm. Po určitom čase došlo k zmene smeru otáčania a potom k navýšeniu požadovanej momentovej referencie na hodnotu 200 Nmm. Na konci nastala opäť zmena smeru a po určitom čase zastavenie STOP tlačidlom. Požadované hodnoty momentu sme volili pomerne malé keďže motor mal malú záťaž.

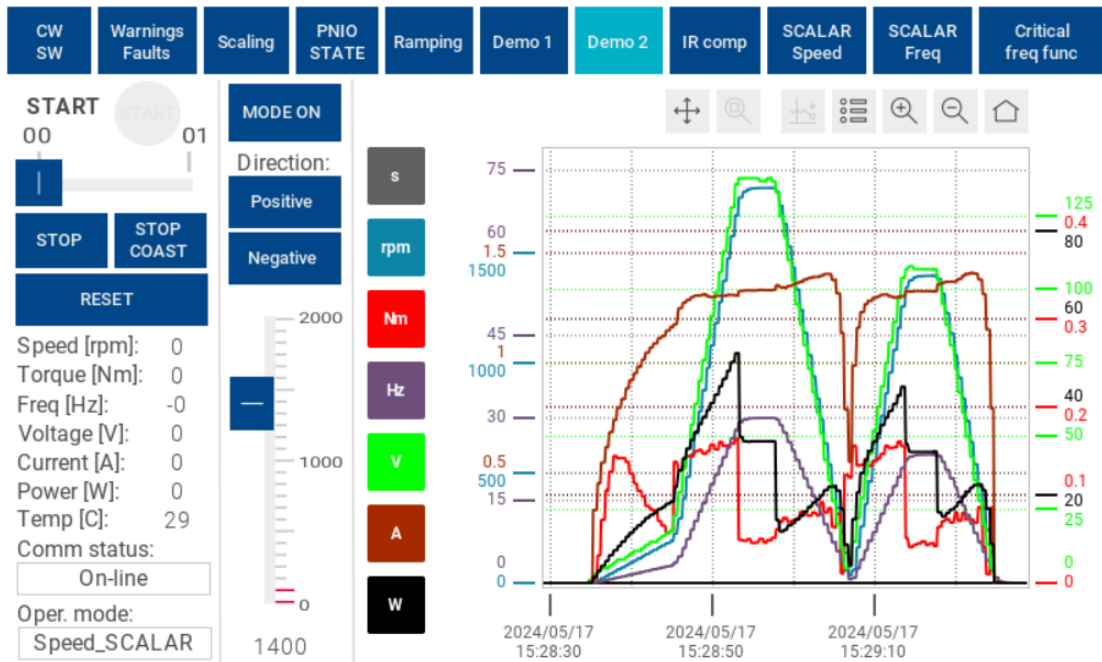


Obrázok 10.2 Obrazovka pre DTC riadenie momentu

10.3 Demo 2 – Skalárne riadenie rýchlosti

Na začiatku bola nastavená referencia rýchlosti 1800 rpm pri zrýchlení 20 rpm/s, čo po prepočte ovplyvňuje parameter acceleration time 1 (parameter 23.12). Potom bolo zrýchlenie navýšené na 200 rpm/s.

Po dovŕšení danej referencie bol smer otáčania zmenený a bola nastavená referencia 1400 rpm. Spomalenie motora bolo nastavené taktiež na hodnotu 200 rpm/s, čo po prepočte ovplyvňuje parameter deceleration time 1 (parameter 23.13). Nakoniec bol motor zastavený vypnutím spínača START.

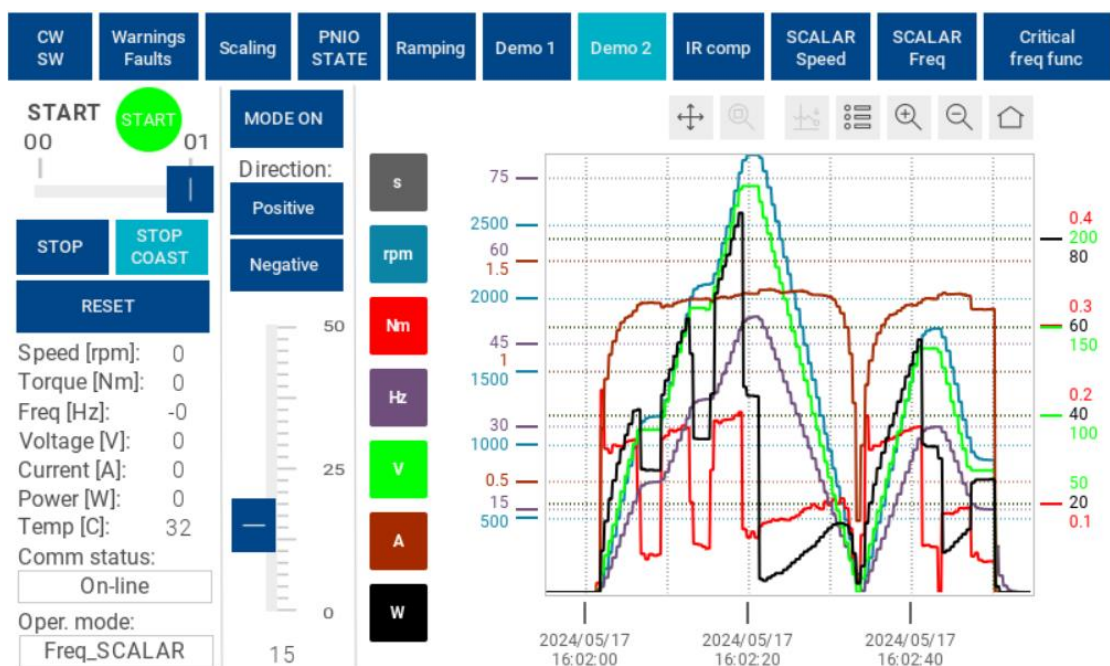


Obrázok 10.3 Priebek skalárneho riadenia rýchlosti

10.4 Demo 2 – Skalárne riadenie frekvencie

Na začiatku bola nastavená frekvenčná referencia 25 Hz, ale reálna frekvenčná referencia bola 20 Hz kvôli funkcii critical frequency function (parameter 28.51), ktorá mala hodnoty critical frequency 1 low = 20 Hz (parameter 28.52) a critical frequency 1 high = 30 Hz (parameter 28.53).

Následne bola nastavená požadovaná referenčná hodnota 35 Hz a potom 50 Hz. Po dosiahnutí frekvencie 50 Hz bol nastavený opačný smer otáčania spolu s referenciou 30 Hz a neskôr 15 Hz. Na konci bolo stlačené tlačidlo STOP COAST, takže motor spomalil dobehom.



Obrázok 10.4 Priebeh skalárneho riadenia frekvencie

ZÁVER

V tejto práci bol opísaný frekvenčný menič ACS880-01, komunikačné rozhrania, komponenty demonštračného panelu a programy pomocou ktorých boli vytvorené demonštračné úlohy. U frekvenčného meniča bola opísaná väčšina jeho funkcií a možností riadenia.

Na ukážku boli navrhnuté dve úlohy. Prvá úloha sa zamerala na vektorové riadenie rýchlosti, momentu a funkcie joggingu a kritických rýchlostí. Druhá úloha realizovala skalárne riadenie rýchlosti, frekvencie a funkcie IR kompenzácie a kritických frekvencií. Komunikácia s frekvenčným meničom fungovala s pomocou FPNO-21 Profinet fieldbus adaptér modulu a jeho cyklickej komunikácie. Implementovaním dodatočnej acyklickej komunikácie by bolo možné funkcionality značne rozšíriť.

V dokumentácii bola opísaná konfigurácia, kód programu aj vizualizácia pre HMI panel.

Vytvorené aplikácie môžu slúžiť na zaúčanie nových zamestnancov firmy vďaka demonštrácii frekvenčného meniču, jeho konfigurácie, cyklickej Profinet komunikácie pomocou modulu FPNO-21, PLC programu a vizualizácie. Taktiež je možné zahrnúť vytvorený funkčný blok PPO_type7 do rôznych iných aplikácií.

Táto práca sa sústredila hlavne na frekvenčný menič, avšak demonštračný panel má množstvo ďalších komponentov, ktoré môžu byť predmetom nadväzujúcich prác.

LITERATÚRA

- [1] ARM, Jakub. *Motory*. Online, prednáška. 2023. Dostupné z: https://www.vut.cz/studis/student.phtml?gm=gm_detail_predmetu&apid=258512. [pre študentov predmetu BPC-PPA po prihlásení]. [cit. 2023-12-23].
- [2] ARM, Jakub; BENEŠL, Tomáš a BAŠTÁN, Ondřej. *Asynchronní motor a frekvenční měnič*. Online, laboratorná úloha. Verze 11.3-2022. Dostupné z: https://www.vut.cz/studis/student.phtml?gm=gm_detail_predmetu&apid=258512. [pre študentov predmetu BPC-PPA po prihlásení]. [cit. 2023-12-23].
- [3] HUGHES, Austin. *Electric motors and drives: fundamentals, types and applications*. 3rd ed. Oxford: Newnes, 2006. ISBN 0-7506-4718-3.
- [4] MÖHWALD, Jiří. *Ukázka řízení otáček motoru frekvenčním měničem*. Online, diplomová práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav automatizace a informatiky, 2009. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/10074>. [cit. 2023-11-30].
- [5] ABB, ACS880-01, *wall-mounted single drives*. Online. ABB, © 2023. Dostupné z: <https://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/acs880-single-drives/acs880-01>. [cit. 2023-12-19].
- [6] ABB, ACS880 *single drives catalog*. Online, katalóg. In: Links and downloads. ABB, © 2023. Dostupné z: <https://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/acs880-single-drives/acs880-01>. [cit. 2023-12-19].
- [7] ABB, ACS880-01 *drives quick installation and start-up guide*. Online, manuál. In: Links and downloads. ABB, © 2023. Dostupné z: <https://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/acs880-single-drives/acs880-01>. [cit. 2023-12-19].
- [8] ABB, ACS880 *primary control program: Firmware manual*. Online, manuál. ABB, © 2023. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/3a3ca3bf6628478aba67473f1e99ba5e/AINF290x_en.pdf?x-sign=O+P4jp0UG7JdjA2WSFVe1f6D5orm3hJ53t0J2bT+G0BEnTYDS6BdM8TqcXYn/0iA. [cit. 2023-12-19].
- [9] GANNOJI, Srikanth. *Week-10 Challenge: Duty Cycle*. Online, príspevok. In: Overview of key competing VFD control platforms. 2. októbra 2020. Dostupné z: <https://skill-lync.com/student-projects/week-10-challenge-duty-cycle-3>. [cit. 2023-12-20].
- [10] ABB, FPNO-21 *PROFINET fieldbus adapter module: User's manual*. Online, manuál. In: Links and downloads. ABB, © 2018. Dostupné z: <https://new.abb.com/drives/connectivity/fieldbus-connectivity/profinet/fpno-21>. [cit. 2023-12-20].
- [11] ABB, PROFIsafe *safety functions module: Seamless safety functionality and communication between a drive and a safety PLC*. Online. ABB, © 2023. Dostupné z: <https://new.abb.com/drives/connectivity/profisafe-safety-function-module-fsps-21>. [cit. 2023-12-20].

- [12] ABB, *FSPS-21 PROFIsafe safety functions module: User's manual*. Online, manuál. In: Links and downloads. ABB, © 2021. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/2098cc6624634fefaa603a8403474139/EN_FSPS-21_UM_F_A5.pdf. [cit. 2023-12-20].
- [13] ARM, Jakub. *Komunikační sítě*. Online, prednáška. 2023. Dostupné z: https://www.vut.cz/studis/student.phtml?gm=gm_detail_predmetu&apid=258512. [pre študentov predmetu BPC-PPA po prihlásení]. [cit. 2023-12-20].
- [14] FOXON. *profibus-profinet.cz*. Online. © 2022. Dostupné z: <https://profibus-profinet.cz>. [cit. 2023-12-20].
- [15] BOWNE, Michael. *The Difference Between PROFINET and PROFIsafe*. Online. PI North America, 3. decembra 2020. Dostupné z: <https://us.profinet.com/the-difference-between-profinet-and-profisafe/>. [cit. 2023-12-20].
- [16] PALEČEK, J. *Zkušební panel s MCM800, TP800, VP800, AC500, UMC100 a FM*. Technická dokumentácia. 21. januára 2021. ABB. Miesto: Ústředí společnosti ABB s.r.o. v Brně, Česko: ABB Škrobárenská 502/1, 617 00 Brno-jih, Česko. Dokum. číslo: DEMO_MCM-X1Z1.
- [17] ABB, *Symphony Plus S+ Turbine*. Online. ABB, © 2011. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/c0e3bc80e5591adcc12578e000520001/3BUS095400_H_A_en_Symphony_Plus_S_Turbine.pdf. [cit. 2023-12-20].
- [18] ABB, *Exporting AC500 tags for use with Panel Builder*. Online, manuál. In: Links and downloads. ABB, © 2015. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/ace9fad37a264be8af57bd46aaf3fa11/AN00238_Exporting_AC500_tags_for_use_with_Panel_Builder_Rev_A_EN.pdf. [cit. 2024-05-20].
- [19] ABB, *PB610 Panel Builder 600: Programming software for CP600 control panels*. Online, manuál. In: Links and downloads. ABB, © 2023. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010277&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. [cit. 2024-05-20].
- [20] ABB, *Manual for PLC Automation with AC500 V2 and Automation Builder 2.7.0*. Online, manuál. In: ABB Library. ABB, © 2024. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010582&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>. [cit. 2024-05-20].

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
UL	Underwriters Laboratories
NEMA	National Electrical Manufacturers Association (Národná asociácia výrobcov elektrotechniky)
VFD	Variable-frequency drive (frekvenčný menič)
I	Input (vstup)
O	Output (výstup)
DDCS	Distributed Drive Communication System (distribuovaný komunikačný systém pohonu)
D	Digital (digitálny)
PTC	Positive temperature coefficient (kladný teplotný koeficient)
BCU	Brake Control Unit (riadiaca jednotka brzdy)
LSU	Line Speed Unit (jednotka lineárnej rýchlosti)
DTC	Dynamic Torque Control (dynamické riadenie krútiaceho momentu)
FOC	Field-oriented control (regulácia orientáciou poľa)
DSC	Direct-self control (priame samočinné riadenie)
SVM	Space vector modulation (modulácia priestorových vektorov)
PWM	Pulse width modulation (pulzne šírková modulácia)
TTL	Transistor transistor logic (tranzistorová logika)
HTL	High transistor logic (vysoká tranzistorová logika)
ID	Identification (identifikácia)
IR	Internal resistance (vnútorný odpor)
EMC	Electromagnetic compatibility (elektromagnetická kompatibilita)
DC	Direct current (jednosmerný prúd)
FWP	Field weakening point (bod oslabenia poľa)
STO	Safe torque off (bezpečné vypnutie krútiaceho momentu)
SS1	Safe stop 1 (bezpečné zastavenie 1)
FMS	Fieldbus Message Specification (špecifikácia správy poľnej zbernice)
IP	Internet Protocol (internetový protokol)
TCP	Transmission Control Protocol (protokol riadenia prenosu)

UDP	User Datagram Protocol (protokol používateľského datagramu)
PA	Process Automation (procesná automatizácia)
DP	Decentralized Periphery (decentralizovaná periféria)
HMI	Human-machine interface (rozhranie človek-stroj)
RT	Real-Time (v reálnom čase)
DO	Digital output (digitálny výstup)
DI	Digital input (digitálny vstup)
AI	Analog input (analogový vstup)
AO	Analog Output (analogový výstup)
IDE	Integrated Development Environment (integrované vývojové prostredie)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (dispečerské riadenie a zber dát)
USB	Universal Serial Bus (univerzálna sériová zbernica)
PPO	Protocol Parameterization Organization (organizácia parametrizácie protokolu)
PZD	Parameterization data (parametrizačné dáta)
EN	Enable (povolenie)
FBA	Fieldbus adapter (fieldbus adaptér)
FB	Fieldbus
Dec	Deceleration (spomalenie)
Acc	Acceleration (zrýchlenie)
CW	Control word (riadiace slovo)
SW	Status word (stavové slovo)
Ref	Reference (referencia)
rpm	Rotations per minute (otáčky za minútu)
Nm	Newton meter
Nmm	Newton millimeter
Hz	Hertz

Symboly:

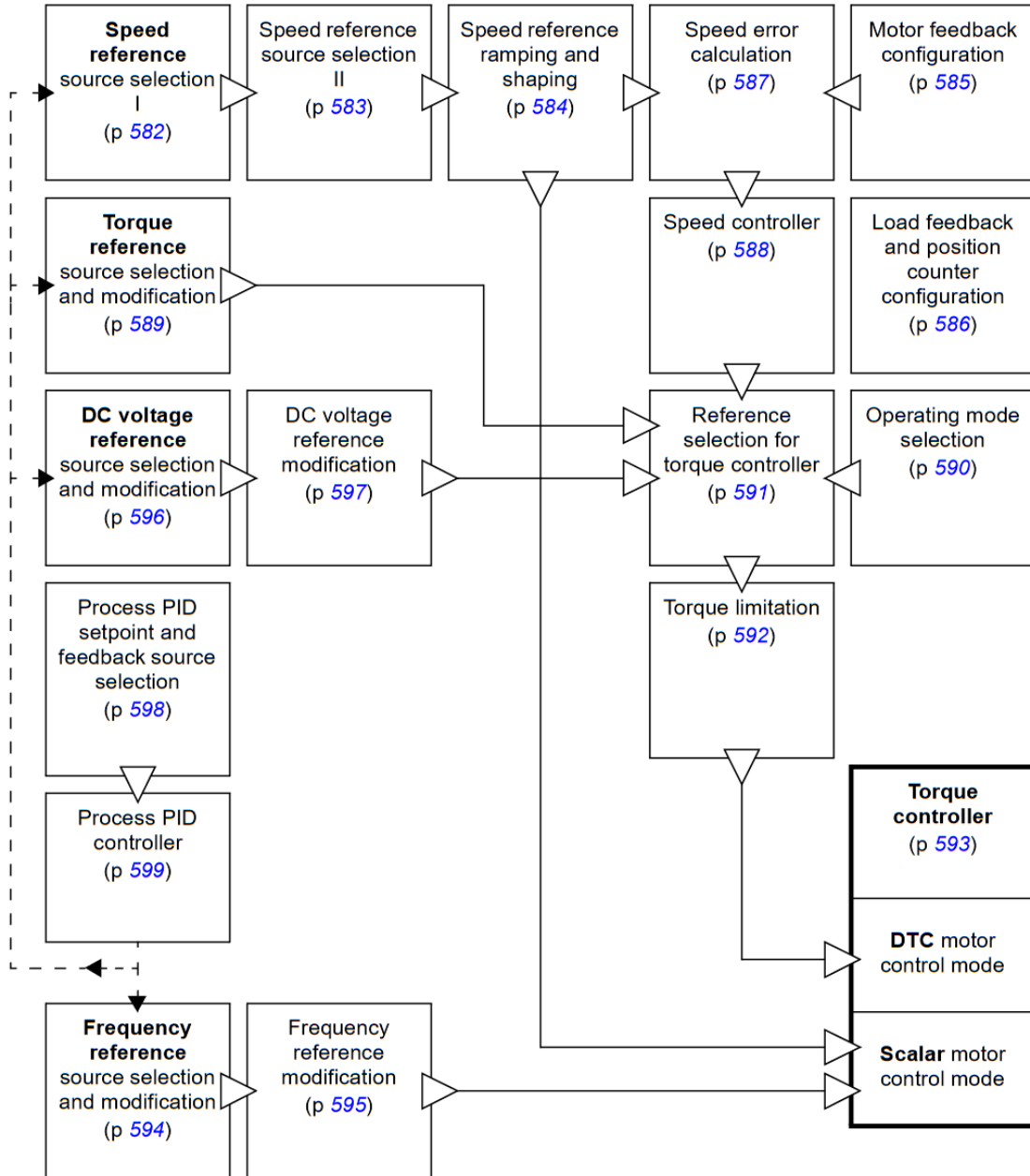
U	napätie	(V)
I	prúd	(A)
n	otáčky rotora	(ot/min)
f	frekvencia	(Hz)
p	počet pólov statora	(-)
s	sklz	(-)

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA A - RIADIACE DIAGRAMY.....	57
A.1	DIAGRAM OPERAČNÝCH REŽIMOV 57
A.2	VÝBER REFERENČNÉHO ZDROJA RÝCHLOSTI I 58
A.3	VÝBER REFERENČNÉHO ZDROJA RÝCHLOSTI II 59
A.4	REFERENČNÉ RAMPY A ICH TVAROVANIE 60
A.5	VÝBER A ÚPRAVA REFERENČNÉHO ZDROJA KRÚTIACEHO MOMENTU [8] 61
A.6	VÝBER OPERAČNÉHO REŽIMU 62
A.7	VÝBER REFERENCIE PRE REGULÁTOR KRÚTIACEHO MOMENTU 63
A.8	REGULÁTOR KRÚTIACEHO MOMENTU 64
A.9	VÝBER REFERENČNEJ FREKVENCIE 65
A.10	ÚPRAVA REFERENČNEJ FREKVENCIE 66
A.11	VÝBER REFERENČNÉHO JEDNOSMERNÉHO NAPÄTIA 67
A.12	ÚPRAVA REFERENČNÉHO JEDNOSMERNÉHO NAPÄTIA 68
PRÍLOHA B - ZOZNAMY NASTAVENÝCH PARAMETROV FREKVENČNÉHO MENIČA... 69	
B.1	ZOZNAM PARAMETROV FREKVENČNÉHO MENIČA SPOLOČNÝCH PRE OBE DEMO ÚLOHY 69
B.2	ZOZNAM PARAMETROV FREKVENČNÉHO MENIČA PRE ÚLOHU DEMO 1 70
B.3	ZOZNAM PARAMETROV FREKVENČNÉHO MENIČA PRE ÚLOHU DEMO 2 70
PRÍLOHA C - KÓDY APLIKÁCIE V PROGRAME AUTOMATION BUILDER 72	
C.1	GLOBALNE PREMENNÉ 72
C.2	HLAVNÝ PROGRAM PLC_PRG 76
C.3	RIADIACI FUNKČNÝ BLOK PPO_TYPE7 78
C.4	FUNKČNÝ BLOK DEMO1 83
C.5	FUNKČNÝ BLOK DEMO2 85
PRÍLOHA D - SNÍMKY OBRAZOVIEK Z HMI PANELU 72	
D.1	OBRAZOVKA PRE STATUS WORD A CONTROL WORD 87
D.2	OBRAZOVKA PRE VAROVANIA A CHYBY 87
D.3	OBRAZOVKA PRE ŠKÁLOVANIE 88
D.4	OBRAZOVKA PRE BLOK PNIO_STATE 88
D.5	OBRAZOVKA PRE FUNKCIU JOGGING 89
D.6	OBRAZOVKA PRE DTC RIADENIE RÝCHLOSTI 89
D.7	OBRAZOVKA PRE DTC RIADENIE MOMENTU 90
D.8	OBRAZOVKA PRE FUNKCIU CRITICAL SPEED 90
D.9	OBRAZOVKA PRE FUNKCIU IR COMPENSATION 91
D.10	OBRAZOVKA PRE SKALÁRNE RIADENIE RÝCHLOSTI 91
D.11	OBRAZOVKA PRE SKALÁRNE RIADENIE FREKVENCIE 92
D.12	OBRAZOVKA PRE FUNKCIU CRITICAL FREQUENCY 92

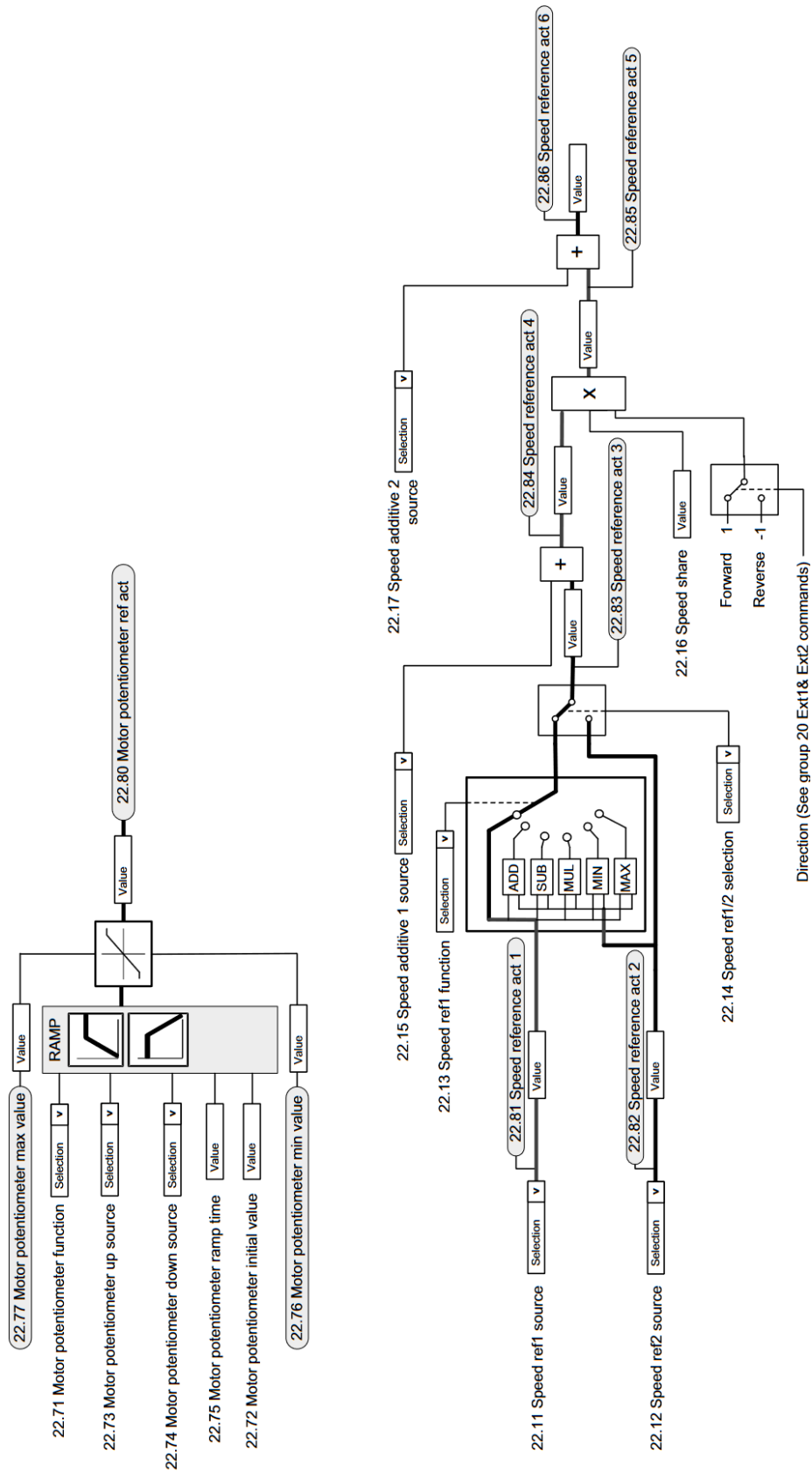
Príloha A - Riadiace diagramy

A.1 Diagram operačných režimov



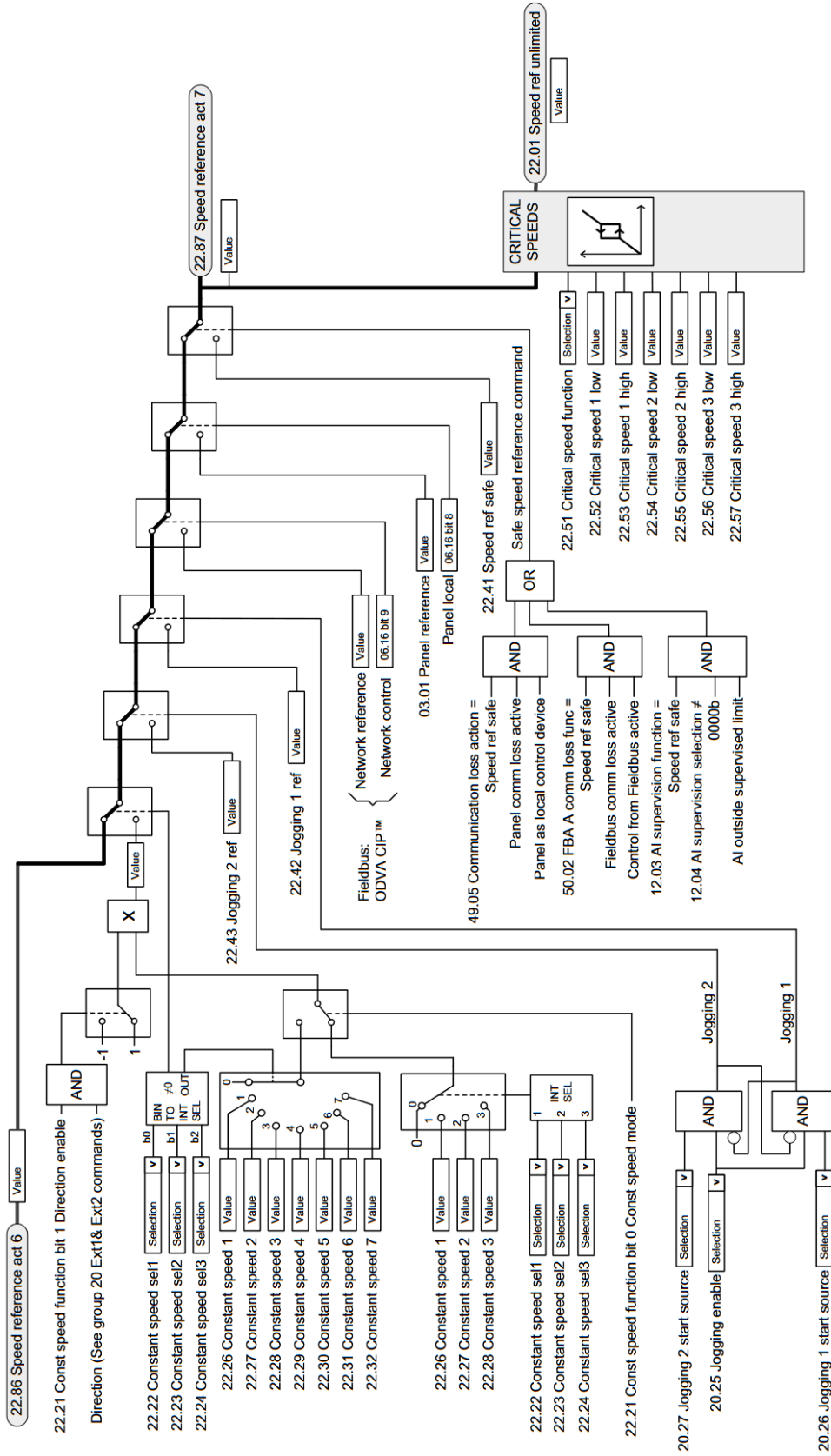
Dostupné z [8].

A.2 Výber referenčného zdroja rýchlosti I



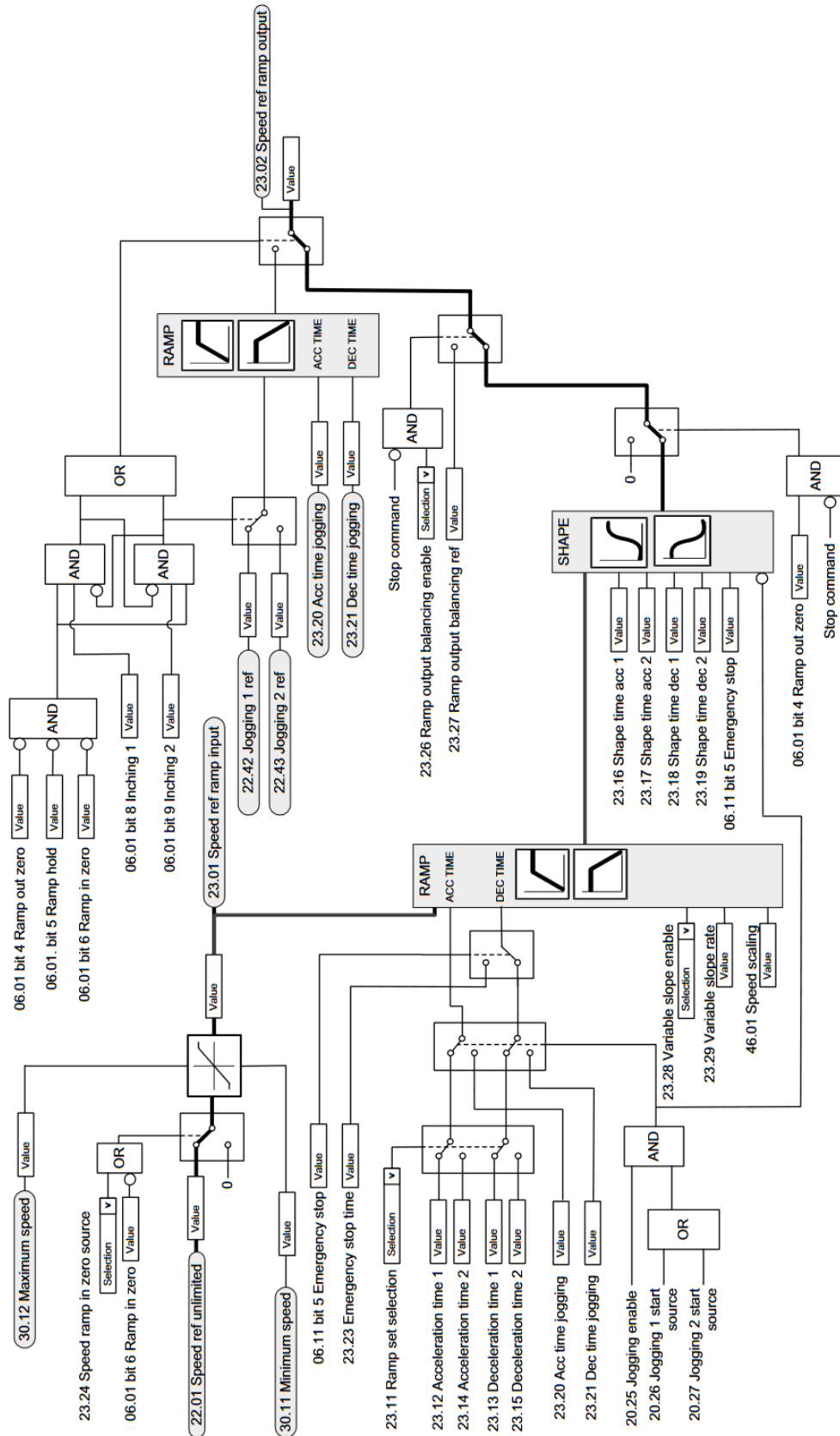
Dostupné z [8].

A.3 Výber referenčného zdroja rýchlosti II



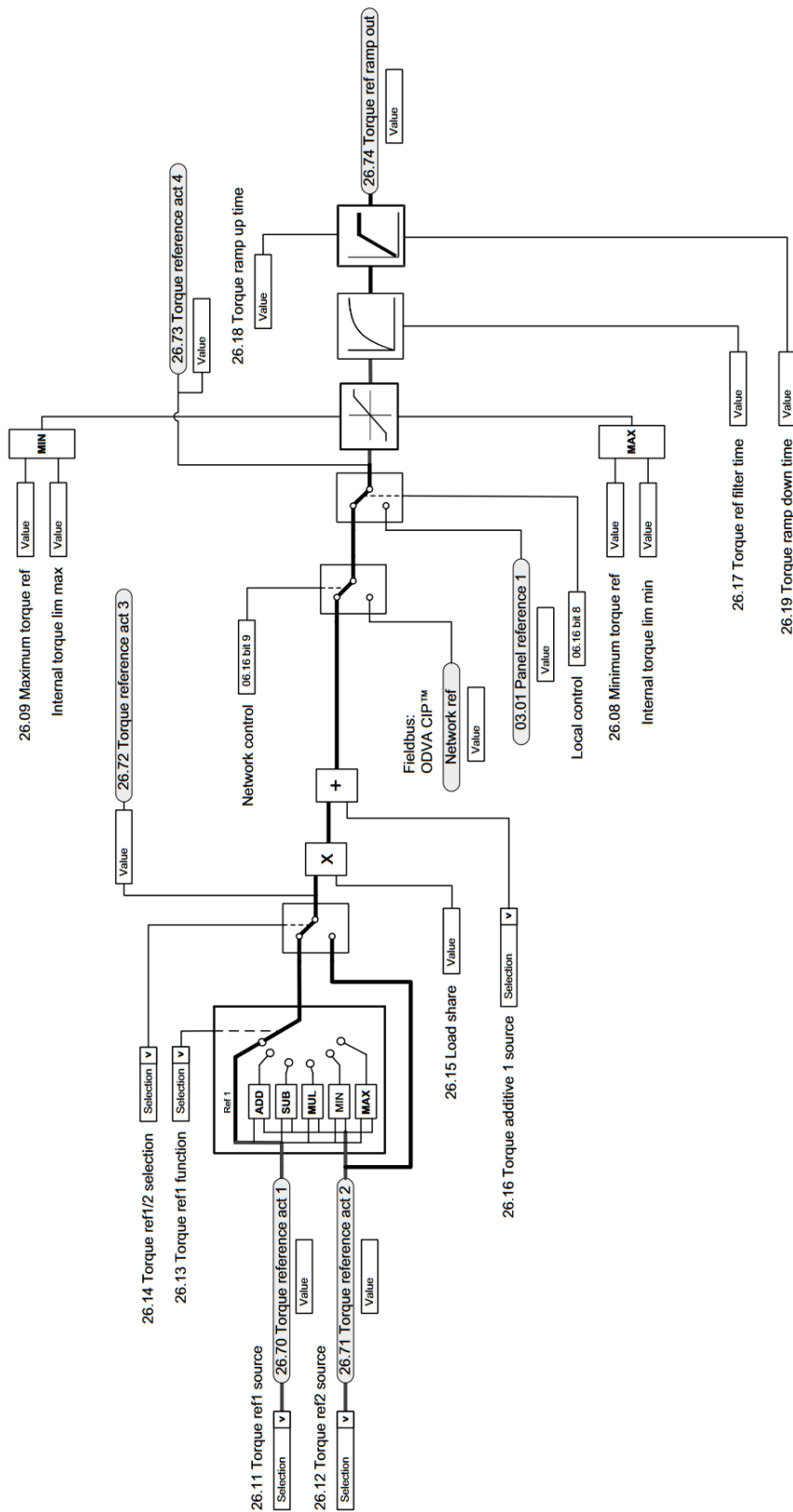
Dostupné z [8].

A.4 Referenčné rampy a ich tvarovanie



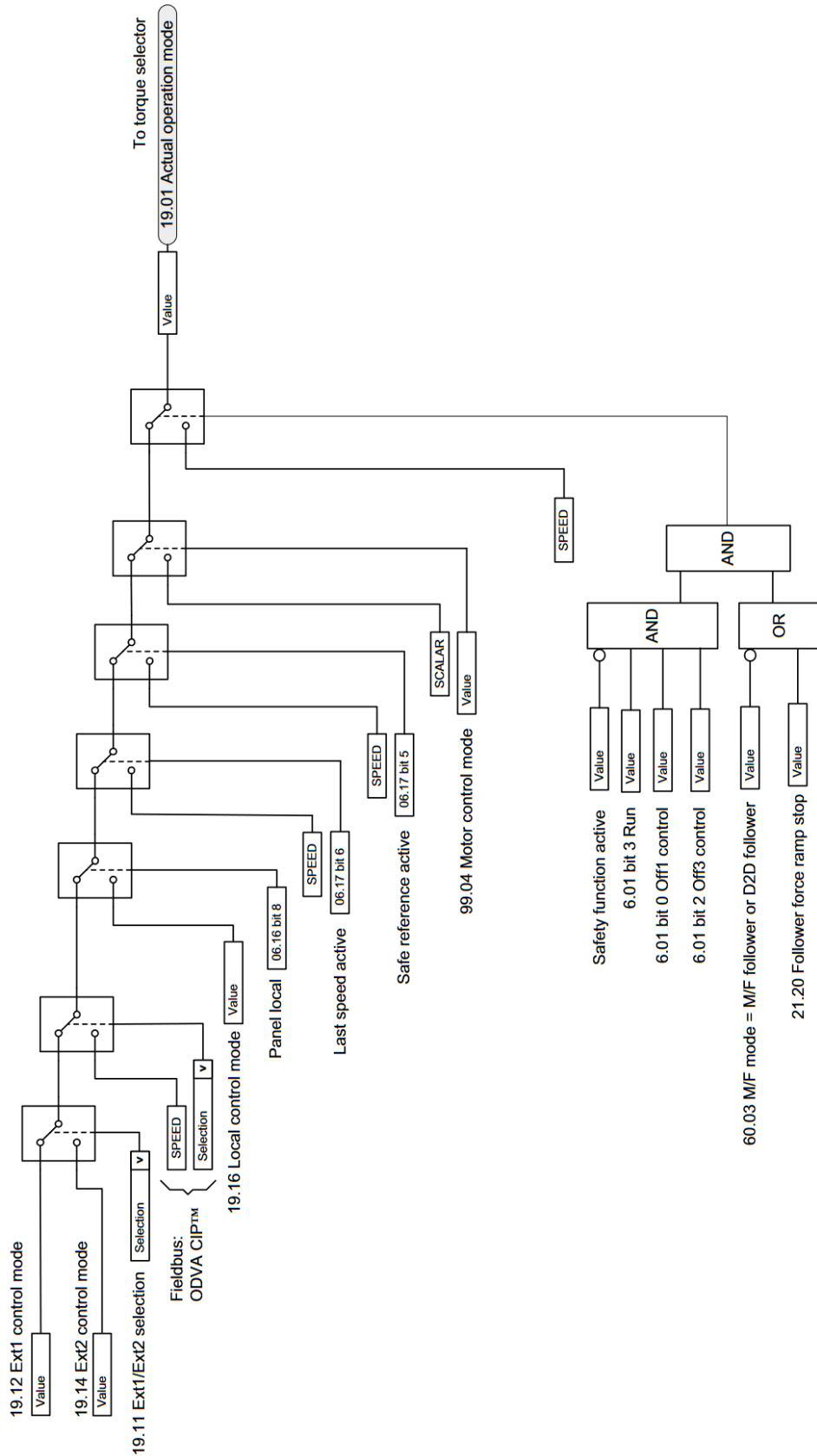
Dostupné z [8].

A.5 Výber a úprava referenčného zdroja krútiaceho momentu



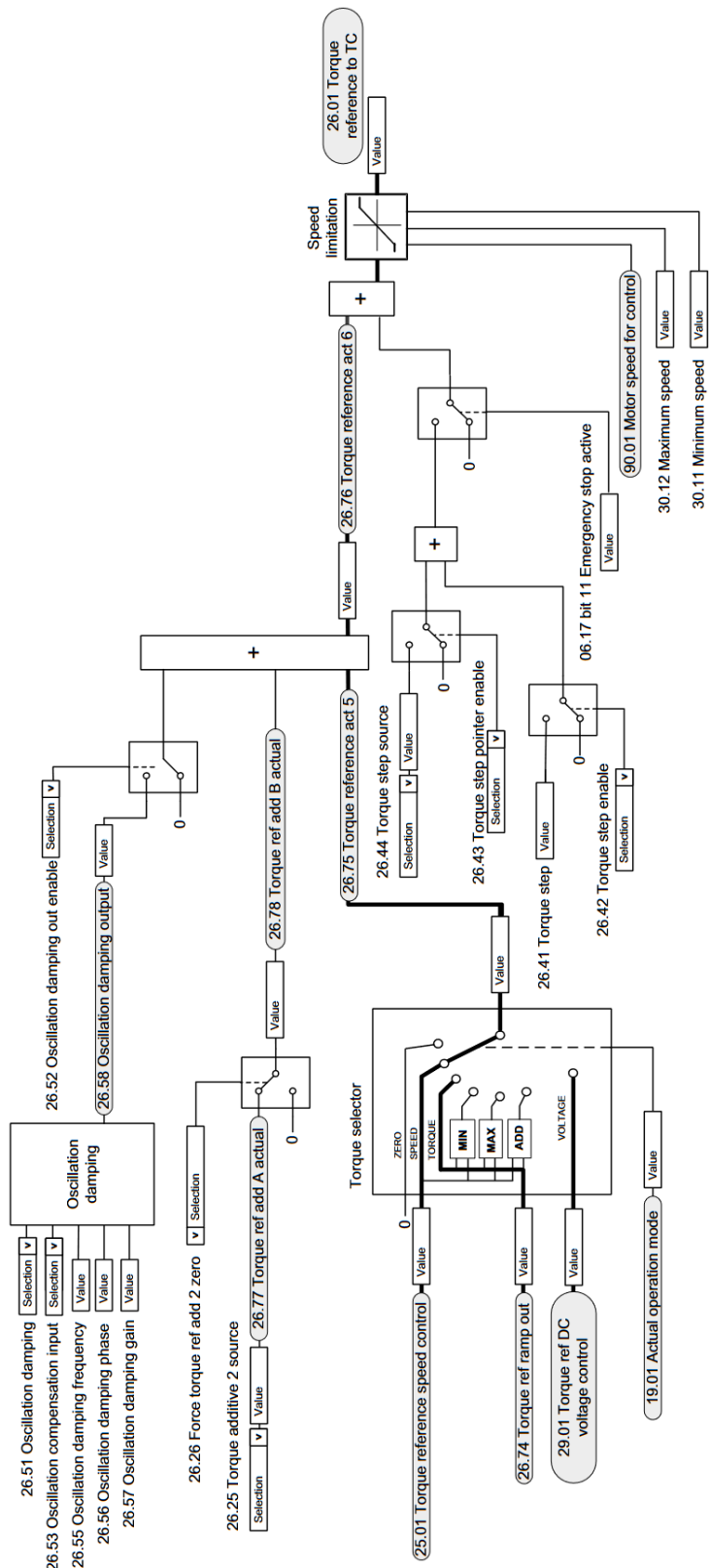
Dostupné z [8].

A.6 Výber operačného režimu



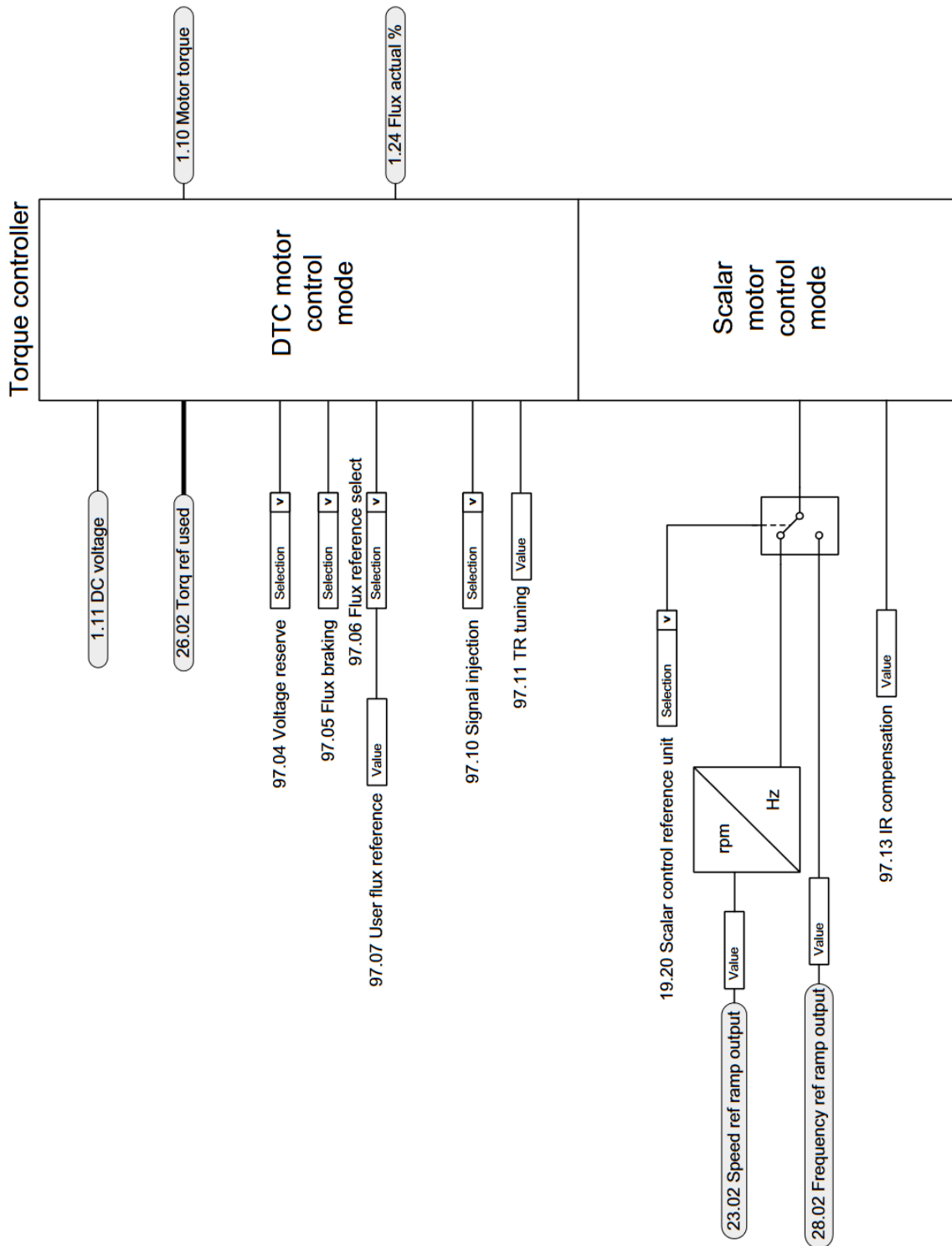
Dostupné z [8].

A.7 Výber referencie pre regulátor krútiaceho momentu



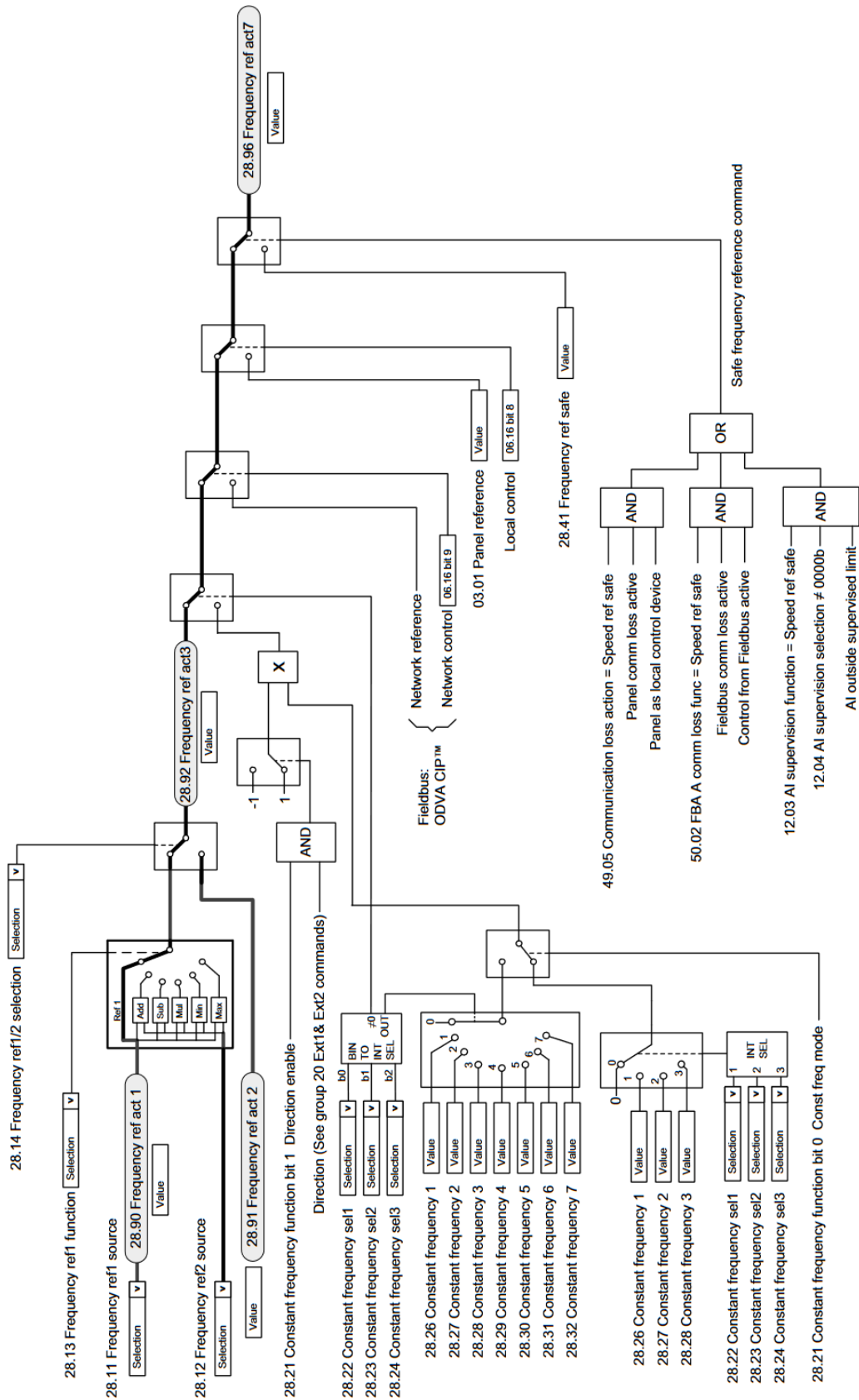
Dostupné z [8].

A.8 Regulator krútiaceho momentu



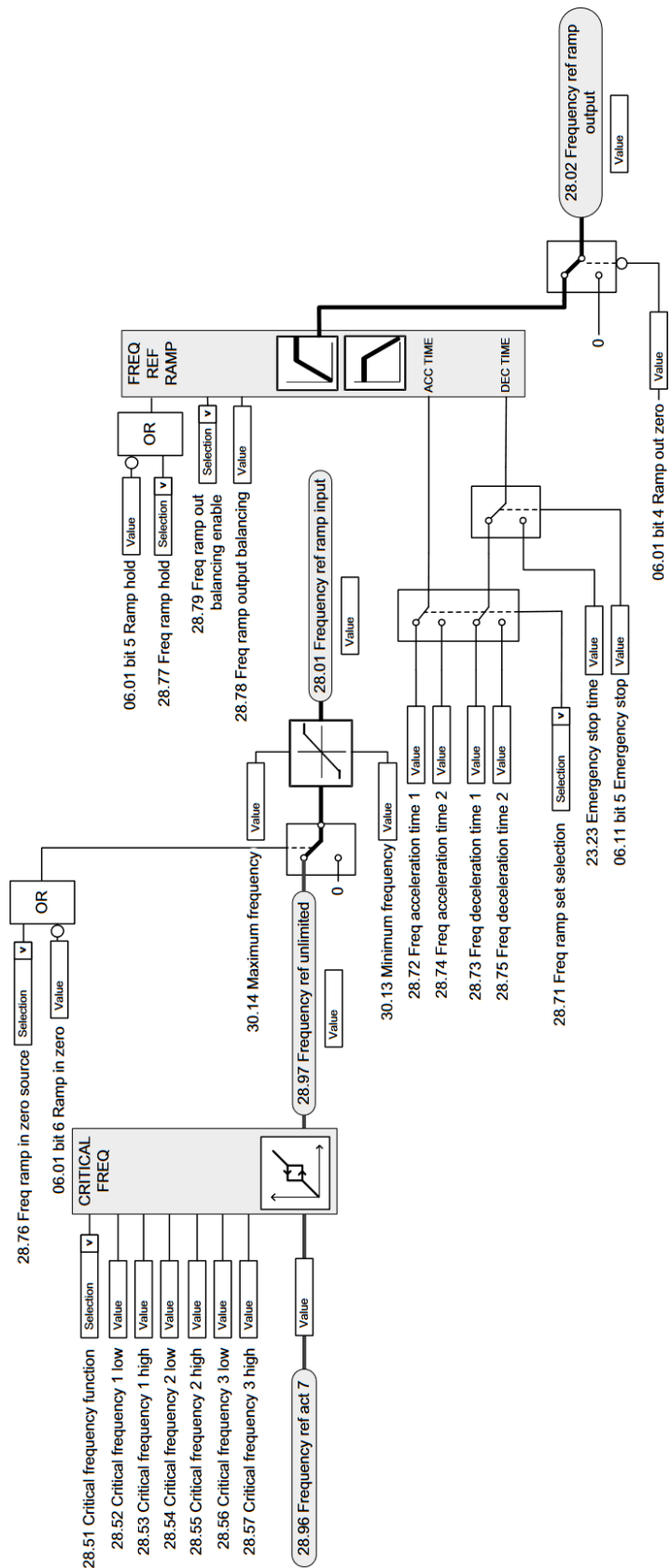
Dostupné z [8].

A.9 Výber referenčnej frekvencie



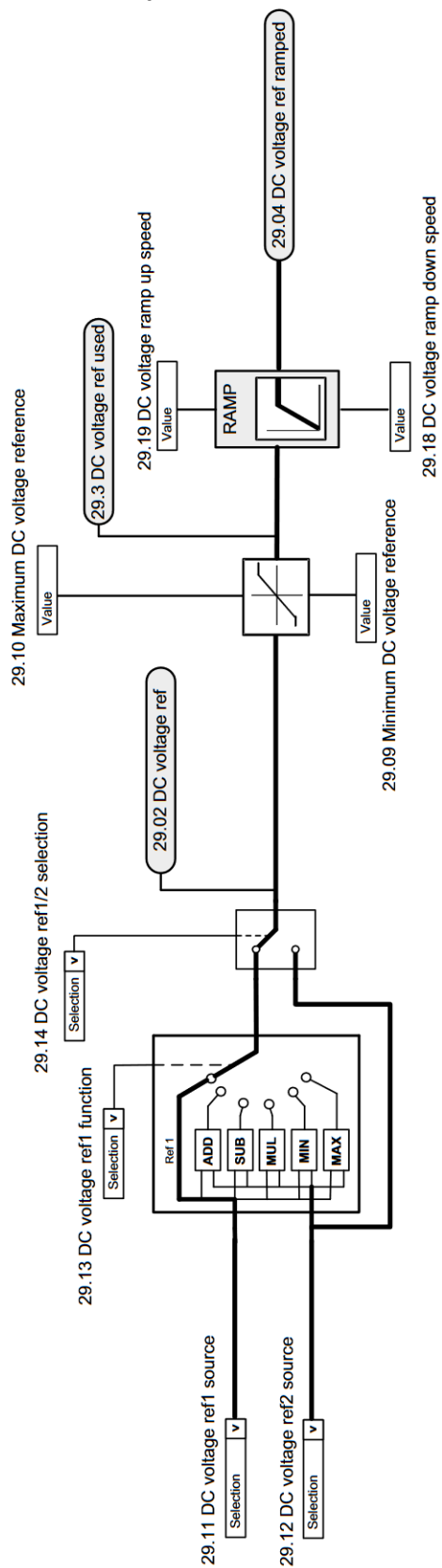
Dostupné z [8].

A.10 Úprava referenčnej frekvencie



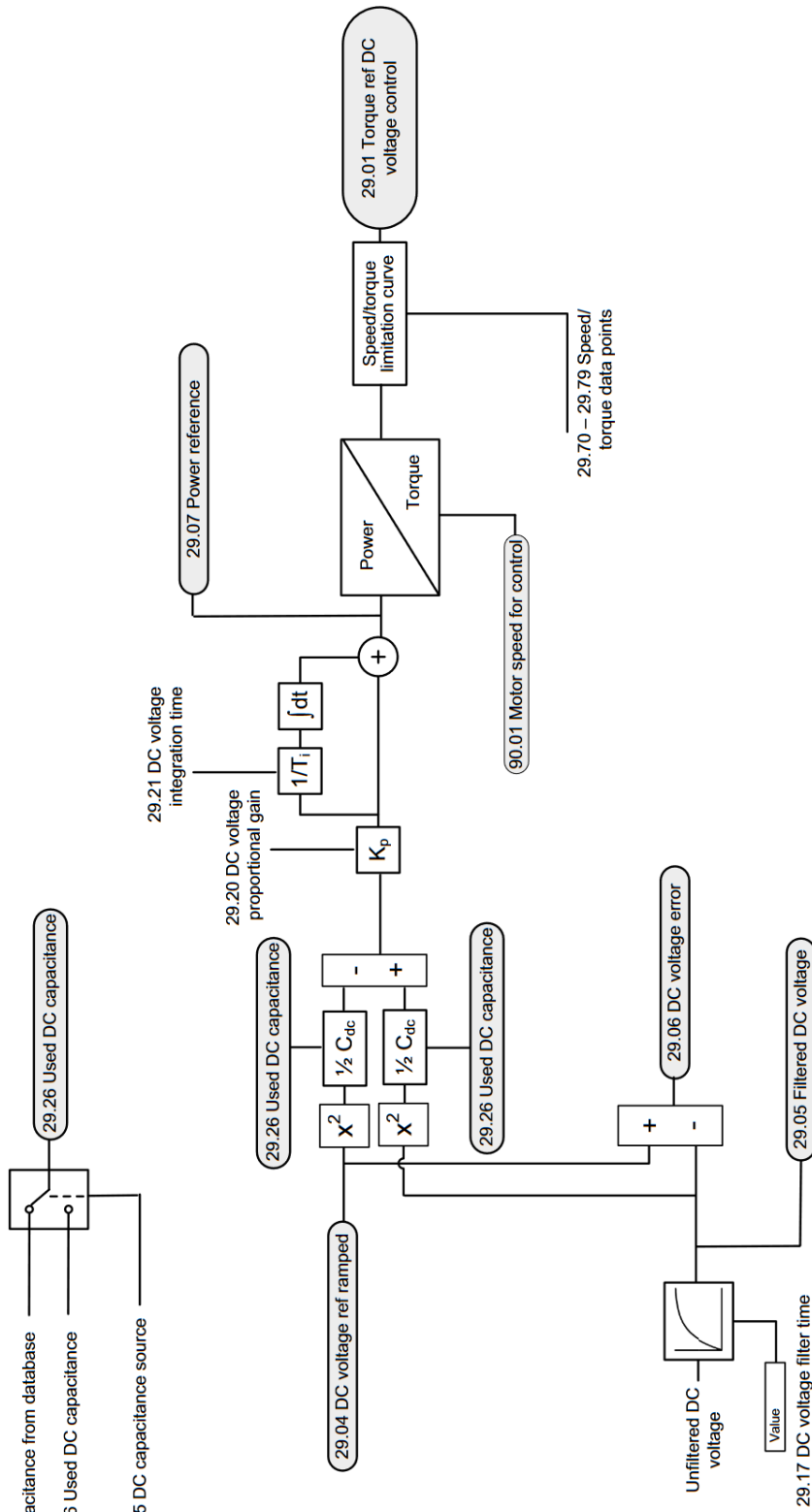
Dostupné z [8].

A.11 Výber referenčného jednosmerného napätia



Dostupné z [8].

A.12 Úprava referenčného jednosmerného napätia



Dostupné z [8].

Príloha B - Zoznamy nastavených parametrov frekvenčného meniča

B.1 Zoznam parametrov frekvenčného meniča spoločných pre obe Demo úlohy

- 19.11 Ext1/Ext2 selection: FBA A MCW bit 11
- 20.01 Ext1 commands: Fieldbus A
- 20.06 Ext2 commands: Fieldbus A
- 22.11 Speed ref1 source: FB A ref1
- 22.14 Speed ref1/2 selection: Speed reference 1
- 30.11 Minimum speed: -4700.00 rpm
- 30.12 Maximum speed: 4700.00 rpm
- 43.11 Brake resistor fault limit: 105 %
- 50.01 FBA A enable: Option slot 3
- 50.02 FBA A comm loss func: Fault
- 50.04 FBA A ref1 type: Speed
- 50.07 FBA A actual 1 type: Speed
- 51.01 FBA A type: PROFINet IO
- 51.02 Protocol/Profile: PNIO ABB Pro
- 51.04 IP configuration: Temp IP
- 51.05 IP address 1: 192
- 51.06 IP address 2: 168
- 51.08 IP address 4: 2
- 51.09 Subnet CIDR: 24
- 51.10 GW address 1: 192
- 51.11 GW address 2: 168
- 51.13 GW address 4: 2
- 51.20 Telegram type: PPO7
- 51.22 Map selection: 16bit
- 52.01 FBA A data in1: SW 16bit
- 52.02 FBA A data in2: 1.2[16] - Motor speed estimated
- 52.03 FBA A data in3: 1.6[16] - Output frequency
- 52.04 FBA A data in4: 1.7[16] - Motor current
- 52.05 FBA A data in5: 1.10[16] - Motor torque
- 52.06 FBA A data in6: 1.14[16] - Output power
- 52.07 FBA A data in7: 1.13[16] - Output voltage
- 52.08 FBA A data in8: 19.1[16] - Actual operation mode
- 52.09 FBA A data in9: 35.1[16] - Motor estimated temperature

52.10 FBA A data in10: 51.31[16] - D2FBA A comm status
52.11 FBA A data in11: 4.21[16] - Fault word 1
52.12 FBA A data in12: 4.31[16] - Warning word 1
53.01 FBA A data out1: CW 16bit
53.02 FBA A data out2: Ref1 16bit
53.03 FBA A data out3: Ref2 16bit
53.04 FBA A data out4: 23.12[16] - Acceleration time 1
53.05 FBA A data out5: 23.13[16] - Deceleration time 1
95.01 Supply voltage: 208...240 V
96.01 Language: English
99.12 Motor nominal torque: 1.882 Nm
200.254 CRC of the configuration: 100

B.2 Zoznam parametrov frekvenčného meniča pre úlohu Demo 1

19.14 Ext2 control mode: Torque
26.11 Torque ref1 source: FB A ref2
26.18 Torque ramp up time: 20.000 s
26.19 Torque ramp down time: 20.000 s
50.05 FBA A ref2 type: Torque
50.08 FBA A actual 2 type: Torque
53.06 FBA A data out6: 22.51[16] – Critical speed function
53.07 FBA A data out7: 22.52[16] – Critical speed 1 low
53.08 FBA A data out8: 22.53[16] – Critical speed 1 high
53.09 FBA A data out9: 22.42[16] - Jogging 1 ref
53.10 FBA A data out10: 22.43[16] - Jogging 2 ref
53.11 FBA A data out11: 23.20[16] - Acc time jogging
53.12 FBA A data out12: 23.21[16] - Dec time jogging

B.3 Zoznam parametrov frekvenčného meniča pre úlohu Demo 2

19.14 Ext2 control mode – Frequency
28.11 Frequency ref1 source: FB A ref2
28.14 Frequency ref1/2 selection : Frequency reference 1
50.05 FBA A ref2 type: Frequency
50.08 FBA A actual 2 type: Frequency

- 53.06 FBA A data out6: 28.51 – Critical frequency function
- 53.07 FBA A data out7: 28.52 – Critical frequency 1 low
- 53.08 FBA A data out8: 28.53 – Critical frequency 1 high
- 53.09 FBA A data out9: 19.20 – Scalar control reference unit
- 53.10 FBA A data out10: 97.13 – IR compensation
- 53.11 FBA A data out11: 28.72 - Freq acceleration time 1
- 53.12 FBA A data out12: 28.73 - Freq deceleration time 1

Príloha C - Kódy aplikácie v programe Automation Builder

C.1 Globálne premenné

```
VAR_GLOBAL
(*Globálne premenné vstupov pre blok Demo 1*)
Demo1_EN :BOOL := 1;
(*Enable signál pre blok Demo 1*)
Demo1_Ref1_Speed :UINT := 0;
(*Rýchlostná referencia pre DTC rýchlostné riadenie bloku Demo 1
v jednotkách rpm*)
Demo1_Ref2_Torque :UINT := 0;
(*Momentová referencia pre DTC momentové riadenie bloku Demo 1
v jednotkách Nmm*)
Critical_speed_func :UINT := 1;
(*Parameter 22.51 Critical speed function: bit 0 - Enable, bit 1
- Sign mode*)
Critical_speed_low :UINT := 1000;
(*Parameter 22.52 Critical speed 1 low - spodná hodnota funkcie
v jednotkách rpm*)
Critical_speed_high :UINT := 1500;
(*Parameter 22.53 Critical speed 1 high - horná hodnota funkcie
v jednotkách rpm*)
Jogging_1_ref :UINT := 900;
(*Parameter 22.42 Referencia pre jogging 1 v jednotkách rpm*)
Jogging_2_ref :UINT := 600;
(*Parameter 22.43 Referencia pre jogging 2 v jednotkách rpm*)
Acc_time_jogging :UINT := 100;
(*Zrýchlenie joggingu v jednotkách rpm/s - ekvivalentné parametru
23.20 Acc time jogging v sekundách*)
Dec_time_jogging :UINT := 100;
(*Zpomalenie joggingu v jednotkách rpm/s - ekvivalentné parametru
23.21 Dec time jogging v sekundách *)
Nominal_torque :REAL := 1.882;
(*Parameter 99.12 Nominálny moment motora v jednotkách Nm*)

(*Globálne premenné vstupov pre blok Demo 2*)
Demo2_EN :BOOL := 0;
(*Enable signál pre blok úlohy Demo 2*)
Demo2_Ref1_Speed :UINT := 0;
(*Rýchlostná referencia pre skalárne rýchlostné riadenie bloku
Demo 2 v jednotkách rpm*)
Demo2_Ref2_Freq :UINT := 0;
(*Frekvenčná referencia pre skalárne frekvenčné riadenie bloku
Demo 2 v jednotkách Hz*)
IR_comp :UINT := 1;
(*Parameter 97.13 IR kompenzácia v %*)
Critical_freq_func :UINT := 1;
(*Parameter 28.51 Critical frequency function: bit 0 - Enable, bit
1 - Sign mode*)
Critical_freq_low :UINT := 20;
(*Parameter 28.52 Critical frequency 1 low - spodná hodnota
funkcie v jednotkách Hz*)
Critical_freq_high :UINT := 30;
(*Parameter 28.53 Critical frequency 1 high - horná hodnota funkcie
```



```

v jednotkách Hz*)
Freq_or_Speed :BOOL := 1;
(*Parameter 19.20 Výber referenčnej jednotky pre riadenie 0 - Hz,
1 - rpm*)
Acc_time_freq :REAL := 2;
(*Zrýchlenie frekvenčnej rampy v jednotkách Hz/s - ekvivalentné
parametru 28.72 Freq acceleration time 1 v sekundách*)
Dec_time_freq :REAL := 2;
(*Zpomalenie frekvenčnej rampy v jednotkách Hz/s - ekvivalentné
parametru 28.73 Freq deceleration time 1 v sekundách*)

(*Globálne premenné pre vstupy blokov PPO_type7 v Demo 1 a Demo
2*)
START :BOOL := 0;
(*Signál ŠTART ovládajúci bity 0,4,6 control wordu*)
RESET :BOOL := 0;
(*Signál RESET ovládajúci bit 7 control wordu*)
STOP_EMCY_COAST :BOOL := 0;
(*Signál núdzového dojazdového zastavenia ovládajúci bit 1 control
wordu*)
STOP_EMCY :BOOL := 0;
(*Signál núdzového zastavenia ovládajúci bit 2 control wordu - čas
zastavenia je podľa parametru 23.23 Emergency stop time*)
INHIBIT_OPERATION :BOOL := 1;
(*Signál ovládajúci bit 3 control wordu*)
RAMP_HOLD :BOOL := 1;
(*Signál ovládajúci bit 5 control wordu*)
Jogging_1 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 8 control wordu - zapínanie jogging 1*)
Jogging_2 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 9 control wordu - zapínanie jogging 2*)
REMOTE_CMD :BOOL := 1;
(*Signál ovládajúci bit 10 control wordu - zapínanie ovládania cez
fieldbus*)
Ext_sel :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 11 control wordu - prepínanie ovládacích
miest EXT1/EXT2*)
CW12 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 12 control wordu*)
CW13 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 13 control wordu*)
CW14 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 14 control wordu*)
CW15 :BOOL := 0;
(*Signál ovládajúci bit 15 control wordu*)
Acc_time_viz :UINT := 100;
(*Zrýchlenie rýchlostnej rampy v jednotkách rpm/s - ekvivalentné
parametru 23.12 Acceleration time 1 v sekundách*)
Dec_time_viz :UINT := 100;
(*Zpomalenie rýchlostnej rampy v jednotkách rpm/s - ekvivalentné
parametru 23.13 Deceleration time 1 v sekundách*)
Direction :INT := 1;
(*Smer otáčania 1 - kladný, -1 - záporný*)
Speed_Scaling_MAX :REAL := 2000;
(*Parameter 46.01 Speed scaling - Maximálna hodnota rýchlosti
v jednotkách rpm*)
Torque_Scaling_MAX :REAL := 1.882;
(*Maximálna hodnota momentu v jednotkách Nm - ekvivalentné
parametru 46.03 Torque scaling v %*)

```

```

Freq_Scaling_MAX :REAL := 50;
(*Parameter 46.02 Frequency scaling - Maximálna hodnota frekvencie
v jednotkách Hz*)
Current_Scaling_MAX :REAL := 10;
(*Parameter 46.05 Current scaling - Maximálna hodnota prúdu
v jednotkách A*)
Power_Scaling_MAX :REAL := 1;
(*Parameter 46.04 Power scaling - Maximálna hodnota výkonu
v jednotkách kW*)

(*Globálne premenné pre výstupy bloku PPO_type7 nachádzajúcom sa
v bloku Demo 1*)
SW_viz_Demo1 :UINT; (*Status word pre Demo 1*)
RDY_ON_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 0 status wordu pre Demo 1*)
RDY_RUN_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 1 status wordu pre Demo 1*)
RDY_REF_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 2 status wordu pre Demo 1*)
TRIPPED_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 3 status wordu pre Demo 1*)
OFF_2_STA_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 4 status wordu pre Demo 1*)
OFF_3_STA_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 5 status wordu pre Demo 1*)
SWC_ON_INHIB_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 6 status wordu pre Demo 1*)
SW_ALARM_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 7 status wordu pre Demo 1*)
AT_SETPOINT_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 8 status wordu pre Demo 1*)
REMOTE_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 9 status wordu pre Demo 1*)
ABOVE_LIMIT_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 10 status wordu pre Demo 1*)
USER_0_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 11 status wordu pre Demo 1*)
EXT_RUN_ENABLE_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 12 status wordu pre Demo 1*)
SW13_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 13 status wordu pre Demo 1*)
SW14_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 14 status wordu pre Demo 1*)
SW15_viz_Demo1 :BOOL; (*Bit 15 status wordu pre Demo 1*)
Act_Speed_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter 01.02 Motor speed estimated - Aktuálna rýchlosť
v jednotkách rpm pre Demo 1*)
Act_Torque_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter Aktuálny moment v jednotkách Nm pre Demo 1*)
Act_Freq_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter 01.06 Output frequency - Aktuálna frekvencia
v jednotkách Hz pre Demo 1*)
Act_Current_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter 01.07 Motor current - Aktuálny prúd v jednotkách A pre
Demo 1*)
Act_Power_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter 01.14 Output power - Aktuálny výkon v jednotkách kW
pre Demo 1*)
Act_Voltage_viz_Demo1 :REAL;
(*Parameter 01.13 Output voltage - Aktuálne napätie v jednotkách
V pre Demo 1*)
Act_oper_mode_viz_Demo1 :UINT;
(*Parameter 19.01 Actual operation mode - Aktuálny operačný mód
pre Demo 1*)
Act_est_temp_viz_Demo1 :UINT;
(*Parameter 35.01 Motor estimated temperature - Aktuálna
predpokladaná teplota v stupňoch C frekvenčného meniču pre Demo
1*)
FBA_comm_status_viz_Demo1 :UINT;
(*Parameter 51.31 D2FBA A comm status - Status FBA komunikácie pre
Demo 1*)
Faults_viz_Demo1 :UINT;
(*Parameter 04.21 Fault word 1 pre Demo 1*)
Warnings_viz_Demo1 :UINT;

```

```
(*Parameter 04.31 Warning word 1 pre Demo 1*)
```

```
(*Globálne premenné pre výstupy bloku PPO_type7 nachádzajúcom sa v bloku Demo 2*)
```

```
SW_viz_Demo2 :UINT; (*Status word pre Demo 2*)
RDY_ON_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 0 status wordu pre Demo 2*)
RDY_RUN_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 1 status wordu pre Demo 2*)
RDY_REF_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 2 status wordu pre Demo 2*)
TRIPPED_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 3 status wordu pre Demo 2*)
OFF_2_STA_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 4 status wordu pre Demo 2*)
OFF_3_STA_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 5 status wordu pre Demo 2*)
SWC_ON_INHIB_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 6 status wordu pre Demo 2*)
SW_ALARM_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 7 status wordu pre Demo 2*)
AT_SETPOINT_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 8 status wordu pre Demo 2*)
REMOTE_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 9 status wordu pre Demo 2*)
ABOVE_LIMIT_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 10 status wordu pre Demo 2*)
USER_0_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 11 status wordu pre Demo 2*)
EXT_RUN_ENABLE_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 12 status wordu pre Demo 2*)
SW13_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 13 status wordu pre Demo 2*)
SW14_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 14 status wordu pre Demo 2*)
SW15_viz_Demo2 :BOOL; (*Bit 15 status wordu pre Demo 2*)
Act_Speed_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter 01.02 Motor speed estimated - Aktuálna rýchlosť v jednotkách rpm pre Demo 2*)
Act_Torque_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter Aktuálny moment v jednotkách Nm pre Demo 2*)
Act_Freq_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter 01.06 Output frequency - Aktuálna frekvencia v jednotkách Hz pre Demo 2*)
Act_Current_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter 01.07 Motor current - Aktuálny prúd v jednotkách A pre Demo 2*)
Act_Power_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter 01.14 Output power - Aktuálny výkon v jednotkách kW pre Demo 2*)
Act_Voltage_viz_Demo2 :REAL;
(*Parameter 01.13 Output voltage - Aktuálne napätie v jednotkách V pre Demo 2*)
Act_oper_mode_viz_Demo2 :UINT;
(*Parameter 19.01 Actual operation mode - Aktuálny operačný mód pre Demo 2*)
Act_est_temp_viz_Demo2 :UINT;
(*Parameter 35.01 Motor estimated temperature - Aktuálna predpokladaná teplota v stupňoch C frekvenčného meniču pre Demo 2*)
FBA_comm_status_viz_Demo2 :UINT;
(*Parameter 51.31 D2FBA A comm status - Status FBA komunikácie pre Demo 2*)
Faults_viz_Demo2 :UINT;
(*Parameter 04.21 Fault word 1 pre Demo 2*)
Warnings_viz_Demo2 :UINT;
(*Parameter 04.31 Warning word 1 pre Demo 2*)

(*Globálne premenné pre vstupy a výstupy bloku PNIO_SATE*)
PNIO_STATE_EN :BOOL := 0;
(*Enable signál pre blok PNIO_STATE*)
PNIO_STATE_SLOT :BYTE := 2;
(*Číslo slotu pre blok PNIO_STATE*)
state_DONE :BOOL;
```

```

(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci vykonanie bloku*)
state_ERR :BOOL;
(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci či nastal v bloku error*)
state_ERNO :WORD;
(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci kód erroru, ktorý v bloku
nastal*)
state_MST_STATE :PNIO_MST_STATE_TYPE;
(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci stav komunikácie PNIO
modulu*)
state_COMM_ERNO :PNIO_COMM_ERNO_TYPE;
(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci typ erroru PNIO modulu*)
state_NUM_ERRS :DWORD;
(*Signál bloku PNIO_STATE indikujúci počet errorov, ktorý nastal
od jeho zapnutia*)
END_VAR

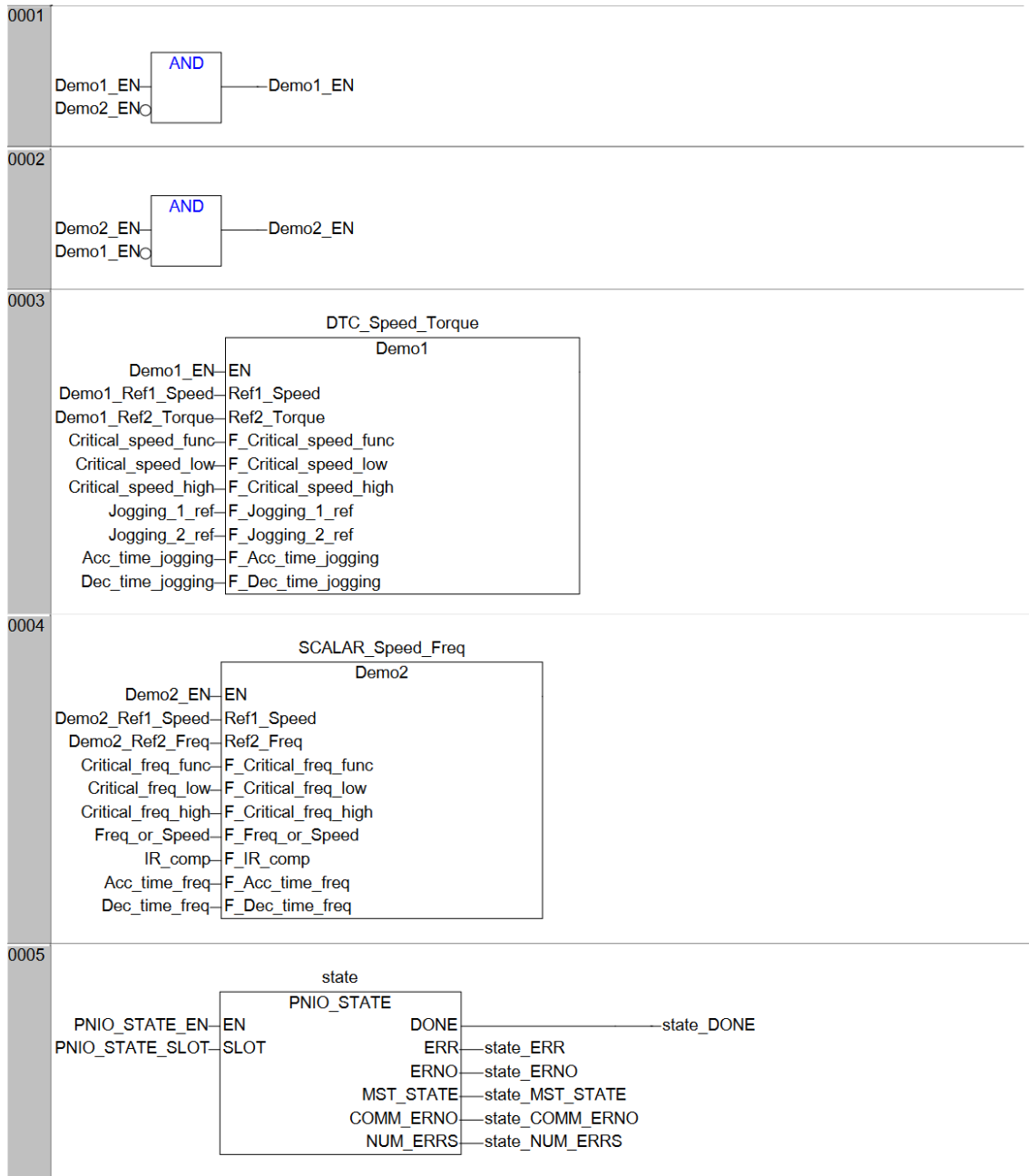
```

C.2 Hlavný program PLC_PRG

```

(*Inicializácia hlavného programu*)
PROGRAM PLC_PRG
VAR
    DTC_Speed_Torque :Demo1;      (*Inicializácia bloku Demo 1*)
    SCALAR_Speed_Freq :Demo2;     (*Inicializácia bloku Demo 2*)
    state :PNIO_STATE;           (*Inicializácia bloku PNIO_STATE*)
END_VAR

```



C.3 Riadiaci funkčný blok PPO_type7

```
(*Inicializácia*)  
  
FUNCTION BLOCK PPO_type7 (*Inicializácia bloku*)  
VAR_INPUT (*Inicializácia vstupov*)  
  EN :BOOL := 0; (*Signál enable*)  
  DATA_IN_PT :POINTER TO UINT;  
  (*Pointer na adresu prvého vstupu cyklickej komunikácie  
  PPO_type7*)  
  DATA_OUT_PT :POINTER TO UINT;  
  (*Pointer na adresu prvého výstupu cyklickej komunikácie  
  PPO_type7*)  
  CW_OFF1_CONTROL :BOOL := 0; (*CW - 0 bit*)  
  CW_OFF2_CONTROL :BOOL := 1; (*CW - 1 bit*)  
  CW_OFF3_CONTROL :BOOL := 1; (*CW - 2 bit*)  
  CW_INHIBIT_OPERATION :BOOL := 1; (*CW - 3 bit*)  
  CW_RAMP_OUT_ZERO :BOOL := 0; (*CW - 4 bit*)  
  CW_RAMP_HOLD :BOOL := 1; (*CW - 5 bit*)  
  CW_RAMP_IN_ZERO :BOOL := 0; (*CW - 6 bit*)  
  CW_RESET :BOOL := 0; (*CW - 7 bit*)  
  CW_Jogging_1 :BOOL := 0; (*CW - 8 bit*)  
  CW_Jogging_2 :BOOL := 0; (*CW - 9 bit*)  
  CW_REMOTE_CMD :BOOL := 1; (*CW - 10 bit*)  
  CW_EXT_CTRL_LOC :BOOL := 0; (*CW - 11 bit*)  
  CW_Bit12 :BOOL := 0; (*CW - 12 bit*)  
  CW_Bit13 :BOOL := 0; (*CW - 13 bit*)  
  CW_Bit14 :BOOL := 0; (*CW - 14 bit*)  
  CW_Bit15 :BOOL := 0; (*CW - 15 bit*)  
  F_Acc_time :UINT := 200;  
  (*Zrýchlenie rýchlostnej rampy v jednotkách rpm/s - ekvivalentné  
  parametru 23.12 Acceleration time 1 v sekundách*)  
  F_Dec_time :UINT := 200;  
  (*Zpomalenie rýchlostnej rampy v jednotkách rpm/s - ekvivalentné  
  parametru 23.13 Deceleration time 1 v sekundách*)  
  F_PZD6 :UINT := 0;  
  (*6 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD7 :UINT := 0;  
  (*7 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD8 :UINT := 0;  
  (*8 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD9 :UINT := 0;  
  (*9 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD10 :UINT := 0;  
  (*10 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD11 :UINT := 0;  
  (*11 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_PZD12 :UINT := 0;  
  (*12 referencia cyklickej komunikácie PPO_type7 *)  
  F_Direction :INT := 1; (*Smer otáčania 1 - kladný, -1 - záporný*)  
  F_Speed_Scaling_MAX :REAL := 0;  
  (*Parameter 46.01 Speed scaling - Maximálna hodnota rýchlosti  
  v jednotkách rpm*)  
  F_Speed_Ref :INT := 0;  
  (*Rýchlostná referencia v jednotkách rpm*)  
  F_Torque_Scaling_MAX :REAL := 0;  
  (*Maximálna hodnota momentu v jednotkách Nm - ekvivalentné  
  parametru 46.03 Torque scaling v %*)  
  F_Torque_Ref :REAL := 0;
```

```

(*Momentová referencia v jednotkách Nmm*)
F_Freq_Scaling_MAX :REAL := 0;
(*Parameter 46.02 Frequency scaling - Maximálna hodnota frekvencie
v jednotkách Hz*)
F_Freq_Ref :INT := 0;
(*Frekvenčná referencia v jednotkách Hz*)
F_Current_Scaling_MAX :REAL := 0;
(*Parameter 46.05 Current scaling - Maximálna hodnota prúdu
v jednotkách A*)
F_Power_Scaling_MAX :REAL := 0;
(*Parameter 46.04 Power scaling - Maximálna hodnota výkonu
v jednotkách kW*)
F_DTC_or_SCALAR :BOOL := 0;
(*Bit určujúci či chceme riadenie DTC alebo SCALAR, 0 - DTC, 1 -
SCALAR*)
F_Nominal_torque :REAL := 0;
(*Parameter 99.12 Nominálny moment motor v jednotkách Nm*)
END_VAR
VAR_OUTPUT (*Inicializácia výstupov*)
F_SW :UINT; (*Status word*)
SW_RDY_ON :BOOL; (*Bit 0 status wordu*)
SW_RDY_RUN :BOOL; (*Bit 1 status wordu*)
SW_RDY_REF :BOOL; (*Bit 2 status wordu*)
SW_TRIPPED :BOOL; (*Bit 3 status wordu*)
SW_OFF_2_STA :BOOL; (*Bit 4 status wordu*)
SW_OFF_3_STA :BOOL; (*Bit 5 status wordu*)
SW_SWC_ON_INHIB :BOOL; (*Bit 6 status wordu*)
SW_SW_ALARM :BOOL; (*Bit 7 status wordu*)
SW_AT_SETPOINT :BOOL; (*Bit 8 status wordu*)
SW_REMOTE :BOOL; (*Bit 9 status wordu*)
SW_ABOVE_LIMIT :BOOL; (*Bit 10 status wordu*)
SW_USER_0 :BOOL; (*Bit 11 status wordu*)
SW_EXT_RUN_ENABLE :BOOL; (*Bit 12 status wordu*)
SW_Bit13 :BOOL; (*Bit 13 status wordu*)
SW_Bit14 :BOOL; (*Bit 14 status wordu*)
SW_Bit15 :BOOL; (*Bit 15 status wordu*)
F_Act_Speed :REAL;
(*Parameter 01.02 Motor speed estimated - Aktuálna rýchlosť
v jednotkách rpm*)
F_Act_Torque :REAL;
(*Parameter Aktuálny moment v jednotkách Nm*)
F_Act_Freq :REAL;
(*Parameter 01.06 Output frequency - Aktuálna frekvencia
v jednotkách Hz*)
F_Act_Current :REAL;
(*Parameter 01.07 Motor current - Aktuálny prúd v jednotkách A*)
F_Act_Power :REAL;
(*Parameter 01.14 Output power - Aktuálny výkon v jednotkách kW*)
F_Act_Voltage :UINT;
(*Parameter 01.13 Output voltage - Aktuálne napätie v jednotkách
V*)
F_Act_oper_mode :UINT;
(*Parameter 19.01 Actual operation mode - Aktuálny operačný mód*)
F_Act_est_temp :UINT;
(*Parameter 35.01 Motor estimated temperature - Aktuálna
predpokladaná teplota v stupňoch C frekvenčného meniču*)
F_FBA_comm_status :UINT;
(*Parameter 51.31 D2FBA A comm status - Status FBA komunikácie*)
F_Faults :UINT; (*Parameter 04.21 Fault word 1*)

```

```

F_Warnings :UINT;          (*Parameter 04.31 Warning word 1*)

END_VAR
VAR (*Inicializácia vnútorných premenných*)
  DATA_IN_PT_ARRAY :ARRAY [1..12] OF POINTER TO UINT;
  (*Pole pointrov na vstupné premenné komunikácie PPO_type7*)
  DATA_OUT_PT_ARRAY :ARRAY [1..12] OF POINTER TO UINT;
  (*Pole pointrov na výstupné premenné komunikácie PPO_type7*)
  i :INT := 0;          (*Pomocná premenná pre FOR cyklus*)
  Ref1 :UINT := 0;     (*Prvá referencia - rýchlostná*)
  Ref2 :UINT := 0;
  (*Druhá referencia - závisí na vstupnej premennej F_DTC_or_SCALAR
  : ak F_DTC_or_SCALAR == 0(DTC) tak je referencia momentová,
  ak F_DTC_or_SCALAR == 1(SCALAR) tak je referencia frekvenčná *)
  Scaling_SPEED_TORQUE :ACS_REF_SCALING;
  (*Blok ACS_REF_SCALING na škálovanie rýchlosti a momentu
  z knižnice ACSDrivesBase_AC500_V20.lib*)
  Scaling_FREQ_CURRENT :ACS_REF_SCALING;
  (*Blok ACS_REF_SCALING na škálovanie frekvencie a prúdu z knižnice
  ACSDrivesBase_AC500_V20.lib*)
  Scaling_POWER :ACS_REF_SCALING;
  (*Blok ACS_REF_SCALING na škálovanie výkonu z knižnice
  ACSDrivesBase_AC500_V20.lib*)
END_VAR

(*Kód bloku*)

(*Pole pointrov je na premenné komunikácie cez PPO_type7 namapované
v programe Automation Builder - viz. obrázok 7.*)
DATA_IN_PT_ARRAY[1] := DATA_IN_PT; (*Priradenie vstupného pointru na
prvú pozíciu poľa pointrov na vstupné premenné komunikácie PPO_type7*)
DATA_OUT_PT_ARRAY[1] := DATA_OUT_PT; (*Priradenie vstupného pointru na
prvú pozíciu poľa pointrov na výstupné premenné komunikácie PPO_type7*)

FOR i := 2 TO 12 DO
  DATA_IN_PT_ARRAY[i] := DATA_IN_PT_ARRAY[i - 1] + 2;
  (*Priradenie adres do poľa pointrov na vstupné premenné
  komunikácie PPO_type7 posúvajúc sa stále o 2 byty*)
  DATA_OUT_PT_ARRAY[i] := DATA_OUT_PT_ARRAY[i - 1] + 2;
  (*Priradenie adres do poľa pointrov na výstupné premenné
  komunikácie PPO_type7 posúvajúc sa stále o 2 byty*)
END_FOR;

IF EN THEN
  (*Priradenie jednotlivých hodnôt do pointrov na vstupné premenné
  komunikácie PPO_type7*)
  (*Priradenie jednotlivých bitov control wordu do pointu na 1
  vstupnu premennú komunikácie PPO_type7 - CW 16bit*)
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^0 := CW_OFF1_CONTROL;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^1 := CW_OFF2_CONTROL;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^2 := CW_OFF3_CONTROL;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^3 := CW_INHIBIT_OPERATION;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^4 := CW_RAMP_OUT_ZERO;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^5 := CW_RAMP_HOLD;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^6 := CW_RAMP_IN_ZERO;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^7 := CW_RESET;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^8 := CW_Jogging_1;
  DATA_IN_PT_ARRAY[1]^9 := CW_Jogging_2;

```



```

DATA_IN_PT_ARRAY[1]^10 := CW_REMOTE_CMD;
DATA_IN_PT_ARRAY[1]^11 := CW_EXT_CTRL_LOC;
DATA_IN_PT_ARRAY[1]^12 := CW_Bit12;
DATA_IN_PT_ARRAY[1]^13 := CW_Bit13;
DATA_IN_PT_ARRAY[1]^14 := CW_Bit14;
DATA_IN_PT_ARRAY[1]^15 := CW_Bit15;
DATA_IN_PT_ARRAY[2]^ := Ref1;
DATA_IN_PT_ARRAY[3]^ := Ref2;
DATA_IN_PT_ARRAY[4]^
:=
REAL_TO_UINT((F_Speed_Scaling_MAX/F_Acc_time)*(20000/F_Speed_Sca
ling_MAX));
(*Prepočet zrýchlenia z jednotiek rpm/s na jednotky s podľa
rýchlostného škálovania*)
DATA_IN_PT_ARRAY[5]^
:=
REAL_TO_UINT((Speed_Scaling_MAX/F_Dec_time)*(20000/F_Speed_Scali
ng_MAX));
(*Prepočet zpomalenia z jednotiek rpm/s na jednotky s podľa
rýchlostného škálovania*)
DATA_IN_PT_ARRAY[6]^ := F_PZD6;
DATA_IN_PT_ARRAY[7]^ := F_PZD7;
DATA_IN_PT_ARRAY[8]^ := F_PZD8;
DATA_IN_PT_ARRAY[9]^ := F_PZD9;
DATA_IN_PT_ARRAY[10]^ := F_PZD10;
DATA_IN_PT_ARRAY[11]^ := F_PZD11;
DATA_IN_PT_ARRAY[12]^ := F_PZD12;

(*Priradenie jednotlivých bitov status wordu do pointu na 1
výstupnú premennú komunikácie PPO_type7 - SW 16bit*)
F_SW := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^;
SW_RDY_ON := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^0;
SW_RDY_RUN := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^1;
SW_RDY_REF := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^2;
SW_TRIPPED := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^3;
SW_OFF_2_STA := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^4;
SW_OFF_3_STA := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^5;
SW_SWC_ON_INHIB := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^6;
SW_SW_ALARM := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^7;
SW_AT_SETPOINT := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^8;
SW_REMOTE := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^9;
SW_ABOVE_LIMIT := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^10;
SW_USER_0 := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^11;
SW_EXT_RUN_ENABLE := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^12;
SW_Bit13 := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^13;
SW_Bit14 := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^14;
SW_Bit15 := DATA_OUT_PT_ARRAY[1]^15;
F_Act_Speed := Scaling_SPEED_TORQUE.ACT_SPEED;
(*Priradenie aktuálnej rýchlosti zo škálovacieho bloku
ACS_REF_SCALING*)
F_Act_Freq := Scaling_FREQ_CURRENT.ACT_SPEED;
(*Priradenie aktuálnej frekvencie zo škálovacieho bloku
ACS_REF_SCALING*)
F_Act_Current := Scaling_FREQ_CURRENT.ACT_TORQUE;
(*Priradenie aktuálneho prúdu zo škálovacieho bloku
ACS_REF_SCALING*)
F_Act_Torque
:= (Scaling_SPEED_TORQUE.ACT_TORQUE/100)*F_Nominal_torque;
(*Priradenie aktuálnej rýchlosti zo škálovacieho bloku

```

```

ACS_REF_SCALING s prepočtom na hodnotu v jednotkách Nm*)
F_Act_Power      := Scaling_POWER.ACT_SPEED*1000;
(*Priradenie aktuálneho výkonu zo škálovacieho bloku
ACS_REF_SCALING s prepočtom na hodnotu v jednotkách W*)
(*Priradenie jednotlivých hodnôt premenných komunikácie PPO_type7
do výstupných premenných bloku*)
F_Act_Voltage    := DATA_OUT_PT_ARRAY[7]^;
F_Act_oper_mode  := DATA_OUT_PT_ARRAY[8]^;
F_Act_est_temp   := DATA_OUT_PT_ARRAY[9]^;
F_FBA_comm_status := DATA_OUT_PT_ARRAY[10]^;
F_Faults         := DATA_OUT_PT_ARRAY[11]^;
F_Warnings       := DATA_OUT_PT_ARRAY[12]^;

Scaling_SPEED_TORQUE(
    EN := 1,
    SPEED_SCALE_MAX := 20000,
    (*Hodnota odpovedajúca maximálnej hodnote vo Fieldbuse*)
    SPEED_REF_MAX := REAL_TO_UINT(F_Speed_Scaling_MAX),
    SPEED_REF := F_Speed_Ref*F_Direction,
    (*Vstupná rýchlostná referencia v rpm násobená premennou
    F_Direction s hodnotou buď 1 alebo -1*)
    ACT_SPEED_FB := DATA_OUT_PT_ARRAY[2]^,
    (*Vstup aktuálnej hodnoty rýchlosti v rpm z cyklickej
    komunikácie*)
    TORQUE_SCALE_MAX := 10000,
    (*Hodnota odpovedajúca maximálnej hodnote vo Fieldbuse*)
    TORQUE_REF_MAX :=
    REAL_TO_UINT(F_Torque_Scaling_MAX*(100/F_Nominal_torque)),
    TORQUE_REF :=
    (F_Torque_Ref/1000)*F_Direction*(100/F_Nominal_torque),
    (*Vstupná momentová referencia v % prerátavaná podľa
    nominálneho momentu motora z Nmm násobená premennou
    F_Direction s hodnotou buď 1 alebo -1*)
    ACT_TORQUE_FB := DATA_OUT_PT_ARRAY[5]^;
    (*Vstup aktuálnej hodnoty momentu v % z cyklickej
    komunikácie*)

Scaling_FREQ_CURRENT(
    EN := 1,
    SPEED_SCALE_MAX := 20000,
    (*Hodnota odpovedajúca maximálnej hodnote vo Fieldbuse*)
    SPEED_REF_MAX := REAL_TO_UINT(F_Freq_Scaling_MAX),
    SPEED_REF := F_Freq_Ref*F_Direction,
    (*Vstupná frekvenčná referencia v Hz násobená premennou
    F_Direction s hodnotou buď 1 alebo -1*)
    ACT_SPEED_FB := DATA_OUT_PT_ARRAY[3]^,
    (*Vstup aktuálnej hodnoty frekvencie v Hz z cyklickej
    komunikácie*)
    TORQUE_SCALE_MAX := 10000,
    (*Hodnota odpovedajúca maximálnej hodnote vo Fieldbuse*)
    TORQUE_REF_MAX := REAL_TO_UINT(F_Current_Scaling_MAX),
    ACT_TORQUE_FB := DATA_OUT_PT_ARRAY[4]^
    (*Vstup aktuálnej hodnoty prúdu v A z cyklickej
    komunikácie*)

Scaling_POWER(
    EN := 1,
    SPEED_SCALE_MAX := 10000,

```

```

(*Hodnota odpovedajúca maximálnej hodnote vo Fieldbuse*)
SPEED_REF_MAX := REAL_TO_UINT(F_Power_Scaling_MAX),
ACT_SPEED_FB := DATA_OUT_PT_ARRAY[6]^);
(*Vstup aktuálnej hodnoty výkonu v kW z cyklickej
komunikácie*)

Ref1 := Scaling_SPEED_TORQUE.SPEED_REF_FB;
(*Nastavenie prvej referencie ako rýchlostnej v rpm zo
škálovacieho bloku ACS_REF_SCALING*)

IF F_DTC_or_SCALAR THEN
    Ref2 := Scaling_FREQ_CURRENT.SPEED_REF_FB;
ELSE
    Ref2 := Scaling_SPEED_TORQUE.TORQUE_REF_FB;
END_IF
(*Nastavenie druhej referencie ako momentovej alebo frekvenčnej zo
škálovacieho bloku ACS_REF_SCALING podľa premennej F_DTC_or_SCALAR
*)

ELSIF NOT Demo2_EN AND NOT Demo1_EN THEN
    DATA_IN_PT_ARRAY[1]^2 := 0;
    (*Nastavenie núdzového stopnutia v prípade že nebude zapnutá
žiadna z úloh*)
END_IF

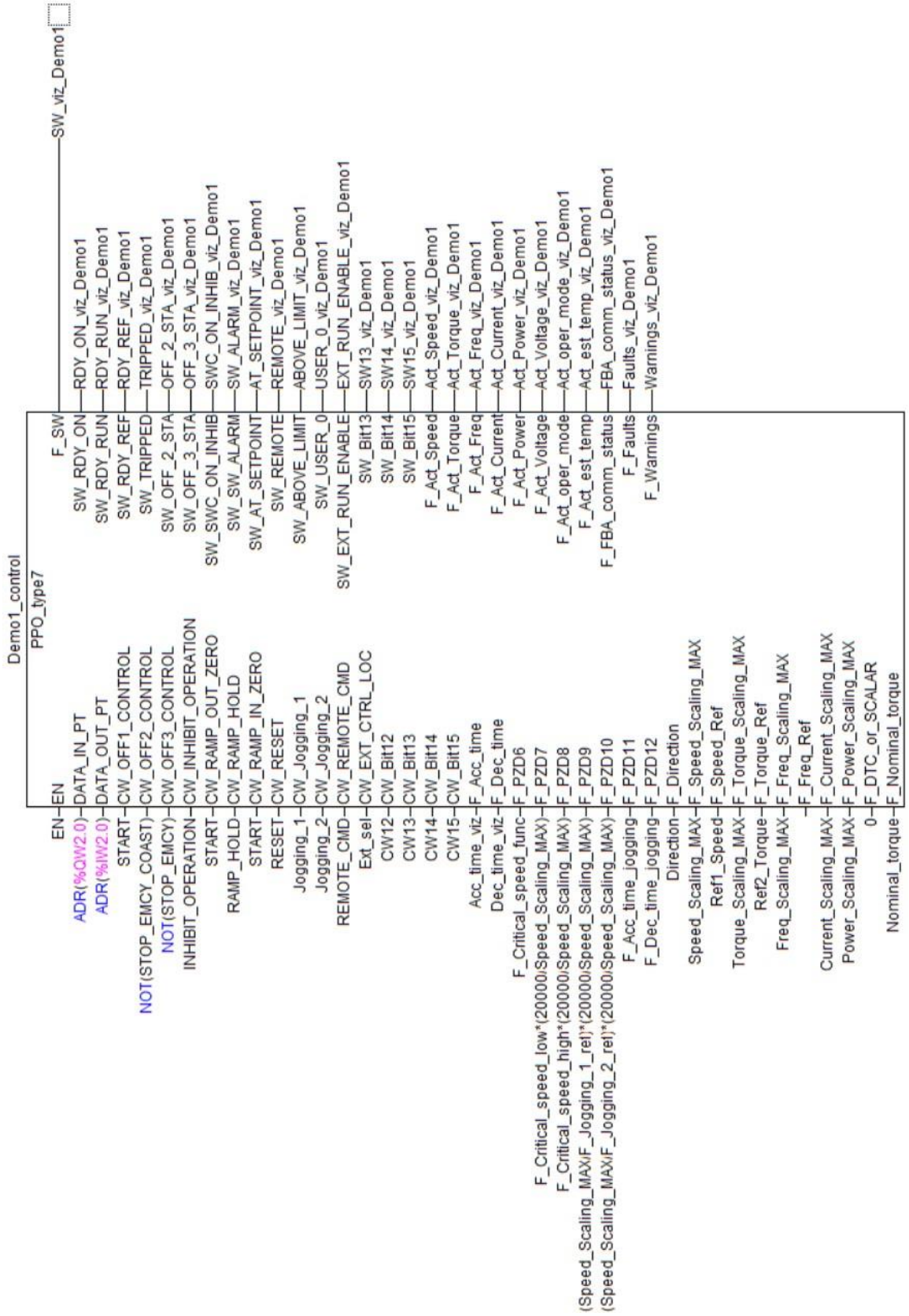
```

C.4 Funkčný blok Demo1

```

FUNCTION_BLOCK Demo1
VAR_INPUT
    EN :BOOL := 0; (*Enable signál pre blok PPO_Type7*)
    Ref1_Speed :UINT := 0; (*Rýchlostná referencia v jednotkách rpm*)
    Ref2_Torque :REAL := 0; (*Momentová referencia v jednotkách Nmm*)
    F_Critical_speed_func :UINT := 0;
    (*Parameter 22.51 Critical speed function: bit 0 - Enable, bit 1
- Sign mode*)
    F_Critical_speed_low :UINT := 0;
    (*Parameter 22.52 Critical speed 1 low - spodná hodnota funkcie
v jednotkách rpm*)
    F_Critical_speed_high :UINT := 0;
    (*Parameter 22.53 Critical speed 1 high - horná hodnota funkcie
v jednotkách rpm*)
    F_Jogging_1_ref :UINT := 0;
    (*Parameter 22.42 Referencia pre jogging 1 v jednotkách rpm*)
    F_Jogging_2_ref :UINT := 0;
    (*Parameter 22.43 Referencia pre jogging 2 v jednotkách rpm*)
    F_Acc_time_jogging :UINT := 100;
    (*Zrýchlenie joggingu v jednotkách rpm/s - ekvivalentné parametru
23.20 Acc time jogging v sekundách*)
    F_Dec_time_jogging :UINT := 100;
    (*Zpomalenie joggingu v jednotkách rpm/s - ekvivalentné parametru
23.21 Dec time jogging v sekundách *)
END_VAR
VAR_OUTPUT
END_VAR
VAR
    Demo1_control :PPO_type7; (*Volanie bloku PPO_type7*)
END_VAR

```



C.5 Funkčný blok Demo2

```
FUNCTION_BLOCK Demo2
VAR_INPUT
    EN :BOOL := 0; (*Enable signál pre blok PPO_Type7*)
    Ref1_Speed :UINT := 0; (*Rýchlostná referencia v jednotkách rpm*)
    Ref2_Freq :UINT := 0; (*Frekvenčná referencia v jednotkách Hz*)
    F_Critical_freq_func :UINT := 0;
    (*Parameter 28.51 Critical frequency function: bit 0 - Enable, bit
    1 - Sign mode*)
    F_Critical_freq_low :UINT := 0;
    (*Parameter 28.52 Critical frequency 1 low - spodná hodnota
    funkcie v jednotkách Hz*)
    F_Critical_freq_high :UINT := 0;
    (*Parameter 28.53 Critical frequency 1 high - horná hodnota funkcie
    v jednotkách Hz*)
    F_Freq_or_Speed :BOOL := 0;
    (*Parameter 19.20 Výber referenčnej jednotky pre riadenie 0 - Hz,
    1 - rpm*)
    F_IR_comp :UINT := 0;
    (*Parameter 97.13 IR kompenzácia v %*)
    F_Acc_time_freq :REAL := 2;
    (*Zrýchlenie frekvenčnej rampy v jednotkách Hz/s - ekvivalentné
    parametru 28.72 Freq acceleration time 1 v sekundách*)
    F_Dec_time_freq :REAL := 2;
    (*Zpomalenie frekvenčnej rampy v jednotkách Hz/s - ekvivalentné
    parametru 28.73 Freq deceleration time 1 v sekundách*)
END_VAR
VAR_OUTPUT
END_VAR
VAR
    Demo2_control :PPO_type7; (*Volanie bloku PPO_type7*)
END_VAR
```

Demo2_control	
PPO_type7	
EN-EN	F_SW
ADR(%QW2.0)-DATA_IN_PT	SW_RDY_ON
ADR(%W2.0)-DATA_OUT_PT	SW_RDY_ON_viz_Demo2
START-CW_OFF1_CONTROL	SW_RDY_RUN
NOT(STOP_EMCY)-CW_OFF2_CONTROL	SW_RDY_RUN_viz_Demo2
NOT(STOP_EMCY)-CW_OFF3_CONTROL	SW_RDY_REF
INHIBIT_OPERATION-CW_INHIBIT_OPERATION	SW_TRIPPED
START-CW_RAMP_OUT_ZERO	TRIPPED_viz_Demo2
RAMP_HOLD-CW_RAMP_HOLD	SW_OFF_2_STA
RESET-CW_RESET	OFF_2_STA_viz_Demo2
Jogging_1-CW_Jogging_1	SW_OFF_3_STA
Jogging_2-CW_Jogging_2	OFF_3_STA_viz_Demo2
REMOTE_CMD-CW_REMOTE_CMD	SW_SWC_ON_INHIB
Ext_sel-CW_EXT_CTRL_LOC	SW_SWC_ON_INHIB_viz_Demo2
CW12-CW_Bit12	SW_SW_ALARM
CW13-CW_Bit13	SW_SW_ALARM_viz_Demo2
CW14-CW_Bit14	SW_AT_SETPPOINT
CW15-CW_Bit15	AT_SETPPOINT_viz_Demo2
Acc_time_viz-F_Acc_time	SW_REMOTE
Dec_time_viz-F_Dec_time	REMOTE_viz_Demo2
F_Critical_freq_func-F_PZD6	SW_ABOVE_LIMIT
REAL_TO_UINT(F_Critical_freq_low*(20000/(Freq_Scaling_MAX)))-F_PZD7	ABOVE_LIMIT_viz_Demo2
REAL_TO_UINT(F_Critical_freq_high*(20000/(Freq_Scaling_MAX)))-F_PZD8	SW_USER_0
F_IR_comp-F_PZD9	USER_0_viz_Demo2
BOOL_TO_UINT(F_Freq_or_Speed)-F_PZD10	SW_EXT_RUN_ENABLE
REAL_TO_UINT((Freq_Scaling_MAX/(1.0889E40*F_Acc_time_freq))*(2000/(Freq_Scaling_MAX*4)))-F_PZD11	EXT_RUN_ENABLE_viz_Demo2
REAL_TO_UINT((Freq_Scaling_MAX/(1.0889E40*F_Dec_time_freq))*(2000/(Freq_Scaling_MAX*4)))-F_PZD12	SW_Bit13
Direction-F_Direction	SW_Bit14
Speed_Scaling_MAX-F_Speed_Scaling_MAX	SW_Bit15
Ref1_Speed-F_Speed_Ref	SW13_viz_Demo2
Torque_Scaling_MAX-F_Torque_Scaling_MAX	SW14_viz_Demo2
F_Torque_Ref	SW15_viz_Demo2
Freq_Scaling_MAX-F_Freq_Scaling_MAX	F_Act_Speed
Ref2_Freq-F_Freq_Ref	Act_Speed_viz_Demo2
Current_Scaling_MAX-F_Current_Scaling_MAX	F_Act_Torque
Power_Scaling_MAX-F_Power_Scaling_MAX	Act_Torque_viz_Demo2
1-F_DTC_or_SCALAR	F_Act_Freq
Nominal_torque-F_Nominal_torque	Act_Freq_viz_Demo2
	F_Act_Current
	Act_Current_viz_Demo2
	F_Act_Power
	Act_Power_viz_Demo2
	F_Act_Voltage
	Act_Voltage_viz_Demo2
	F_Act_oper_mode
	Act_oper_mode_viz_Demo2
	F_Act_est_temp
	Act_est_temp_viz_Demo2
	F_FBA_comm_status
	FBA_comm_status_viz_Demo2
	F_Faults
	Faults_viz_Demo2
	F_Warnings
	Warnings_viz_Demo2

Príloha D - Snímky obrazoviek z HMI panelu

D.1 Obrazovka pre status word a control word

CW SW	Warnings Faults	Scaling	PNIO STATE	Ramping	Demo 1	Demo 2	Jogging	DTC Speed	DTC Torque	Critical speed func
-------	-----------------	---------	------------	---------	--------	--------	---------	-----------	------------	---------------------

START
00 01

STOP **STOP COAST**

RESET

Speed [rpm]: 0
Torque [Nm]: 0
Freq [Hz]: 0
Voltage [V]: 0
Current [A]: 0
Power [W]: 0
Temp [C]: 0
Comm status:
Not configured
Oper. mode:
Other

C W	
OFF1_CONTROL	Toggle
OFF2_CONTROL	Toggle
OFF3_CONTROL	Toggle
INHIBIT_OPERATION	Toggle
RAMP_OUT_ZERO	Toggle
RAMP_HOLD	Toggle
RAMP_IN_ZERO	Toggle
RESET	Toggle
JOGGING_1	Toggle
JOGGING_2	Toggle
REMOTE_CMD	Toggle
EXT_CTRL_LOC	Toggle
Bit 12	Toggle
Bit 13	Toggle
Bit 14	Toggle
Bit 15	Toggle

S W			
RDY_ON	0	AT_SETPOINT	0
RDY_RUN	0	REMOTE	0
RDY_REF	0	ABOVE_LIMIT	0
TRIPPED	0	USER_0	0
OFF_2_STA	0	EXT_RUN_ENABLE	0
OFF_3_STA	0	Bit 13	0
SWC_ON_INHIB	0	Bit 14	0
ALARM	0	Bit 15	0

D.2 Obrazovka pre varovania a chyby

CW SW	Warnings Faults	Scaling	PNIO STATE	Ramping	Demo 1	Demo 2	Jogging	DTC Speed	DTC Torque	Critical speed func
-------	-----------------	---------	------------	---------	--------	--------	---------	-----------	------------	---------------------

START
00 01

STOP **STOP COAST**

RESET

Speed [rpm]: 0
Torque [Nm]: 0
Freq [Hz]: 0
Voltage [V]: 0
Current [A]: 0
Power [W]: 0
Temp [C]: 0
Comm status:
Not configured
Oper. mode:
Other

F A U L T S			
SHORT CIRC	0	UNDERLOAD	0
OVERCURRENT	0	OVERFREQ	0
DC OVERVOLT	0	MProt SWITCH	0
ACS800 TEMP	0	CH2 COMM LOSS	0
EARTH FAULT	0	SC (INU1)	0
MOTOR TEMP M	0	SC (INU2)	0
MOTOR TEMP	0	SC (INU3)	0
SYSTEM_FAULT	0	SC (INU4)	0

W A R N I N G S			
START INHIBIT	0	ANALOG IO	0
EM STOP	0	EXT DIGITAL IO	0
MOTOR TEMP M	0	EXT ANALOG IO	0
MOTOR TEMP	0	CH2 COMM LOSS	0
ACS800 TEMP	0	MProt SWITCH	0
ENCODER ERR	0	EM STOP DEC	0
T MEAS CIRC	0	EARTH FAULT	0
DIGITAL IO	0	SAFETY SWITCH	0

D.3 Obrazovka pre škálovanie

CW SW Warnings Faults Scaling PNIO STATE Ramping Demo 1 Demo 2 Jogging DTC Speed DTC Torque Critical speed func

START 00 01

STOP STOP COAST

RESET

Speed [rpm]: 0
Torque [Nm]: 0
Freq [Hz]: 0
Voltage [V]: 0
Current [A]: 0
Power [W]: 0
Temp [C]: 0
Comm status: Not configured
Oper. mode: Other

SCALING

0	Speed_Scaling_MAX
0	Torque_Scaling_MAX
0	Freq_Scaling_MAX
0	Current_Scaling_MAX
0	Power_Scaling_MAX
0	Nominal Torque

D.4 Obrazovka pre blok PNIO_STATE

CW SW Warnings Faults Scaling PNIO STATE Ramping Demo 1 Demo 2 Jogging DTC Speed DTC Torque Critical speed func

START 00 01

STOP STOP COAST

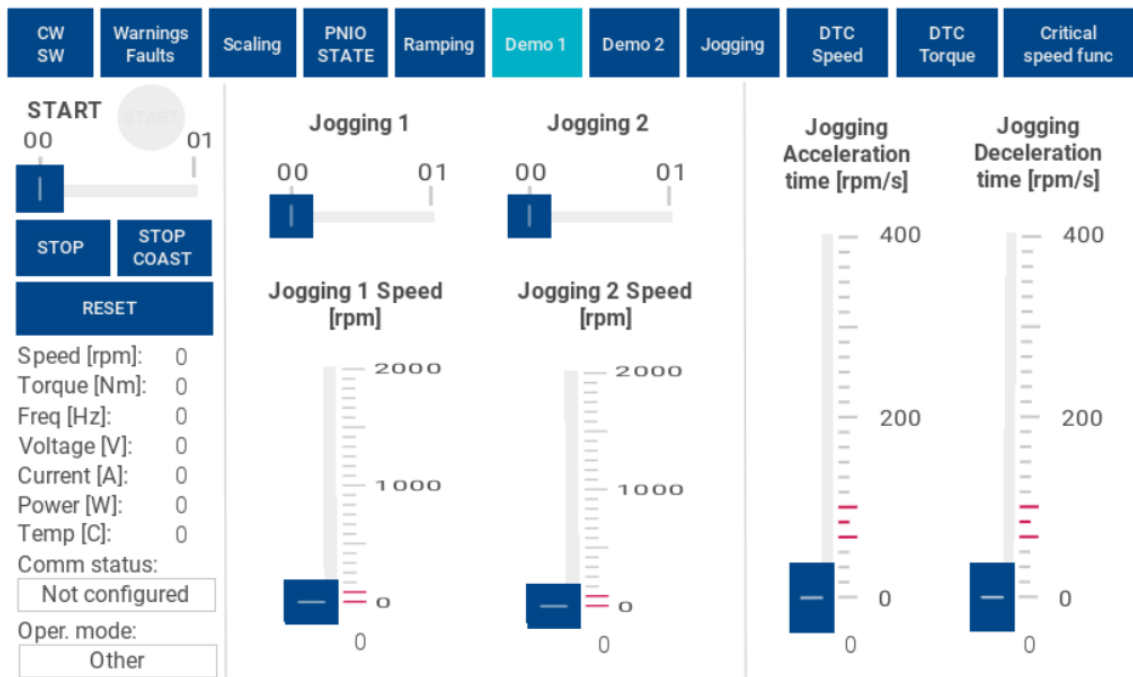
RESET

Speed [rpm]: 0
Torque [Nm]: 0
Freq [Hz]: 0
Voltage [V]: 0
Current [A]: 0
Power [W]: 0
Temp [C]: 0
Comm status: Not configured
Oper. mode: Other

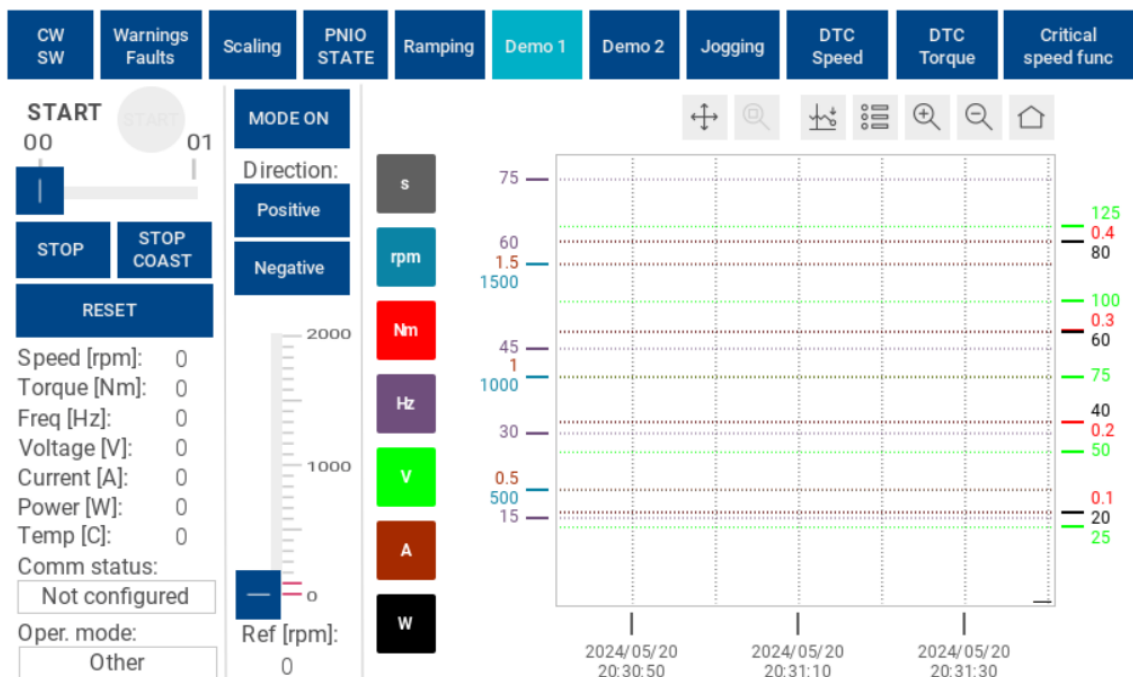
PNIO_STATE

Toggle	EN	DONE	0
0	SLOT	ERR	0
		ERNO	0
MST_STATE	PNIO_MST_STATE_UNKOWN		
COMM_ERNO	PNIO_COMM_ERNO_NONE		
NUM_ERRS			0

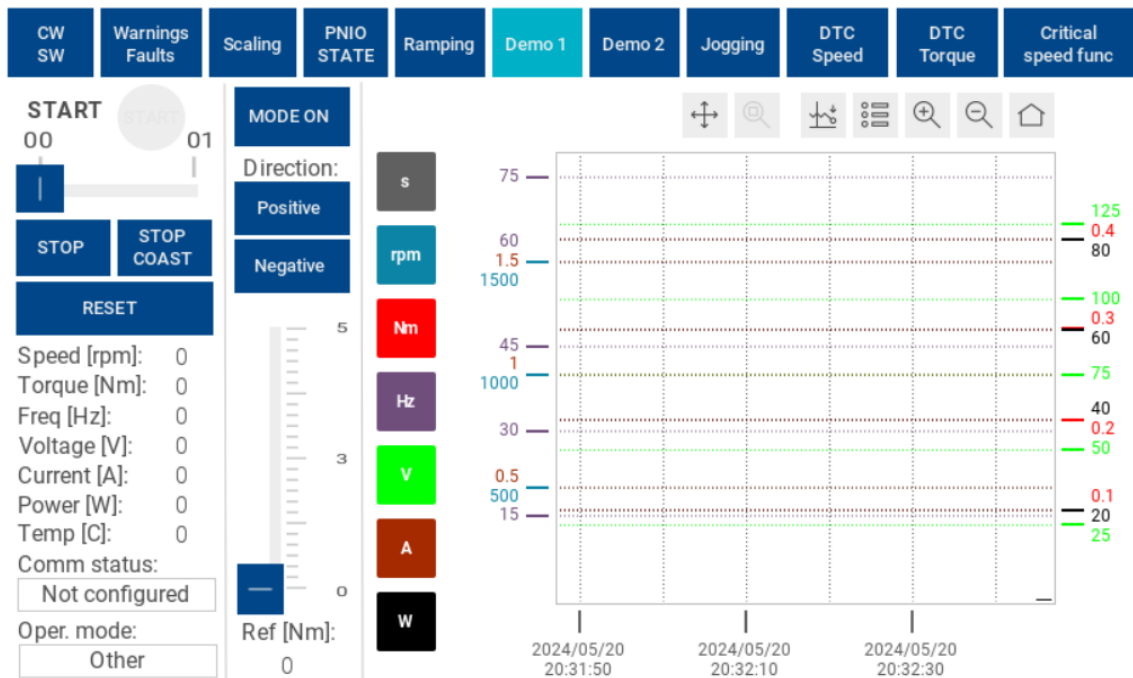
D.5 Obrazovka pre funkciu jogging



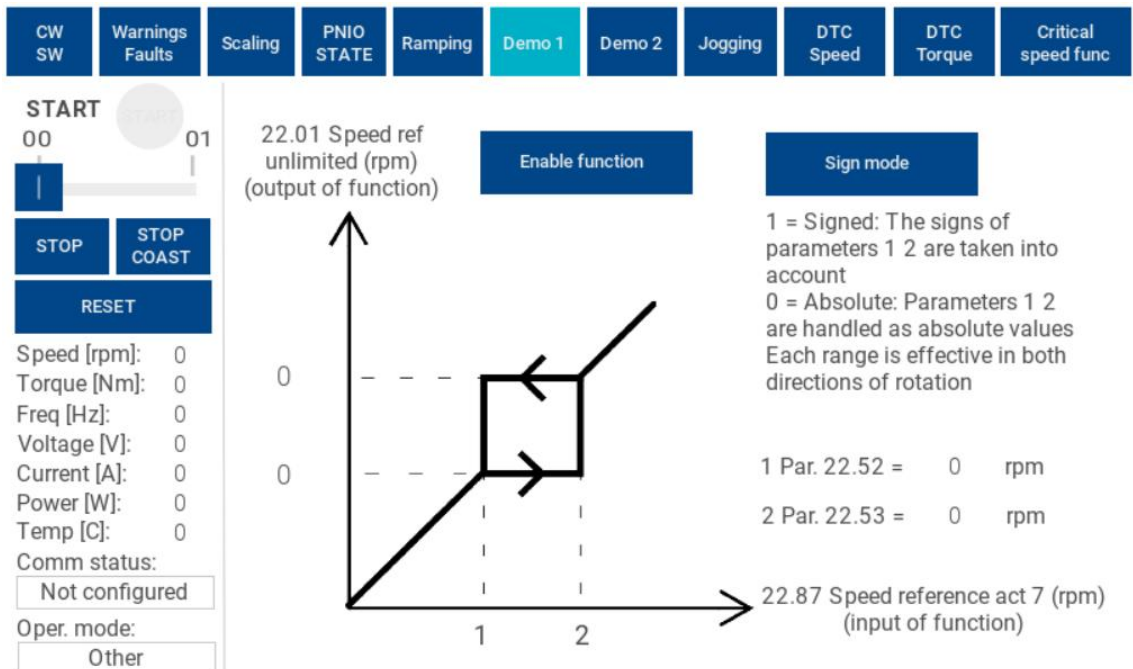
D.6 Obrazovka pre DTC (direct torque control) riadenie rýchlosti



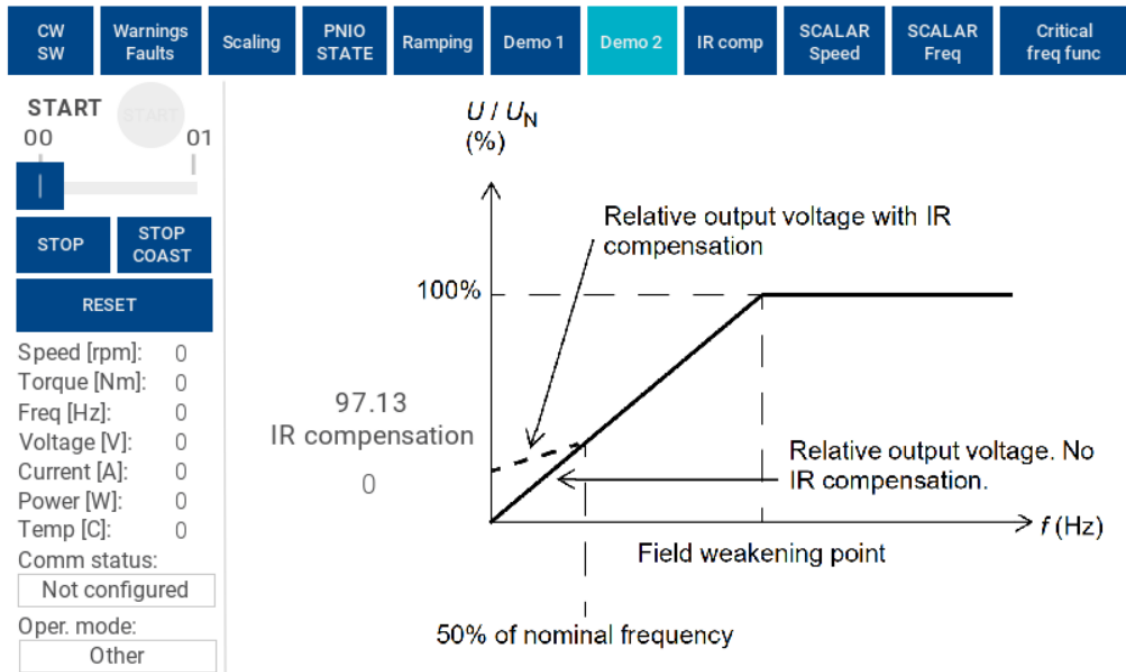
D.7 Obrazovka pre DTC (direct torque control) riadenie momentu



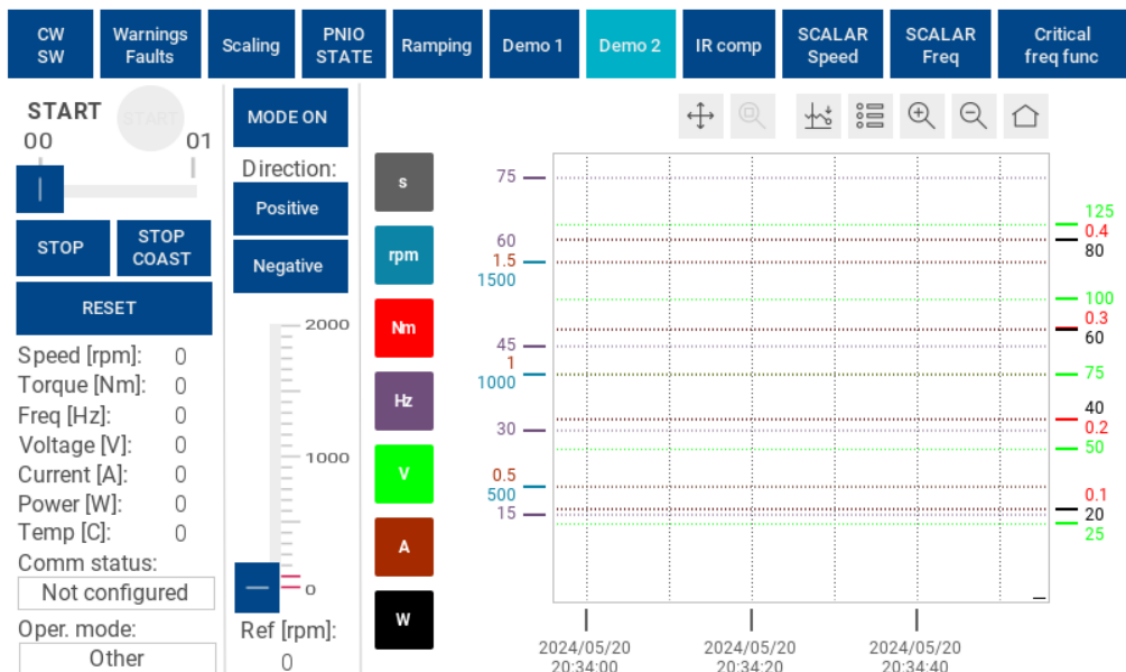
D.8 Obrazovka pre funkciu Critical speed



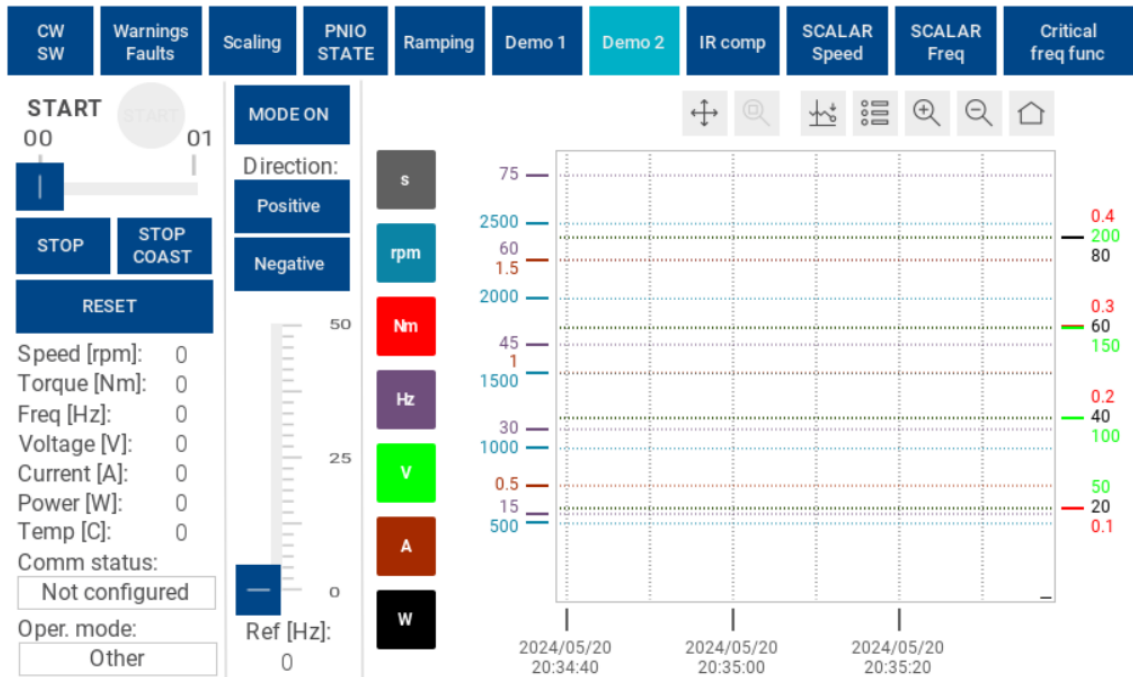
D.9 Obrazovka pre funkciu IR (internal resistance) compensation



D.10 Obrazovka pre skalárne riadenie rýchlosti



D.11 Obrazovka pre skalárne riadenie frekvencie



D.12 Obrazovka pre funkciu Critical frequency

