

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ŠKOLÍCÍ PŘÍPRAVEK PRO MOTOROVÝ KONTROLÉR UMC100

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN JANÁČEK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ŠKOLÍCÍ PŘÍPRAVEK PRO MOTOROVÝ KONTROLÉR UMC100

MOTOR CONTROLLER UMC100 TRAINING DEVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

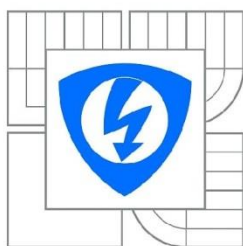
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN JANÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR DOHNAL, Ph.D.

BRNO, 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Martin Janáček
Ročník: 3

ID: 146843
Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Školící přípravek pro motorový kontrolér UMC100

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Proveďte rešerši k motorovému kontroléru UMC 100 (dále jen UMC100)
- 2) Vytvořte reprezentativní přípravek pro demonstraci UMC100
- 3) Navrhněte a s vedoucím realizujte laboratorní úlohu do předmětu elektrické přístroje

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Havelka, Otto a kol. : Elektrické přístroje učebnice pro elektrotechnické fakulty vysokých škol technických, SNTL 1985
- [2] Měřička J., Zoubek Z. : Elektrické stroje, skriptum ČVUT 1990
- [3] Patočka, Miroslav: Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoproudé elektrotechnice, VUTIUM 2011

Termín zadání: 27.9.2013

Termín odevzdání: 2.6.2014

Vedoucí práce: Ing. Petr Dohnal, Ph.D.
Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
Předseda oborové rady

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

Bakalářská práce pojednává o motorovém kontroléru UMC100-FBP společnosti ABB s.r.o., kdy jsou představeny možnosti využití této technologie pro chod trojfázového asynchronního motoru. Pro demonstraci je navržena, vyrobena a zprovozněna laboratorní úloha představující, v praxi, závažné poruchové stavy motoru. Konstrukční návrh spolu s elektrickým schématem jsou provedeny pomocí softwaru AutoCAD a Inventor Professional.

Abstract

Bachelor's thesis concerning motor controller UMC100-FBP by ABB s.r.o. shows usage possibilities of this technology for 3-phase asynchronous motor. For demonstration was laboratory task designed and developed. It shows serious defective states of motor in practice. Construction plan and electrical diagram were made in AutoCAD and Inventor Professional.

Klíčová slova

Univerzální motorový kontrolér; napěťový modul; rozšiřovací modul; ovládací panel; asynchronní motor

Keywords

Universal Motor Controller; voltage module; expansion module, control panel; asynchronous motor

Bibliografická citace

JANÁČEK, M. *Školící přípravek pro motorový kontrolér UMC100*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 63 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Dohnal, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Školící přípravek pro motorový kontrolér UMC100 jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Dohnalovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Další poděkování směřuji k Ing. Rostislavu Huzlíkovi za odbornou pomoc při řešení v oblasti elektrických pohonů a Ing. Vladimíru Horychovi ze společnosti ABB s.r.o. za poskytnuté podklady a odborné rady.

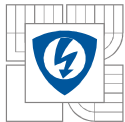
V Brně dne

Podpis autora



OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
ÚVOD.....	14
1 MOTOROVÝ KONTROLÉR.....	15
1.1 UNIVERZÁLNÍ MOTOROVÝ KONTROLÉR UMC100-FBP	15
1.2 INSTALACE.....	16
2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ UMC100-FBP.....	17
2.1 KOMPAKTNÍ ZÁKLADNÍ JEDNOTKA	17
2.1.1 STAVEBNÍ BLOKY.....	18
2.2 OVLÁDACÍ PANEL UMC100-PAN.....	19
2.3 NAPĚŤOVÝ A ROZŠÍŘOVACÍ MODUL	20
2.3.1 NASTAVENÍ KOMUNIKACE	20
2.3.2 VI15x- FBP	20
2.3.3 DX111-FBP	22
2.3.4 DX122-FBP	22
2.4 PROUDOVÝ MĚŘICÍ TRANSFORMÁTOR.....	24
2.4.1 EXTERNÍ PROUDOVÝ TRANSFORMÁTOR CTs.....	25
2.5 MONITOROVACÍ ZAŘÍZENÍ ZEMNÍHO SPOJENÍ CEM11-FBP.....	28
2.6 NAPÁJECÍ ZDROJ	29
2.7 KOMUNIKAČNÍ MODUL MTQ22-FBP	30
3 OCHRANNÉ FUNKCE.....	31
3.1 OCHRANA PŘI TEPELNÉM PŘETÍŽENÍ	31
3.1.1 URČENÍ TEPLoty VINUTÍ A VYPÍNAČÍ TRÍDY	32
3.2 OCHRANA PŘI ZABLOKOVANÉM ROTORU	34
3.3 OCHRANA PŘI PROUDOVÉM PŘETÍŽENÍ.....	35
3.4 OCHRANA PŘI PROUDOVÉM PODTÍŽENÍ	35
3.4.1 ČINNÝ PŘÍKON A ÚČINÍK	37
3.5 OCHRANA PŘI FÁZOVÉ NESYMETRII.....	39
3.6 OCHRANA SLEDU FÁZÍ	39
3.7 OCHRANA PŘI ZTRÁTĚ FÁZE	39
3.8 PTC OCHRANA	39
3.8.1 TERMISTOR	39
3.8.2 PRINCIP PTC OCHRANY V UMC	40
3.9 OCHRANA PŘI ZEMNÍM SPOJENÍ	40
4 DEMONSTRAČNÍ PŘÍPRAVEK.....	41
4.1 NÁVRH PŘÍPRAVKU	41
4.2 SCHÉMA ZAPOJENÍ PŘÍPRAVKU	44

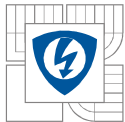


4.3 VÝSLEDNÝ PŘÍPRAVEK	45
4.4 DEMONSTRAČNÍ KUFR PRO ABB	46
5 SIMULACE OCHRAN.....	48
5.1 OCHRANA PŘI FÁZOVÉ NESYMETRII.....	48
5.2 OCHRANA PŘI ZTRÁTĚ FÁZE	48
5.3 OCHRANA SLEDU FÁZÍ	48
5.4 PTC OCHRANA	48
6 LABORATORNÍ ÚLOHA	50
6.1 UNIVERZÁLNÍ MOTOROVÝ KONTROLÉR UMC100	50
6.2 BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ ÚLOHY A SCHÉMA ZAPOJENÍ PANELU	52
6.3 POPIS SCHÉMATU ZAPOJENÍ LABORATORNÍ ÚLOHY.....	54
6.4 PRACOVNÍ POSTUP	55
6.5 MĚŘENÍ.....	55
6.6 DEMONSTRACE OCHRAN PŘI POUŽITÍ DYNAMOMETRU	57
6.7 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR.....	58
7 ZÁVĚR.....	59
LITERATURA	60
PŘÍLOHY	61



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Instalace UMC100-FBP na DIN lištu.....	16
Obr. 2.1 Vnější popis UMC100-FBP a s připojeným UMC100-PAN.....	17
Obr. 2.2 Základní blokové schéma UMC100-FBP a tok dat mezi hlavními částmi zařízení	18
Obr. 2.3 Popis UMC100-PAN.....	19
Obr. 2.4 Struktura napěťového modulu VI150	21
Obr. 2.5 Vnější popis modulu VI150 pro UMC100-FBP	21
Obr. 2.6 Vnější popis IO modulu DX122-FBP pro UMC100-FBP.....	23
Obr. 2.7 Magnetizační charakteristika feromagnetického materiálu	24
Obr. 2.8 Měřicí transformátor proudu	24
Obr. 2.9 Konstrukce CT4L185R/4 a CT4L310R/4	26
Obr. 2.10 Konstrukce CT5L500R/4 a CT5L850R/4	26
Obr. 2.11 UMC100-FBP s CT a VI150	26
Obr. 2.12 Zapojování přístrojových transformátorů proudu	27
Obr. 2.13 Zapojení CEM11-FBP do obvodu	28
Obr. 2.14 Zatěžovací charakteristika zdroje CP-D 24/1.3.....	29
Obr. 2.15 Napájecí zdroj CP-D 24/1.3A.....	29
Obr. 2.16 Komunikační modul MTQ22-FBP	30
Obr. 3.1 Vypínací třídy pro UMC100-FBP	33
Obr. 3.2 Obvodový model asynchronního motoru pro jednu fázi statorového vinutí – nakrátko.....	34
Obr. 3.3 Časový průběh ochrany při proudovém přetížení.....	35
Obr. 3.4 Časový průběh ochrany při proudovém podtížení	36
Obr. 3.5 Blokové schéma ochrany proti proudovému podtížení	37
Obr. 3.6 Charakteristiky asynchronního motoru při zatížení	38
Obr. 3.7 Graf závislosti účinníku $\cos \varphi$ na velikosti P_2	38
Obr. 3.8 Závislost odporu termistoru na teplotě	40
Obr. 4.1 Nosná konstrukce	41
Obr. 4.2 Návrh plechu panelu	42
Obr. 4.3 Vizuální návrh čelního panelu s rozvržením komponent	43
Obr. 4.4 Schéma zapojení demonstračního přípravku	44
Obr. 4.5 Demonstrační přípravek	45
Obr. 4.6 Zadní pohled	45
Obr. 4.7 Schéma zapojení demonstračního kufru	47

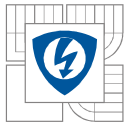


<i>Obr. 5.1 Přípravek pro simulaci PTC ochrany</i>	49
<i>Obr. 5.2 Schéma zapojení PTC boxu</i>	49
<i>Obr. 6.1 Blokové schéma zapojení laboratorní úlohy</i>	52
<i>Obr. 6.2 Schéma zapojení panelu</i>	53
<i>Obr. 6.3 Laboratorní úloha</i>	54
<i>Obr. 6.4 Štítek motoru</i>	54
<i>Obr. 6.5 Závislost odporu potenciometru na teplotě vinutí motoru</i>	56
<i>Obr. 0.1 Plech</i>	61
<i>Obr. 0.2 Krycí panel kurfu</i>	62
<i>Obr. 1.0.3 Experimentální měření pomocí dynamometru ASD 10K-2</i>	63



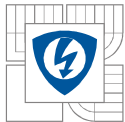
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1 Základní parametry rozšiřovacího modulu DX111-FBP</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 2.2 Základní parametry rozšiřovacího modulu DX122-FBP</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 2.3 Typy externích proudových transformátorů s měřeným rozsahem proudu</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 2.4 Rozměry vyráběných CEM11-FBPs udávanými hodnotami svodových proudů</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 3.1 Ochranné funkce</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 3.2 Třídy přetížení a čas odpojení</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 3.3 Princip funkce logického hradla AND</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 4.1 Seznam použitých komponent</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 6.1 Naměřené a vypočtené hodnoty odporu a teploty</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 6.2 Třídy izolace vinutí motoru</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 0.1 Měření závislosti účinniku $\cos \varphi$ na velikosti zatížení</i>	<i>63</i>

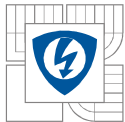


SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka /Symbol	Význam	Jednotka
AC	Střídavý proud (napětí)	[A (V)]
B	Magnetická indukce	[T]
$\cos \varphi$	Účinník	[-]
DC	Stejnoseměrný proud (napětí)	[A (V)]
DTM	Device Type Manager	
FBP	FieldBusPlug	
H	Intenzita magnetického pole	[A/m]
I	Aktuální hodnota proudu	[A]
I_{1z}	Záběrný proud	[A]
I_f	Procentuální poměr proudu	[%]
$I_{\max}$	Maximální hodnota proudu	[A]
$I_{\min}$	Minimální hodnota proudu	[A]
I_n	Jmenovitý proud	[A]
I_{odp}	Hodnota proudu při odpojení	[%]
I_{var}	Varovná hodnota proudu	[%]
I_x	Konec startu motoru	[%]
M_z	Zatěžovací moment	[Nm]
n	Otáčky motoru	[ot/min]
n_n	Jmenovité otáčky	[ot/min]
P	Činný výkon	[W]
P_1	Činný příkon	[W]
P_2	Mechanický výkon na hřídeli	[W]
P_n	Jmenovitý výkon	[W]
Q_1	Jalový příkon	[var]
R	Elektrický odpor	[Ω]
$R'_{2/s}$	Celkový činný odpor rotoru	[Ω]
R_1	Odpor statorového vinutí	[Ω]
R_{Fe}	Činný odpor magnetického obvodu	[Ω]
s	Skluz	[-]
t_o	Doba rozběhu	[s]



t_{odp}	Zpoždění odpojení	[s]
TOL	Thermal Overload Protection	
TTC	Time To Cool	[s]
TTT	Time To Trip	[s]
t_{var}	Zpoždění varování	[s]
U_1	Vstupní napětí	[V]
UMC	Univerzální motorový kontrolér	
U_n	Jmenovité napětí	[V]
X'_{r20}	Reaktance zabržděného rotoru	[Ω]
X_m	Reaktance magnetického obvodu	[Ω]
X_{r1}	Reaktance statorového vinutí	[Ω]
Φ	Magnetický tok	[Wb]



ÚVOD

Bakalářská práce je založena na návrhu a výrobě demonstračního přípravku pro motorový kontrolér UMC100-FBP. Tento přípravek poslouží pro laboratorní úlohu v předmětu Elektrické přístroje, a také jako prezentační aparát UMC100-FBP a rozšiřovacích modulů pro společnost ABB s.r.o. Finální zařízení je realizováno pro chod, ochranu a diagnostiku trojfázového asynchronního motoru. Práce je rozdělena do několika hlavních částí. Nejprve je přiblíženo UMC100-FBP. Tato část všeobecně slouží pro seznámení se s motorovým kontrolérem, jeho zevnějškem a možnostmi. Práce je dále rozšířena o přídavné rozšiřovací moduly, které lze v praxi použít společně s UMC100-FBP. Uvedeny jsou i informace o připojitelném ovládacím LCD panelu UMC100-PAN. Kapitola č.3 přiblíží ochranné funkce nabízené kontrolérem. V další části je obsažen návrh aparatury pro demonstraci UMC100 a jeho funkcí, podrobné schéma zapojení tohoto přípravku a samotnou laboratorní úlohu na téma Univerzální motorový kontrolér UMC100.

1 MOTOROVÝ KONTROLÉR

Efektivní využívání energie v průmyslu je důležité. Z praxe bylo zjištěno, že více jak 40% elektrické energie vyrobené na zemi je spotřebováváno právě v průmyslových odvětvích a z toho až 65% je spotřebováváno elektrickými motory. Jak již samotný název napovídá, jedná se o zařízení určené především pro hlídání chodu asynchronního motoru. Hlavní funkcí motorového kontroléru je diagnostika veličin, se kterými motor pracuje. Výsledkem operace bývá sled informací, které jsou předávány obsluze nebo dispečinku. Data o zkoumaném motoru je možné získat buď formou integrovaného popř. připojitelného zobrazovacího prvku, nebo prostřednictvím konektoru, který komunikuje pomocí datové sběrnice s počítačem. V obou případech jsou obsluze poskytována rozsáhlá provozní, servisní a diagnostická data motoru. Takto získané informace umožňují obsluze odhalovat chyby, omezit je nebo jim dokonce v budoucnu zabránit a tím i předejít možnému poškození motoru, resp. neplánovanému výpadku výroby.[13]

1.1 Univerzální motorový kontrolér UMC100-FBP

Univerzální motorový kontrolér UMC100-FBP (dále jen UMC100) společnosti ABB s.r.o. je zařízení používané pro řízení, ochranu a sledování chodu trojfázových asynchronních motorů. UMC100-FBP je nástupcem staršího modelu řídicí jednotky UMC22-FBP, která se ve světě využívá v mnoha projektech. Nejčastější průmyslová odvětví používající UMC22 i UMC100 jsou např.:

- rafinerie
- technické vybavení elektráren
- těžba nerostných surovin
- chemický průmysl
- papírny
- ocelárny
- potravinářství a výroba nápojů

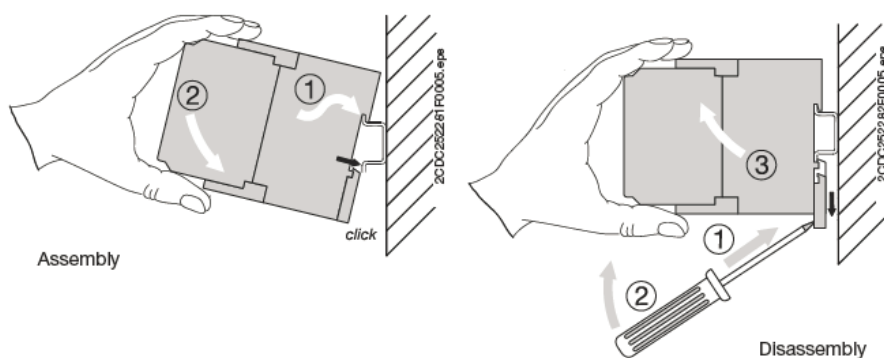
Jako nástupce staršího typu kontroléru se používá již zmíněná UMC100, která od ochrany a řízení motoru, nabízí i detekci výpadku napájecí fáze motoru, nastavitelnou ochranu během rozběhu nebo normálního provozu a mnoho dalších funkcí, které budou dále zmíněny. Použití UMC100 je díky své velikosti, programovatelnosti a integrovanému měřicímu systému vhodné pro modernizaci zastaralých rozváděčů v již zaběhlých provozech.

Oficiální název kontroléru obsahuje příponu FBP. UMC100 je vybaven komunikačním rozhraním pro připojení do různých průmyslových sběrnic sítí, jako je PROFIBUS DP, DeviceNet, MODBUS a CANopen. To vše pomocí skupiny produktů FieldBusPlug. UMC100 je také ovšem možné použít jako samostatné zařízení bez připojení řídicí sběrnice. Změřené veličiny při chodu motoru (napětí, proud,...) jsou zpracovávány v řídicím systému samotného kontroléru, kde jsou okamžitě vyhodnocovány. Tato schopnost pomáhá k rychlé detekci poruchy a k zajištění dopadů na ostatní zařízení v diagnostikované soustavě. Dále napomáhá k řešení vhodných opatření pro případ dalších negativních jevů a případných vážných poruch.

1.2 Instalace

Samotný koncept uzpůsobený pro tyto aplikace nám zapříčiňuje zkrácení úsilí a námahy při zdlouhavém vodičovém propojení v rozváděči, jelikož veškeré požadované ochranné, monitorovací a řídicí funkce jsou integrovány do jediného modulárního zařízení. UMC100 je možné díky kompaktnímu provedení veškerých jeho komponent jednoduše umístit do stísněných prostor výsuvných rozváděčů nebo do již používaných starších zařízení. Jedná se o zařízení a provozy, která prochází modernizací a vyžadují použití nové technologie provozu a obohacení o nové způsoby řízení a ochran motorů od zastaralých a vysloužilých elektromagnetických relé. Moderní motorové kontroléry se ovšem nepoužívají pouze pro renovace a modernizace starších provozů, ale je samozřejmostí, že nové společnosti s vysokým počtem, až tisícem, motorů sáhnou po technologicky vyspělém, ochranném a monitorovacím zařízení pro trojfázové asynchronní motory.

Montáž zařízení do rozváděče je velice jednoduchá. Postačí pouze všeobecně používaná DIN lišta (EN50022-35), na kterou se kontrolér zasadí nebo je možné upevnění 4 šrouby M4. Demonstrativní zasazení na DIN lištu je předvedeno na Obr. 1.1.

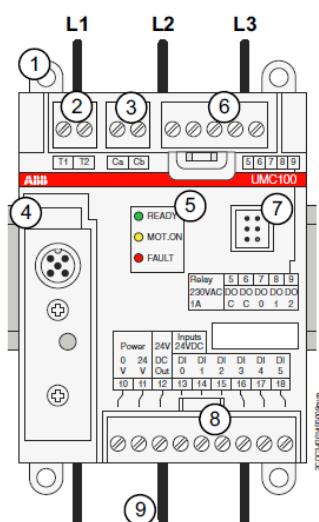


Obr. 1.1 Instalace UMC100-FBP na DIN lištu[1]

2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ UMC100-FBP

2.1 Kompaktní základní jednotka

Základní jednotka kontroléru obsahuje nejdůležitější části jako je integrovaný měřicí systém a 2 série svorek. Tyto svorky tvoří vstupy a výstupy kontroléru. Jsou tvořeny 6 digitálními vstupy 24V DC (spodní svorky), 1 integrovaný vstupem pro připojení PTC termistoru a 4 výstupy (horní svorky). Tyto výstupy tvoří 3 výstupní relé a 1 digitální tranzistorový výstup. UMC100 také disponuje třemi LED pro signalizaci stavu technického vybavení. Umožňuje tedy provoz bez použití sběrnice systému a dálkové přiřazení parametrů přes řídicí systém. Na Obr. 2.1 je patrné použití konektoru M12.



[2]

Obr. 2.1 Vnější popis UMC100-FBP a s připojeným UMC100-PAN

1. upevňovací očka pro montáž 4 šrouby M4. Očka je možné odlomit, pokud bude zařízení připevněno na DIN lištu
2. konektory pro připojení odporového PTC snímače
3. připojovací svorky pro komunikaci s IO moduly
4. zástrčka M12 pro připojení konektoru FieldBusPlug
5. 3 stavové LED kontrolky
 - zelená – motor připraven
 - žlutá – motor je v provozu
 - červená – přetížení nebo porucha motoru (hlášení chyby)
6. připojovací svorky pro reléové výstupy
(šrouby nepoužívaných svorek musí být dotaženy, pro zajištění ochrany proti náhodnému vyšroubování a následnému kontaktu)
7. konektor pro připojení ovládacího LCD panelu Control Panel UMC100-PAN
8. první dvě svorky slouží pro napájecí napětí 24V DC, 24VDC výstup a DI0 až DI0 jsou připojovací svorky pro digitální výstupy

9. znázorněná dráha proudu pro napájení motoru vodiči o průměru až 11mm, což odpovídá průřezu vodiče až 25mm²

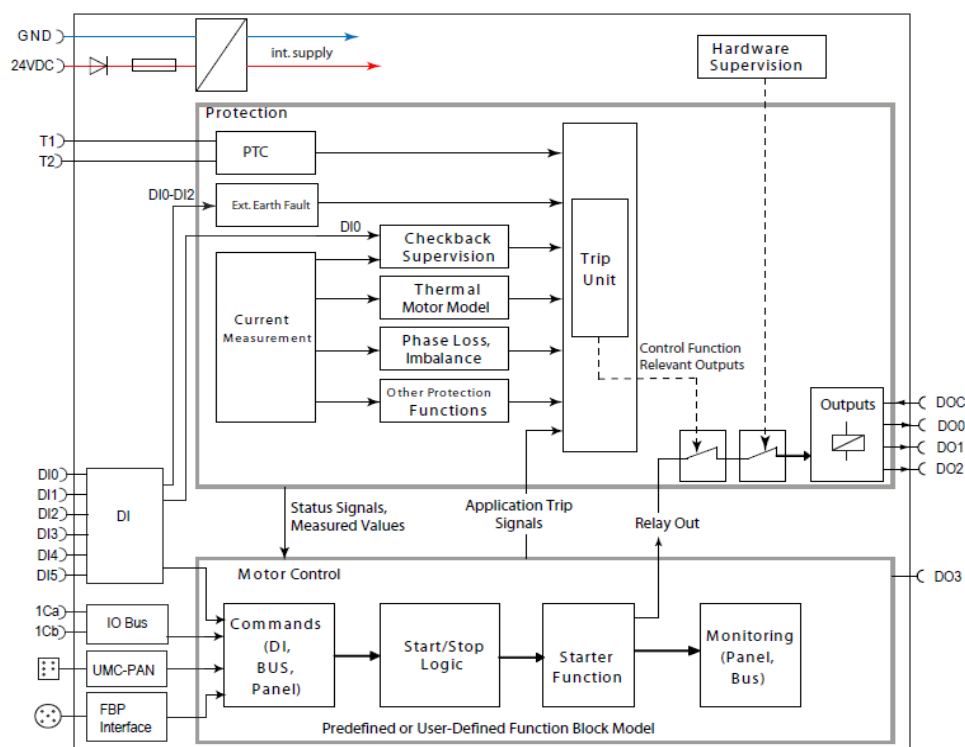
2.1.1 Stavební bloky

Následující schéma demonstruje hlavní funkční bloky UMC100 a tok dat mezi nimi Obr. 2.2. Hlavní blok (*Protection*) obsahuje prvky související s ochrannými prvky. Motorová ochrana má vždy vyšší prioritu, než spínání reléových výstupů. Ochrana působí přímo na výstup relé a může motor zastavit. Pokud selže některá část HW zařízení, kontrola *Hardware Supervision* otevře reléové výstupy z bezpečnostních důvodů automaticky. *Hardware Supervision* není možné vyřadit.

Měření proudu poskytuje informace o aktuálním protékajícím proudu motorem, kdy zařízení měří proud v jednotlivých fázích a vypočte střední hodnotu. Nástupce původního kontroléru UMC22 používá aktuální informace o proudu a také počítá odpovídající teplotu motoru pomocí tepelného modelu. Na určité definované úrovni skutečné nebo vypočítané teploty dojde k vypnutí motoru z důvodu přetížení.

PTC input - tento vstup slouží pro připojení PTC termistoru pro měření skutečné teploty vinutí motoru.

Blok (*Motor control*) obsahuje množství řídicích funkcí. Veškeré příchozí příkazy z hlavního panelu, z digitálních vstupů nebo z FBP rozhraní jsou seřazeny a podle nastavení uživatele jsou poté zpracovávány. Blok *Starter function* řídí reléové výstupy. Všechny bloky pracují v logickém sledu. Obvykle mají předem definované aplikace, které budou provádět. UMC100 ovšem nabízí i vytváření vlastních aplikací [1] .



Obr. 2.2 Základní blokové schéma UMC100-FBP a tok dat mezi hlavními částmi zařízení [1]

2.2 Ovládací panel UMC100-PAN

UMC100-PAN je LCD panel, kterým lze rozšířit UMC100 o zobrazovací prvek. Tento prvek připojíme na UMC (Obr. 2.1: 7 -Konektor pro připojení ovládacího LCD panelu Control Panel UMC100-PAN). Zmíněný typ LCD je možné připojit pouze na UMC100, jelikož není kompatibilní se starším typem UMC22. LCD je především určen pro montáž na čelním panelu, nebo na rozvaděči. Ovládací panel slouží k lokálnímu zobrazení všech dat. Poruchy (*errors*) a výstrahy jsou zobrazovány v nezakódované podobě. Externí závada může být doplněna individuálním textem např. *Phase loss*. Veškeré parametry je možné nastavovat, měnit a dle potřeby chránit přístupovým heslem.

Panel slouží pro zobrazení veškerých údajů o obvodu, jako např.:

- proud procházející motorem (možné absolutní zobrazení v A, nebo relativní v %)
- napětí na jednotlivých fázích L1-L3 (při použití VI150(5))
- aktuální údaje o sepnutých vstupech a výstupech
- způsob zapojení motoru-přímý chod, reverzní chod,...

Při výskytu přetížení dojde k vybavení ochrany. Na LCD je možné sledovat časový odpočet, který zbývá do dalšího možného uvedení motoru do chodu po vychladnutí. Po uplynutí tohoto časového úseku může být motor opět spuštěn [1] .



Obr. 2.3 Popis UMC100-PAN

1. 3 stavové LED

- zelená – zařízení připraveno
- žlutá – zařízení v chodu
- červená – hlášení poruchy

2. podsvícený LCD display

3. vstup do menu ovládání (*Enter Control Menu*)

4. vstup do menu nastavení (*Enter Configuration Menu*)

5. posun nahoru

6. stop motoru

7. posun dolů

8. start motoru

2.3 Napěťový a rozšiřovací modul

Napěťový VI15x a rozšiřovací (vstupně výstupní) modul DX1xx slouží pro možné rozšíření UMC o další vstupy a výstupy v případě modulu DX a o měření napětí pomocí modulu VI.

2.3.1 Nastavení komunikace

Při použití rozšiřovacích modulů je nejprve nutno pomocí UMC100-PAN nastavit jejich připojení. Nastavení a uvedení do chodu je provedeno následujícím způsobem:

V hlavním menu (ovládání pomocí LCD) vybereme položku *I/O modules* a volbu potvrdíme příslušným tlačítkem. Tlačítka Nahoru nebo Dolů vybereme požadovaný modul, který chceme propojit s kontrolérem.

Main menu → I/O modules → DX1xx → DX1xx enabled → on

→ VI15x → VI15x enabled → on [1]

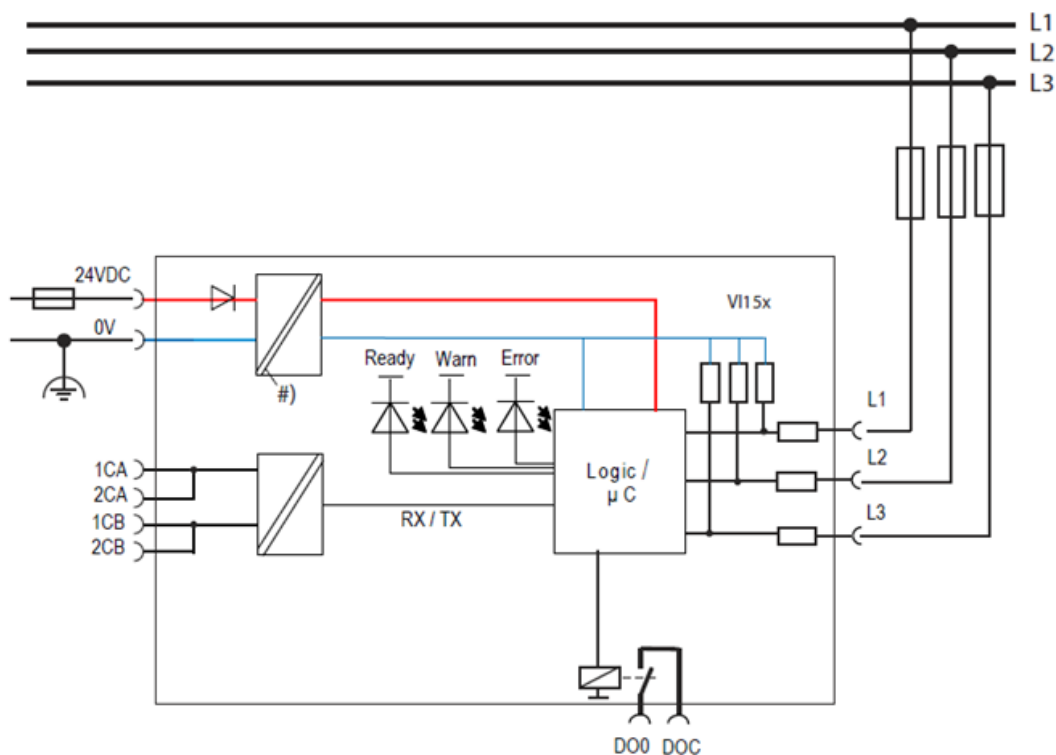
Nastavením na „on“ uvedeme moduly do provozu. Funkce napěťového modulu (VI15x) je ověřitelná jednoduchým způsobem. Pokud nejsou připojeny napájecí fáze na svorky L1, L2 a L3 modulu, zařízení hlásí chybu z důvodu ochrany při ztrátě napájecí fáze. [4] [5]

2.3.2 VI15x- FBP

VI15x je přídavný napěťový modul sloužící pro měření sdruženého popř. fázového napětí motoru. Z hodnot proudu, měřených UMC, a napětí pomocí VI15x je možno vyhodnotit fázový posuv mezi napětím a proudem. Naměřené hodnoty putují skrze komunikační kanál směrem k UMC100. K propojení s UMC100 slouží piny s označením *Ca* a *Cb*. Dále modul obsahuje svorky pro připojení jednotlivých fázových vodičů L1, L2 a L3. Pro správný sled fází a jeho detekci musí být dodrženo správné zapojení vzhledem k proudům měřeným v UMC. VI150 slouží pro připojení pouze do uzemněné soustavy (TN-C nebo TN-S). Modul VI155 lze naopak použít jak pro uzemněné soustavy (TN), tak i pro neuzemněné (IT). Oba typy slouží k upevnění na DIN lištu [1] [3]

2.3.2.1 Vnitřní struktura VI150-FBP

Obrázek přibližuje vnitřní strukturu použitého napěťového modulu VI150



Obr. 2.4 Struktura napěťového modulu VI150 [3]



Obr. 2.5 Vnější popis modulu VI150 pro UMC100-FBP

1. konektory pro komunikaci s UMC100 a pro komunikaci s rozšiřovacími moduly DX111-FBP a DX122-FBP
2. napěťové vstupy
3. reléový výstup

4. svorky pro připojení napájecího napětí 24VDC

5. 3 stavové LED

- zelená - zařízení připraveno
- žlutá - varování
- červená - porucha zařízení

6. popisový štítek

2.3.3 DX111-FBP

Modulární zařízení umožňující rozšíření UMC100 o další pomocné vstupy a výstupy použitelné pro různá hlášení a výstrahy. Digitální vstupy jsou potenciálové, s napětím 24V DC. Proto je nutné pro ovládací obvody dodržet napětí 24V DC nebo bezpotenciálové kontakty (tj. relé) připojené ze svorky +24V.

Rozšiřovací modul DX111-FBP nabízí množství vstupů a výstupů uvedených v (Tab. 2.1)

Vstupy	8 digitálních vstupů 24V DC
Výstupy	4 reléové výstupy
	1 analogový výstup
Vstupní napětí	24V DC
Vstupní proud	6,0 mA
Logická 0	-31,2...+5V DC
1	+15...+31,2V DC

Tab. 2.1 Základní parametry rozšiřovacího modulu DX111-FBP [1]

2.3.4 DX122-FBP

Multifunkční modul DX122-FBP má srovnatelné vlastnosti jako předešlá DX111, ovšem rozdíl je v tom, že DX122 nabízí osm digitálních vstupů pro napětí 110V až 230V AC.

Vstupy	8 digitálních vstupů 110-230V AC
Výstupy	4 reléové výstupy
	1 analogový výstup
Vstupní napětí	110V AC... 240V AC
Vstupní proud	6,0 mA
Logická 0	0... 40V AC
1	74... 265V AC

Tab. 2.2 Základní parametry rozšiřovacího modulu DX122-FBP [1]

Pomocný rozšiřovací modul se k UMC100 připojí na svorky Ca a Cb patrné na (Obr. 2.1) Připojení lze provést prostou kroucenou dvoulinkou. Vzhledem k omezeným prostorům rozváděčů, kam je UMC100 instalováno, je možné připojit rozšiřovací modul odděleně od kontroléru, a to až do vzdálenosti maximální délky 3m. [1] [5]

Následující obrázek (Obr. 2.6) opět popisuje svorky a monitorovací prvky DX122 .

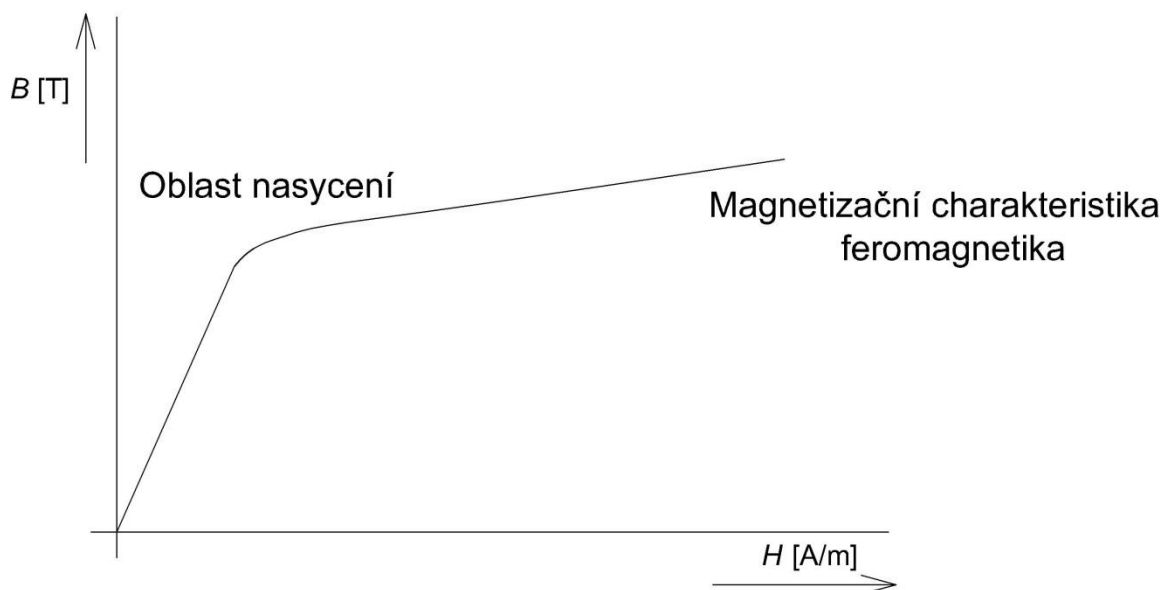


Obr. 2.6 Vnější popis IO modulu DX122-FBP pro UMC100-FBP

1. reléové výstupy (část 1.)
2. reléové výstupy (část 2.)
3. analogový výstup
4. komunikační port s UMC
5. popisový štítek
6. digitální vstupy (110V AC- 230V AC)
7. 3 stavové LED
 - zelená – zařízení v provozu
 - žlutá – výstraha
 - červená – porucha modulu
8. svorky pro napájení 24 V DC

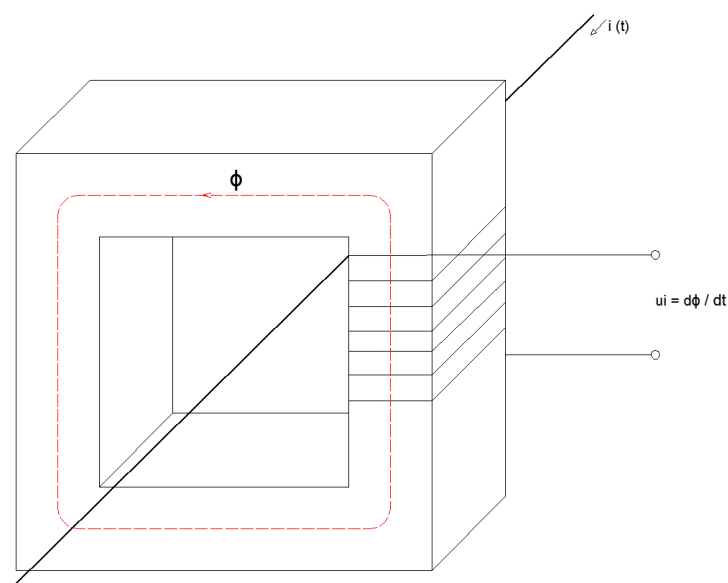
2.4 Proudový měřicí transformátor

Proudové měřicí transformátory slouží pro měření větších hodnot střídavých proudů, než je dovoleno měřicím přístrojem a také ke galvanickému oddělení vedení od měřicího přístroje. Funkce je založena na principu elektromagnetické indukce. Primární vinutí je tvořeno silovým vodičem měřeného vedení. Průchodem proudu primárním vedením se v magnetickém obvodu (jádru) vytváří magnetický tok Φ a na základě Faradayova zákona elektromagnetické indukce se v sekundárním vinutí indukuje napětí. Na sekundární vinutí je připojena měřicí soustava.



Obr. 2.7 Magnetizační charakteristika feromagnetického materiálu

Z průběhu magnetizační charakteristiky feromagnetického materiálu (závislosti magnetické indukce $\vec{B}$ na intenzitě magnetického pole $\vec{H}$) je patrný stav, kdy dojde k nasycení magnetického obvodu transformátoru. Při nasycení dochází ke změně vlastností feromagnetického materiálu a křivka se od lineárního průběhu odklání (tzv. koleno magnetizační křivky).



Obr. 2.8 Měřicí transformátor proudu

2.4.1 Externí proudový transformátor CTs

Externí přístrojový transformátor proudu (dále jen PTP) se používá v případě, je-li jmenovitý proud motoru vyšší, než 63A, tzn. slouží k přizpůsobení proudového rozsahu na hodnotu, kterou je schopno UMC změřit. UMC100 je schopné pracovat pomocí svého vnitřního transformátoru proudu s proudem 0,24A až 63A. Použitím externího proudového transformátoru je možné měřit až do hodnoty 850A. PTP k UMC100 mají převod 185/4, 310/4, 500/4 a 850/4. Sekundárnímu vinutí odpovídají 4A, což uvádí popis jednotlivých typů proudových transformátorů uvedených v Tab. 2.3 (číslo uvedené za lomítkem), např. CTxLxxxR/4. PTP má definovanou třídu přesnosti 3% v celém rozsahu měřeného proudu. K nasycení magnetického obvodu transformátoru dochází přibližně při osminásobku jmenovitého proudu I_n . Transformátor je navržen s třídou přesnosti 5P10, to znamená, že je deklarována průměrná chyba menší než 5% při 10 násobku jmenovité hodnoty proudu.

Typ	Rozsah měřeného proudu [A]	Max. proud CT [A]
CT4L185R/4	60 až 185	1480
CT4L310R/4	180 až 310	2480
CT5L500R/4	300 až 500	4000
CT5L850R/4	500 až 850	6800

Tab. 2.3 Typy externích proudových transformátorů s měřeným rozsahem proudu [1]

Příklad zvolení příslušného proudového transformátoru:

Máme-li asynchronní motor se jmenovitým proudem například $I_n = 190$ A a rozběhovým proudem $8 \cdot I_n$ pak,

$$I_{max} = 8 \cdot I_n = 8 \cdot 190 = 1520 \text{ A} \quad (2.4.1)$$

Podle jmenovitého proudu motoru I_n , ležícího v rozsahu měřeného proudu příslušného CT, určíme typ CT. Nachází-li se jmenovitý proud na mezi některého z měřených rozsahů CT, volí se takový transformátor, který má větší hodnotu maximálního proudu, než výsledný proud vypočtený. Pro případ, kdy $I_n = 190$ A je zvolený typ CT4L310R/4. Maximální proud I_{max} splňuje požadavek, kdy $I_{max} < \text{max. proud CT}$. [1]

Následující obrázky představují konstrukce externích proudových transformátorů:

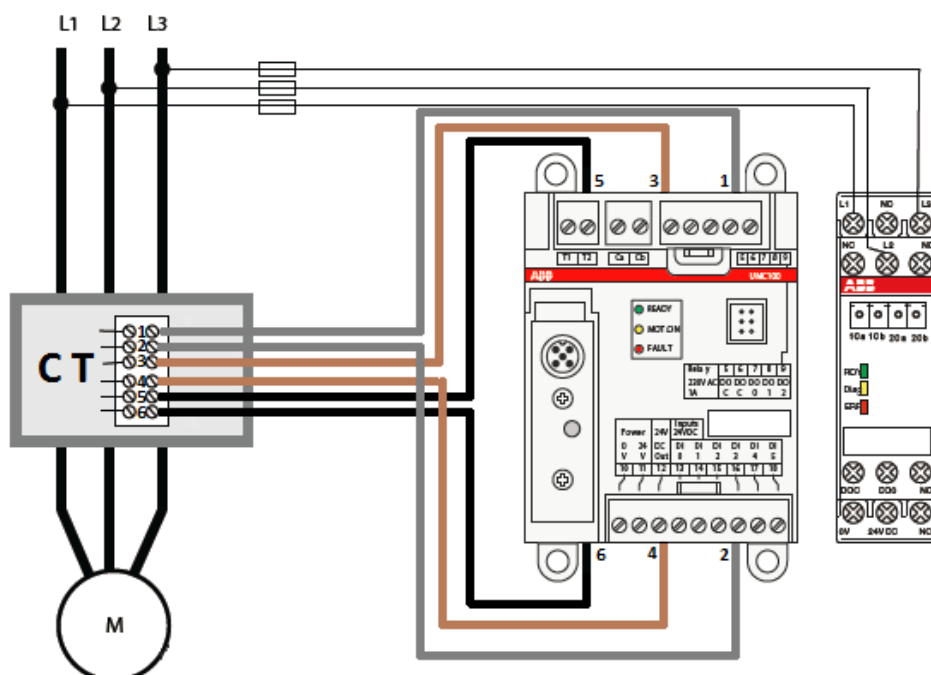


Obr. 2.9 Konstrukce CT4L185R/4 a CT4L310R/4 [3]



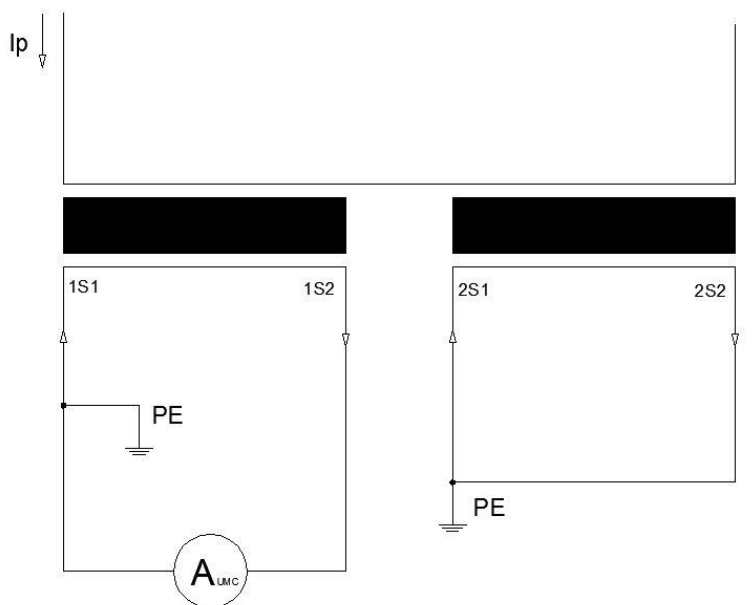
Obr. 2.10 Konstrukce CT5L500R/4 a CT5L850R/4 [3]

Zapojení svorkovnice proudového transformátoru CTxLxxxR/4 a propojení s integrovaným proudovým transformátorem UMC100. Na Obr. 2.11 je také ukázka zapojení měřicího modulu VI150 na přívodních fázích motoru a dodržným správným sledem fázových vodičů.



Obr. 2.11 UMC100-FBP s CT a VI150 [1]

Obecně platí, že vývody sekundárního vinutí měřicího transformátoru proudu jsou buď zapojeny na zátěž, nebo jsou propojeny do zkratu a jeden z vývodů je uzemněn. Princip je patrný z Obr. 2.12. V praxi dochází k několika chybám způsobených neznalostí problematiky. Jednou může být neuzemnění jedné ze svorek sekundárního vinutí. Pak vzniká kapacitní vazba a sekundární vinutí v nepříznivém případě může vysokým napětím termionicky působit - jiskřit na kostru. Při delším trvání jiskřivého výboje v jednom místě se mohou vytvořit vodivé cesty a dojít k průrazu izolace vodiče k nežádoucímu potenciálu. [8]



Obr. 2.12 Zapojování přístrojových transformátorů proudu

2.5 Monitorovací zařízení zemního spojení CEM11-FBP

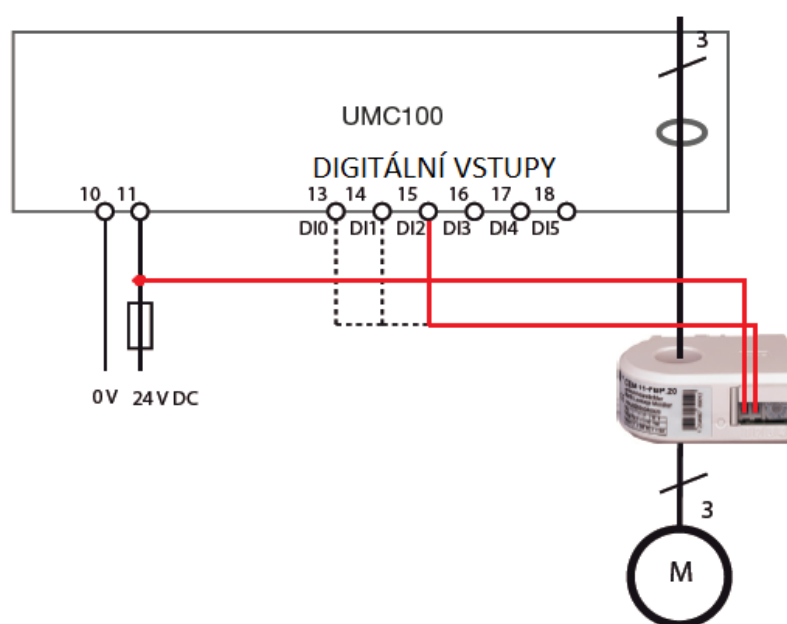
Monitorovací zařízení CEM11 slouží pro sledování svodových proudů, respektive zemních poruch způsobených nejčastěji poškozenou izolací. Detekování takovéto zemní poruchy vede k odpojení motoru, aby nedošlo k jeho většímu poškození, nebo vede k upozornění obsluhy. Možné použití je jak v sítích uzemněných, tak i neuzemněných.

Průvlečné oko je tvořeno toroidním transformátorem, kterým jsou vedeny všechny 3 fázové vodiče motoru. Zařízení hlídá to, aby součet fázorů proudů byl nulový. Jakmile dojde k zemnímu spojení, tzn. součet fázorů proudů je nenulový, integrovaná elektronika CEM11 sepne nebo rozezne výstup. Výstup z CEM11 pracuje jako kontakt, který detekovanou hodnotou proudu sepne nebo rozezne 24V DC, jenž poté může být připojeno jako např. digitální vstup do UMC. Nastavení zpoždění sepnutí varování nebo odpojení lze zvolit v UMC a to v rozsahu od 0,1s – 25,5s. Nastavení citlivosti spínání je možné v několika krocích. Poloha přepínače (0-7) s tolerancí na pozici 0 cca $\pm 30\%$ a dále vždy s tolerancí cca $\pm 10\%$.

CEM11 je možné uložit spolu s ostatními komponenty na DIN lištu normovaného rozměru 35mm, nebo pomocí přidavného klipu pro nejmenší rozměr CEM11-FBP.20. [1]

Průměr průvlečného oka [mm]	Proudový rozsah [mA]
20	80 - 1700
35	100 - 3400
60	120 - 6800
120	240 - 13600

Tab. 2.4 Rozměry vyráběných CEM11-FBPů udávanými hodnotami svodových proudů

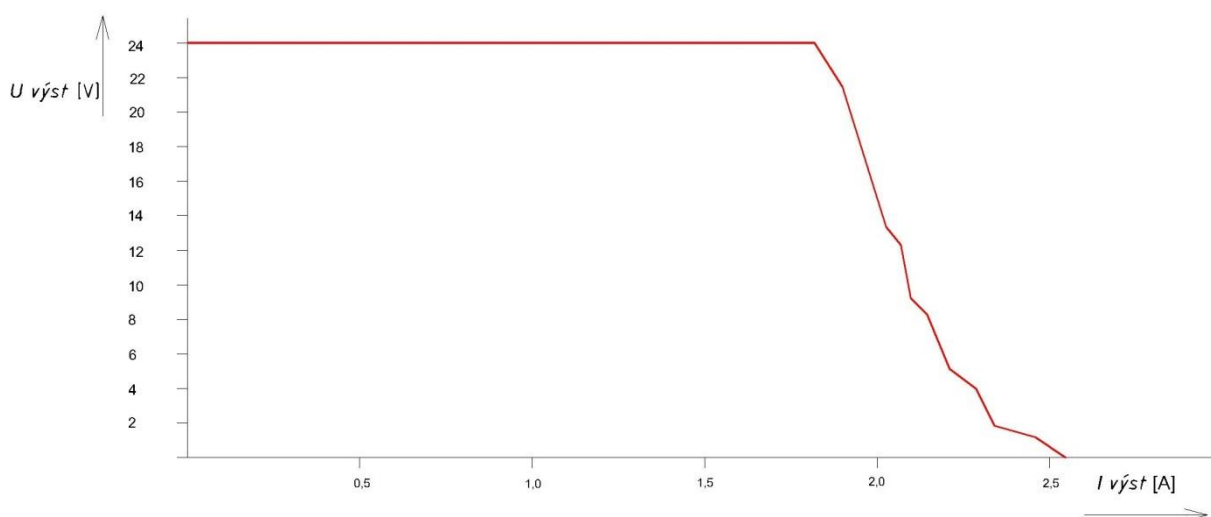


Obr. 2.13 Zapojení CEM11-FBP do obvodu [1]

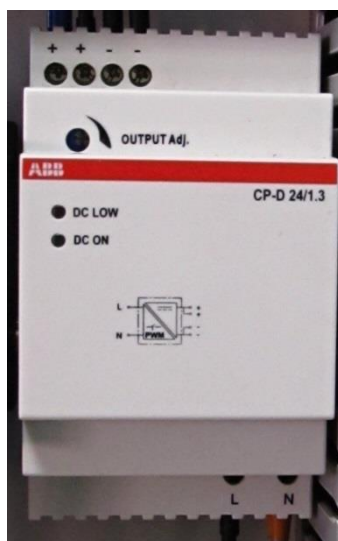
2.6 Napájecí zdroj

Pro napájení modulů UMC100, DX122 a VI150 slouží zdroj typu CP-D 24/1.3. Jedná se o napájecí zdroj, který na svém výstupu dovoluje regulaci napětí 24-28V DC s tolerancí $\pm 1\%$. Regulace výstupního napětí je umožněna z důvodu připojení modulů na dlouhé vedení, kde vznikají úbytky napětí právě vlivem délky vedení. Zpravidla klesne-li na vedení napětí od jednoho zdroje, na kterém je nastaveno maximální výstupní napětí, pod minimální hodnotu potřebnou pro napájení modulu, je nutné použít další napájecí zdroj. Maximální proud zdroje je $I_{max} = 1,3A$ a jmenovitý výstupní výkon 30W. Tento typ zdroje je díky svým modulárním rozměrům možné umístit na DIN lištu (EN50022-35). [6]

Následující zatěžovací charakteristika znázorňuje závislost svorkového napětí zdroje na odebíraném proudu pro teplotu $T=25^{\circ}C$.



Obr. 2.14 Zatěžovací charakteristika zdroje CP-D 24/1.3[6]



Obr. 2.15 Napájecí zdroj CP-D 24/1.3A

2.7 Komunikační modul MTQ22-FBP

Tento modul poskytuje komunikaci pro FieldBusPlug zařízení, jako je např. UMC100 s počítačem prostřednictvím sítě Ethernet. K MTQ22 lze připojit až 4 zařízení pro úsporu nákladů. Následující popis je vztažen k Obr. 2.16, kde jsou znázorněny jednotlivé části modulu.

1. konektory s označením X1 až X4 slouží pro připojení až 4 zařízení FBP
2. LED diody pro signalizaci aktuálního stavu komunikace
3. micro USB konektor s označením X5 pro připojení a konfiguraci pomocí PC
4. dvě RJ45 zásuvky s označením E1 a E2 pro připojení pomocí Ethernetového kabelu
5. konektor pro připojení 24V DC napájecího napětí nese označení X6



Obr. 2.16 Komunikační modul MTQ22-FBP

3 OCHRANNÉ FUNKCE

Kontrolér nabízí velké množství ochranných funkcí, potřebných pro hlídání správného chodu motoru. Některé funkce jsou aktivní pouze po část běhu motoru, typicky při startu motoru, jiné po jeho rozběhu. Následující tabulka (Tab. 3.1) nastíní přehled nejdůležitějších ochran motoru a čas, kdy jsou aktivovány.

Ochranná funkce	Aktivní
Při tepelném přetížení	Vždy
Při zablokovaném rotoru	Při startu motoru
Při proudovém přetížení	Po startu
Při proudovém podtížení	Po startu
Sled fází	Vždy
Při fázové nesymetrii	Vždy
Při ztrátě fáze	Vždy
PTC ochrana	Vždy
Při zemním spojení	Vždy po spuštění
Při napěťových špičkách	Vždy
Při harmonickém zkreslení	Vždy

Tab. 3.1 Ochranné funkce [1]

Nastavení parametrů jednotlivých ochran probíhá pomocí UMC100-PAN.

3.1 Ochrana při tepelném přetížení

UMC100 disponuje nastavitelným vypínáním při tepelném přetížení podle tříd 5E, 10E, 20E, 30E a 40E, viz. Obr. 3.1. Tyto třídy uvádějí poměr mezi aktuálním procházejícím proudem motorem I a jmenovitým proudem motoru I_n , uvedeným na štítku, v závislosti na maximální době rozběhu t .

Třída	5E	10E	20E	30E	40E
t [s]	1,5	3	6	3	12

Tab. 3.2 Třídy přetížení a čas odpojení

Lze hovořit o dvou typech rozběhu motoru:

1. normální rozběh - do 10s
2. těžký rozběh - více jak 10s

Při rozběhu zatíženého motoru, se otáčky zvyšují z nulové hodnoty na jmenovitou, přičemž dochází k nárůstu proudu až na několikanásobek jeho jmenovité hodnoty. Zpravidla u větších motorů bývá nárůst až $10 \cdot I_n$, tudíž v tento „kritický“ okamžik nesmí vybavit ochrana na tepelné přetížení. Rozběh motoru pro UMC končí při poklesu proudu I na hodnotu 135% proudu jmenovitého I_n , nebo při dosažení jmenovitých otáček n_n . Udávané časy představuje Tab. 3.2.

3.1.1 Určení teploty vinutí a vypínací třídy

Podle způsobu určení teploty vinutí motoru se ochrany rozlišují na proudově nezávislé a proudově závislé.

Proudově nezávislé ochrany měří přímo teplotu ve vinutí motoru pomocí vhodného čidla teploty, zpravidla termistoru. Tímto způsobem lze zjistit nedovolené oteplení způsobené např. poruchou cirkulace vzduchu, kterou proudově závislá ochrana není schopna vyhodnotit.

Proudově závislé ochrany vyhodnocují teplotu vinutí motoru nepřímou a to prostřednictvím výpočtového modelu z provozního proudu motoru. Zvýšení provozního proudu motoru má za následek oteplení, které vede, trvá-li delší dobu, k poškození nebo zničení motoru. Ochrana při tepelném přetížení – *TOL*, chrání motor před přehřátím. Tepelný model je vypočítáván za chodu i v klidu motoru a z těchto stavů se pak zjistí tepelná kapacita. Znalost této hodnoty vede k maximalizaci produktivity. Funkčnost tepelného modelu je v souladu s normou.

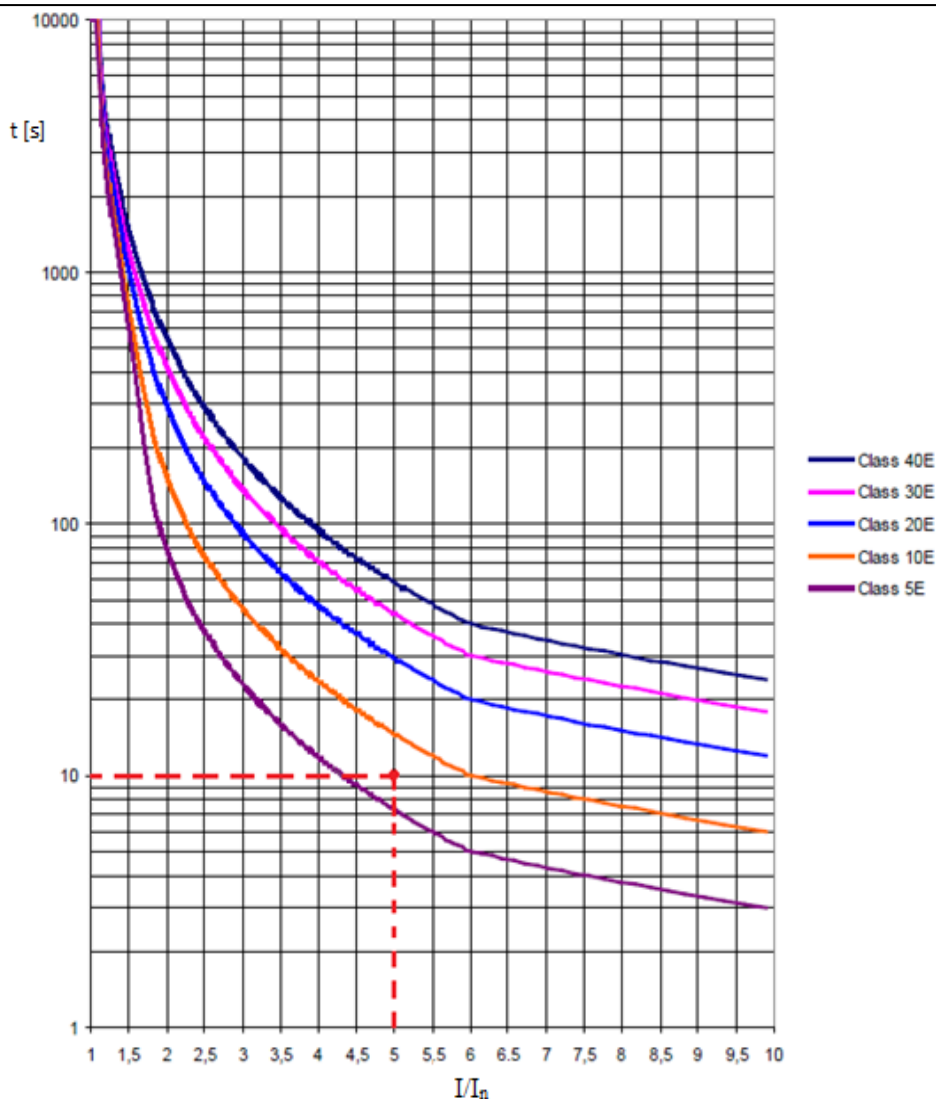
Při použití motoru pro cyklické operace dochází ke schodovitému zvyšování teploty motoru. Je zapotřebí volit správný čas intervalu mezi cykly, aby nedocházelo k přehřátí a zbytečnému poškození izolace vinutí motoru.

Funkce *Thermal load* (tzv. tepelná zátěž) hlídá poměr aktuálního procházejícího proudu I a jmenovitého proudu I_n motoru. Jakmile poměr I/I_n přesáhne 100% začíná odpočet *TTT* a motor bude odpojen po uplynutí nastavené periody. Možnost opětovného spuštění přetíženého motoru proběhne po jeho vychladnutí. To je možné nastavit dvěma způsoby [1] .

1. Ručně nastavenou periodou, během které je motor blokován proti spuštění (ovlivňováno velikostí motoru, teplotou prostředí, kde je motor použit, zda je vybaven ventilátorem či není apod.).
2. Nastavením procentuální hodnoty tepelné kapacity, do které nebude moci obsluha motor spustit (při nastavení 50%, nedojde k odblokování ochrany, pokud neklesne tepelná kapacita pod zadanou hodnotu).

Určení vypínací třídy je představeno na následujícím příkladu:

Máme-li trojfázový asynchronní motor o výkonu 2,2kW, poměr $I/I_n = 5$ a maximální dobu rozběhu $t_o = 10s$. Z přiloženého grafu vypínacích tříd pro studený motor určíme požadovanou třídu:



Obr. 3.1 Vypínací třídy pro UMC100-FBP[1]

Z výsledku je patrné, že motor budeme vypínat proti přetížení podle třídy 5E, jelikož křivka pro 5E je pod maximální dobou rozběhu $t_o = 10\text{s}$. Pokud by došlo ke zvolení např. třídy 10E, hrozilo by poškození motoru, jelikož by na motor působilo přetížení delší dobu, než je tomu dovoleno. [10]

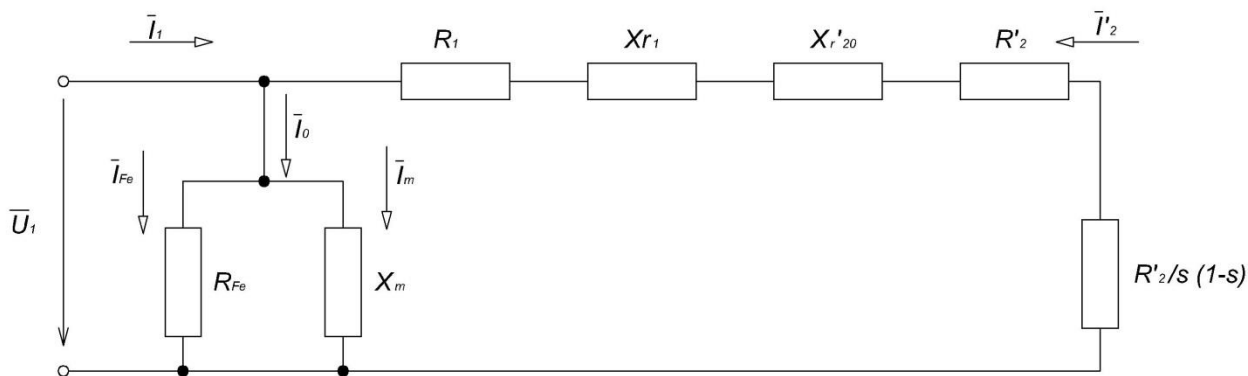
3.2 Ochrana při zablokovaném rotoru

V okamžiku připojení motoru na napájecí síť se rotor neotáčí ($n = 0, s = 1$). Motor je ve stavu nakrátko a jeho proud je omezen pouze ohmickými odpory a rozptylovými reaktancemi vinutí. Záběrný proud I_{1z} dosahuje většinou 4 až 10 x větších hodnot než proud jmenovitý I_n . Určit velikost tohoto proudu je možné ze vztahu 3.2.1.

$$I_{1z} = I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_{r1} + X_{r20})^2}} \quad (3.2.1)$$

kde,

- U_1 - Vstupní napětí
- R_1 - Odpor primárního vinutí
- X_{r1} - Reaktance statorového vinutí
- X'_{r20} - Reaktance zabrzděného rotoru
- R'_2/s - Celkový činný odpor rotoru
- R_{Fe} - Činný odpor magnetického obvodu
- X_m - Reaktance magnetického obvodu
- I_{1z} - Záběrný proud



Obr. 3.2 Obvodový model asynchronního motoru pro jednu fázi statorového vinutí – nakrátko

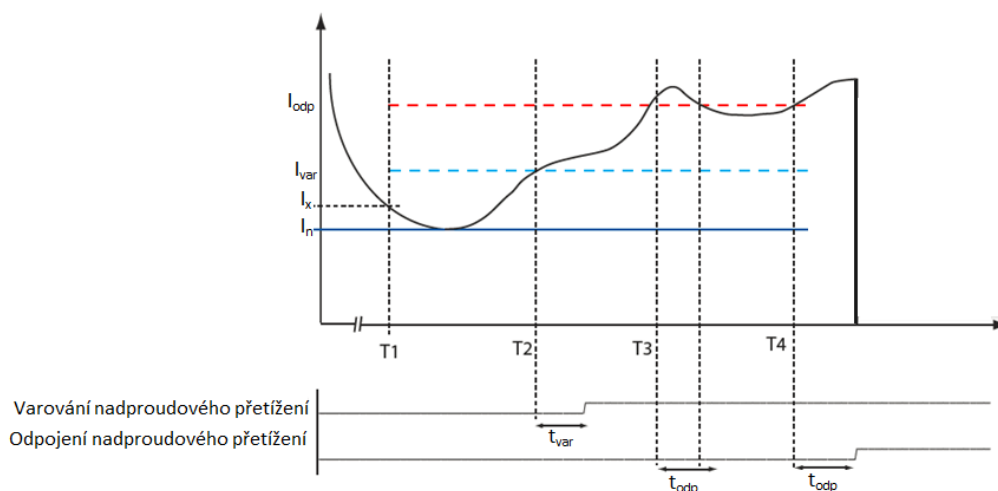
Velký zatěžovací moment M_z nebo mechanická porucha může zapříčinit zablokování rotoru. Ochranná funkce detekuje dlouhou počáteční situaci, která je právě důsledkem zmíněných příčin. UMC100 tímto odpojí motor od napájení, čímž ho ochrání od nadměrného tepelného namáhání. V uživatelském prostředí je možné individuálně nastavit jak maximální proud, tak i čas, po kterém dojde k odpojení zablokovaného motoru. Pro experimentální použití v rámci laboratorní úlohy je nastavena hodnota poměru pro odpočet a následné odpojení I/I_n na 300%. [1] [9]

3.3 Ochrana při proudovém přetížení

Ochrana při proudovém přetížení zabezpečí odpojení motoru, vyskytne-li se v obvodu větší hodnota proudu než nastavená jmenovitá I_n . Blíže tuto funkci představí přiložený průběh. Funkce je aktivní až po roztočení motoru, v okamžiku rozběhu je neaktivní.

Princip ochrany při proudovém přetížení

Do okamžiku T1 od zapnutí klesne záběrný proud na hodnotu cca $I_x = 135\% I_n$. V časovém úseku T1 až T2 dochází k nárůstu procházejícího proudu motorem. V okamžiku T2 překročí proud hodnotu I_{var} . Tímto okamžikem začne odpočet nastavené doby zpoždění t_{var} , která po uplynutí sepne signalizaci varování nadproudového přetížení. Odpočet doby t_{var} narůstá, je-li proud motorem $I > I_{var}$. Jakmile proud $I \geq I_{odp}$, dochází k sepnutí čítání zpoždění odpojení t_{odp} . Platí-li podmínka $I \geq I_{odp}$ a dojde k načtení hodnoty t_{odp} , UMC100 odpojí motor od napájení a tím zabrání jeho poškození.



Obr. 3.3 Časový průběh ochrany při proudovému přetížení[1]

I_n – jmenovitá (nominální) hodnota proudu motoru

I_x – ukončení startu motoru

I_{var} – dosažení vysoké proudové úrovně, kdy dochází k aktivaci čítání varování

I_{odp} – dosažení hodnoty proudové úrovně, kdy dochází k aktivaci čítání odpojení

t_{var} – zpoždění varování

t_{odp} – zpoždění odpojení

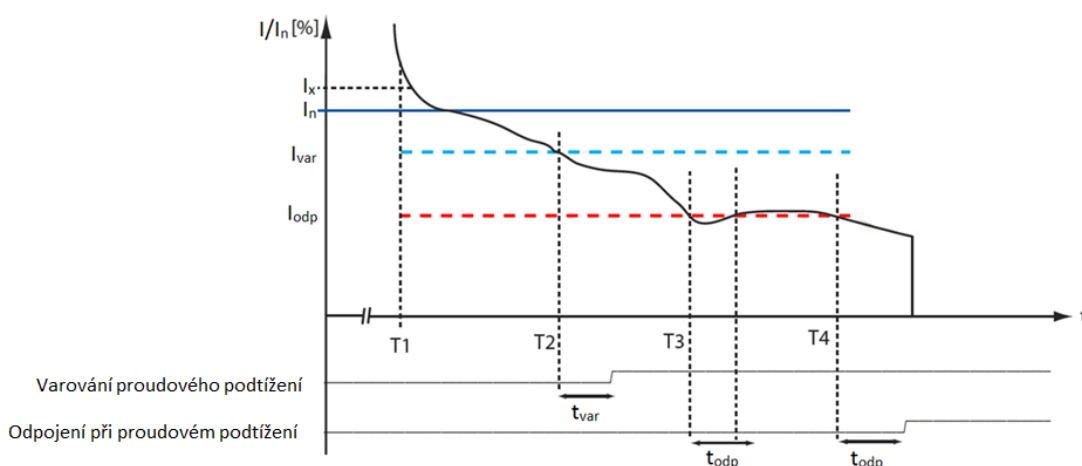
3.4 Ochrana při proudovém podtížení

Jakmile hodnota (činného) proudu klesne pod nastavenou úroveň, která je pro daný proces typická, dojde v UMC100 k vybavení ochrany při proudovém podtížení a motor odpojí od napájení. Tato ochrana se především využívá pro hlídání správné funkce čerpadla, když detekuje ztrátu jeho sání, či pro pásové dopravníky ve výrobních provozech. Včasné varování a odpojení

motoru snižuje zejména prostoje výroby. Princip varování a odpojení je představen na následujícím průběhu, jak tomu bylo u ochrany při proudovém přetížení.

Princip ochrany při proudovém podtížení pomocí zobrazeného průběhu

Po poklesu aktuálního proudu v okamžiku T1 motor normálně běží. V časovém úseku T1 až T2 dochází k poklesu proudu pod jmenovitou hodnotu I_n až na nastavenou hodnotu I_{var} . Při dosažení této hodnoty začne odpočet varování proudového podtížení. Nepřesáhne-li proud za dobu kratší než t_{var} mez I_{var} (tzn. nevzroste-li se zpět k I_n), dojde ke spuštění signalizace proudového podtížení. Při pokračujícím poklesu proudu, jak je patrné v časovém intervalu T2-T3, až na mez I_{odp} , dojde k čítání zpoždění odpojení. Při překročení nastavené doby t_{odp} a za podmínky, že proud $I \leq I_{odp}$ UMC100 motor odpojí od napájecí sítě.



Obr. 3.4 Časový průběh ochrany při proudovém podtížení[1]

I_n – jmenovitá (nominální) hodnota proudu motoru

I_x – ukončení startu motoru

I_{var} – nízká proudová úroveň, kdy dochází k aktivaci čítání varování

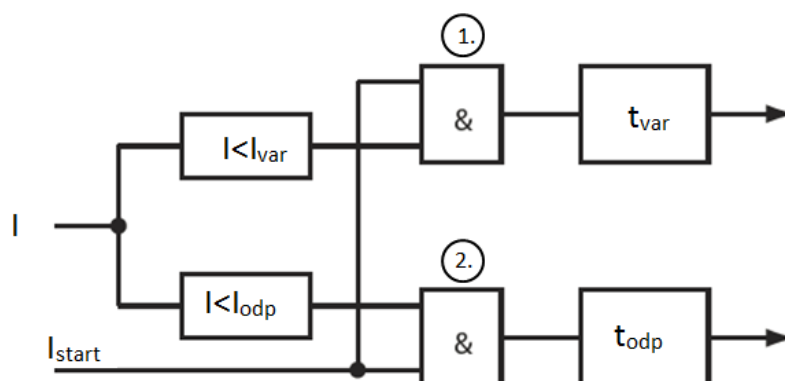
I_{odp} – hodnota proudu, kdy dochází k aktivaci čítání zpoždění odpojení

t_{var} – zpoždění varování

t_{odp} – zpoždění odpojení

Popis funkce ochrany při proudovém podtížení pomocí blokového schématu

Signál I_{start} představuje hodnotu proudu po startu motoru- log 1(tzn. Signalizace motoru v chodu). Tento signál tvoří vstup logického hradla AND (1.). Funkci tohoto hradla znázorňuje přiložená tabulka Tab. 3.3. Druhý vstup signalizuje aktuální hodnotu proudu, která motorem protéká. Je-li proud $I < I_{var}$, detekuje hradlo AND druhou logickou jedničku a hradlo vybaví podle přiložené tabulky. Tento signál z hradla aktivuje časovač zpoždění varování. Po uplynutí nastaveného časového úseku signalizuje podtížení. Dochází-li stále k poklesu proudu až do úrovně, kdy $I < I_{odp}$, pak na druhém logickém hradle AND (2.) budou na vstupu log. 1. Sepne čítání zpoždění vypnutí a po uplynutí doby UMC motor vypne.



Obr. 3.5 Blokové schéma ochrany proti proudovému podtížení [1]

Vstup		Výstup
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tab. 3.3 Princip funkce logického hradla AND

3.4.1 Činný příkon a účinník

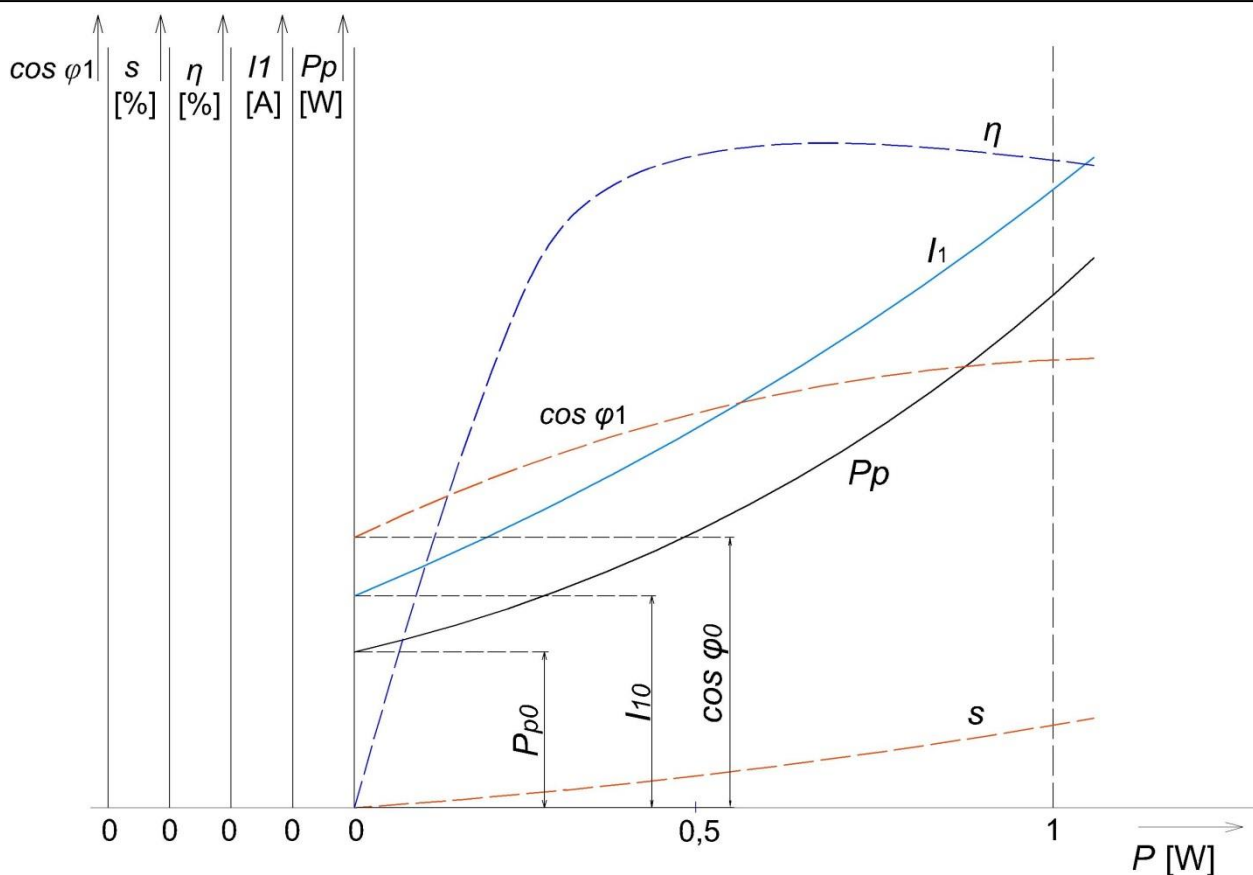
Při chodu asynchronního motoru odebírá stroj ze sítě jalový proud, který je potřebný pro vytvoření magnetizace hlavního magnetického obvodu. Tento tzv. magnetizační proud je nezávislý na zatížení stroje. Uplatnění nalezne zejména při chodu naprázdno a malém zatížení, kdy je účinník motoru nízký. Motor má tedy nejlépe pracovat při plném zatížení.[11]

Činný příkon a účinník jsou důležité parametry pro detekování nízké zátěže nebo situace bez zátěže, např. uzavřený ventil. Pomocí napěťového modulu VI15x a UMC je měřeno sdružené (fázové) napětí, fázový proud čili i fázový posuv mezi proudem a napětím - $\cos \varphi$. Pomocí těchto parametrů je UMC schopné analogicky spočítat hodnotu činného příkonu.

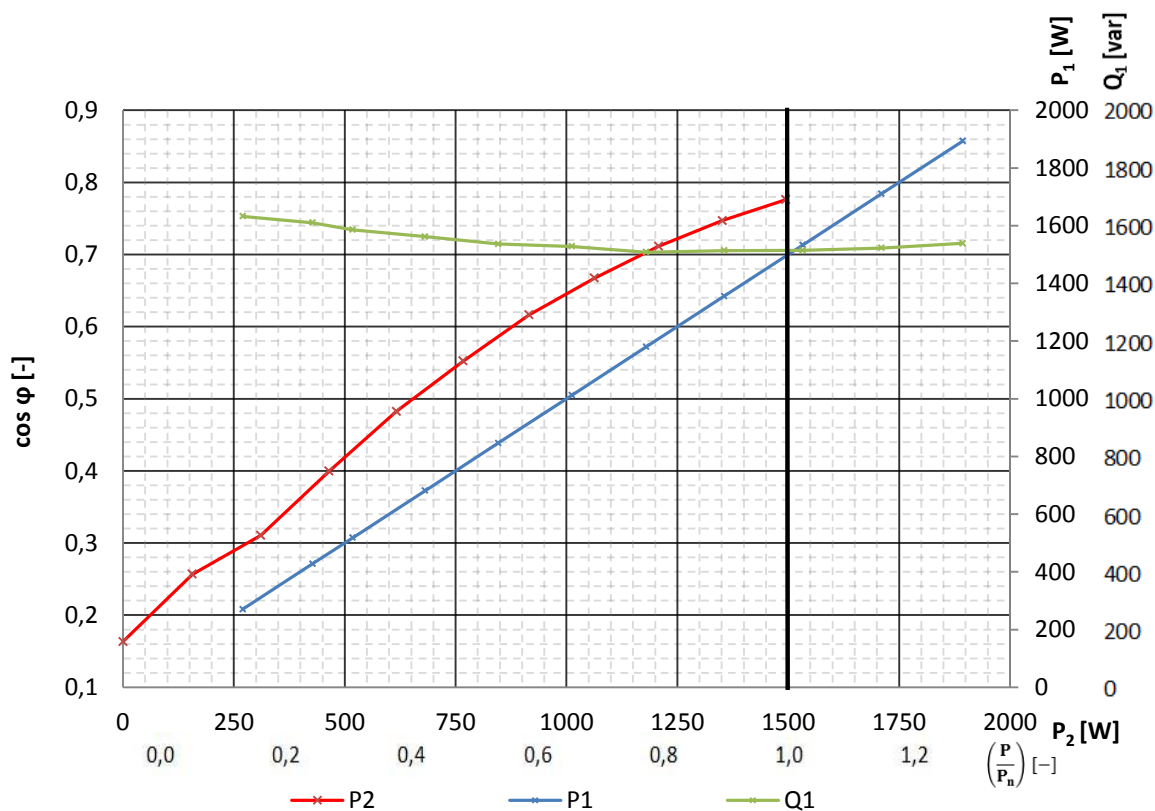
$$P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi \quad (3.4.1.1)$$

Poklesne-li poté činný příkon pod nastavenou procentuální hodnotu P (př. 85% P_n), motor vypne, tj. bude-li $P/P_n \leq 0,85$.

Experimentálním měřením v rámci laboratorní úlohy byla pomocí přístroje Yokogawa WT1800 změřena závislost účinníku $\cos \varphi$ na velikosti zatížení motoru. Z výsledného grafu (Obr. 3.7) je patrné, že se snižováním zatížení rotoru klesá velikost účinníku. Naměřené hodnoty pro konstrukci grafu jsou uvedeny v příloze.



Obr. 3.6 Charakteristiky asynchronního motoru při zatížení [11]



Obr. 3.7 Graf závislosti účinníku $\cos \varphi$ na velikosti P_2

3.5 Ochrana při fázové nesymetrii

Princip ochrany

Je-li poměr nejnižšího proudu (I_{min}) a nejvyššího proudu (I_{max}) ve fázích nad nastavenou úroveň pro varování, sepne signalizace ztráty fáze. Jakmile ovšem tento poměr překročí nastavenou hodnotu pro odpojení motoru, sepne zpoždění vypnutí a podle nastavené třídy přetížení motor, po uplynutí časového intervalu, odpojí.

Funkce fázové nesymetrie je aktivní pouze tehdy, je-li proud ve všech třech fázích $> 25\% I_n$ (jmenovitého proudu). [1]

Následující rovnice představuje výpočet procentuálního poměru proudu pro vypnutí motoru při úplné ztrátě fáze.

$$I_f = 100 \cdot \left(1 - \frac{I_{min}}{I_{max}}\right) \quad (3.5.1)$$

3.6 Ochrana sledu fází

Ochrana sledu fází hlídá zejména správný směr otáčení motoru. Důležité pro použití této ochrany je místo zapojení napěťového modulu VI15x. Pokud by byl modul zapojen za stykači nastala by chyba při reverzním zapojení. Na stykačích dochází zapojením k záměně dvou fázových vodičů a tím i změně směru otáčení motoru. UMC s pomocí VI150 vyhodnotí situaci jako chybovou a vypne motor. Napěťový modul se tedy zpravidla umísťuje hned za hlavní jistící prvek, viz. Obr. 4.4.

3.7 Ochrana při ztrátě fáze

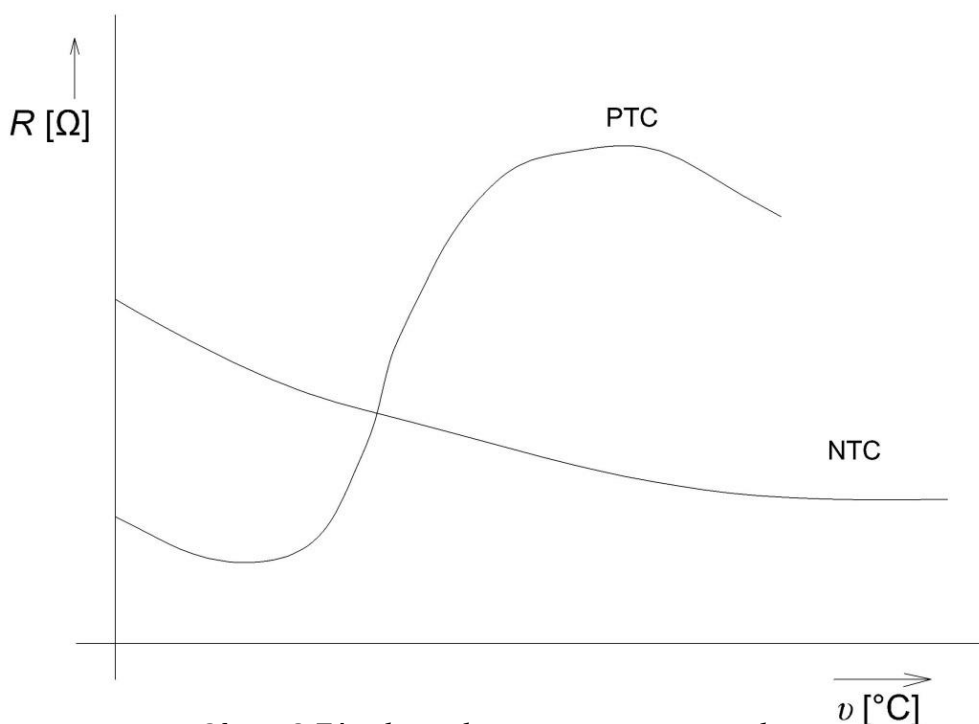
Jedno z největších nebezpečí pro motor představuje ztráta jedné napájecí fáze. Chod na 2 napájecí fáze zatěžuje motor na tepelné účinky proudu, vlivem zvýšení proudu ve zbylých 2 fázích. UMC100 v tomto případě vypíná motor podle předem stanovených časových intervalů. Intervalyp vypnutí jsou stejné, jako pro ochranu proti proudovému přetížení (Tab. 3.2) a odpovídají nastavené třídě přetížení. Tuto ochranu dříve zajišťovalo tepelné relé, které v tomto případě nemusí být použito.

3.8 PTC ochrana

3.8.1 Termistor

Termistor je polovodičový nelineární dvojpól, jehož odpor se mění v závislosti na teplotě prostředí, ve kterém pracuje. Jeho výhodou je, že velmi rychle a citlivě reaguje na změnu teploty. Rozlišujeme zpravidla 2 druhy termistorů.

1. NTC (*Negative Temperature Coefficient*) - termistor se záporným teplotním součinitelem odporu, kdy s rostoucí teplotou klesá jeho odpor (roste elektrická vodivost a proud).
2. PTC (*Positive Temperature Coefficient*) – termistor s kladným teplotním součinitelem odporu, kdy s rostoucí teplotou jeho odpor roste.



Obr. 3.8 Závislost odporu termistoru na teplotě

Použití termistorů

NTC termistory se používají zpravidla k měření teploty. PTC se nejčastěji využívá v kuchyňských spotřebičích, kde je požadována konstantní teplota, v termostatech a pro hlídání teploty vinutí motorů.

3.8.2 Princip PTC ochrany v UMC

Ochrana obecně spadá do skupiny proudově nezávislých ochran. Pro připojení PTC termistoru slouží na UMC100 svorky s označením T1 a T2. PTC zvyšuje svůj odpor s rostoucí teplotou, proto je možné ho použít pro hlídání teploty např. vinutí statoru. UMC je schopné vyhodnotit tuto změnu odporu a vydá signál k odpojení motoru od sítě. [7]

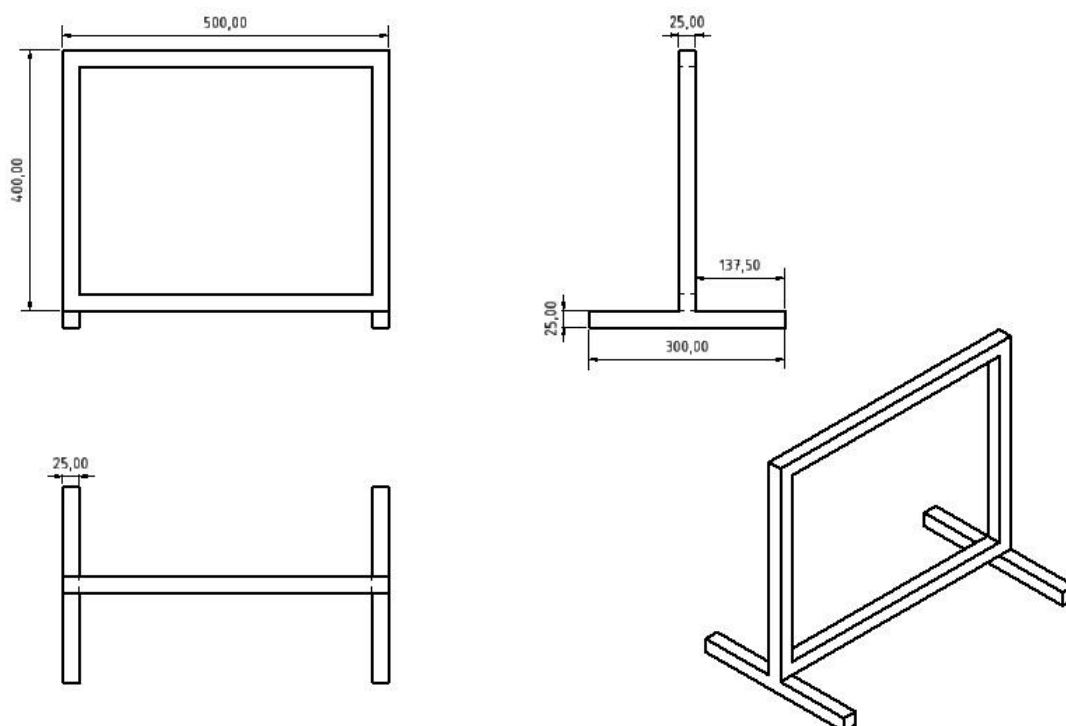
3.9 Ochrana při zemním spojení

Ochrana při zemním spojení spočívá v ochraně motoru, sítě a technologie při nežádoucích vlivech způsobených zejména stárnutím izolace a jejím zhoršeným izolačním účinkem. Následkem přetěžování vedení, vlhkostí, kondenzací vody v elektrickém zařízení nebo vrstvou vodivého prachu jsou právě zhoršené vlastnosti izolačního materiálu. To vede k nechtěnému zemnímu spojení. Zemní spojení je monitorováno pomocí UMC spolu se zařízením CEM11. [1]

4 DEMONSTRAČNÍ PŘÍPRAVEK

4.1 Návrh přípravku

Pro demonstraci UMC100 a dalších prvků řady produktů od společnosti ABB s.r.o. byl navržen přípravek pomocí software AutoCAD a Inventor Professional, který byl poté zrealizován a oživen. Nosná konstrukce (Obr. 4.1) je vyrobena z jáckelu o rozměru 25x25mm.



Obr. 4.1 Nosná konstrukce

Čelní panel tvoří plech s rozměry 500x400mm a tloušťky 2mm. Plech je osazen rozvaděčovými kanály 25x60mm a všemi potřebnými komponentami pro realizaci zapojení. Vizualní návrh osazeného panelu s otvory pro přístrojové zdířky a ovládací tlačítka motoru je na Obr. 4.3 Vizualní návrh čelního panelu s rozvržením komponent.

Seznam použitých komponent	Výrobce
3-pólový jistič C16	OEZ
Pojistkové pouzdro RSP 4	Elektro Bečov
Komunikační modul MTQ22-FBP	ABB
Motorový kontrolér UMC100-FBP	ABB
Napěťový modul VI150-FBP	ABB
Rozšiřovací modul DX122-FBP	ABB
Ministrykač LC1K09(LC1K12)	Schneider Electric
Napájecí zdroj CP-D 24/1.3A	ABB
Rozvaděčový kanál 25x60mm	KOPOS
Přístrojové zdířky 4mm do panelu	AMASS
Tlačítka do panelu 250V/1A	JIETONG

Tab. 4.1 Seznam použitých komponent

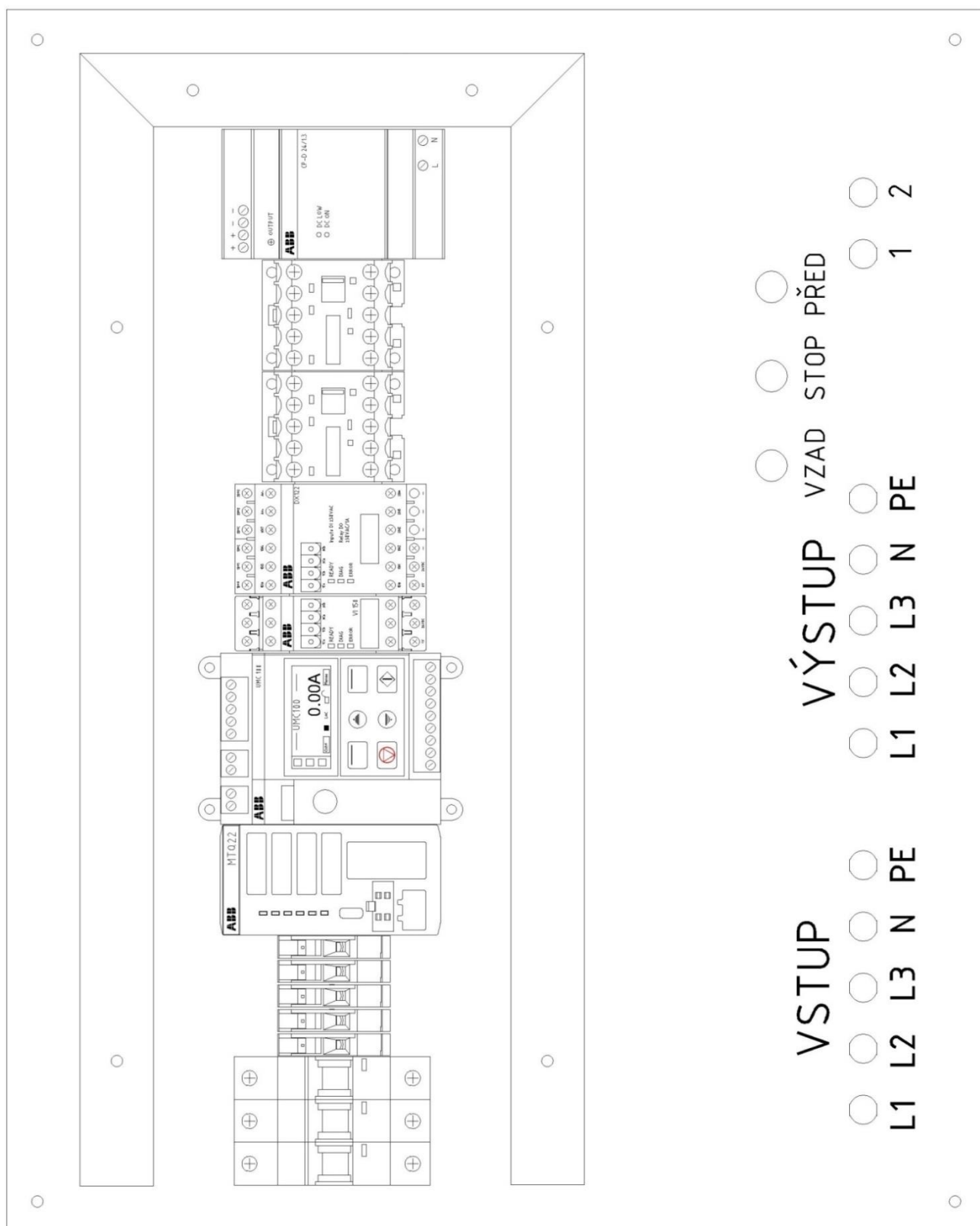
Pro konstrukci je důležité, aby navržený panel rozměrově odpovídal všem potřebným přístrojům a modulům. Pro tuto příležitost je pomocí software AutoCAD vytvořen vizuální návrh osazeného panelu Obr. 4.3, který je konstruován.

Navržený nosný plech tloušťky 2mm, na kterém jsou umístěny veškeré komponenty Obr. 4.2. Ve vrchní polovině plechu jsou vyvrtány otvory o průměru 4mm, sloužící pro uchycení rozvaděčového kanálu a DIN lišty. Ve střední části plechu jsou 4 průvlečné otvory určené k průchodu vodičů ze zadní části plechu (od napájecích svorek), do rozvaděčového kanálu na straně přední. Pro tuto potřebu jsou stejné otvory vyvrtány také do dna kanálu. Ve spodní části jsou otvory pro přístrojové zdířky, pomocí kterých je zajištěno napájení panelu a poté napájení motoru a 3 otvory na ovládací tlačítka k zajištění ovládání motoru. Uchycení plechu k nosné konstrukci je provedeno samořeznými šroubky M5 v rozích plechu.



Obr. 4.2 Návrh plechu panelu

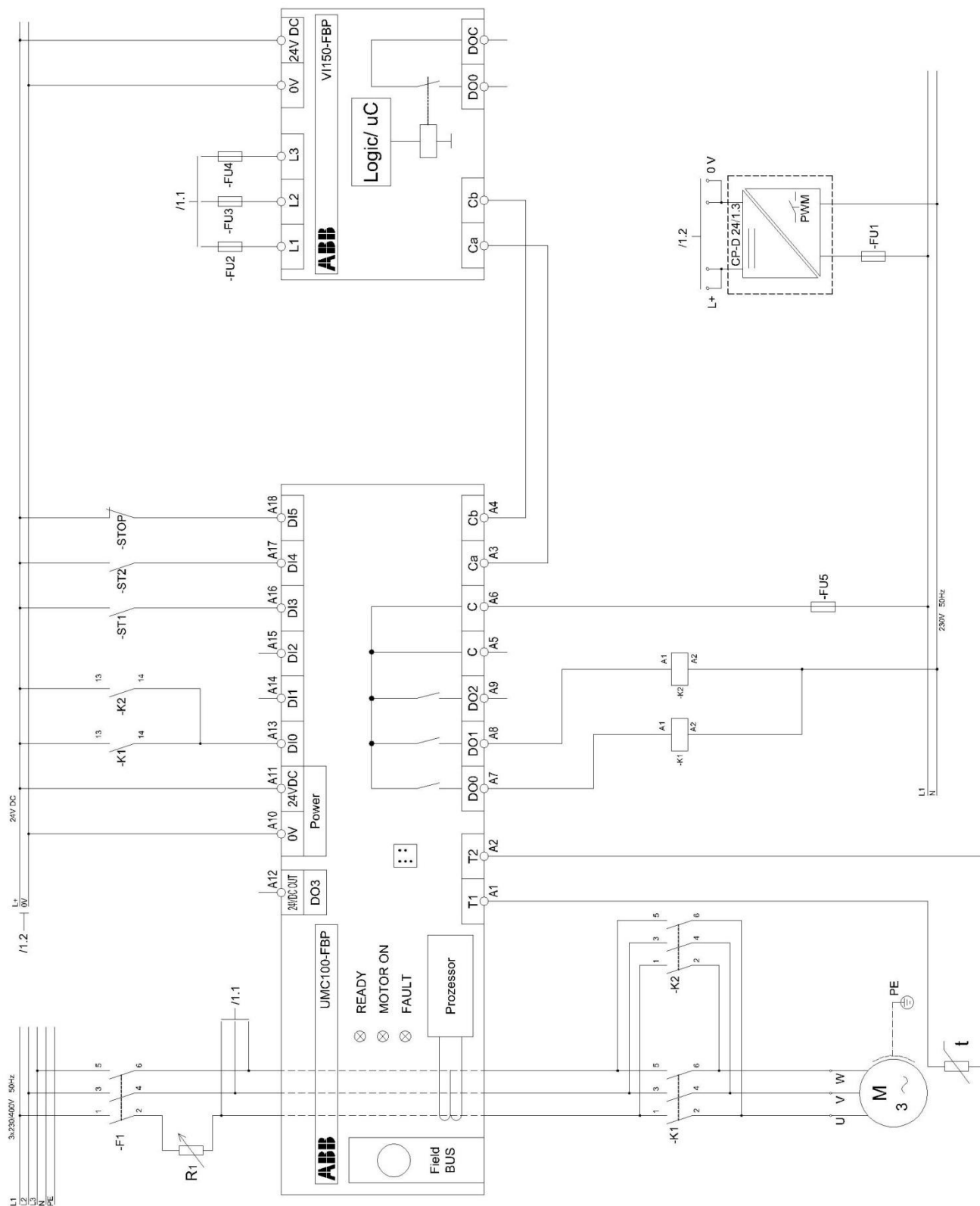
Výkres plechu s udáním kót je obsažen v příloze práce, viz. Obr. 0.1



Obr. 4.3 Vizualní návrh čelního panelu s rozvržením komponent

4.2 Schéma zapojení přípravku

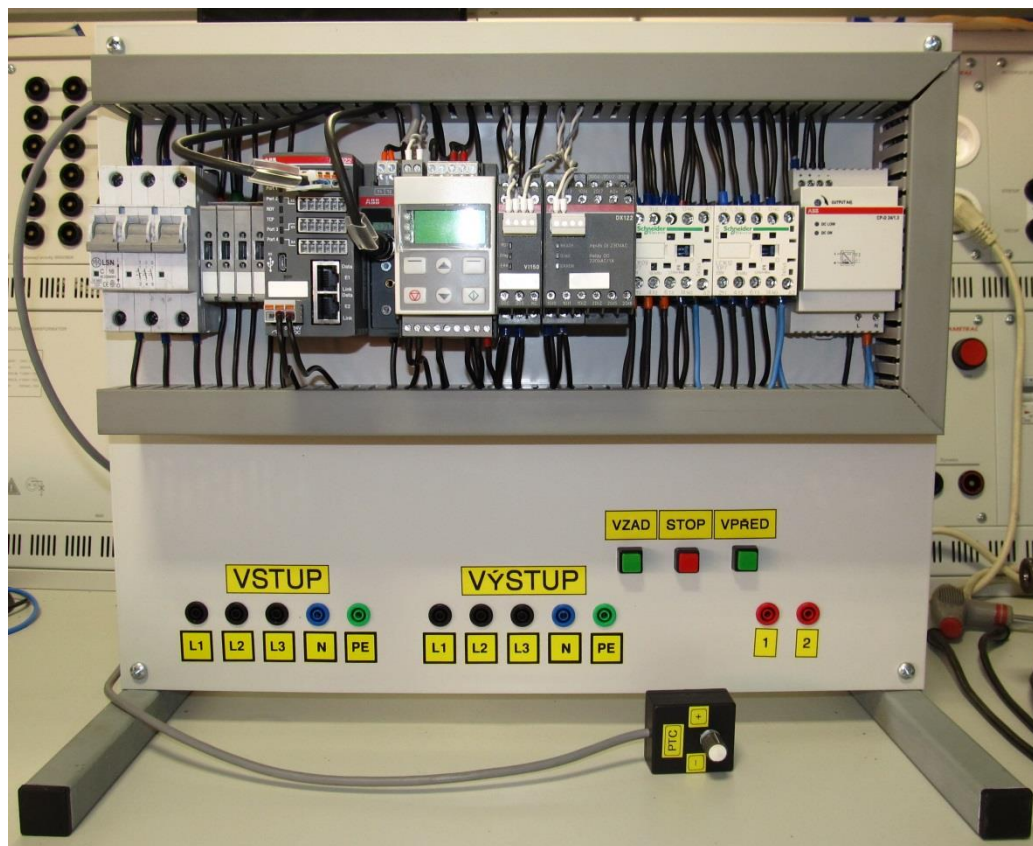
Demonstrační panel je uzpůsoben pro reverzní chod trojfázového asynchronního motoru.



Obr. 4.4 Schéma zapojení demonstračního přípravku

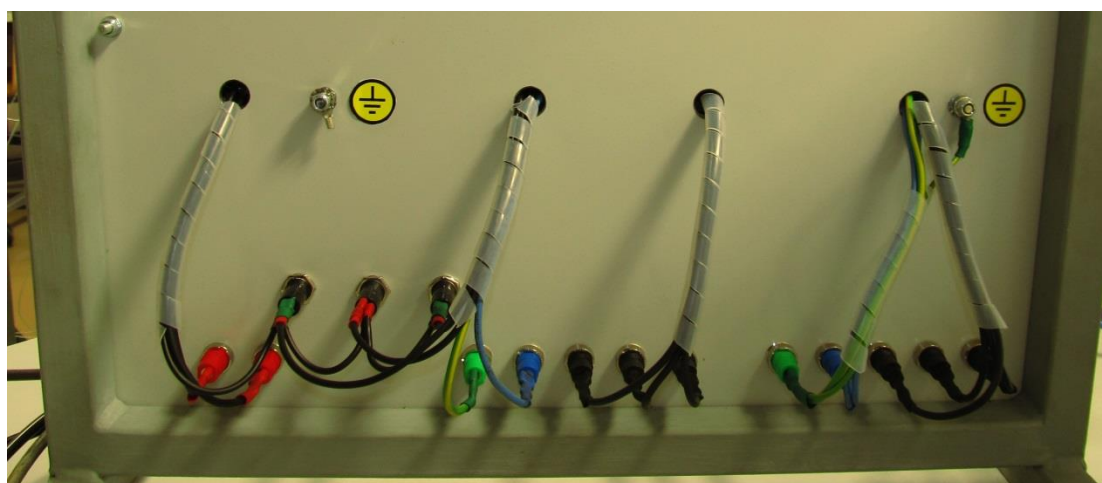
4.3 Výsledný přípravek

Výsledný osazený a zapojený přípravek určený pro laboratorní úlohu doplněný vhodnými štitky pro ovládání a zapojení napájecí sítě (VSTUP) a motoru (VÝSTUP).



Obr. 4.5 Demonstrační přípravek

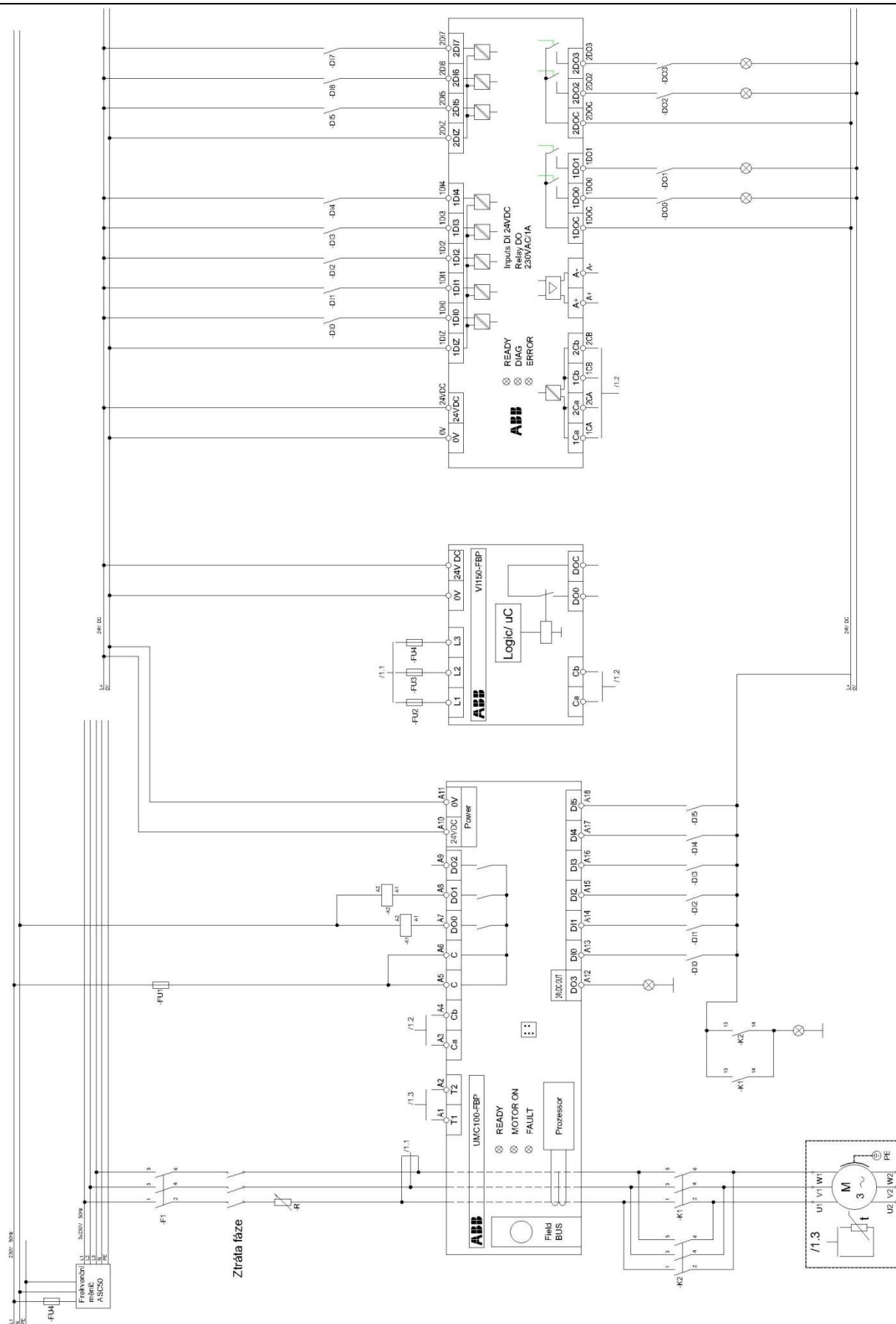
Zadní část panelu s izolováním konektorů FASTON pomocí teplem smrštitelné bužírky před nebezpečným dotykem živé části.



Obr. 4.6 Zadní pohled

4.4 Demonstrační kufr pro ABB

Pro společnost ABB s.r.o. byl proveden návrh demonstračního kufru s UMC100 prezentující jeho možnosti. Základním požadavkem návrhu bylo řešení pomocí jednofázového napájení. Jelikož UMC100 je uzpůsobeno pro chod trojfázových motorů, je použit frekvenční měnič ACS50, který nabízí při napájení pomocí jednofázové sítě na svém výstupu napětí 3x230V/50Hz. Pro digitální vstupy UMC100 a rozšiřovacího modulu DX111 je navrženo použití dvoupólových páčkových přepínačů s funkcí (ON)-OFF-ON s napětím 24V DC. K signalizaci aktivních vstupů a výstupů je navrženo použití zelených signálků. Ovládací panel kufru obsahuje spínače pro simulaci ztráty napájecí fáze motoru, potenciometr k simulaci fázové nesymetrie, dále červenou signálku pro signalizaci poruchových stavů a žlutou pro chod motoru. Všechny přepínače a signálky jsou přístupné uživateli prostřednictvím navrženého ovládacího panelu, který současně poslouží jako kryt kufru (Obr. 0.2). Jelikož pro přenosný kufr není nejvhodnější použití asynchronního motoru, je proto použit 6-pólový synchronní motor s příkonem 23VA, výstupním výkonem 10,5W a jmenovitým proudem 100mA.



Obr. 4.7 Schéma zapojení demonstračního kufří

5 SIMULACE OCHRAN

Kapitola obsahuje soupis simulací ochran, které jsou demonstrovány v rámci laboratorní úlohy, jež se zabývá problematikou UMC100. Z široké škály ochran jsou vybrány 4 situace, které se v průmyslu často vyskytují.

5.1 Ochrana při fázové nesymetrii

K nasimulování ochrany při fázové nesymetrii je použit posuvný potenciometr, který je připojen na svorky (1,2). Pomocí potenciometru bude snižována velikost napětí na přívodní fázi do motoru (L1). Pro demonstraci ochrany je použit napěťový modul VI150 spolu s UMC100. Na svorky modulu označené (L1, L2 a L3) jsou přivedeny fáze v uvedeném sledu. Při zvyšování odporu rezistoru ve fázi, dochází ke snižování napětí na přívodní svorce (L1) vlivem rostoucího úbytku napětí na daném rezistoru. Je-li napěťový modul propojen vodičem s UMC a je-li správně nastaven, UMC vyhodnotí po určitém poklesu napětí a nárůstu proudu ve zbylých dvou fázích (L2 a L3) jako chybovou a vybaví. Nejprve bude vybaveno varování a poté dojde k odpojení motoru.

5.2 Ochrana při ztrátě fáze

Při ztrátě napájecí fáze je motor vystaven vysokému riziku, což většinou vede k jeho zničení. Demonstrace ochrany proběhne úplným odpojením napájecí fáze L2. Pro vybavení ochrany není zapotřebí, aby byl motor v chodu, neboť použití napěťového modulu VI150 detekuje nepřítomnost napětí fáze a vybaví. Při chodu motoru ochrana vybaví od 1,5s pro třídu 5E a do 12s pro 40E, podle nastavené třídy přetížení, viz. Tab. 3.2. Princip funkce při chodu motoru spočívá v porovnání nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty fázového proudu s nastavenými úrovněmi. Výhodou je, že signalizuje varování ještě před samotným spuštěním motoru, kdy může nastat stav, že je přepálena pojistka a obsluha toto nezaznamenala. Mimo přepálené pojistky se může také jednat o uvolněný nebo opotřeбенý kontakt.

5.3 Ochrana sledu fází

Pro správný chod motoru a diagnostiku pomocí kontroléru s použitím napěťového modulu je zapotřebí dodržet sled fází, tzn. Fázový vodič L1→svorka L1, L2→svorka L3 a L3→svorka L3. Při záměně některých fázových vodičů neprodleně vybaví ochrana sledu fází a není dovoleno spuštění motoru, do okamžiku, dokud není obsluhou tento problém vyřešen.

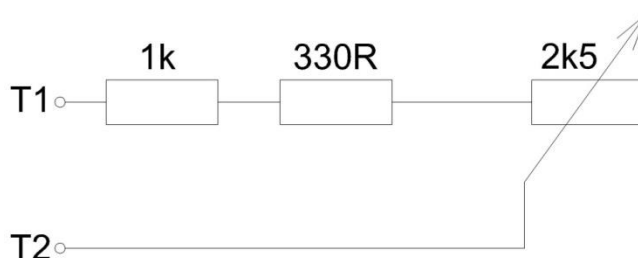
5.4 PTC ochrana

Pro vyhodnocování teploty vinutí statoru motoru slouží termistor PTC. Při zvýšení teploty nastává zvýšení odporu termistoru (viz. Obr. 3.8) a motor odpojí. Udávaná odezva UMC na změnu odporu je v rozmezí $R = 3,4\text{--}3,8\text{k}\Omega$.



Obr. 5.1 Přípravek pro simulaci PTC ochrany

Z důvodu ochrany motoru není vhodné vystavovat motor zvýšené teplotě pro nastínění funkce PTC ochrany. Pro tento účel poslouží zhotovený box osazený lineárním potenciometrem s hodnotou odporu $2,5k\Omega$, jemuž jsou předřazeny odpory $1k\Omega$ a 330Ω .



Obr. 5.2 Schéma zapojení PTC boxu

6 LABORATORNÍ ÚLOHA

6.1 Univerzální motorový kontrolér UMC100

Úkolem laboratorní úlohy je seznámení studenta s moderní řídicí a kontrolní jednotkou pro provoz trojfázového asynchronního motoru UMC100.

Motorový kontrolér nabízí 3 reléové výstupy. Tyto výstupy jsou připojitelné na napětí 230V AC s maximálním proudem 1A. Reléové výstupy slouží zejména pro připojení budících cívek stykačů. Hlavní vstupy jsou tvořeny sérií svorek, jež je umístěná ve spodní části kontroléru. Svorky nesou označení (DI0, DI1, ..., DI5). Tyto digitální vstupy pracují s napětím 24V DC a slouží pro připojení ovládacích tlačítek jako start motoru, stop motoru, reverzaci, rozběh hvězda-trojúhelník nebo např. použití vstupu pro koncový spínač, pro připojení pomocných kontaktů stykačů, či funkci aktuátor, kdy je ovládán pohon ventilu. Vše podle nastavení uživatele a pracovního procesu. Vedle hlavních vstupních kontaktů se nachází také jeden výstupní s označením (DO3). Tento digitální výstup lze využít k připojení 24V DC signalizační kontrolky pro chybová hlášení modulu. UMC100 nabízí integrovaný vstup pro připojení PTC termistoru. Díky PTC jsme schopni hlídat teplotu statorového vinutí a předejít tím závažnému poškození motoru.

Hlavní obvod

Měření proudu fázovými vodiči je řešeno pomocí 3 průvlečných ok integrovaných v modulu. Tato průvlečná oka jsou měřicími transformátory proudu navinutými na toroidním jádře. Díky těmto transformátorům je kontrolér schopný měřit proud v rozsahu 0,24 až 63A. Pro vyšší hodnoty proudů, až 850A se používá externí proudový transformátor.

Možnost rozšíření kontroléru

UMC se v průmyslových aplikacích nejčastěji používá s využitím napětového a rozšiřovacího (vstupně-výstupního) modulu. Pro laboratorní úlohu je použit napětový modul VI150 a rozšiřovací modul DX122, jenž jsou připojeny k UMC pomocí UMCIO-CAB přes svorky s označením *Ca* a *Cb*.

Napětový modul VI150

K demonstraci kontroléru je použit modul s označením VI150. Zařízení disponuje konektory pro připojení fázových vodičů (L1, L2 a L3) a je schopné měřit hodnotu sdruženého napětí sítě. S naměřenými hodnotami fázového proudu pomocí UMC dostáváme také hodnotu fázového posuvu mezi napětím a proudem, tedy účinníku $\cos \varphi$. Z těchto naměřených parametrů vypočítá řídicí jednotka kontroléru činný příkon. Ovšem pro správnou detekci napětí je nutné dodržet zapojení.



Vstupně-výstupní modul DX122

Modul umožňuje rozšíření kontroléru o dalších 8 digitálních vstupů na napětí 110-230V AC, 4 reléové výstupy a 1 analogový výstup. Pomocí programu ABB Asset Vision Basic je možné přímé přiřazení parametrů a programování UMC100 a také všech zařízení, která jsou vybavena DTM (*Device Type Manager*)- nástroj pro konfiguraci a správu zařízení.

Komunikační modul MTQ22

O komunikaci mezi UMC a PC se stará modul MTQ22. V software vytvořeném pomocí vývojového prostředí LabVIEW lze sledovat aktuální měřené veličiny, zobrazená varování poruchových stavů, informace o stavu vstupů a výstupů apod.

Napájecí zdroj

Napájení modulů zajišťuje zdroj CP-D 24/1,3A s regulací výstupního napětí. Regulace je možná v rozpětí 24-28V DC. Regulace výstupního napětí zdroje je umožněna z důvodu požadavku přesného napětí 24V DC. Vlivem zatížení (napájení UMC, VI a DX) výstupní napětí zdroje klesá podle zatěžovací charakteristiky příslušného zdroje. CP-D slouží také pro napájení digitálních vstupů UMC.

Ochranné funkce

UMC nenabízí pouze možnost měření fázového proudu, ale také řadu ochran při poruchových stavech provozu. Nejčastěji, v praxi, využívaná ochrana je ochrana při proudovém přetížení, která je doprovázena varovnou signalizací nastávající poruchy.

Ochrana motoru při proudovém podtížení pracuje na obdobném principu jako předchozí ochrana. Kontrolér monitoruje hladinu aktuálního odebíraného proudu. Při jeho poklesu, pod nastavenou úroveň maximálního dovoleného poklesu (udávané relativně v % k jmenovitému I_n), dochází k signalizaci chyby a odpojení motoru od sítě.

PTC ochrana spočívá v hlídání teploty statorového vinutí asynchronního motoru pomocí PTC termistoru. V našem případě je použito lineárního potenciometru, kdy se zvyšujícím se odporem potenciometru simulujeme zvyšující se teplotu statorového vinutí asynchronního motoru.

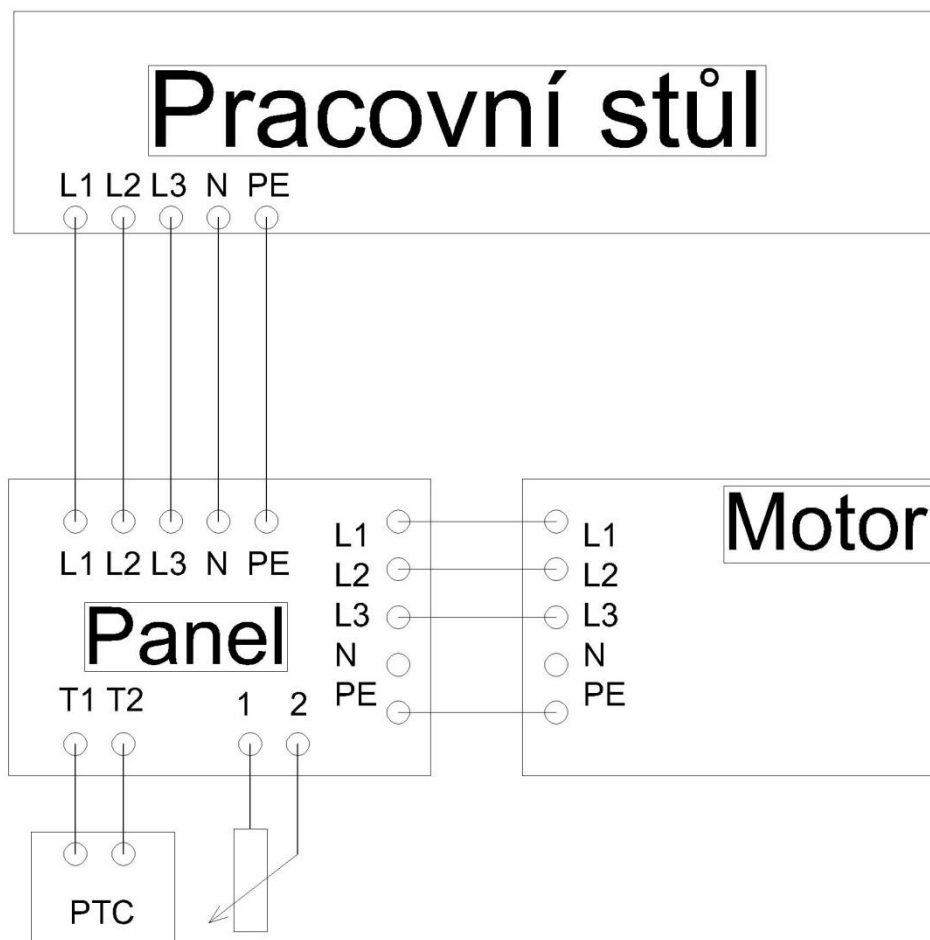
Při ztrátě některé napájecí fáze motoru dochází k okamžitému blokování startu motoru.

Ochrana sledu fází zajistí správné zapojení vodičů L1, L2 a L3, které je slučitelné s nastavením v UMC.

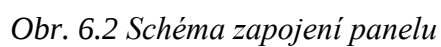
Vlivem přerušovaného provozu např. S3, kdy nedochází v době klidu a odpojení motoru k poklesu teploty na teplotu okolí, může vybavit Ochrana při tepelném přetížení - *Thermal Overload Protection* (TOL).

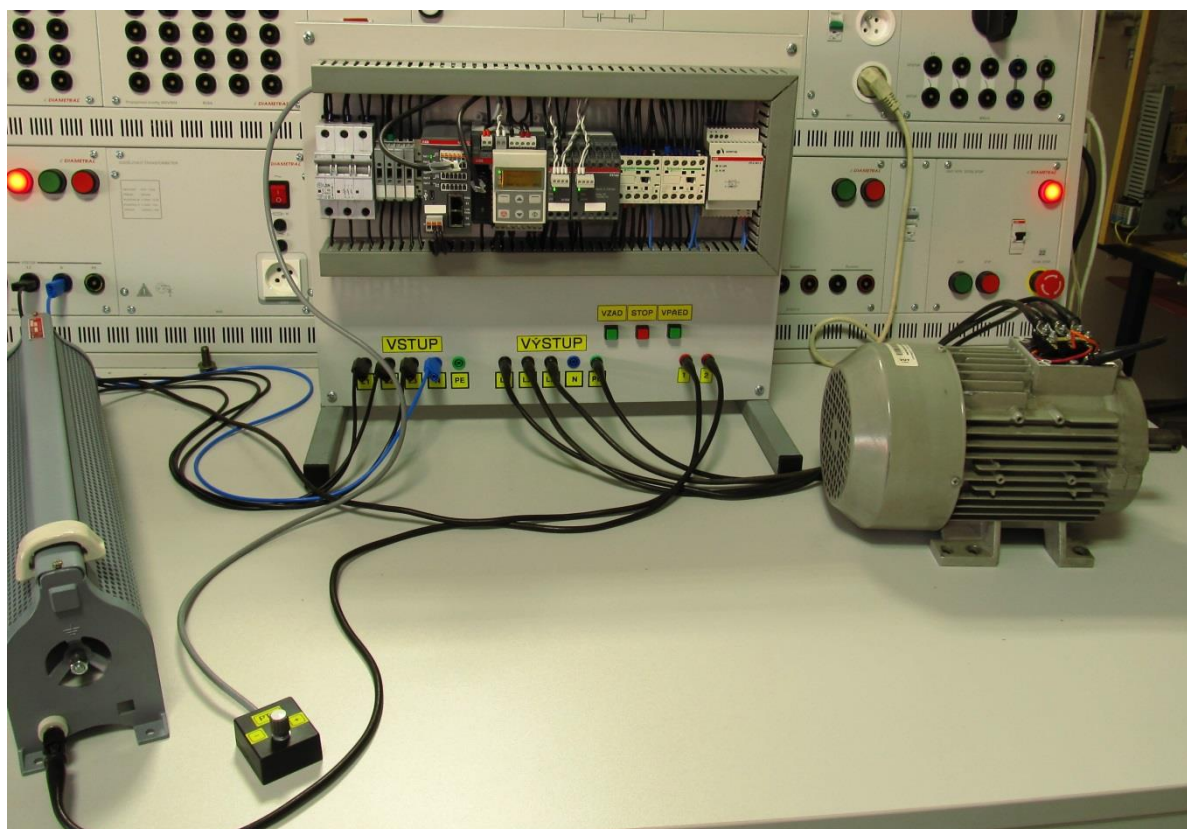
Zablokování rotoru bývá způsobeno příliš vysokým zátěžným momentem M_z na hřídeli motoru nebo mechanickou poruchou. Kontrolér je při startu schopen detekovat tento stav.

6.2 Blokové schéma zapojení úlohy a schéma zapojení panelu



Obr. 6.1 Blokové schéma zapojení laboratorní úlohy





Obr. 6.3 Laboratorní úloha

Štítek použitého asynchronního motoru



Obr. 6.4 Štítek motoru

6.3 Popis schématu zapojení laboratorní úlohy

Na vstupní svorky s označením VSTUP (L1, L2, L3, N, PE) jsou přivedeny příslušné vodiče z pracovního stolu. Hlavní 16A jistič s vypínací charakteristikou typu C slouží pro jištění silové části obvodu. Pro jištění napájecího zdroje CP-D slouží tavná pojistka 2T/250V. Napětové vstupy na modul VI150 jsou jištěny tavnou pojistkou F1,25/250V. Posuvný potenciometr, umístěný na fázovém vodiči L1, slouží k demonstraci ochrany při fázové nesymetrii. Komunikační modul MTQ22 zajišťuje komunikaci mezi UMC a PC, kdy prostřednictvím Ethernetové sítě jsme schopni číst měřené veličiny.

6.4 Pracovní postup

1. Seznamte se s kontrolérem UMC100 a ostatními komponenty použitými pro laboratorní úlohu a se schématem zapojení úlohy.
2. Připojte elektromotor a vstupní svorky na příslušné zdířky. Před připojením výkonového potenciometru ověřte měřením jeho minimální a maximální hodnotu odporu a poznamenejte si je.
3. Připojte potenciometr na určené zdířky označené čísly 1 a 2 a nastavte hodnotu odporu.
4. Po kontrole zapojení vyučujícím zapněte pracoviště a nastavte autotransformátor na 100% výstupního napětí. Zapněte hlavní jistič. Kontrola a nastavení komunikace mezi UMC, DX a VI.

Nastavení Komunikace se provede přes LCD displej následujícím způsobem:

Main menu → *I/O modules* → *DX1xx* → *DX1xx enabled* → *on*
→ *VII5x* → *VII5x enabled* → *on*

5. Stiskem tlačítka VPŘED nebo VZAD na panelu uvedeme motor do chodu. Pro přechod z jednoho směru do druhého je nutné nejprve zastavit motor tlačítkem STOP. Při zastavení je kontrolérem motor blokován po dobu 3s před dalším spuštěním z důvodu doběhu motoru. Pohybem tlačítek nahoru, dolů pomocí LCD v hlavní nabídce - UMC - můžeme sledovat aktuální proud motoru, sdružené napětí, odebíraný příkon ze sítě, účinník,...
6. Při provádění úlohy na brzdě (dynamometru) ověřte funkci ochrany při zablokování rotoru, funkci ochrany při proudovém podtížení a proudovém přetížení.
7. Při vybavení každé z ochranných zaznamenejte hodnotu, kdy vypnula. Před novým startem je důležité přečíst záznam důvodu poruchy a provést reset na panelu UMC100-PAN, jinak je START blokován.

6.5 Měření

OCHRANA PŘED PŘEHŘÁTÍM MOTORU

Potenciometrem označeným PTC je zvyšována hodnota odporu do okamžiku, kdy dojde k odpojení motoru od napájecí sítě zapůsobením PTC ochrany. Hodnota odporu potenciometru při vybavení ochrany je určena měřením na $3,41\text{k}\Omega$. Odpovídající hodnotu teploty motoru odečteme z grafu a hodnoty odporu potenciometru při vypnutí.

Do tabulky запиšte změřenou hodnotu odporu potenciometru při vypnutí. Při této hodnotě odporu odečtete teplotu motoru z grafu. Získanou teplotu porovnejte s vypočtenou teplotou motoru.

Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

R	ϑ_g	R_0	ϑ
[Ω]	[$^{\circ}\text{C}$]	[Ω]	[$^{\circ}\text{C}$]
3410	136	1320	136,26

Tab. 6.1 Naměřené a vypočtené hodnoty odporu a teploty

Výpočet vychází ze vztahu pro závislost elektrického odporu vodiče na teplotě.

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta) \quad (6.5.1)$$

kde

$$\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0 \quad (6.5.2)$$

Po úpravě pak,

$$\vartheta = \vartheta_0 + \frac{\frac{R}{R_0} - 1}{\alpha} = 0 + \frac{\frac{3410}{1320} - 1}{0,01162} = \underline{136,26 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

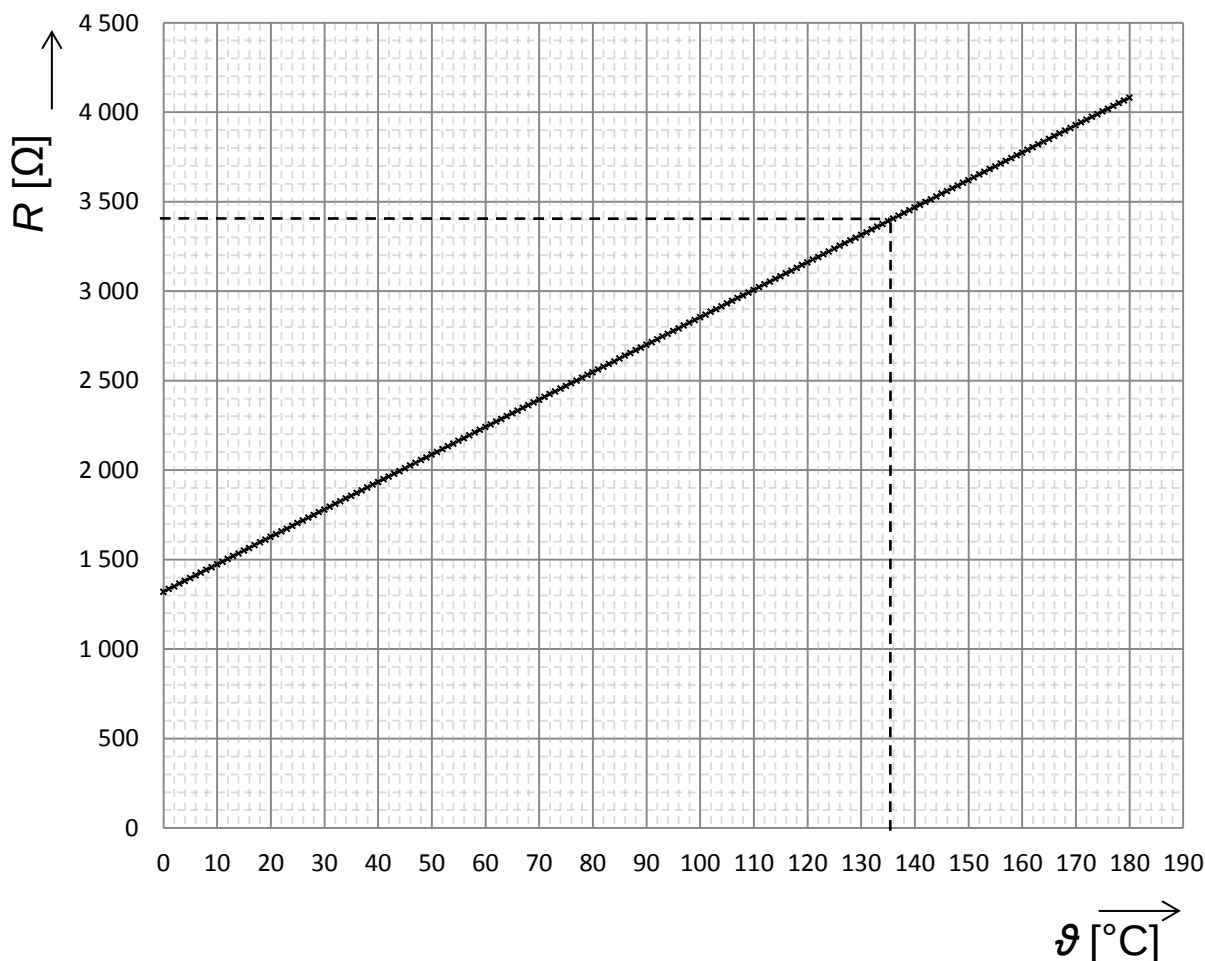
α - teplotní součinitel elektrického odporu (K^{-1}) ($\alpha = 0,01162 \text{ K}^{-1}$)

R_0 - odpor potenciometru v základní poloze

R - odpor potenciometru při vybavení ochrany

ϑ_g - fiktivní teplota vinutí motoru při vypnutí odečtená z grafu

ϑ - fiktivní teplota vinutí motoru při vypnutí – vypočtená



Obr. 6.5 Závislost odporu potenciometru na teplotě vinutí motoru

Vinutí motoru je izolováno izolací třídy F (155).

Třída izolace	A	E	B	F	H
Okolní teplota [°C]	40	40	40	40	40
Povolený nárůst teploty [°C]	60	75	80	105	125
Teplotní rezerva	5	5	10	10	15
Konečná teplota	105	120	130	155	180

Tab. 6.2 Třídy izolace vinutí motoru [12]

OCHRANA PŘED NESPRÁVNÝM SLEDEM FÁZÍ

Nedodržením sledu napájecích fázových vodičů (záměnou napájecích vodičů svorek L2 a L3), jak je nastaveno v UMC, provádí napěťový modul blokadu startu motoru. V tomto případě vybavuje neprodleně ochrana sledu fází – *Phase sequence*. Funkci zaznamenejte do protokolu.

OCHRANA PŘI FÁZOVÉ NESYMETRII

Zvyšováním odporu výkonového potenciometru zapojeného ve fázi L1 (viz. schéma zapojení úlohy) dochází k simulaci fázové nesymetrie sítě. Motor je odpojen v okamžiku, kdy poklesne hodnota sdruženého napětí mezi fázemi L3 a L1 přibližně na hodnotu $U_s = 380V$. Velikost odporu při vybavení ochrany při fázové nesymetrii činí $10,1\Omega$. Hodnotu nesymetrie zaznamenejte do protokolu.

OCHRANA PŘI ZTRÁTĚ FÁZE

Ztráta fáze se realizuje pomocí spínače v pracovním stole, kdy odpojíme napájecí fázi. Změřte čas od odpojení fáze L2 do vybavení ochrany při ztrátě fáze a poznamenejte do protokolu.

6.6 Demonstrace ochran při použití dynamometru

OCHRANA PŘI ZABLOKOVANÉM ROTORU

K testu ochrany při zablokování rotoru poslouží dynamometr, jehož hřídel je spojena se hřídelí asynchronního motoru pomocí spojky. Hřídel dynamometru je poté mechanicky zablokována. Stiskem příslušného tlačítka je proveden start motoru a sledován proud při odpojení motoru od sítě a čas odpojení. Proud při vybavení ochrany při mechanickém zablokování rotoru dosáhl hodnoty $19,78A$, což odpovídá $5,82 \cdot I_n$.

OCHRANA PŘI PROUDOVÉM PŘETÍŽENÍ – (*High current protection*)

Pro simulaci proudového přetížení máme nastavenou hodnotu odebíraného proudu na 130% pro odpojení motoru od napájecí sítě. Snižováním jmenovitých otáček motoru pomocí dynamometru (bržděním tzn. $n \rightarrow 0$) dochází k nárůstu aktuálního odebíraného proudu I . Odpojení nastalo při odebíraném proudu $4,47A$. Nastavené hodnotě ($1,3 \cdot I_n$) náleží proud $4,42A$. Tím lze konstatovat, že výsledek měření je srovnatelný s hodnotami uváděnými výrobcem.

OCHRANA PŘI PROUDOVÉM PODTÍŽENÍ

Stav proudového podtížení, nedostatečného proudového zatížení, používaný zejména u čerpadel, je simulován pomocí dynamometru, kdy je nastavená hodnota poklesu aktuálního proudu na

$0,85 \cdot I_n$ a čas odpojení od sítě na 10s. Po roztočení a zatížení motoru na hodnotu jmenovitého proudu jsou pomocí dynamometru zvyšovány otáčky motoru n . Tento proces má za následek snižování aktuálního protékaného proudu I , kdy motor ztrácí zatížení. Nastavené hodnotě podtížení odpovídá aktuální proud 2,89A. Při dosažení této úrovně je spuštěn odpočet a motor za 10s odpojen.

6.7 Vyhodnocení a závěr

Výsledkem laboratorní úlohy je seznámení studenta s moderní technologií pro diagnostiku veličin při chodu trojfázového asynchronního motoru. Při demonstrační simulaci ochran byly dosaženy následující výsledky. PTC ochrana vybavuje při hodnotě odporu 3,41k Ω . Tato hodnota odpovídá teplotě $\vartheta_g = 136^\circ\text{C}$ odečtené z grafu. Vypočtená teplota $\vartheta = 136,26^\circ\text{C}$. Výrobce uvádí zapůsobení ochrany při hodnotě odporu v rozsahu 3,4-3,8k Ω . Záměnou napájecích vodičů L2 a L3 proběhla okamžitá blokace spuštění motoru. Fázová nesymetrie vybavila při poklesu napětí o 5%. Ztrátou napájecí fáze proběhlo odpojení motoru v čase $t = 1,5\text{s}$. Čas odpojení odpovídá třídě přetížení 5E, která je nastavena.

Při testu za použití dynamometru bylo zjištěno, že při zablokovaném rotoru motoru zapůsobil kontrolér při nastaveném přetížení $3 \cdot I_n$. Této hodnotě náleží proud 10,2A. Jelikož je nastavena třída přetížení 5E, které náleží interval 1,5s a poté odpojení motoru, tak během tohoto okamžiku vzrostla hodnota proudu na 19,78A, což odpovídá $5,82 \cdot I_n$. Při proudovém přetížení odpovídaly výsledky měření nastavené hodnotě přetížení $1,3 \cdot I_n$. Ve stavu proudového podtížení zapůsobila ochrana správně, dle nastaveného poklesu proudu na $0,85 \cdot I_n$.

7 ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je provedena rešerše pro motorový kontrolér UMC100-FBP. V tomto úseku práce je ozeznámeno použití kontroléru, jeho technickým vybavením a zejména rozšířením o přídavné moduly a externí měřicí zařízení. V návaznosti na fyzický vzhled a možnosti přípravku jsou představeny jednotlivé typy ochran, kterými kontrolér disponuje a jejich principem činnosti.

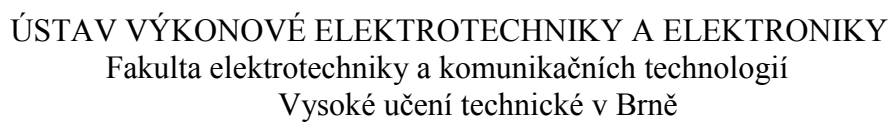
V praktické části práce byl navržen, zkonstruován a oživen přípravek, podrobněji probíraný v kapitole č. 4 Demonstrační přípravek, který poslouží jako výukový modul pro představení této technologie, společnosti ABB s.r.o., studentům. Využití nalezne v rámci výuky v laboratoři Elektrických přístrojů. Dále je součástí pro demonstrační účely navržena laboratorní úloha do předmětu Elektrické přístroje na téma Univerzální motorový kontrolér UMC100. V průběhu úlohy jsou testovány vybrané 4 základní ochrany. Při měření za použití dynamometru je úloha rozšířena o test dalších ochran, které v praxi naleznou své uplatnění, např. ochrana při mechanickém zablokování rotoru motoru. Dosažené výsledky tohoto měření v rámci laboratorní úlohy jsou uvedeny v závěru samotné úlohy. Při zhodnocení naměřených údajů během úlohy a porovnáním s hodnotami resp. informacemi uváděnými výrobcem kontroléru lze konstatovat, že technologie pracuje s vysokou přesností.

Dále byl proveden návrh demonstračního kufru s UMC100 pro ABB s.r.o., který je možné v budoucnu realizovat a bude použit pro účely společnosti. Návrh obsahuje řešení pomoci napájení jednofázové sítě.

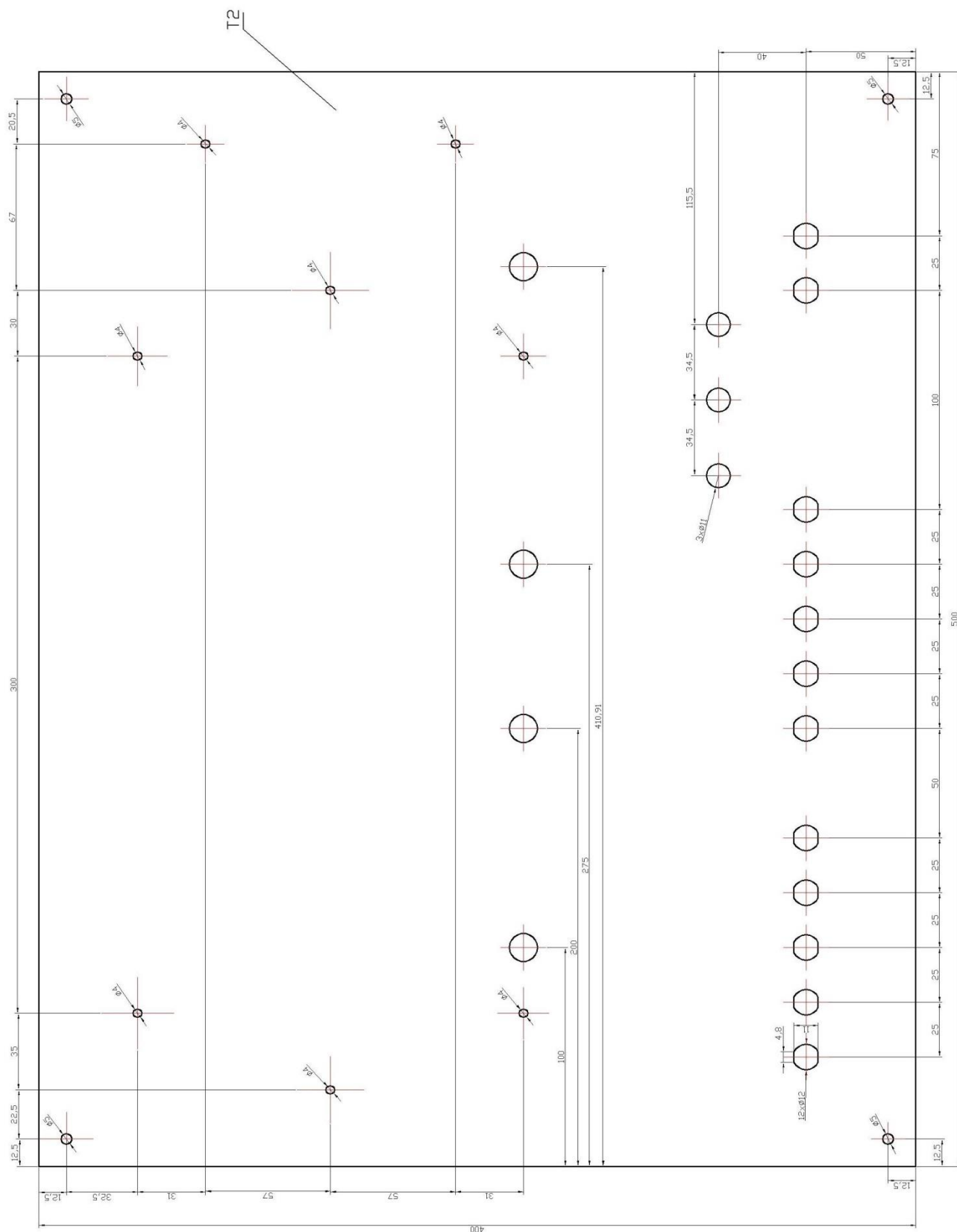
Příloha obsahuje výkres nosného plechu, krycí panel kufru pro ABB s.r.o., snímek pořízený při experimentálním měření pomocí dynamometru ASD 10K-2 a tabulku naměřených hodnot pomocí analyzátoru Yokogawa WT1800.

LITERATURA

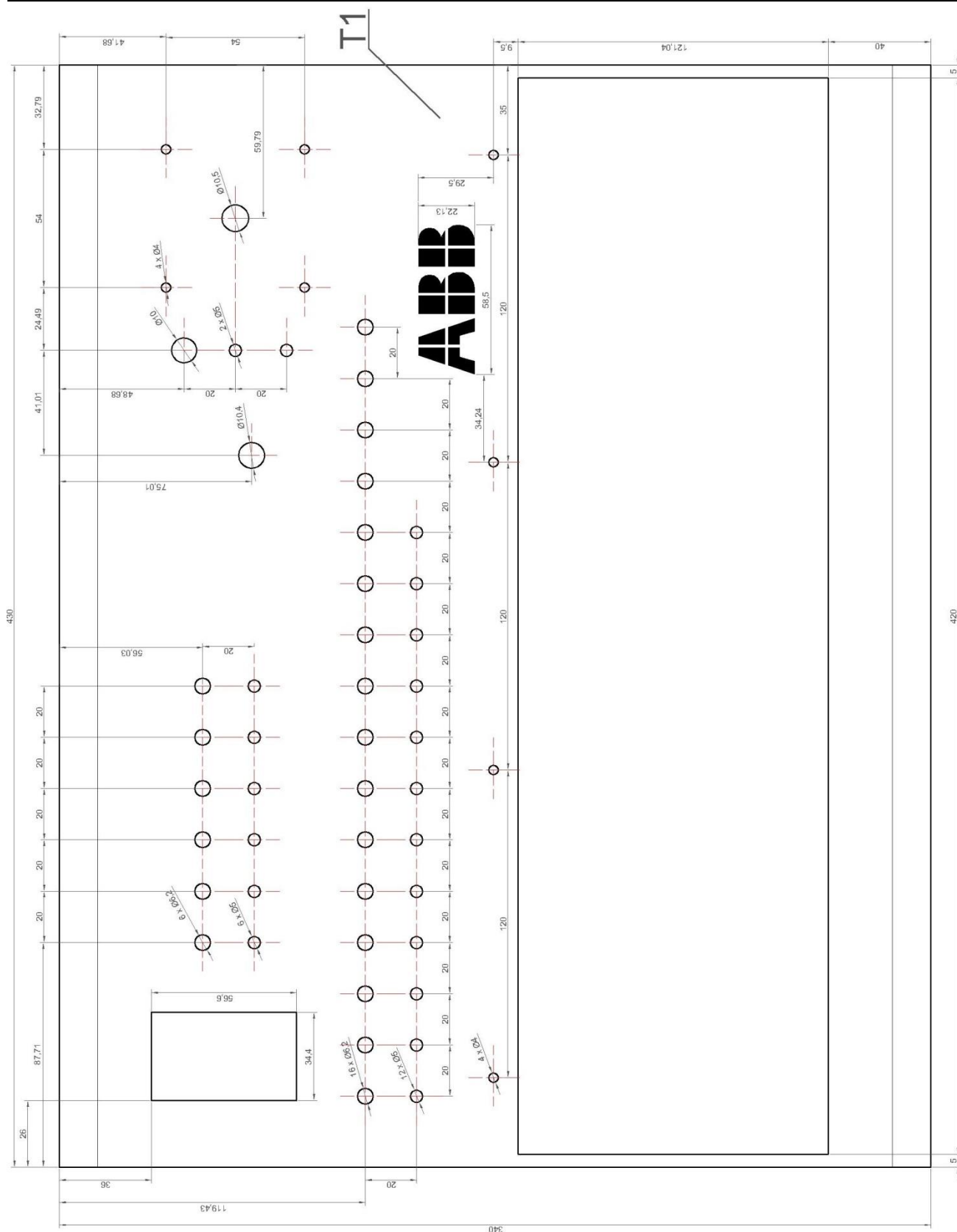
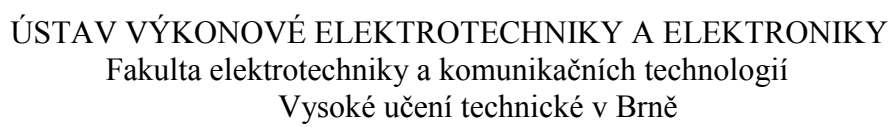
- [1] ABB. *Universal Motor Controller UMC100-FBP: Technical Description*. 06.2013, 158 s. DOI: 2CDC 135 013 D0203. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/759d437ff73434a9c1257b8d002f82a8/\\$file/2CDC135013D0203b.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/759d437ff73434a9c1257b8d002f82a8/$file/2CDC135013D0203b.PDF)
- [2] ABB. *Installations instructions: UMC100-FBP ATEX*. 2 s. DOI: 2CDC 135 028 M9901. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/022cdc3411c736d3c1257b5c0021af15/\\$file/2CDC135028M9901.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/022cdc3411c736d3c1257b5c0021af15/$file/2CDC135028M9901.PDF)
- [3] ABB. *FBP FieldBusPlug - Communicative Control and Protection Components: Catalog 2012*. 11.2012, 36 s. DOI 2CDC 190 022 C0205. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9bffc47cd416e45ac1257ae90036c7cb/\\$file/2CDC190022C0205.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9bffc47cd416e45ac1257ae90036c7cb/$file/2CDC190022C0205.pdf)
- [4] ABB. *Installation instructions: VI150-FBP, VI155-FBP*. 06.2011, 2 s. DOI: 2CDC 135 016 M6801. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ad48b3eab2d8e7cc12578c500429d01/\\$file/2CDC135016M6801.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ad48b3eab2d8e7cc12578c500429d01/$file/2CDC135016M6801.PDF)
- [5] ABB. *Installation instructions: DX111-FBP, DX122-FBP*. 08.2009, 2 s. DOI: 2CDC 135 012 M6801. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9f524139efb8592cc12576d600296cff/\\$file/2CDC135012M6801.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9f524139efb8592cc12576d600296cff/$file/2CDC135012M6801.PDF)
- [6] ABB. *Primary switch mode power supplies: CP-D 12/2.1; CP-D 24/1.3*. 11.2010, 2 s. DOI: 1SVC 427 041 M0000 A1. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f0a28e8000704a8dc12577f20044c904/\\$file/1SVC427041M0000.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f0a28e8000704a8dc12577f20044c904/$file/1SVC427041M0000.pdf)
- [7] ABB. *Measuring and monitoring relays: Product group picture*. 132 s. DOI: 2CDC 110 004 C0208. Dostupné z:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/708eb1236ffdb634c1257ab80045606d/\\$file/2CDC110004C0208_02.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/708eb1236ffdb634c1257ab80045606d/$file/2CDC110004C0208_02.pdf)
- [8] STEJSKAL, Josef. Zapojování přístrojových transformátorů napětí a proudu. In: *KPB Intra: Instrument Transformers* [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.kpb intra.cz/cz/podpora/zapojovani.html>
- [9] ONDRŮŠEK, Čestmír. Elektrické stroje. 103 s. Vysoké učení technické v Brně. Skripta.
- [10] BEKR, Zdeněk. Ochrana motorů: Elektrické pohony a výkonová elektronika. In: *Elektro* [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25872
- [11] Měřička J., Zoubek Z. : Elektrické stroje, skriptum ČVUT 1990
- [12] Třídy izolace. In: *Pohonná technika* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/asynchronni-motor/tridy-izolace>
- [13] Energy Efficiency Explained. In: [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.jjloughran.com/Information/EnergyEfficiencyExplained>



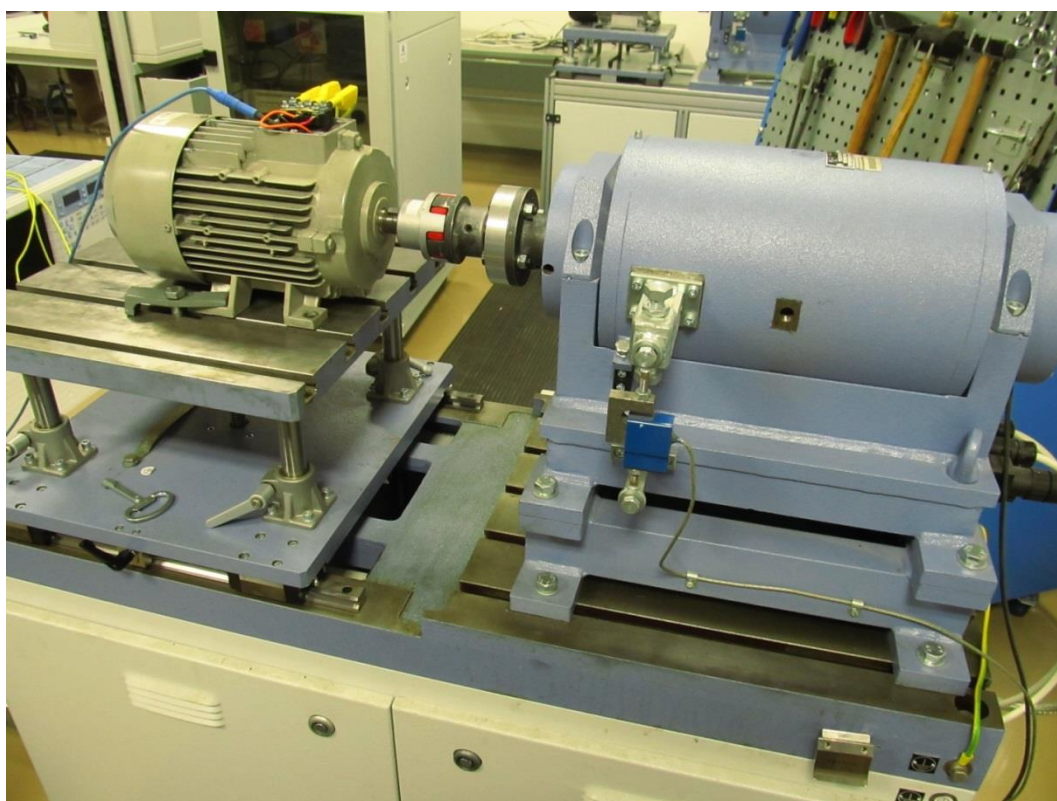
PŘÍLOHY



Obr. 0.1 Plech



Obr. 0.2 Krycí panel kurfu



Obr. 1.0.3 Experimentální měření pomocí dynamometru ASD 10K-2

Č.M.	M	n	$U_{stř}$	$I_{stř}$	P_1	Q_1	P_2	$\cos \varphi$
	[Nm]	[min ⁻¹]	[V]	[A]	[W]	[var]	[W]	[-]
1	10	1427	392,6	3,587	1893,4	1538,5	1494,4	0,776
2	9	1434	392,9	3,365	1710,5	1522,3	1351,5	0,747
3	8	1442	393,2	3,163	1532,5	1514,0	1208,0	0,711
4	7	1450	392,4	2,982	1355,6	1513,4	1062,9	0,667
5	6	1457	392,6	2,816	1180,0	1508,2	915,5	0,616
6	5	1465	393,5	2,689	1012,2	1527,9	767,1	0,552
7	4	1472	393,1	2,576	845,9	1536,5	616,6	0,482
8	3	1479	393,3	2,502	681,1	1562,0	464,6	0,400
9	2	1485	392,9	2,451	518,2	1585,8	311,0	0,311
10	1	1492	393,8	2,443	427,5	1610,3	156,2	0,257
11	0	1498	393,6	2,426	270,1	1632,1	0,0	0,163

Tab. 0.1 Měření závislosti účinniku $\cos \varphi$ na velikosti zatížení