

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektrotechnologie

**Řízení asynchronního motoru frekvenčním  
měničem SIEMENS Micromaster 440**

ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL WITH THE SIEMENS  
MICKROMASTER 440 FREQUENCY

Bakalářská práce



Vedoucí práce: Ing. Vít Hlinovský, CSc.

Autor práce: Ondřej Kochaň

Studijní program: Elektrotechnika, energetika  
a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

2019

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kochaň** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **465996**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektrotechnologie**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Řízení asynchronního motoru frekvenčním měničem SIEMENS Micromaster 440**

Název bakalářské práce anglicky:

**Asynchronous motor control with the SIEMENS Micromaster 440 frequency**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popis frekvenčního měniče SIEMENS Micromaster 440.
- 2) Nastavení frekvenčního měniče z čelního panelu a ovládání externími analogovými prvky.
- 3) Připojení měniče k PC a nastavení parametrů pomocí programu STARTER.
- 4) Nastavit provozní parametry měniče a odměření základních časových průběhů napětí a proudu, zaznamenat změnu otáček při skokové změně kmitočtu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Frekvenční měnič MICROMASTER 440 0,12 kW až 75 kW Siemes plc, závod Congleton, Varey Road Congleton, CHeshire CW2 1PH Greit Britain, 2005
- [2] MICROMASTER 440 – Návod k obsluze a údržbě verze C, Servisní středisko SIEMENS, 2007
- [3] MICROMASTER - Modul impulsního čidla (encoder) Návod k obsluze Vydání 08/02

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Vít Hlinovský, CSc., katedra elektrických pohonů a trakce FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **12.02.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

Ing. Vít Hlinovský, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) listavu/katedry

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

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

# Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady k vypracování závěrečné bakalářské práce, umožnili mi přístup k pokladům a informacím.

# Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, vypracovanou na závěr studia ČVUT v Praze, Fakultě elektrotechnické.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze ty informační zdroje uvedené v seznamu.

Nemám námitek proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2006 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů.

V Praze dne:

.....

podpis

## Abstrakt

Předmětem bakalářské práce Řízení asynchronního motoru frekvenčním měničem SIEMENS Micromaster 440 je seznámit se s problematikou řízení motorů pomocí frekvenčního měniče a ověřit si možnosti programu STARTER. Popsané řešení umožňuje ovládání motoru prostřednictvím sériové linky mezi měničem a počítačem.

## Abstract

The subject of the bachelor thesis Control of asynchronous motor by frequency converter SIEMENS Micromaster 440 is to get acquainted with problems of motor control by means of frequency converter and verify possibilities of program STARTER. The described solution allows the motor to be controlled via a serial link between the drive and the computer.

## Klíčová slova

Frekvenční měnič, Micromaster 440, asynchronní motor, SIEMENS, Program STARTER, Sériová linka

## Key Words

Variable frequency drive, Micromaster 440, asynchronous motor, SIEMENS, Program STARTER, serial link

# Obsah

1. Úvod .....	7
2. Dokumentace .....	8
2.1 Technické bezpečnostní údaje .....	8
2.2 Charakteristické vlastnosti .....	11
2.3 Montáž a instalace .....	12
2.4 Blokové schéma měniče .....	21
3. Tovární nastavení měniče .....	22
3.1 Panel BOP .....	23
4. Uvedení do provozu – ručně .....	24
4.1 Nastavení pro dané využití .....	27
5. Komunikace s PC .....	28
6. Online režim .....	33
7. Závěr .....	42

# Seznam použitých zkratek a symbolů

zkratka	popis
AIN	Analogový vstup
AOUT	Analogový výstup
BOP	Basic Operator Panel
COM	Sériový port
DIN	Digitální vstup
DIP	Přepínač provozu měniče (50 Hz, 60 Hz)
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
FFC	Flux Current Control
IEC	International Electrotechnical Commission
KTY	Teplotní čidlo
ON	Zapnuto
OFF	Vypnuto
PID	Proporc., integrační a derivační regulátor
PKW	Zprostředkovává přenos požadovaných dat
PTC	Positive temperature coefficient
PWM	Pulsně šířková modulace
RLI	Programovatelné relé
USB	Universální sériová sběrnice
USS	Sériové rozhraní
U	Napětí [V]
I	Proud [A]
P	Činný výkon [W]
S	Zdánlivý výkon
f	Frekvence
$\cos \varphi$	Účinnost
$\Delta\theta$	Oteplení
Xn	Jmenovitá hodnota veličiny X
P XXXX	Parametr
F XXXX	Poruchové hlášení
A XXXX	Výstražné hlášení
$\Delta$	Zapojení svorkovnice do trojúhelníku
Y	Zapojení svorkovnice do hvězdy

# 1. Úvod

Frekvenční měniče jsou v současnosti velmi používaným nástrojem na ovládání frekvence asynchronních motorů. Cílem tohoto měniče je vytvořit takový časový průběh napětí, aby se motor rozeběhl na požadované otáčky. Výhodou tohoto způsobu řízení je rozběh s nízkým oteplením motoru, které je téměř zanedbatelné a lze u asynchronního motoru dosáhnout také téměř maximálního záběrného momentu. V dnešní době je způsob rozběhu řízen počítačem a je možné simulovat různé způsoby rozběhu, například rozběh s lineárním nárůstem otáček nebo řídit motor s různými charakteristikami. Nevýhodou tohoto řízení jsou vysoké náklady na polovodivé součástky a taky software, který je nutno koupit nebo vytvořit. Program STARTER, který firma Siemens nabízí k měniči, je jednou z možností, jak řídit měnič a následně i asynchronní motor.

Cílem této práce je seznámit se s problematikou řízení motoru frekvencí a zmapování problematiky programu STARTER a následné ovládání motoru skrze sériovou linku mezi měničem a počítačem.

## 2. Dokumentace

- **Typ:**

Jedná se o měnič kmitočtu od firmy Siemens, která dodává tyto měniče v rozmezí 120 W až 75 kW. V našem případě byl použit Micromaster 440 6SE6440-2AD24-0BA1.

### 2.1 Technické bezpečnostní údaje

**Přeprava a skladování:**

Přístroj je citlivý na otřesy, rázy a jiné nestandardní zacházení. Proto při přepravě, skladování, či vybalování musíme dbát zvýšené opatrnosti.

Tento měnič musí být skladován v čistých a suchých prostorách s teplotou v rozmezí od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$ . Není vhodné, aby docházelo ke kolísání teploty. Součástky, které se v měniči nachází např. izolace, polovodiče atd., nejsou na toto kolísání dimenzované. Musí platit:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_{t_2} - \vartheta_{t_1}}{t_2 - t_1} < 30\text{K} \quad (1)$$

kde  $\vartheta_{t_2}$  je teplota prostředí ve kterém se přístroj nachází v čase  $t_2$  a  $\vartheta_{t_1}$  je teplota prostředí příslušná času  $t_1$ . Platí tedy  $t_2 > t_1$ . V případě nedodržení hrozí riziko poškození.

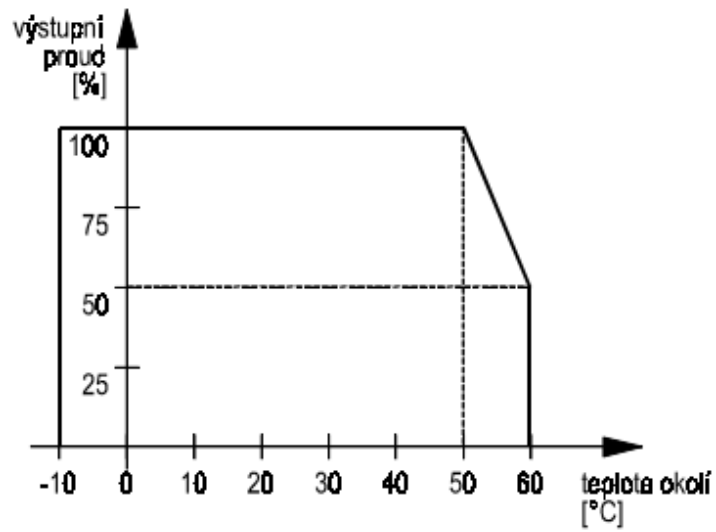
Uvádí se zde poznámka, že přístroj se doporučeno skladovat maximálně rok, poté se musí kondenzátory v napěťovém meziobvodu vyměnit.

- **Provozní teplota:**

Teplota okolí při provozu je určena zátěžným momentem. V případě potřeby provozu mimo teplotní rozmezí se musí redukovat výstupní proud podle obrázku 2.1.1 a 2.1.2 pro dva různé typy momentů. Katalog uvádí teplotní rozmezí od  $-10^{\circ}\text{C}$  až do  $+60^{\circ}\text{C}$ . V obrázku 2.1.1 a 2.1.2 jsou uvedeny grafy pro korekci proudu, kde se při oteplení o  $10^{\circ}\text{C}$  sníží výstupní proud o 50 %. Katalog však neuvádí korekci proudu pro teploty menší než  $-10^{\circ}\text{C}$ , proto se provoz pod touto teplotou nedoporučuje.



i.  $M = konst.:$



Obrázek 2.1.1 Graf korekce elektrického proudu v závislosti na teplotě

ii.  $M \sim n^2:$



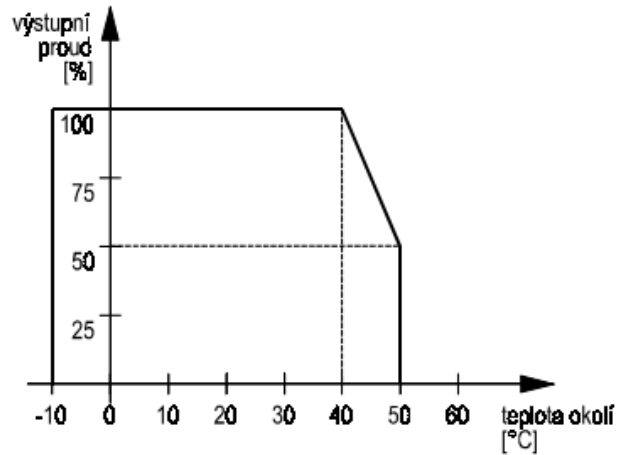
Obrázek 2.1.2 Graf korekce elektrického proudu v závislosti na teplotě

- **Nadmořská výška:**

Pokud je potřeba instalovat měnič v nadmořské výšce větší než 1000 m n.m., je třeba provést korekci výstupního proudu dle obrázku 2.1.3 a při nadmořské

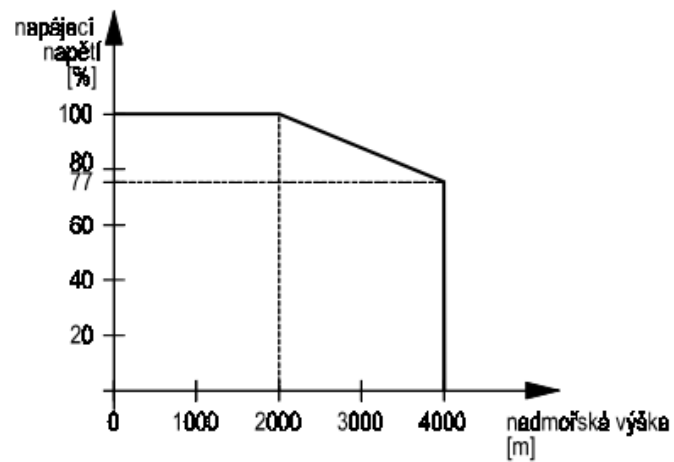
výšce větší než 2000 m n.m. je třeba také korigovat napájecí napětí dle obrázku 2.1.4.

i. Korekce výstupního proudu:



Obrázek 2.1.3 Graf korekce výstupního proudu v nadmořské výšce na 1000 m n.m.

ii. Korekce napájecího napětí:



Obrázek 2.1.4 graf korekce napájecího napětí v nadmořské výšce nad 2000 m n.m.

- **Vlhkost:**

Vzduch musí být 95 % bez kondenzace vodní páry

- **Mechanická odolnost:**

Měnič nevystavovat prudkým nárazům a nedoručuje se umísťovat v blízkosti míst, kde dochází k trvalým vibracím. Mechanická odolnost je stanovena normou dle IEC 68-2-6:

- ✓ konstantní amplituda výchylky: 0,075 mm v kmitočtovém pásmu od 10 Hz do 58 Hz
- ✓ zrychlení:  $9,8 \frac{m}{s^2}$  v kmitočtovém pásmu od 58 Hz do 500 Hz

- **Elektromagnetická radiace:**

Nedoporučuje se měnič instalovat v blízkosti elektromagnetického záření.

- **Znečistění vzduchu:**

Měnič musíme chránit před vniknutím cizích těles, jinak nelze zaručit bezchybný provoz. Místa kde se provozuje, musí být *suchá a neprašná*.

Vzduch, kterým ochlazujeme měnič, musí být též *suchý a neprašný*. Prach lze ovšem odfiltrovat a vodu vysušit.

- **Voda:**

Musíme zajistit ochranu měniče před vodou a sraženou párou.

- **Teplo:**

Měnič musí být umístěn svisle, aby funkce chlazení byla účinná.

Pro měnič umístěný do rozvodné skříně platí, že pod i nad měničem musí být dostatečný prostor, aby se teplo neakumulovalo.

## 2.2 Charakteristické vlastnosti

- **Základní vlastnosti:**

- ✓ Snadné připojení, nastavení a uvedení do provozu
- ✓ Měnič navržen v souladu s požadavky EMC
- ✓ Možnost provozu na izolované síti
- ✓ Rychlá odezva na řídicí signály
- ✓ Spolehlivost a flexibilita
- ✓ Vysoký spínací kmitočet PWM modulace
- ✓ Číselné, analogové, externí zadávání kmitočtu

- **Rozšířené vlastnosti:**
  - ✓ Vektorové řízení bez zpětné otáčkové vazby
  - ✓ Vektorové řízení s otáčkovou vazbou a inkrementálním snímačem rychlosti
  - ✓ Řízení s aktivní regulací magnetizačního proudu ke zvýšení účinnosti  $\eta$
  - ✓ Rychlá ochrana proti nadměrnému vzrůstu proudu
  - ✓ Možnost brždění motoru protiproudem
  - ✓ Kompaundní brždění
  - ✓ Vestavěný PID regulátor
  - ✓ Speciální funkce pro polohování a režim kontroly zatěžovacího momentu
  - ✓ Kompletní ochrana měniče i motoru proti přetížení
- **Ochranné vlastnosti:**
  - ✓ Ochrana proti přepětí i podpětí
  - ✓ Ochrana proti zemnímu spojení a mezifázovému zkratu
  - ✓ Ochrana proti překročení teploty
  - ✓ Ochrana motoru pomocí PTC/KTY čidla ve vinutí motoru

## 2.3 Montáž a instalace

- **Bezpečnost:**

Na silových svorkách měniče se může vyskytovat vysoké napětí. Po odpojení měniče od sítě nutno vyčkat minimálně 5 minut, než budeme moci manipulovat se silovými obvody měniče.

Nedodržením zásad bezpečnosti a způsobilosti hrozí riziko smrti.

- **Mechanická instalace:**

Pod a nad měničem nechte volný prostor znázorněný šipkami pod a nad měničem. Typ měniče použitý na tento projekt je velikost B. Výrobce nabízí měniče v pěti variantách od nejmenší A až po F pro různé výkony a fáze.



Obrázek 2.3.1 měnič

- **Technická data:**

Tabulka č.1 – základní technická data

Napětí [V]	Výkon [kW]	výška [mm]	hloubka [mm]	délka [mm]
3x 400	2,2 - 4	202	172	149

Tabulka č.2 – vstupní parametry

Vstupní parametry		
$P_n$ [kW]	S [kVA]	I [A]
4	7,8	10,2

Tabulka č.3 – údaje o pojistce

Pojistky	
$I_n$ [A]	doporučený typ
20	3NA3807

Tabulka č.4 – průměr kabelu

Průměr vstupního kabelu	
Vstupní kabel [mm <sup>2</sup> ]	Výstupní kabel [mm <sup>2</sup> ]
2,5 - 6	1 - 6

Tabulka č.5 – Hmotnost a utahovací moment

Hmotnost [kg]	Utahovací moment pro napájecí svorkovnice [Nm]
3,4	1,1

Jedná se o střídavý měnič s vestavěným filtrem 3x AC s rozsahem provozního napětí 380 V – 480 V,  $\pm 10\%$ . Katalog uvádí, základní parametry jako jsou výkonové parametry, vstupní veličiny, kde proud odpovídá zkratovému napětí napájení  $V_k = 2\%$  vztaženému k jmenovitému výkonu měniče a jmenovitému napětí napájení 400 V bez síťové tlumivky. Pokud je síťová tlumivka použita uvedené hodnoty jsou o 70 – 80 % nižší.

- **Elektrická instalace:**
  - ✓ Dodržování bezpečnostních opatření při instalaci
  - ✓ Uzemnění měniče
- **Provoz měniče s dlouhým motorovým kabelem:**

Tabulka č.6 – délka motorového kabelu

Maximální délka motorového kabelu			
typ	Výkon měniče [kW]	Nestíněný kabel [m]	Stíněný kabel [m]
přímé připojení motoru z	0,12 - 75	100	50
měníč s výstupní tlumivkou	0,12 - 75	300	200

- **Provoz měniče s proudovým chráničem:**

Lze, jen pokud jsou dodrženy tyto požadavky:

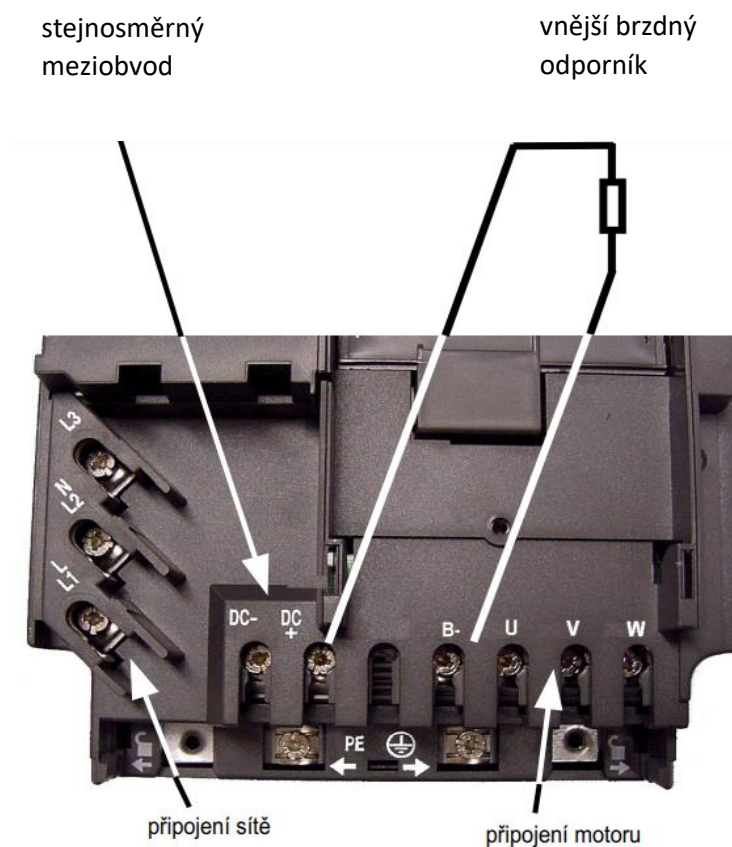
  - ✓ měnič kmitočtu není vybaven radiovým odrušovacím filtrem
  - ✓ proudové relé typu B, únikový proud 300 mA
  - ✓ nulový vodič napájení uzemněn
  - ✓ v případě použití více měničů má každý měnič svůj proudový chránič
  - ✓ maximální délka motorového kabelu bude 50 m pro stíněný kabel a pro nestíněný 100 m
- **Provoz na izolované síti:**

Pokud dojde ke zkratu jedné z napájecích fází na zem, měnič bude pokračovat v činnosti. Pokud dojde ke zkratu jedné z výstupních fází na zem, měnič ohlásí poruchu *překročení proudu* (F0001). Musí se odstranit propojka ze spodu měniče, která připojuje odrušovací kondenzátor a na výstupu měniče musí být zapojena výstupní tlumivka.
- **Připojení sítě a motoru:**

Síťový přívod musí být dimenzován na požadovaný proud motoru. Měníč musí být chráněn správně dimenzovanými pojistkami nebo jističem.

- **Typy motorů, které lze měničem napájet:**

Asynchronní, synchronní, jednomotorové a skupinové (paralelní spojení). V případě napájení synchronního motoru nebo více asynchronních motorů paralelně spojených musí být zvolen způsob řízení dle charakteristiky U/f. Obrázek 2.3.2 ukazuje, jakým způsobem je potřeba propojit svorky v měniči, abychom úspěšně ovládali motor. Tabulka č.7 přidává slovní vysvětlení těchto svorek.



Obrázek 2.3.2 zapojení svorek na měniči

Zapojení lze provést pro obě varianty do  $\Delta$  nebo do Y.

Toto zapojení je obvyklé pro malé motory do hvězdy a pro větší do trojúhelníku.

- **Data přibližující slovně význam značek:**

Tabulka č.7 – význam zkratek

zapojení silov+A1:B11é svorkovnice	
Silová svorkovnice	Funkce
PE	uzemnění přívodu
L/L1	síťový přívod
N/L2	síťový přívod
L3	síťový přívod ( pro 3 fáze )
PE	uzemnění motorového přívodu
U	přívod k motoru
V	přívod k motoru
W	přívod k motoru
DC+/B+	připojení brzdného odporníku/ kladný pól ss mezobvodu
B-	připojení brzdného odporníku
DC-	záporný pól ss meziobvodu

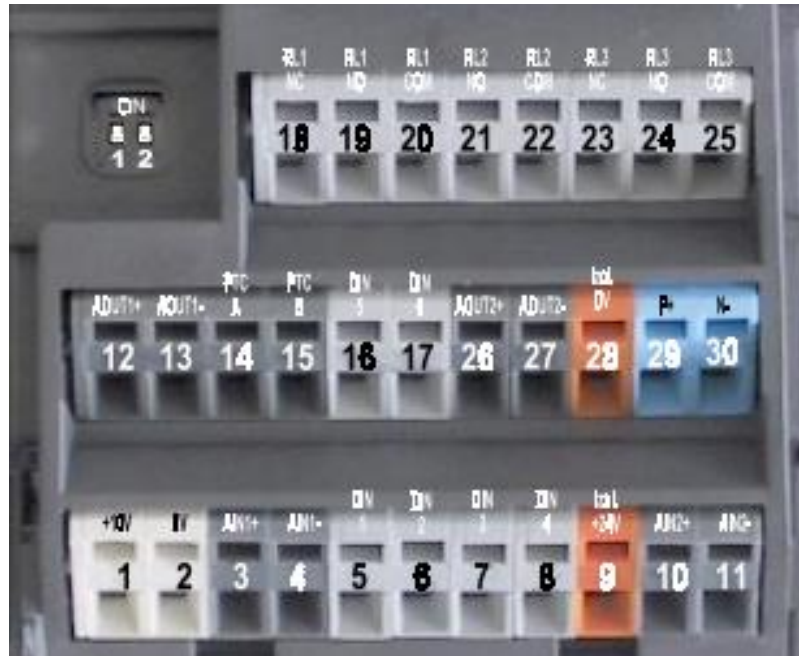
### Řídící svorkovnice měniče:

Tabulka č.8 – zapojení řídicí svorkovnice

zapojení řídicí svorkovnice				
svorky na řídicí svorkovnici	Označení	Hodnota	Funkce	Poznámka
1	10V +	+10V	referenční napětí	≤ 10 mA
2	0V	0V	referenční napětí	vztažný potenciál
3	AIN1 +	0 - 10V / -10V - +10V	analogový vstup 1 viz: P0756[1] až P0761[1]	kladný potenciál
4	AIN2 -	0 - 20 mA / 4 - 20 mA		záporný potenciál
5	DIN 1	programovatelné vstupy viz: P0701 - P0704	digitální vstup 1	24V log. Úroveň 1 = +15 - +30 V, vstupní proud max. 5 mA
6	DIN 2		digitální vstup 2	
7	DIN 3		digitální vstup 3	
8	DIN 4		digitální vstup 4	
9	izol. +24	+24V	pomocné napájecí napětí	≤ 50 mA
10	AIN2 +	0 - 10 V, $R_{vst} = 720k\Omega$	analogový vstup 1 viz: P0756[2] až P0761[2]	kladný potenciál
11	AIN2 -	0 - 20 mA / 4 - 20 mA, $R_{vst} = 120k\Omega$		záporný potenciál
12	AOUT1 +	0 - 20 mA / 4 - 20 mA (maximální zatěžovací impedance 500 $\Omega$ )	analogový výstup viz: P0771[2] až P0781[2]	kladný potenciál
13	AOUT1 -			záporný potenciál
14	PTC A		vstup tepelné ochrany motoru PTC/KTY	viz P0601
15	PTC B			
16	DIN 5	programovatelné vstupy viz: P0705 - P0706	digitální vstup 5	24V log. Úroveň 1 = +15 - +30 V, vstupní proud max. 5 mA
17	DIN 6		digitální vstup 6	
18	RL1 A	230 V - / 2 A (odporová zátěž) 30V = / 5 A (odporová zátěž)	programovatelné relé 1 viz: P0731	rozpínací kontakt
19	RL1 B			spínací kontakt
20	RL1 C			střední kontakt
21	RL2 B	230 V - / 2 A (odporová zátěž) 30V = / 5 A (odporová zátěž)	programovatelné relé 2 viz: P0732	spínací kontakt
22	RL2 C			střední kontakt
23	RL3 A			rozpínací kontakt
24	RL3 B	230 V - / 2 A (odporová zátěž) 30V = / 5 A (odporová zátěž)	programovatelné relé 3 viz: P0733	spínací kontakt
25	RL3 C			střední kontakt
26	AOUT2 +	0 - 20 mA / 4 - 20 mA (maximální zatěžovací impedance 500 $\Omega$ )	analogový výstup viz: P0771[2] až P0781[2]	kladný potenciál
27	AOUT2 -			záporný potenciál
28	izol. 0V	0V	pomocné napájecí napětí	sp. pot. ke sv 9 a DIN1 - DIN 6
29	P +		sériová linka RS485	
30	N -			



Vodiče jsou v řídicí svorkovnici upevněny pomocí pružiny. Na obrázku 2.3.3 je možno vidět reálné uspořádání svorkovnice měniče s čísly odkazující na tabulku č.8.



Obrázek 2.3.3 uspořádání svorkovnice měniče

- **Volba provozu:**

Přepínačem DIP 2 je možné zvolit provoz měniče na síti 50 Hz nebo 60 Hz.

ON – 50 Hz Evropa

OFF – 60 Hz USA

- **Konfigurace analogových vstupů:**

Přepínači DIP1 a DIP2, které jsou na svorkovnicové desce, je možné měnit konfiguraci AIN1 a AIN2.

OFF – napěťový vstup 0...10 V

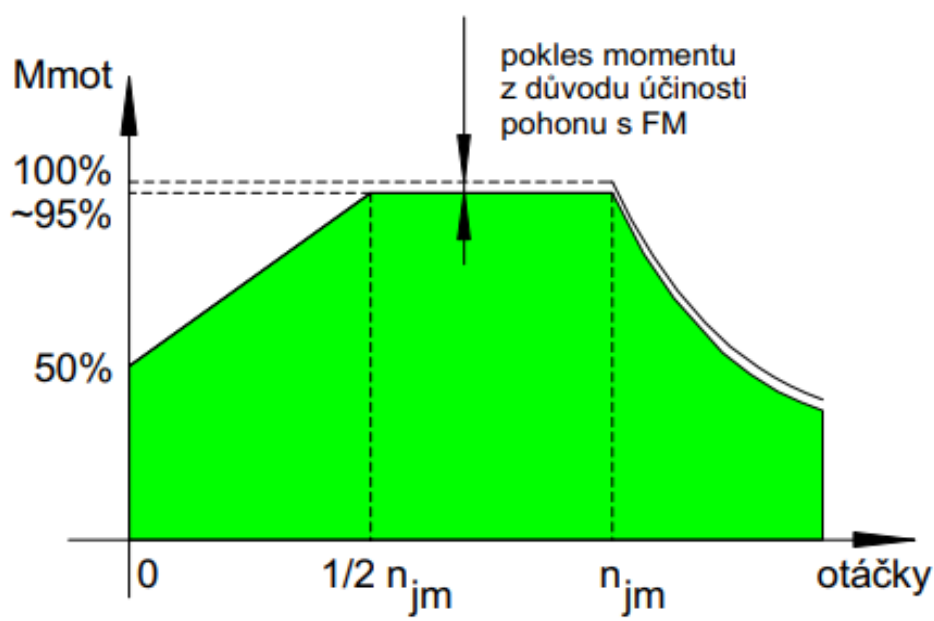
ON – proudový vstup 0...20 mA

pro DIN1 odpovídá AIN1

- **Tepelná ochrana motoru:**

Pokud motor pracuje s nižšími než jmenovitými otáčkami, je snížen i chladicí účinek ventilátorů, který je na hřídeli motoru.

Proto je nutná redukce zatěžovacího momentu. Pro čtyřpólový motor platí:



Obrázek 2.3.4 zobrazení redukce zatěžovacího momentu motoru

Měnič vyhodnocuje tepelné zatížení motoru úměrně:

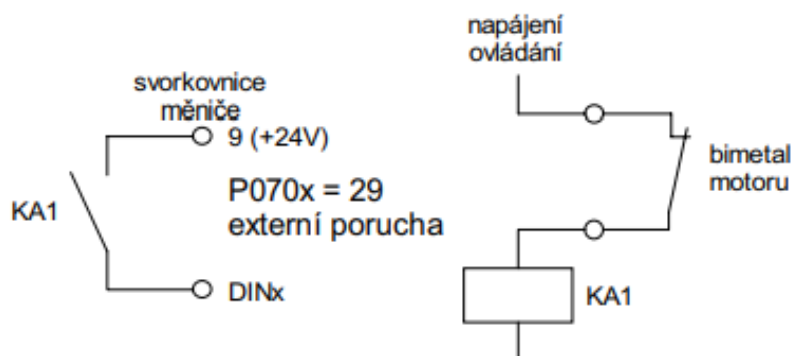
$$\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt \quad (2)$$

Výpočet integrálu (2) závisí na způsobu chlazení motoru, který lze vybrat v panelu parametrů (P0335). Chování měniče při dosažení maximální zátěže je určeno parametrem P0610.

Aby nemohlo dojít k tepelnému přetížení motoru při provozu na nízkých otáčkách, je vhodné vybavit motor teplotním čidlem.

- **Bimetalový kontakt:**

Zapojte jej do obvodu externí poruchy přes oddělovací relé na některý z binárních vstupů DIN1 až DIN6 a vyberte příslušný parametr P0901 až P0706 nastavte hodnotu 29 (funkce externí porucha).

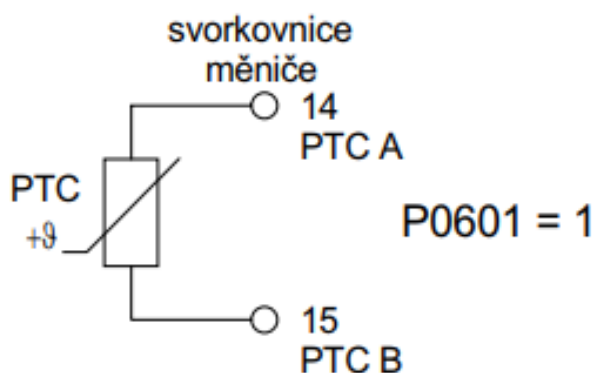


Obrázek 2.3.5 zapojení bimetalového kontaktu

- **PTC termistor:**

Zapojte dle obrázku a vyberte parametr P0601 a nastavte hodnotu 1 (PTC termistor).

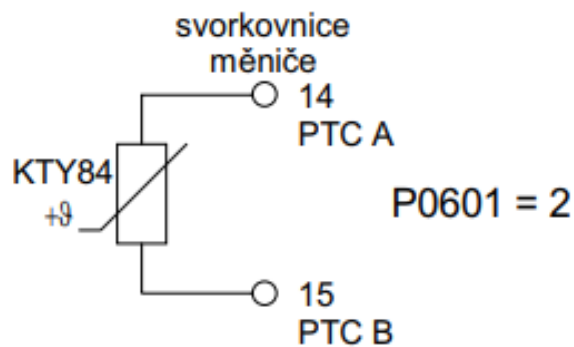
Pokud je odpor termistoru větší než  $1500\Omega$ , měnič bude hlásit výstražná hlášení A0511 a poté poruchu F0011 (překročení zatížení motoru). Skutečná hodnota odporu, kdy se neobjeví hlášení, by měla být mezi  $1000\Omega$  až  $2000\Omega$ .



Obrázek 2.3.6 zapojení PTC termistoru

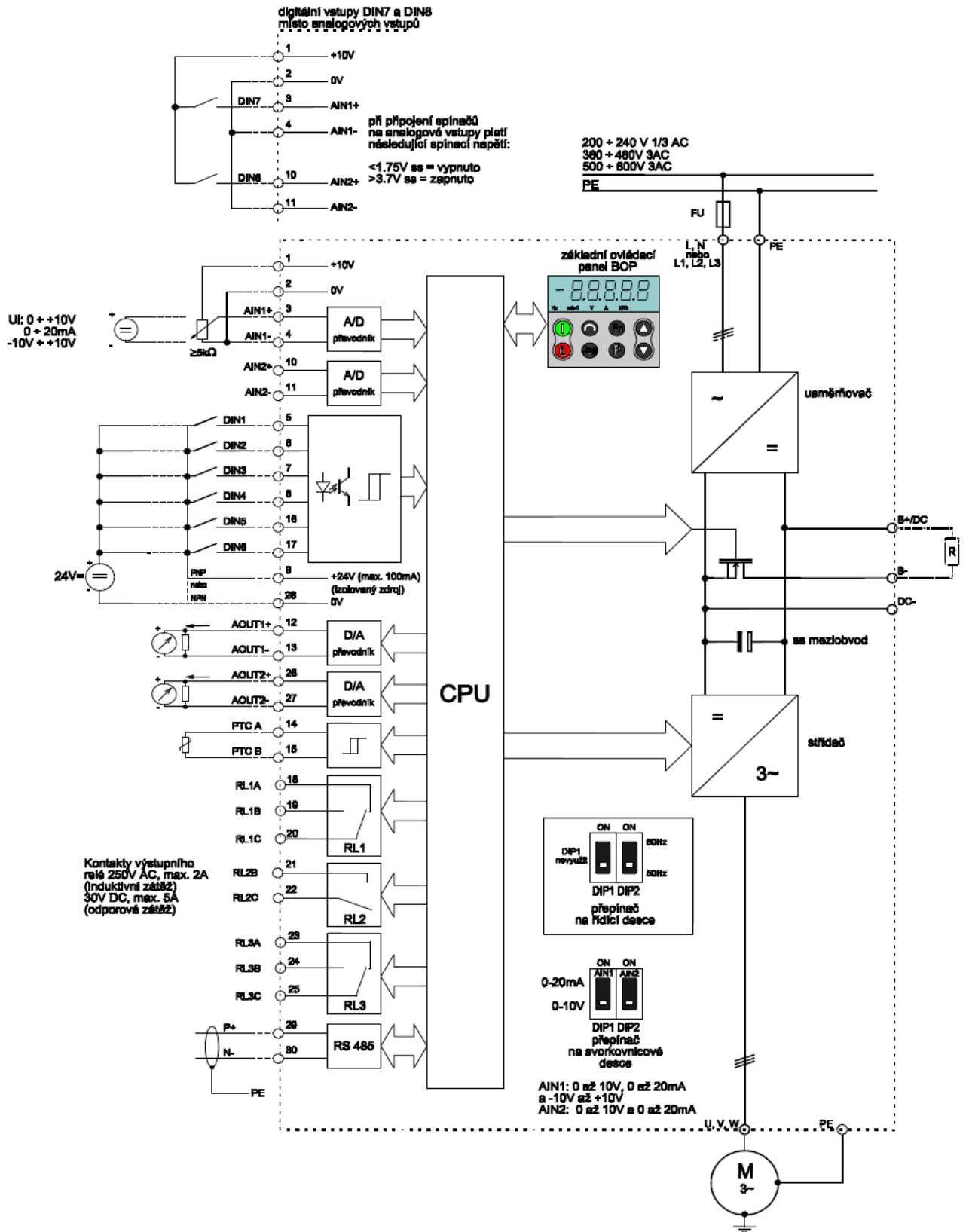
- **Lineární snímač KTY84 – 130:**

Pro měření teploty je tato varianta nejvhodnější. Pro snímač zvolte parametr P0601 a nastavte na hodnotu 2 (teplotní snímač KTY). Změřenou teplotu motoru lze zjistit parametrem r0035. Teplota, při které měnič hlásí výstrahu A0511, lze nastavit parametrem P0604 (default 130 °C). Při překročení této úrovně o 10 % hlásí měnič poruchové hlášení F0011.



Obrázek 2.3.7 zapojení lineárního snímače

## 2.4 Blokové schéma měniče



Obrázek 2.4.1 schéma blokového měniče

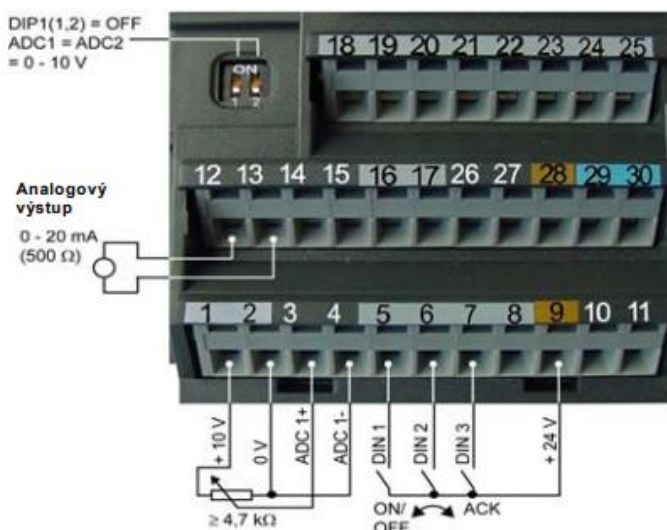
### 3. Tovární nastavení měniče

Měnič je z výroby nastaven na čtyřpólový třífázový indukční motor Siemens 1LA7. Je třeba, aby parametry měniče, zejména P0304 (jmenovité sdružené napětí motoru), P0305 (proud motoru), P0307 (jmenovitý výkon) a P0310 (provozní frekvence – 50 Hz) byly přizpůsobeny odpovídajícím hodnotám ze štítku motoru.

Motor je nastaven dále:

- P0700 – výběr způsobu ovládání – digitální vstup
- P1000 – volba zdroje žádané hodnoty – analogový vstup
- P0335 – chlazení motoru – bez chlazení (0)
- P0640 – proudový limit motoru – 150 % jmenovitého proudu
- P1080 – minimální kmitočet – nulový
- P1082 – maximální kmitočet – 50 Hz (pro Evropu)
- P1120 – doba rozběhu motoru – nastaveno na 10 s
- P1300 – režim řízení – bez režimu (0)

Provedení vstupů:



Obrázek 3.1 nastavení měniče

Tabulka č.9 – vstupy

Vstup/Výstup	Svorky	Parametr	Funkce
digitální vstup 1	5	P0701 = 1	ZAP/VYP1 (I/O)
digitální vstup 2	6	P0702 = 12	reverzace (↕)
digitální vstup 3	7	P0703 = 9	potvrzení poruchy (Ack)
digitální vstup 4	8	P0704 = 15	potvrzení poruchy
digitální vstup 5	16	P0705 = 15	fixní žádaná hodnota (přímý výběr)
digitální vstup 6	17	P0706 = 15	fixní žádaná hodnota (přímý výběr)
digitální vstup 7	přes ADC1	P0707 = 0	fixní žádaná hodnota (přímý výběr)
digitální vstup 8	přes ADC2	P0708 = 0	digitální vstup deaktivován

Aktivace továrního nastavení:

- Nutno nastavit parametr P0010 na 30
- Následná aktivace parametrem P0970 = 1

Měnič je nastaven na frekvenci sítě 50 Hz. Pro změnu na 60 Hz nutno přepnout přepínač DIP do polohy zapnuto. Přepínač je umístěn na obrázku 3.1.1

### 3.1 Panel BOP



3.1.1 Panel BOP

Tento panel je doplňkem k měniči. Umožňuje přístup k parametrům měniče a jejich změnu. Po změně parametrů lze měnič provozovat, aniž by byl panel na měniči umístěn. Takto lze použít jeden panel pro nastavení všech měničů. Pro aktivaci panelu nutno změnit parametr P0700 na 1.

*Zelené tlačítko odpovídá zapnutí a červené vypnutí měniče. Oboustranná šipka slouží k reverzaci a určení směru otáčení. Tlačítko JOG slouží k provozu motoru podle předem nastavených parametrů. Fn má více funkcí, ale především zobrazuje základní hodnoty měniče a hlášení poruchy. P slouží k přepínání mezi parametry pomocí šipek a jejich následné změně.*

Změna parametru:

Po stisknutí tlačítka *P* navolte šipkami parametr, který chceme změnit. Následně stiskneme opět *P* a zobrazí se hodnota tohoto parametru. Šipkami navolíme požadovanou hodnotu a opětovným stiskem *P* hodnotu uložíme.

## 4. Uvedení do provozu – ručně

Za použití funkce – rychlé uvedení do provozu – se měnič nakonfiguruje pro konkrétní motor podle štítkových hodnot. Toto můžeme vynechat jen v případě, že máme k dispozici třífázový indukční motor Siemens 1LA se shodnou výkonovou třídou, jakou má měnič.

Pomocí panelu BOP a tlačítka *P*, jak je uvedeno v předchozí kapitole, lze měnit parametry měniče. Pro rychlé uvedení do provozu je nutno nastavit tyto parametry:

1. P0003 = 3 – Jde o uživatelskou přístupovou zprávu, která nabízí standartní (1), rozšířenou (2) a pro odborníky (3) sekci.
2. P004 = 0 – Filtr parametrů, kde nula znamená všechny parametry
3. P0010 = 1 – Parametr uvádění do provozu
  - ✓ Připraven 0
  - ✓ Rychlé uvedení do provozu 1
  - ✓ Tovární nastavení 30
4. P0100 = 0 – Nastavení frekvence sítě pro Evropu (50 Hz)
5. P0205 = ... – Charakteristika zátěže
  - ✓ Konstantní 0
  - ✓ Variabilní 1
6. P0300 = ... – Typ pohonu
  - ✓ Asynchronní stroj 1
  - ✓ Synchronní stroj 2
7. P0304 = ... – Jmenovité napětí motoru (nutno ověřit, zda typ motoru odpovídá zapojení na svorkovnici)
8. P0305 = ... – Jmenovitý proud motoru v [A]
9. P0307 = ... – Jmenovitý výkon motoru
  - ✓ Pokud je P0100 = 0 nebo 2 je hodnota výkonu uvedena v kW
  - ✓ Pokud je P0100 = 1 je výkon uveden v hp (koňská síla, 1kW = 1,34 hp)
10. P0308 = ... – Účinitel  $\cos \varphi$ 
  - ✓ Automaticky vypočítaná měničem 0
  - ✓ Pouze pro P0100 = 0, 2



11. P0309 =... – Účinnost motoru  $\eta$
- ✓ Automaticky vypočítaná měničem 0
  - ✓ Pouze pro P0100 = 1
12. P0310 =... – Jmenovitý kmitočet motoru
13. P0311 =... – Jmenovité otáčky motoru
- ✓ Nastavením na 0 dojde k internímu přepočtení hodnoty
  - ✓ Otáčky se zadávají v rpm čili ot/min
14. P0320 =... – Magnetizační proud motoru v % vzhledem k jmenovitému proudu (P0305)
- ✓ Pokud je nastavena 0 dojde k vypočtení pomocí parametru P340 = 1
  - ✓ Je zobrazován v parametru r0331
15. P0335=... – Chlazení motoru
- ✓ Vlastní chlazení 0
  - ✓ Vynucené chlazení 1
  - ✓ Vlastní chlazení a zabudovaný ventilátor 2
  - ✓ Vynucené chlazení a zabudovaný ventilátor 3
16. P0604 =... – Faktor přetížení motoru
- ✓ Udává, kolikrát může být proud větší než jmenovitá hodnota proudu P305 (tedy kolikrát větší zatěžovací moment) s ohledem na dobu zatížení.
  - ✓ Hodnota výrobcem nastavena parametrem P0205 na 150 % pro konstantní zátěžný moment a pro proměnný zátěžný moment 110 %.
17. P0700 =... – Výběr způsobu ovládání
- ✓ Tovární nastavení 0
  - ✓ BOP 1
  - ✓ Svorky 2
  - ✓ USS na rozhraní BOP 4
  - ✓ USS na rozhraní COM 5
  - ✓ CB (komunikační modul) na rozhraní COM 6

18. P1000 =... – Výběr zdroje žádané hodnoty
- ✓ Určuje zdroj požadované hodnoty frekvence
  - ✓ Analogový vstup 2
  - ✓ pevný kmitočet 3
  - ✓ USS na rozhraní BOP 4
  - ✓ USS na rozhraní COM (kontakty 29 a 30 na řídicí svorkovnici) 5
  - ✓ bez hlavní žádané hodnoty kmitočtu + motorpotenciometr  
..... až 77
19. P1080 =... – Minimální kmitočet
20. P1082 =... – Maximální kmitočet
21. P1120 =... – Doba rozběhu motoru v [s] bez zaoblení rampy
- ✓ Nastavení příliš krátké doby je signalizováno hlášením A0501 (dosažena hodnota proudového limitu), případně chybovým hlášením F0001 (překročení proudu)
22. P1121 =... – Doba doběhu motoru v [s] bez zaoblení rampy
- ✓ Nastavení příliš krátké doby je signalizováno hlášením A0501(dosažena hodnota proudového nebo napěťového limitu), případně chybovým hlášením F0001 (překročení proudu) nebo F0002(přepětí) vlivem indukovaného napětí
23. P1135 =... – Doba doběhu motoru po povelu VYP3 v [s]
- ✓ Určuje pokles výstupní frekvence z maxima na nulu po vložení povelu VYP3 (rychlé zastavení). Nastavení příliš krátké doby je signalizováno hlášením A0501 (dosažena hodnota proudového nebo napěťového limitu), případně chybovým hlášením F0001 (překročení proudu) nebo F0002 (přepětí) vlivem indukovaného napětí
24. P1300 =... – Režimy řízení
- ✓  $\frac{U}{f}$  s lineární charakteristikou 0
  - ✓  $\frac{U}{f}$  s FFC 1
  - ✓  $\frac{U}{f}$  s kvadratickou charakteristikou 2
  - ✓  $\frac{U}{f}$  s programovatelnou charakteristikou 3
  - ✓ vektorové řízení bez a se zpětnou otáčkovou vazbou 20, 21
  - ✓ vektorové řízení momentu bez a se zpětnou otáčkovou vazbou 22, 23

25. P1500 =... – Výběr zdroje žádané hodnoty momentu
- ✓ Bez hlavní hodnoty 0
  - ✓ Analogový vstup 2
  - ✓ USS na rozhraní BOP 4
  - ✓ USS na rozhraní COM 5
  - ✓ CB na rozhraní COM 6
  - ✓ Analogový vstup další 7
26. P1910 =... – Volba identifikace dat motoru
- ✓ Vždy 0 – střídání deaktivováno
27. P1960 =... – Optimalizace regulátoru otáček
- ✓ Neaktivní 0
  - ✓ Pro vektorové řízení motoru (P1300 = 20, 21) 1
28. P3900 = 1 – Ukončení rychlého uvedení měniče do provozu
- ✓ Ukončení bez výpočtu (bez rychlého nastavení) 0
  - ✓ Výpočet a výmaz všech ostatních parametrů 1
  - ✓ Výpočet nastavení motoru a přepsání všech vstupních i výstupních parametrů továrním nastavením
  - ✓ Pouze výpočet nastavení motoru (ostatní nastavení zachováno) 3

## 4.1 Nastavení pro dané využití

Nejprve: P0003 = 3 – Uživatelská přístupová práva – pro odborníky

Nastavení sériového rozhraní:

1. P2010 =... – Přenosová rychlost USS
  - ✓ Od 4 (2400 bps) do 12 (115200 bps)
2. P2011 =... – Adresa USS
  - ✓ Nastaví jedinečnou adresu měniče
3. P2012 =... – Délka PZD dat sériové linky USS
  - ✓ Nastaví počet 16bitových slov PZD v USS telegramu
4. P2013 =... – Délka PKW dat sériové linky USS
  - ✓ Nastaví počet 16bitových slov PKW v USS telegramu

## 5. Komunikace s PC

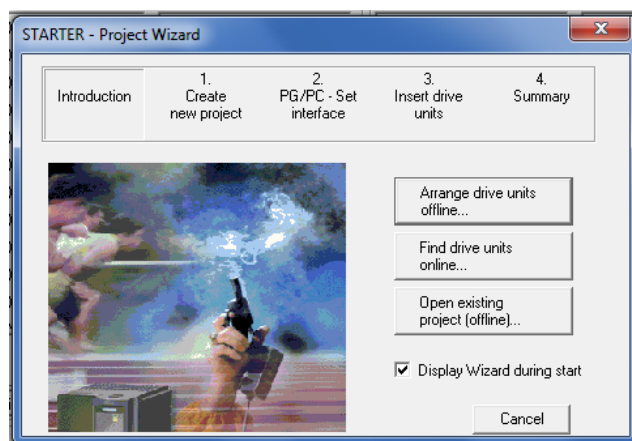
- Nastavení spojení mezi měničem a programem STARTER

Potřebujeme k dispozici kabel pro sériovou linku s jedním koncem USB pro připojení k PC:



Obrázek 5.1 kabel s USB koncem pro sériovou linku

Program STARTER je uživatelsky velmi přístupný. Po zapnutí programu se zobrazí úvodní okno, kde si lze vybrat, jestli chceme otevřít existující projekt nebo založit nový offline nebo online. Pro prvotní nastavení se doporučuje založit nový program offline.

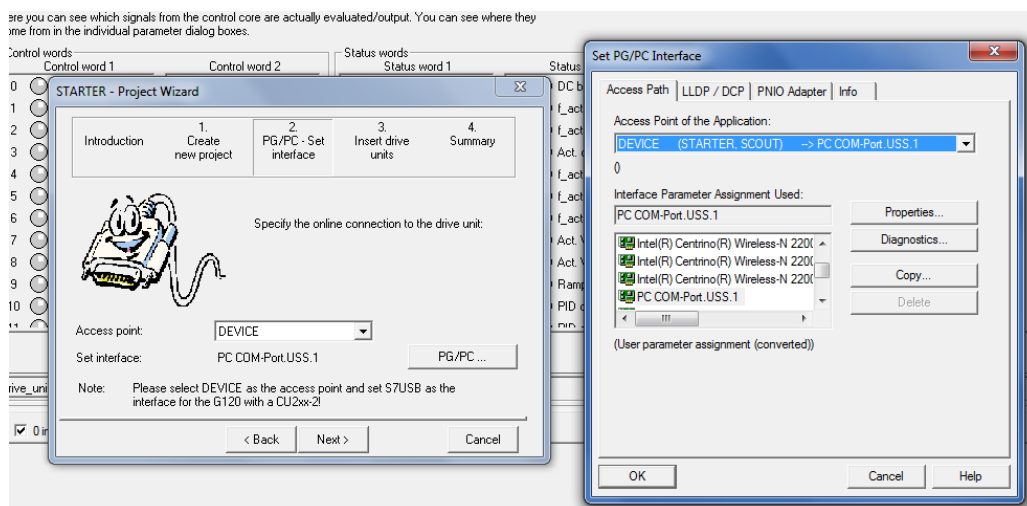


Obrázek 5.2 – program STARTER – vytvoření nového projektu

Vybereme tedy „Arrange drive units offline“. Další okénko nás vyzve k zadání jména projektu, jméno autora a místa kam chceme projekt uložit.

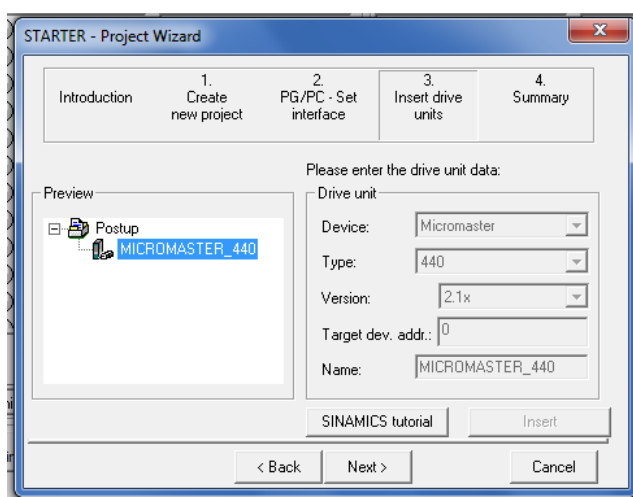
Následně je nutno vybrat přístupový bod, tedy jakým způsobem jsme připojeni k měniči. Vybereme podle obrázku PC COM-Port.USS.1 a jeho parametr se

stejným názvem viz. obrázek 5.2. V případě, že máme špatně nakonfigurovaný přístupový bod, dá se spustit diagnostika, která sama najde patřičné parametry spojení jako například rychlost přenosu, počet přenášených bitů a adresa. To vše musí být nastaveno na obou stranách jak pro měnič, tak pro PC.



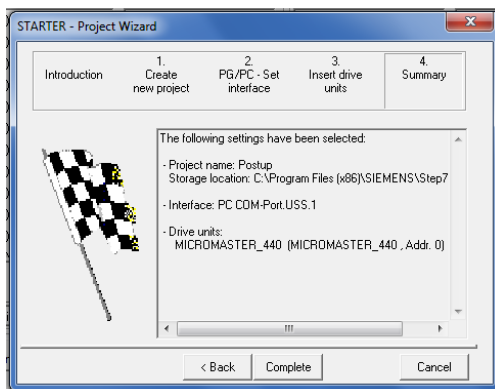
Obrázek 5.3 program STARTER – nastavení vstupů

Jako třetí krok nás program vyzve, abychom vybrali zařízení, které máme k dispozici. V našem případě to je Micromaster 440. Poté přidáme tlačítkem „Insert“.



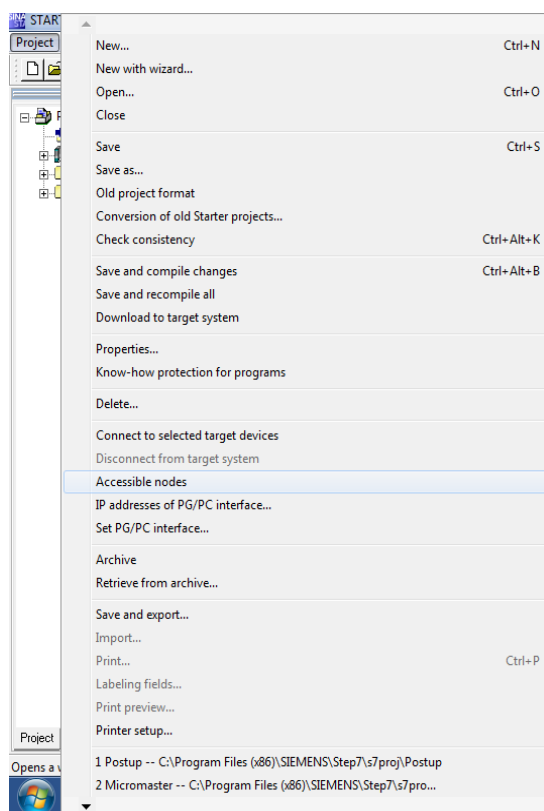
Obrázek 5.4 program STARTER – přidání zařízení do projektu

Čtvrté okénko je shrnutí a přehled toho co jsme zadali v předchozích okénkách.



Obrázek 5.5 program STARTER– souhrn postupných kroků

Nyní je nutno přidat přístupové uzly. V panelu si najdeme „Project“ a klikneme na „Accessible nodes“. Po kliknutí se automaticky začne vyhledávat přístupový uzel. V našem případě jde o Drive unit 1 s adresou 0 a typ zařízení, které máme k dispozici. Vyhledávání záleží na správnosti nastavení úvodním okénku. Následně po té co se úspěšně vyhledá tento uzel, zobrazí se nám v okénku a máme možnost tento uzel přidat do projektu tlačítkem „Accept“. Bez tohoto nebude možné spustit online režim a také následné spuštění motoru skrze měnič.



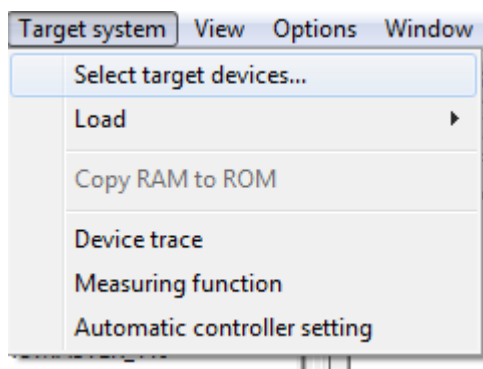
Obrázek 5.6 program STARTER – přístupové kroky

Program STARTER umožňuje nastavení portu ještě změnit v tomto okénku v případě, že by došlo k chybnému prvotnímu nastavení. Nemusíme tak zakládat nový projekt.



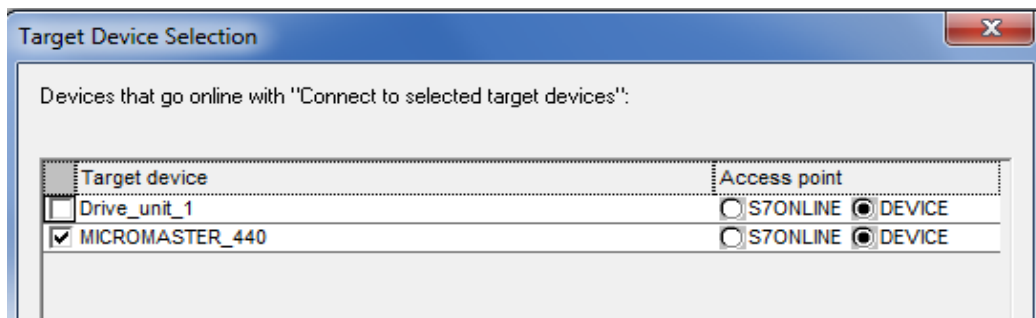
Obrázek 5.7 program STARTER– vložení přístupových uzlů

Jako další krok zvolíme, jaké zařízení chceme ovládat. K tomu slouží v panelu záložka „Target system“ a zde vybereme „Select target devices“



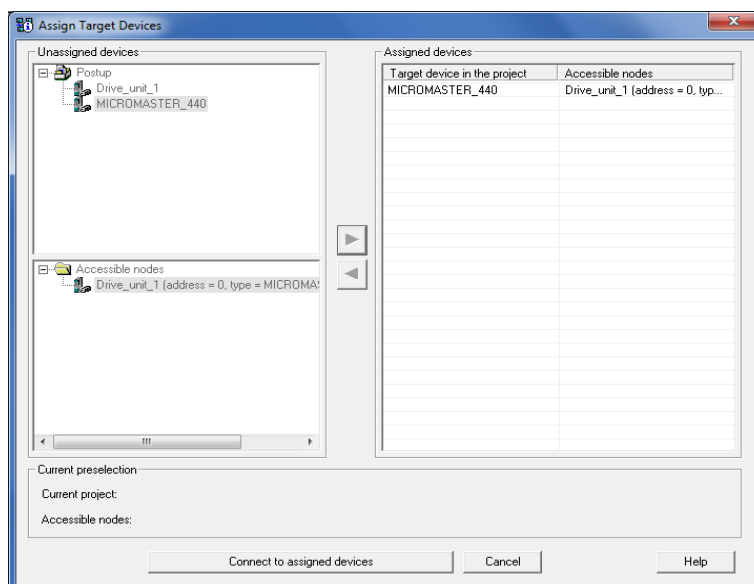
Obrázek 5.8 program STARTER – výběr zařízení

Zobrazí se nám tabulka, kde máme vybrat, které zařízení budeme ovládat.



Obrázek 5.9 program STARTER – ovládací zařízení

Vybereme Micromaster\_440, jedná se o připojení skrze kabel, proto necháme označenou kolonku „DEVICE“ a potvrdíme. Nyní nás program v dalším kroku (obrázek 5.10) vyzve, abychom přiřadili správné zařízení pro online komunikaci s Micromaster\_440.



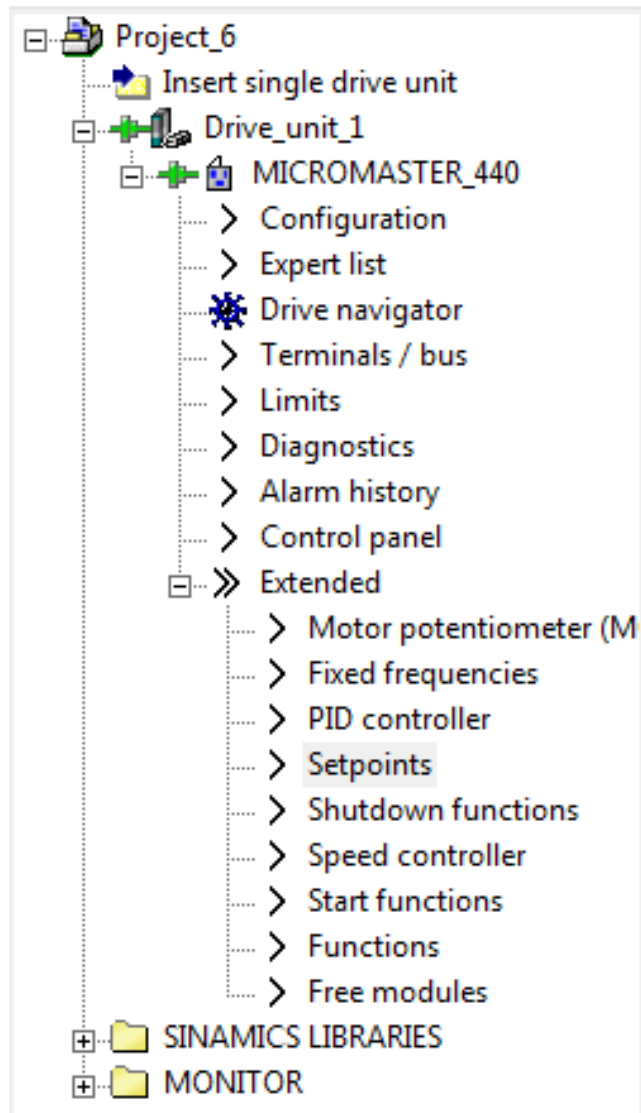
Obrázek 5.10 program STARTER – připojení k přiřazenému zařízení

Následně přiřadíme Micromaster\_440 k přístupovému uzlu Drive\_unit\_1. Po poklepnutí na „Connect to assigned devices“ přejdeme do online režimu.



## 6. Online režim

Po zdárném připojení do online režimu se nám nabídne vlevo k dispozici seznam modulů.

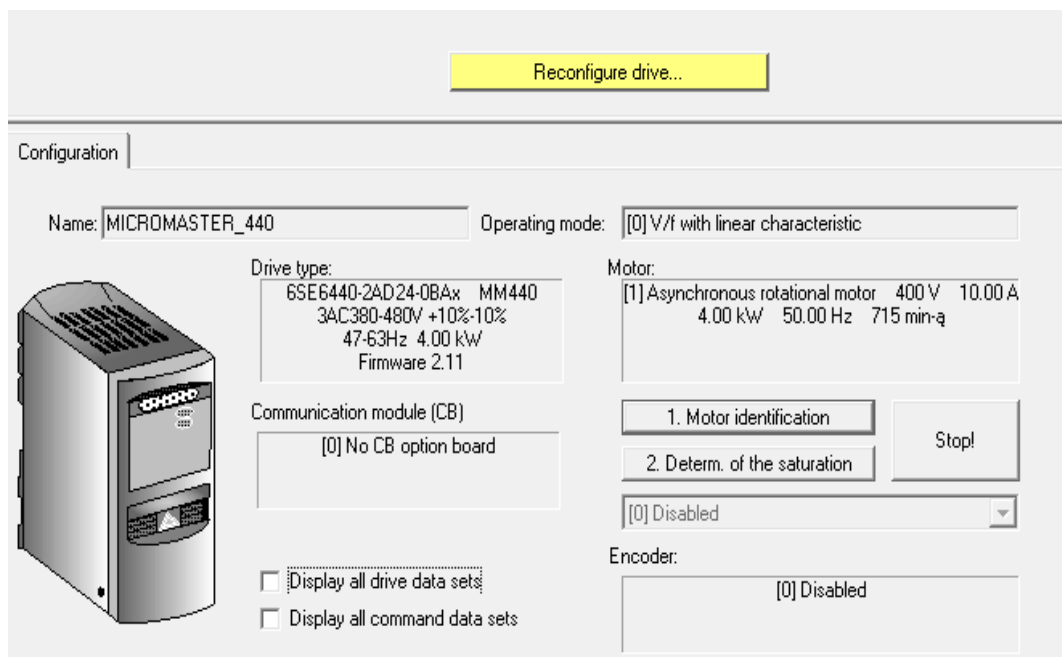


Obrázek 6.1 program STARTER – přehled jednotlivých modulů

Nabízí širokou škálu nastavení parametrů níže budou vysvětleny jednotlivé moduly:

- **Configuration – Nastavení parametrů motoru:**

Program STARTER také umožňuje nastavit parametry motoru. Měnič je schopen tento motor identifikovat a některé parametry sám spočítat. Pro nastavení všech parametrů slouží žluté tlačítko „Reconfigure drive“.



Obrázek 6.1 nastavení parametrů motoru

Po stisknutí můžeme zadat frekvenci sítě, typ provozu (konstantní moment, proměnný moment), typ motoru a jeho štítkové hodnoty, typ U/f charakteristiky (v našem případě lineární charakteristika), typ připojení (v našem případě USS na BOP lince), hlavní parametry (minimální – maximální frekvence, čas rozběhu, čas brždění).

- **Expert list – Seznam parametrů:**

Nalezneme zde všechny sledované parametry motoru a měniče. Například tu lze najít frekvenci, výkon, proud nebo moment motoru a spousty dalších parametrů – obrázek 6.2.

	Param...	Data	Parameter text	Offline value	Drive_unit_1	Unit	Modifiable to	Access level	Minimum	Maximum
23	r31		CO: Act. filtered torque	0.00		Nm		2		
24	r32		CO: Act. filtered power	0.00		-		2		
25	r35[0]	D	CO: Act. motor temperature, 1st. Drive data set (DDS)	31		°C		2		
26	r37[0]		CO: Inverter temperature [°C], Measured heat sink temperature	26		°C		3		
27	r38		CO: Act. power factor	0.000		-		3		
28	r39		CO: Energy consumpt. meter [kWh]	3.6		kWh		2		
29	p40		Reset energy consumption meter	[0] No reset		-	Ready to run	2		
30	r50		CO: Active command data set	[0] 1st. Command data set (...)		-		2		
31	r51[0]		CO: Active drive data set (DDS), Selected drive data set	[0] 1st. Drive data set (DDS)		-		2		
32	r52		CO/BO: Act. status word 1	FB31H		-		2		
33	r53		CO/BO: Act. status word 2	6E0H		-		2		
34	r54		CO/BO: Act. control word 1	76H		-		3		
35	r55		CO/BO: Act. control word 2	2000H		-		3		
36	r56		CO/BO: Status of motor control	3H		-		3		
37	r61		CO: Act. encoder freq. CO/BO: Status of motor control	0.00		Hz		2		
38	r62		CO: Freq. setpoint	0.00		Hz		3		
39	r63		CO: Act. frequency	0.00		Hz		3		
40	r64		CO: Dev. frequency controller	0.00		Hz		3		
41	r65		CO: Slip frequency	0.00		%		3		
42	r66		CO: Act. output frequency	0.00		Hz		3		
43	r67		CO: Act. output current limit	15.00		A		3		
44	r68		CO: Output current	0.00		A		3		
45	r70		CO: Act. DC-link voltage	573		V		3		
46	r71		CO: Max. output voltage	400.0		V		3		
47	r72		CO: Act. output voltage	0.0		V		3		
48	r75		CO: Current setpoint lsd	0.00		A		3		
49	r76		CO: Act. current lsd	0.00		A		3		

Obrázek 6.2 program STARTER – Expert list

Všechny tyto hodnoty je možno přidat do „Watch table“ což vidíme na obrázku 6.3, kde lze pak sledovat libovolné parametry a ve formátu XML exportovat.

Name	Information	Display format	Offline value	Control value	Unit	Condition	Data type
1	Drive_unit_1.MICROMASTER_440.r24	CO: Act. filtered output freq.	DEC n.3	0.000	Hz		REAL
2							

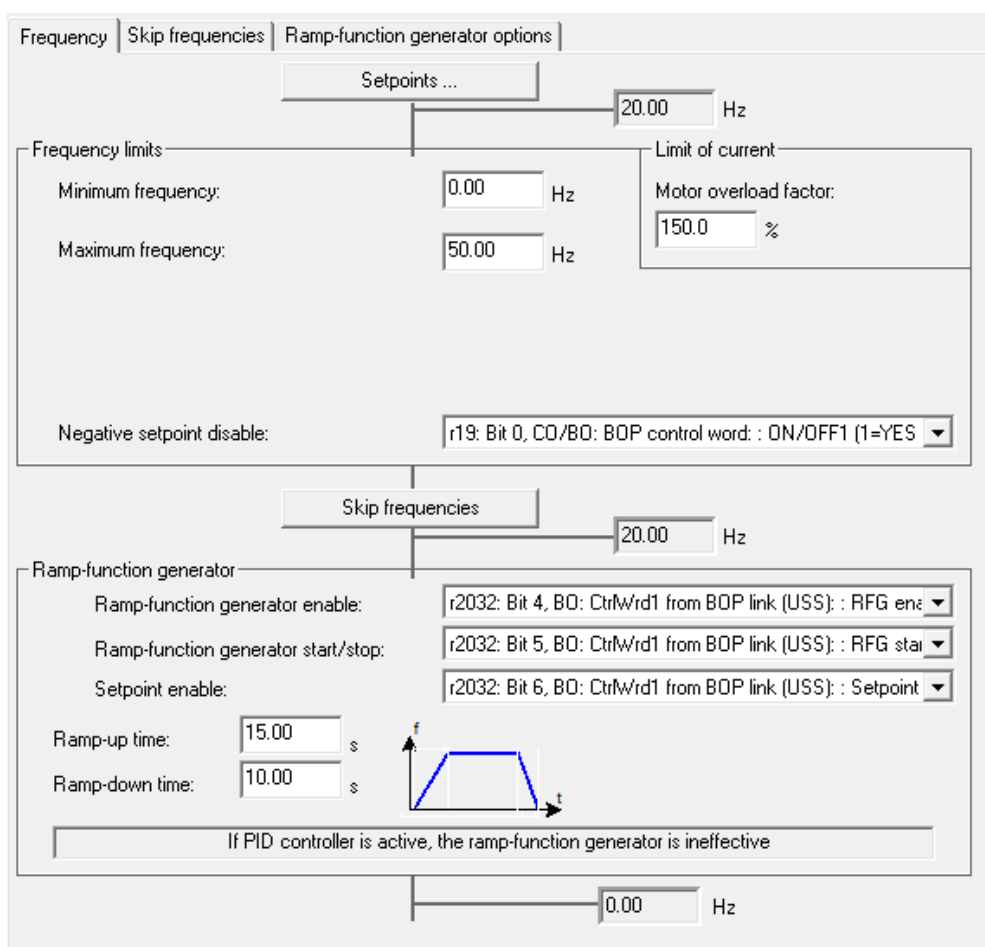
Obrázek 6.3 program STARTER – Watch table

- **Drive navigator – uživatelská navigace pohonu:**

Skládá se z nastavení:

- ✓ Terminálu – volení vstupů, ovládání skrze PID regulátor viz 6.4
- ✓ Nastavení omezení – omezení frekvence, minimální a maximální a faktor přetížení a také možnost vstupního signálu, který toto nastavení přeruší.

Dále je k dispozici nastavení, které frekvence má měnič přeskočit.

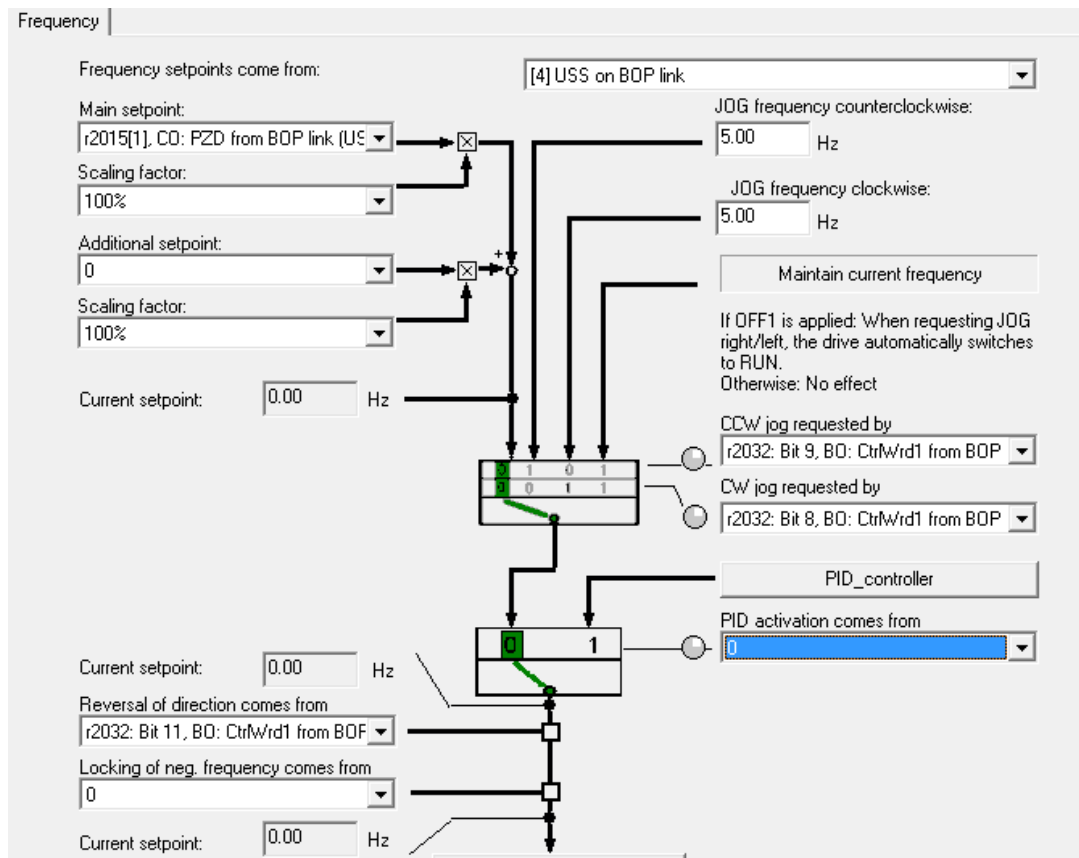


Obrázek 6.4 program STARTER – Drive navigator

- ✓ Nastavení rampy –Definuje čas rozběhu a brzdění. Lze nastavit signál, který tuto funkci povolí a také ji zapne nebo vypne. Pokud je PID regulátor aktivní rampa bude neúčinná.

- **Terminals and Bus – Terminály a sběrnice:**

Zvolíme dva vstupy připojení a nastavení frekvence pro hodiny nebo můžeme zapojit PID regulátor, ale nebude jej možno řídit přes program STARTER.



Obrázek 6.4 program STARTER – Terminals and Bus

- **Diagnostics - Diagnostika:**

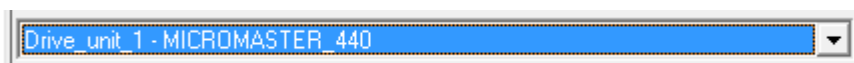
Jedná se o seznam různých parametrů, chybových hlášení a hlášení o stavech motoru a měniče. Hlášení je provedeno skrze „diody“, které se zabarvují do zelena nebo červena v případě chybových hlášení.

- **Alarm History -Historie alarmů:**

Seznam chybových hlášek. Některé je nutno před uvedením motoru do provozu potvrdit tlačítkem „acknowledge“.

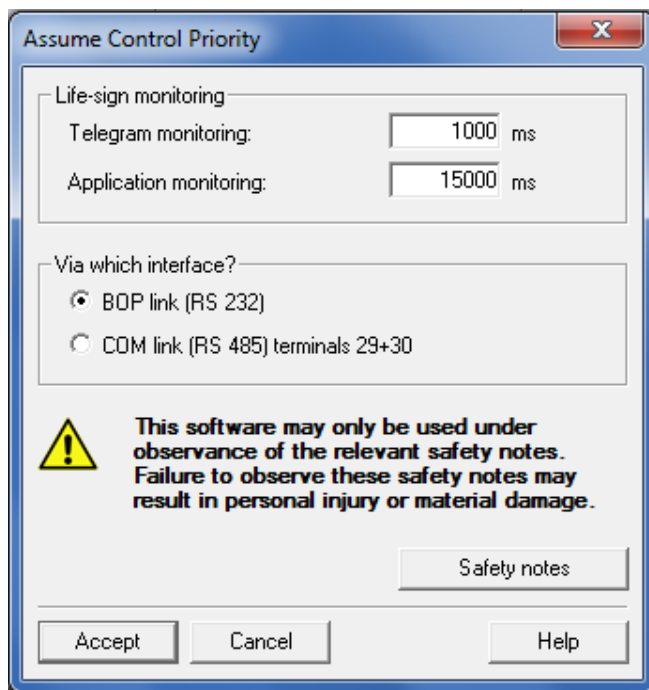
- **Control Panel – Panel ovládání:**

Modul slouží k ovládání motoru. Nejprve je nutno vybrat měnič, který chceme ovládat.



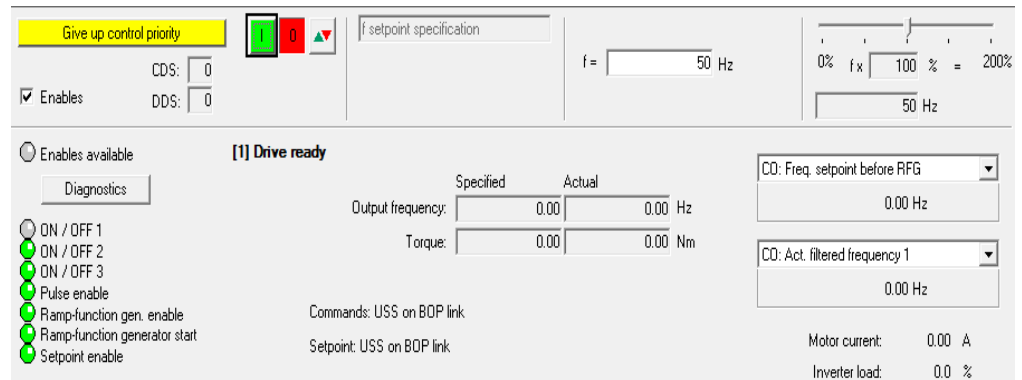
Obrázek 6.5 program STARTER – Drive navigator

V našem případě vybereme podle obrázku 6.5. „Drive\_unit\_1–MICROMASTER\_440“ a nyní lze předat prioritu tlačítkem „Assume Control Priority“. Poté se program dotazuje na typ rozhraní, které chceme použít. Naše připojení je prostřednictvím sériové linky na BOP (RS 232) tedy vybereme tedy podle obrázku 6.6.



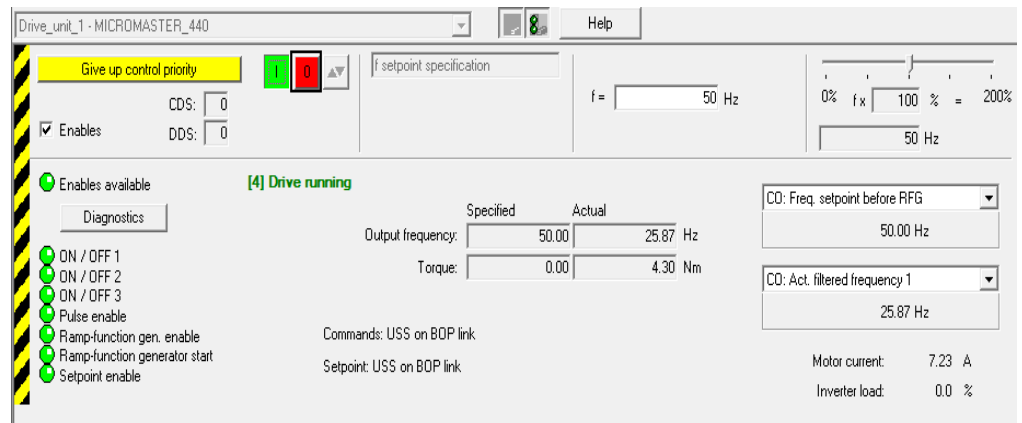
Obrázek 6.6 program STARTER – typ linky

Po potvrzení můžeme motor roztočit. Zvolíme požadovanou frekvenci, v našem případě 50 Hz a potvrdíme zeleným tlačítkem. V tuto chvíli se motor začne rozbíhat námi zadanými parametry.



Obrázek 6.7 program STARTER – spuštění motoru

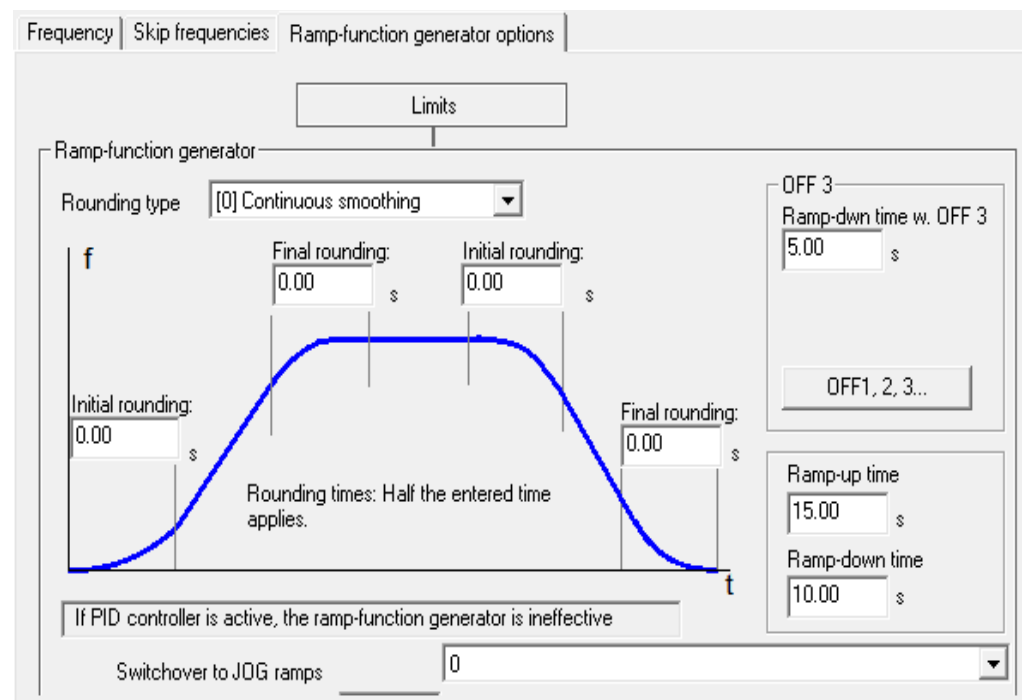
Na obrázku 6.8 je motor již spuštěn. Vpravo na tomto obrázku můžeme sledovat libovolnou veličinu například napětí, proud, výkon a frekvenci.



Obrázek 6.8 – program STARTER – motor při provozu

- **Extended – Rozšířené nastavení měniče:**

Jako jedna z rozšířených možností je k dispozici rampa rozběhu a doběhu. Lze upravovat jednak počáteční a konečný rozběh, to samé platí i pro brždění.

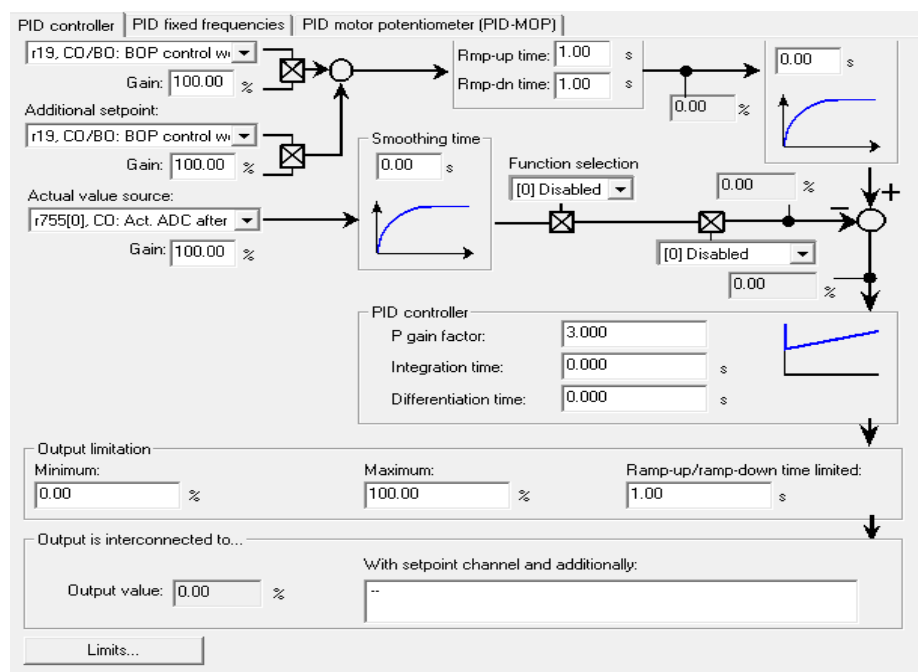


Obrázek 6.9 – program STARTER – rampa

Obrázek dále mapuje možnost změny typu vyhlazování. V našem případě je zvolen typ s kontinuálním vyhlazováním rampy. Je umožněno zvolení doby rozběhu a brždění v sekundách



Obrázek č.6.10 ukazuje, že lze ovládat měnič pomocí PID regulátoru. Musíme nastavit vstup, vyhlazovací konstanty a následně v PID regulátoru nastavit jednotlivé konstanty.



Obrázek 6.10 – program STARTER – PID regulátor

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo seznámit se s funkcí frekvenčního měniče Micromaster 440 od společnosti Siemens, jehož pomocí se řídí asynchronní motory.

V teoretickém úvodu je vysvětlen princip řízení motoru frekvencí včetně podpisu vybraného měniče Micromaster 440 typ 6SE6440-2AD24-0BA1, jeho základní informace, návod k uvedení do provozu a bezpečnostní podmínky instalace a provozu.

Popisuji také manuální ovládání, ovšem to se mi jeví jako zdlouhavé a náročné, neboť je nutno trpělivosti a času při nastavování parametrů.

Zaměřil jsem se tedy na komunikaci měniče prostřednictvím PC. K tomu jsem využil v rámci své práce program STARTER od společnosti Siemens. Program STARTER je velmi obsáhlý, vzhledem k tomu jej lze využít k podpoře mnoha produktů. Vlastní postup je popsán od části 5 (Komunikace s PC). Následně jsem propojil měnič s PC a praktickým experimentem jsem ověřil funkčnost tak, že jsem motor skrze toto připojení uvedl do provozu. Propojení měnič – PC jsem uskutečnil prostřednictvím sériové linky RS 232.

Zkoušel jsem různé simulace pro rozběh a brzdění. Byla provedena také zkouška, zda se motor bude točit rychlostí 1 Hz nebo 0,1 Hz. K mému překvapení měl motor při rychlosti otáčení 1 Hz moment cca 2,5 Nm. V případě 0,1 Hz se motor točil, ale neměl žádný moment.

Chtěl jsem naměřit základní časové průběhy napětí a proudu motoru a zaznamenat změnu otáček při skokové změně kmitočtu. Tento experiment však nebylo možno uskutečnit, neboť sériová linka RS232 (z roku 1969) nemá dostatečný datový tok na vzorkování průběhu, tedy časové charakteristiky nebylo možné naměřit. Tuto možnost, kterou nabízí program STARTER, by šlo využít v případě, že použijeme některou z rychlejších připojení například ethernetový kabel Profinet.

Jako možnost do budoucna vidím případnou konzultaci se společností Siemens k programu STARTER a měniči Micromaster a případné pokračování v diplomové práci.

# Seznam použité literatury

- Frekvenční měnič MICROIMASTER 440 0,12 kW až 75 kW Siemens plc.  
Závod Congleton, Varey Road Congleton Cheshire CW2 1 PH Great Britain,  
2005
- MICROMASTER 440, návod k obsluze a údržbě verze C, Servisní středisko  
SIEMENS 2007
- MICROMASTER – Modul impulsního čidla (encoder) Návod k obsluze,  
vydání 08/02