

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Měniče kmitočtu pro elektrické pohony

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David VÁGNER**  
Osobní číslo: **E12B0113K**  
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Měniče kmitočtu pro elektrické pohony**  
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Proveďte stručný přehled současných frekvenčních měničů na trhu a jejich porovnání. Práce bude obsahovat tyto body:

1. Vytvořte obecný popis měničů kmitočtu, jeho základní principy a výhody pro jejich použití.
2. Uveďte pro několik předních výrobců přehled jejich jednotlivých produktových řad.
3. Charakterizujte detailně u vybraných produktových řad jejich vlastnosti a specifika (způsoby napájení, ochrany, EMC, vstupy/výstupy, komunikace, rozměry, rozsah výkonů atd.).
4. Uveďte dle možností i praktickou ukázkou aplikaci měniče v praxi.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

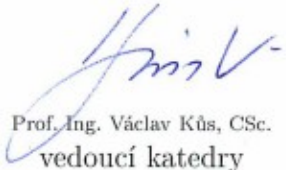
**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Pittermann, Ph.D.**  
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kús, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na měniče kmitočtů pro elektrické pohony. Součástí práce je obecný popis měniče kmitočtu s uvedením jeho základního principu a popsáním hlavních výhod jeho použití. Pro přední výrobce těchto měničů jsou uvedeny jejich hlavní produktové řady se stručnou charakteristikou. Vybrané produkty jsou poté detailně popsány, s uvedením jejich hlavních vlastností a specifik. V závěrečné části této práce je uvedena ukázka aplikace měniče v praxi. Pro tyto ukázky jsou vybrány projekty, které byli realizovány v provozu.

## **Klíčová slova**

Měnič kmitočtu, asynchronní motor, usměrňovač, střídač.

## **Abstract**

The bachelor work presented is focused on frequency convertors for electric drives. A part of this thesis consists of a general description of a frequency convertor with presentation of its basic principles and highlighting its main advantages in use. Also, for the producers of the frequency convertors, their main product lines with brief characteristic are introduced. The chosen products are then described in detail with listing their fundamental features and specifics. In the final part of this work there is an illustration of application of the frequency convertors in practise. Projects, which were chosen for the illustrations, had been realised in operation.

## **Key words**

Frequency convertor, asynchronous motor, rectifier, inverter.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne: 26.5.2015

David Vágner

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Pittermannovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

Úvod.....	9
1 Obecný popis měniče kmitočtu.....	9
1.1 Usměrňovač.....	9
1.2 Meziobvod.....	10
1.3 Střídač.....	10
2 Přehled výrobců měničů na trhu a jejich produktové řady.....	11
2.1 Siemens.....	11
2.2 Danfoss.....	11
2.3 Control Techniques .....	11
2.4 Yaskawa.....	13
2.5 Allen-Bradley.....	13
2.6 ABB.....	13
2.7 Eaton.....	14
2.8 Teco.....	15
2.9 Schneider electric.....	15
3 Detailní charakteristika vybraných produktů.....	16
3.1 Siemens – Sinamics G120.....	16
3.1.1 Obecný popis.....	16
3.1.2 Výkonové moduly.....	17
3.1.3 Řídicí jednotky.....	18
3.1.4 Bezpečnostní funkce měničů SINAMICS G120.....	19
3.1.5 Elektromagnetická kompatibilita.....	19
3.2 Control Techniques - Unidrive SP.....	20
3.2.1 Výkonové řady.....	21
3.2.2 Řídicí svorkovnice.....	22
3.2.3 Bezpečnostní funkce.....	22
3.2.4 Volitelné moduly.....	23
3.2.5 Ochrany v měničích.....	25
4 Praktická ukázka.....	25
4.1 Elektronická hřídel - Unidrive SP.....	25
4.1.1 Obecný popis linky.....	25
4.1.2 Aplikace elektronické hřídele.....	26
4.2 Omotávací zařízení pro ochranu trubek - Sinamics G120.....	27
4.2.1 Obecný popis zařízení.....	27
Závěr.....	29
Seznam použité literatury.....	30
Přílohy.....	31



## Úvod

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na provedení přehledu současných frekvenčních měničů na trhu s uvedením ukázky jejich aplikace v praxi.

Text je rozdělen do čtyř kapitol. V první kapitole je popsán obecný popis měniče kmitočtu, ve druhé kapitole je uveden seznam předních dodavatelů měničů na trhu s uvedením jejich hlavních produktových řad, ve třetí kapitole jsou detailně popsány vybrané produktové řady a v poslední čtvrté kapitole je uvedena praktická ukázka aplikace měniče v praxi.

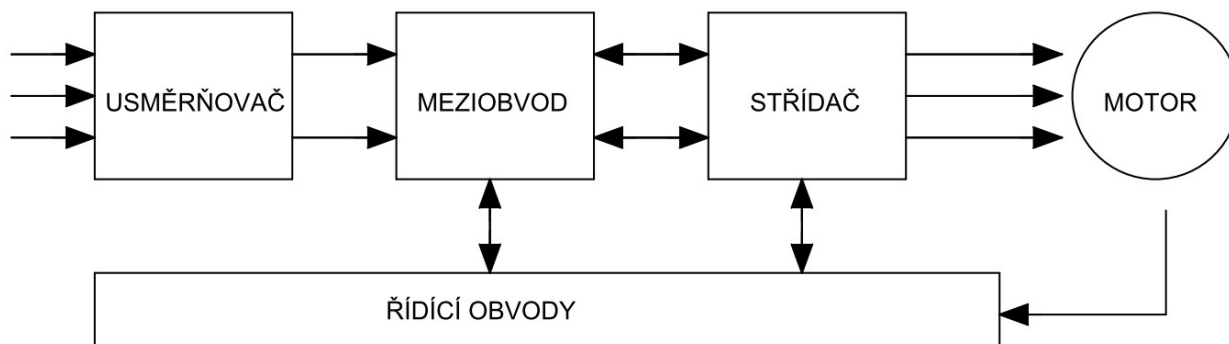
## 1 Obecný popis měniče kmitočtu

Měnič kmitočtu (v praxi často nazývaný jako frekvenční měnič) je zařízení sloužící k přeměně střídavého napětí a proudu jednoho kmitočtu na napětí a proud kmitočtu jiného. Používají se nejvíce pro řízení rychlosti střídavých strojů s asynchronními motory i synchronními motory a servomotory. Vzhledem k masovému rozvoji polovodičových technologií se stalo řízení motorů pomocí frekvenčních měničů nejpoužívanějším způsobem řízení těchto pohonů. Mezi hlavní výhody použití měničů patří plynulý rozběh motoru, který je z hlediska mechanického namáhání při rozběhu šetrný ke všem mechanickým částem, které jsou součástí poháněného zařízení. Samozřejmostí je také plynulý doběh poháněné soustavy. Měniče kmitočtu nám umožňují plynulou regulaci otáček s možností dosáhnout vyšších otáček motoru než jsou jeho jmenovité otáčky. Frekvenční měniče pro malé výkony motorů můžeme napájet jednofázovým napětím 230 V při použití klasického třífázového motoru.

Frekvenční měniče dělíme:

- podle počtu napájecích fází - jednofázové, trojfázové a m-fázové
- podle způsobu zapojení - přímé a nepřímé měniče

Frekvenční měnič lze rozdělit do čtyř oddílů, tak jak je vidět na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1 – Hlavní části třífázového frekvenčního měniče [3].

### 1.1 Usměrňovač

Usměrňovač je polovodičový měnič, který mění střídavý proud na stejnosměrný. Zpravidla je napájen jednofázovým nebo třífázovým napětím ze sítě a na svém výstupu má pulzující napětí. Usměrňovač je nedílnou součástí nepřímého měniče kmitočtu a lze jej rozdělit dle několika hledisek.

- Podle řízení: řízené a neřízené.  
Podle počtu fází: jednofázové, třífázové a m-fázové.  
Podle zapojení: můstkové  
Podle toku energie: energeticky jednosměrné a dvousměrné [2].

## 1.2 Meziobvod

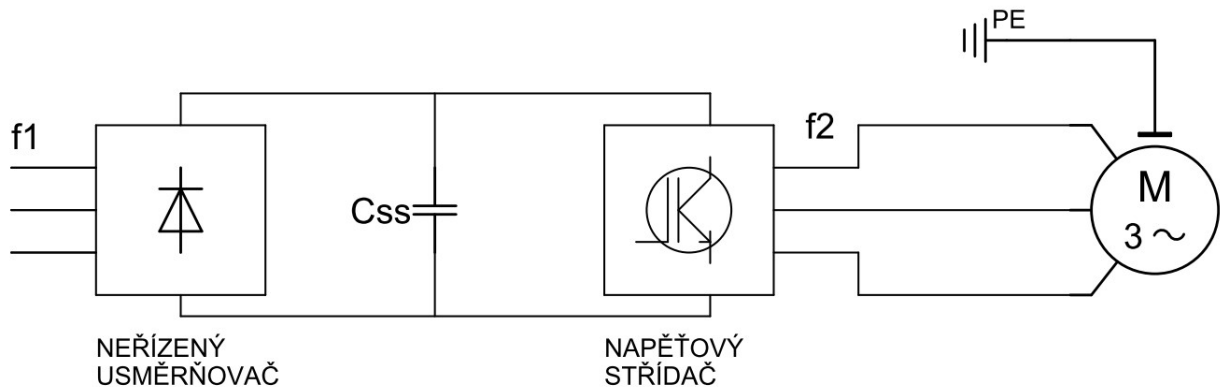
Meziobvod je zapojen mezi usměrňovačem a měničem, respektive střídačem. Tento meziobvod slouží jako zásobník energie pro střídač. V principu může být meziobvod napěťový nebo proudový. Složení tohoto obvodu záleží na typu usměrňovače a silové části střídače.

## 1.3 Střídač

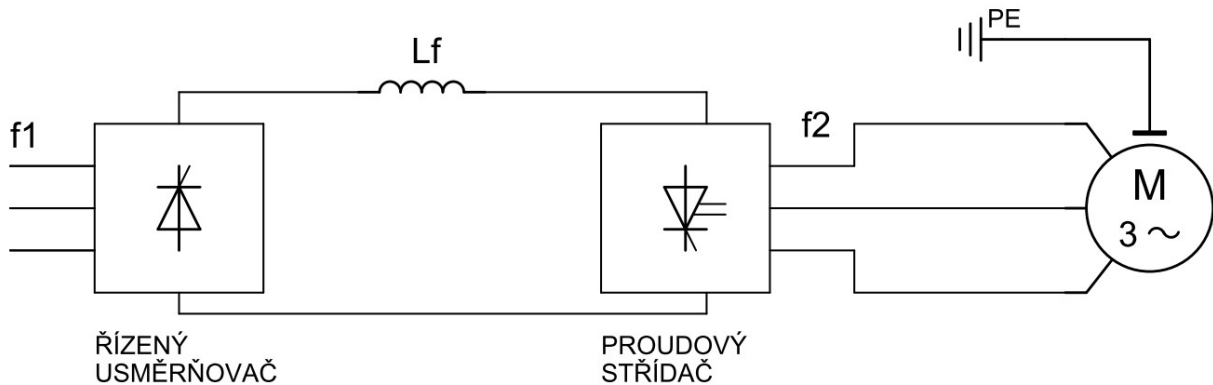
Střídač je poslední část před motorem. Střídač nastavuje výstupní napětí požadavkům zátěže pro dosažení optimálních pracovních podmínek motoru v celém regulačním rozsahu. Podle uspořádání stejnosměrného obvodu můžeme nepřímé měniče dělit na:

nepřímý měnič s proudovým střídačem

nepřímý měnič s napěťovým střídačem



Obrázek 1.2 – Struktura nepřímého měniče kmitočtu s napěťovým střídačem [2].



Obrázek 1.3 – Struktura nepřímého měniče kmitočtu s proudovým střídačem [2].

Ačkoli může měnič pracovat různými způsoby, jsou konstruovány podobně. Hlavními složkami jsou řízené polovodiče, spojené ve dvojicích do třech větví. V měničích dominují tranzistory IGBT. Jedná se o bipolární tranzistory s izolovaným gate, které mohou přepínat velmi rychle mezi vodivým a blokováným stavem. V porovnání s tyristory, mají tranzistory tu výhodu, že mohou vést nebo blokovat kdykoliv během periody. Tyristor ve vodivém stavu nelze zavřít dokud napětí na něm neprojde nulou. Pokud je třeba tyristor zavřít v jiném čase, jsou třeba speciální zhášecí obvody.

Tranzistory také umožňuje vyšší spínací frekvence. Maximální četnost spínání u tyristorů je 2 kHz, zatímco prvky, jako jsou IGBT dosahují asi 20 kHz. Je tak možné zvýšit frekvenci spínání měniče z 300 Hz až do 20 kHz [3] [4].

## 2 Přehled výrobců měničů na trhu a jejich produktové řady

### 2.1 Siemens

Protože se měničům Siemens věnuji v kapitole 3.1 tak zde uvádím pouze stručný přehled produktových řad.

**Sinamics** – jedná se o nízkonapěťové měniče a jsou tvořeny produkty Sinamics V20, Sinamics G110, Sinamics G120, Sinamics G130, Sinamics G150, Sinamics G180, Sinamics S110, Sinamics S120, Sinamics S150 a Micromaster 420, 430 a 440. V současné době je řada Micromaster již výběhovým typem a její podpora firmou Siemens je pomalu ukončována.

**Střídavé vysokonapěťové měniče** – v této produktové řadě se objevují měniče Robicon Perfect Harmony, Sinamics GM150 a Sinamics SM150.

**Stejnoseměrné měniče** – Sinamics DC Master a Simoreg DC Master.

### 2.2 Danfoss

**VLT® Refrigeration Drive FC 103** – tato řada měničů je vhodná pro řízení čerpadel, ventilátorů a kompresorů a pokrývá výkonový rozsah od 1.1 kW do 250 kW.

**VLT® HVAC Drive FC 100** - je určen pro aplikace v oblasti klimatizace, ventilace, vytápění a chlazení.

**VLT® AutomationDrive FC301 a FC302** - tato řada je představitelem koncepce jednoho měniče pro řízení celé výrobní linky, od běžných aplikací po servomechanismy jakýchkoliv strojů.

### 2.3 Control Techniques

**Unidrive M100** – tento měnič přináší ekonomicky úsporný a jednoduchý způsob řízení asynchronních motorů v otevřené smyčce. Měnič je určen zejména pro nejjednodušší aplikace.

**Unidrive M200** – tento měnič je postaven na principu řady M100, ale lze jej rozšířit o dodatečné rozšiřující moduly s komunikací či dalšími vstupy a výstupy. Pomocí komunikační sběrnice je možné měnič na dálku řídit a monitorovat jeho stav. Pokročilý vektorový algoritmus řízení rotorového toku zabezpečí maximální stabilitu otáček asynchronního motoru.

**Unidrive M300** - M300 má stejnou výbavu jako M200 a navíc disponuje dvěma bezpečnostními vstupy STO (Safe Torque Off). Takto můžeme splnit požadavky standardu SIL3 bez přídatných stykačů či jiných bezpečnostních obvodů a snížit tak velikost rozváděče a cenu celého stroje.

**Unidrive M400** - Unidrive M400 je vybaven integrovaným PLC, s nímž lze realizovat jednoduchý řídicí program přímo v měniči. Pokročilý algoritmus řízení rotorového toku RFC-A zabezpečí maximální stabilitu otáček asynchronního motoru. Dva integrované bezpečnostní vstupy zajistí nejvyšší stupeň bezpečnosti splněním požadavků SIL3. Jako příslušenství je k dispozici vícejazyčný textový LCD displej.

**Unidrive M600 (s rekuperací)** - Měnič M600 přidává možnost řízení motorů s permanentními magnety bez zpětné vazby. Jeho výkonný procesor umožňuje naprogramovat i složitější PLC programy přímo v měniči. M600 lze rozšířit až o tři rozšiřující moduly. AFE (Active Front End) umožňuje použít M600 v rekuperačním zapojení nebo v zapojení se společnou DC sběrnicí pro celkové snížení spotřeby energie.

**Unidrive M700 (s rekuperací)** - M700 má všechny funkce měniče řady M600 a navíc přidává možnost řízení motorů ve zpětné vazbě, prakticky všemi druhy používaných snímačů (enkodéry, resolvery, absolutní snímače polohy atd.) Vestavěný real-time Ethernet umožňuje řídit měnič dostatečně rychle a flexibilně. Odchylka synchronizace je nižší než 1  $\mu$ s a čas cyklu dosahuje 250  $\mu$ s. Integrovaný Motion Controller umožňuje naprogramovat elektronickou hřídel, vačku a další vyspělé polohovací funkce. AFE (Active Front End) umožňuje použít měnič řady M700 v rekuperačním zapojení.

**M800 (s rekuperací)** - M800 a M810 jsou nejvýkonnější měniče z celé řady Unidrive M. Jejich vestavěný Machine Controller dokáže samostatně řídit motion aplikace a nezatěžuje tak řídicí systém. Pohon tedy může pracovat i v případě ztráty komunikace s nadřazeným řídicím systémem. AFE (Active Front End) umožňuje použít měnič řady M800 v rekuperačním zapojení.

**Commander SK** - Měniče kmitočtu Commander SK jsou určeny k řízení otáček standardních i speciálních třífázových asynchronních motorů bez použití otáčkové nebo polohové zpětné vazby. Tento měnič může pracovat ve skalárním režimu (charakteristika  $U/f$  = konstantní, charakteristika  $U/f$  může mít nastavení lineární nebo kvadratický průběh - lze připojit více motorů paralelně), nebo ve vektorovém režimu bez zpětné vazby (lze připojit pouze jeden motor).

**Unidrive SP** - Měniče Unidrive SP umožňují práci s většinou typů třífázových střídavých motorů (asynchronních i synchronních) s využitím rekuperační jednotky, která vrací energii do sítě při provozu motoru v generátorovém režimu. Skalární režim (režim s definovaným poměrem  $U/f$ ) lze použít pro standardní asynchronní motory bez zpětné otáčkové vazby a v tomto režimu můžeme připojit i více motorů paralelně. Pro vektorový režim lze připojit pouze jeden motor.

**Unidrive SP Freestanding** - Jedná se o kompaktní konstrukční řešení měničů Unidrive SP větších výkonů. Měniče jsou zabudovány do rozváděčových skříní s krytím IP21 (na požadavek IP23). Jsou určeny pro řízení otáček standardních i speciálních třífázových motorů v otevřené i uzavřené otáčkové smyčce. Rozváděče lze vybavit dalším příslušenstvím dle přání zákazníka.

**Unidrive SPM** - Jedná se o modulární systém měničů Unidrive SP vhodný pro větší výkony. Umožňuje sestavit měnič požadovaného výkonu při využití různých variant silového zapojení. Mimo jiné je možný i rekuperační provoz. Měniče si dále můžeme vybrat v provedení se 6-ti, 12-ti, 18-ti a 24-ti pulzním diodovým usměrňovačem.

**Digitax ST** - Měniče řady Digitax ST jsou určeny pro řízení synchronních servomotorů s permanentními magnety. Jsou vhodné pro aplikace vyžadující vysoký špičkový kroutící moment a dynamickou odezvu. Vynikají širokou modularitou, snadno a bezproblémově se instalují a začleňují do nadřazených automatizačních celků. Dodávají se ve čtyřech variantách dle funkční vybavenosti (Base, Indexer, EZ motion a Plus).

**Affinity** - Frekvenční měniče Affinity jsou určeny pro řízení čerpadel nebo kompresorů. Jsou speciálně přizpůsobené aplikacím pro automatizaci v budovách.

## 2.4 Yaskawa

**L1000V** - Pro pohony výtahů s asynchronními motory s převodovkou. Cenově dostupné řešení pro rychlosti klece do 1m/s bez zpětné otáčkové vazby.

**L1000A** - Nová řada výtahových měničů určených pro bezpřevodové synchronní motory, ale i klasické asynchronní pohony s převodovkou.

**A1000** – Jedná se o novou generaci měničů kmitočtu nabízející mimořádné vlastnosti s využitím vektorového řízení. Díky vyspělým uživatelsky zaměřeným funkcím je tato řada určena pro široké pole aplikací umožňujících řízení asynchronních motorů a synchronních motorů s permanentními magnety. Standardem jsou nové bezpečnostní funkce, odpovídající současným bezpečnostním normám a nařízením.

**V1000** – Tento měnič je kompaktní a univerzální měnič kmitočtu pro všeobecné použití.

**J1000** - Jednoduché a rychlé uvedení měniče J1000 do provozu usnadňuje jeho použití v širokém spektru aplikací malých výkonů. Zajímavou funkcí tohoto měniče je možnost brzdění bez nutnosti použití brzděného odporu. S tímto měničem dosahujeme nízké hlučnosti motoru při nízké modulační frekvenci.

## 2.5 Allen-Bradley

Portfolio měničů PowerFlex zahrnující všechna napětí a širokou škálu výkonové zatížitelnosti nabízí výhody společného ovládání a obsluhy. Měniče PowerFlex nabízejí řešení pro řízení motorů od regulace otáček s otevřenou smyčkou až po přesné řízení otáček a točivého momentu.

Měniče PowerFlex třídy 4 jsou jednoduchým a cenově dostupným řešením pro aplikace menších rozsahů pro řízení střídavých asynchronních motorů v rozsahu výkonů od 0.37 kW do 11 kW. Do této kategorie patří řada měničů PowerFlex 4M, 4, 40, 40P, 400.

Měniče PowerFlex třídy 7 se vyznačují rozsáhlým souborem funkcí a specifických aplikačních parametrů, a jsou tak ideální pro vysoce výkonné aplikace. Tato třída měničů je určena pro pokročilé aplikace s požadavky na flexibilitu a vysokou úroveň integrace systému. Tuto produktovou řadu reprezentují měniče PowerFlex 70, 700, 700H, 700S, 700L, 753 a 755.

## 2.6 ABB

Portfolio měničů firmy ABB nabízí pokrytí potřeb aplikací od kompaktních měničů po průmyslové pohony. Zabudované funkce, jako například přímé řízení momentu, poskytují přesné ovládání motoru bez potřeby dodatečné zpětné vazby. Měniče je možné propojit na úroveň automatického řízení přes různé komunikační a IO možnosti. Mnohé produktové řady již poskytují zabudované bezpečnostní prvky, jako například funkce "safe torque-off", která odpojením přívodu energie k motoru zabraňuje neočekávanému opětovnému náběhu motoru. Bezpečnostní funkci lze dále rozšířit přidavnými bezpečnostními moduly.

**ACS55 a ACS150** - micro drive - tato řada měničů je vhodná pro řízení čerpadel, dopravníkových systémů a ovládání vrat. Rozsah výkonů řízených pohonů je od 0,18 kW až po 4 kW pro napájecí napětí měničů 1x200-240 V AC, 3x200-240 V AC a 3x380-480 V AC s montáží na DIN lištu ve stupni krytí IP 20.

**ACS310 a ACS550** – Standardní měniče. Řada ACS310 je využívána k inteligentní regulaci čerpadel a ventilátorů pro výkony od 0.37 kW až do 11 kW při napájení 1x230 V AC a pro výkony od 0.37 kW až do 22 kW při napájení 3x400 V AC. Řada ACS550 je využívána pro vektorové řízení

pohonů ventilátorů, čerpadel, míchacích zařízení či dopravníkových systémů s výkony od 0.75 kW až po 355kW při napájení 3x230 V AC nebo 3x400 V AC.

**ACS800 a ACS880** – Tyto průmyslové měniče se dodávají v široké škále variací od měničů s montážní na DIN lištu v krytí IP20 až po samostatně stojící skříně pro řízení pohonů do výkonu 560kW a maximální napájecí napětí 3x690 V AC. Tato řada měničů nabízí možnost konfigurace měniče s využitím plné rekuperace energie do sítě.

**ACS355 a ACS850-04** – Měniče pro strojní zařízení. Řada měničů ACS355 je zaměřena na použití řízení pohonů v potravinářském a nápojovém průmyslu, zpracování pryže, plastů a dřeva pro výkony od 0.37 kW do 22 kW. Měniče řady ACS850-04 jsou ideální pro řízení jednoosých či víceosých strojů s výkonem od 0.73 kW až po výkony do 560 kW. Užívají se pro řízení asynchronních a synchronních strojů s permanentními magnety.

**ACSM1** - Měniče pro řízení polohy – ACSM1 jsou frekvenční měniče pro strojní aplikace s vysokými nároky zajišťující vynikající řízení otáček, momentu a polohy pro velmi složité a náročné stroje. Ovládají synchronní a asynchronní servomotory a motory s vysokým momentem v součinnosti s různými zpětnovazebními členy. Rozmanité programovací nástroje umožňují konfigurovat měniče pro téměř všechny aplikace. Pomocí vyjímatelné paměťové karty může být měnič konfigurován i mimo místo jeho uvádění do provozu. Rozsah výkonu od 0,75 kW až do 160 kW.

## 2.7 Eaton

**PowerXL DC1** – tyto frekvenční měniče jsou vhodné k řízení ventilátorů, čerpadel a dopravníků až do výkonu 11 kW. Charakteristika U/f řízení umožňuje zajistit vysoký točivý moment motoru i při nízké rychlosti. Produktová řada DC1 dokáže pohánět motor při 150 % jmenovitého zatížení po dobu 60 sekund a 175 % po dobu 2 sekund. Vestavěný PI regulátor může realizovat regulaci například průtoku nebo tlaku pomocí ovládacího obvodu se snímači disponujícími analogovým signálem 0 - 10 V. Všechny modely jsou dodávány se 7-segmentovým displejem a klávesnicí. Volitelně lze vybírat vestavěný EMC filtr a brzdový rezistor. V případě, že základní výbava DC1 je nedostačující, může být snadno rozšířena pomocí doplňujících modulů vstupů, výstupů a příslušných komunikačních modulů.

**PowerXL DA1** – tato řada měničů je ideální volbou pro řízení náročných a rychlostně závislých aplikací se širokým rozsahem výkonu až do 250 kW. Standardem této produktové řady je podpora komunikace Modbus-RTU nebo CANopen a integrovaný EMC filtr s brzdovým tranzistorem. Kromě vektorového řízení je možné využít základního řízení U/f. Frekvenční měniče mohou být provozovány při 150% přetížení při provozu a 200% přetížení při startu. Stupeň krytí IP66 umožňuje použití v aplikacích s instalací mimo rozváděč. Do zařízení mohou být přidány různé rozšiřující moduly stejně jako další vstupy a výstupy (analogové či digitální) popřípadě s příslušným komunikačním modulem. Všechny výkonové typy jsou k dispozici také s displejem OLED s vysokým rozlišením.

**SLX9000** – tyto frekvenční měniče jsou určeny pro lehké komerční a průmyslové aplikace. Výkonová jednotka využívá nejosofistikovanější polovodičové technologie a vysoce modulární konstrukci, kterou lze flexibilně přizpůsobit potřebám zákazníka. V nabídce této produktové řady jsou měniče pro napájení 380 V až 500 V, s výstupním výkonem 0,75 kW do 30 kW ve stupni krytí IP21 nebo IP54.

**SVX9000** – je to třífázový, vzduchem chlazený, kompaktní frekvenční měnič s rozsahem výkonu od 0,55 kW do 160 kW a napájecími napětími 208 V až 690 V pro standardní průmyslové aplikace s

proměnnou rychlostí. Největší předností těchto měničů je bezsenzorové vektorové řízení pomocí ASIC obvodu (Application-specific integrated circuit), který nabízí vysoce sofistikované funkce díky adaptivnímu modelu motoru. Výpočet magnetických toků v motoru je založen na měření všech tří výstupních proudů a napětí. Sledováním změn parametrů v průběhu času adaptivní model automaticky identifikuje parametry motoru pro bezsenzorové vektorové řízení nebo řízení poměru U/f. Vektorového řízení je dosaženo pomocí koordinace magnetického toku ve statoru, který je imunní vůči malým změnám při měření a parametřům motoru. Sofistikované bezsenzorové řízení vektoru magnetického toku dosahuje dynamické přesnosti uzavřené regulační smyčky motoru v celém rozsahu otáček.

**SPX9000** - tyto nastavitelné frekvenční měniče jsou navrženy speciálně pro vysoce výkonné aplikace pro pohony typu master-slave, polohovací aplikace (jeřáby), řízení a synchronizace pnutí navijáků při navíjení, v rozsahu výkonů od 0,55 kW do 1800 kW pro napájecí napětí 208 V až 690 V. Podporováno je také bezsenzorové vektorové a jednoduché U/f řízení frekvence.

## 2.8 Teco

Frekvenční měniče Teco umožňují napájení asynchronních motorů s kotvou nakrátko pro výkony od 0.2 kW až po 375 kW při napájecím napětí 1x230 V nebo 3x400 V. Tyto frekvenční měniče umožňují jak skalární tak vektorové řízení. Do portfolia měničů tohoto výrobce patří řada E2, EV, CV a PA.

## 2.9 Schneider electric

**Altivar 12** - frekvenční měniče pro malé pracovní stroje a zařízení s výkonem od 0.18 kW do 4 kW. Využití tohoto měniče je v aplikacích pro jednoduché stroje do průmyslu, balicí technika, čerpadla a ventilátory. Frekvenční měnič Altivar 12 umožňuje tři typy řízení. První možností je skalární (U/f), druhou možností je vektorové řízení bez zpětné vazby a třetí možností je nastavení kvadratického profilu  $Kn^2$  pro ventilátory a čerpadla.

**Altivar 31** – je frekvenční měnič pro asynchronní motory ve výkonové řadě od 0.18 kW do 15 kW. Při napájecím napětí 1x230 V, 3x230 V, 3x380 V - 500 V a 3x525 V – 600 V. Regulace rychlosti je realizována vektorovým řízením bez zpětné vazby. Tyto měniče mají využití v aplikacích při manipulaci s materiálem, jeřáby, balicí stroje, čerpadla, ventilátory, dmychadla a kompresory.

**Altivar 312** - frekvenční měnič pro asynchronní motory ve výkonové řadě od 0.18 kW do 15 kW. Při napájecím napětí 1x230 V, 3x230 V, 3x380 V – 500 V a 3x525 V – 600 V. Zajímavostí u tohoto měniče je možnost nastavení příslušných parametrů přes mobilní telefon pomocí Bluetooth. Tyto měniče mají využití v aplikacích při manipulaci s materiálem, čerpadla, ventilátory, textilní stroje a balicí stroje.

**Altivar 32** - frekvenční měnič pro asynchronní a synchronní motory ve výkonové řadě od 0.18 kW do 15 kW, při napájecím napětí 1x230 V a 3x380 V – 500 V. Tento měnič je navržen jako ultra štíhlý produkt šíře 45 mm s integrovanými bezpečnostními funkcemi. Využití těchto měničů je v aplikacích pásových dopravníků, regálových zakladačů, jednoduchých balicích linek.

**Altivar 61** - frekvenční měniče pro třífázové asynchronní motory od 370 W do 800 kW pro ventilátory a odstředivá čerpadla. Napájecí napětí měničů je 3x200 V – 240 V a 3x380 V – 480 V ve stupni krytí IP20 nebo IP54.

**Altivar 71** - Frekvenční měniče pro třífázové asynchronní a synchronní motory od 370 W do 630 kW se zpětnou vazbou nebo bez zpětné vazby. Více jak 150 aplikačních funkcí včetně ovládání

externí brzdy, univerzálního procesního PID regulátoru, přepnutí do režimu přímého řízení momentu, režimu odbuzování v závislosti na zatížení a režimu sdílení momentu pro víceosé systémy. Měnič Altivar 71 je certifikován pro použití do prostředí s nebezpečím výbuchu ATEX.

**Altivar 1000** - Vysokonapěťové frekvenční měniče pro třífázové asynchronní motory od 0,5 MW do 10 MW.

### 3 Detailní charakteristika vybraných produktů

#### 3.1 Siemens – Sinamics G120

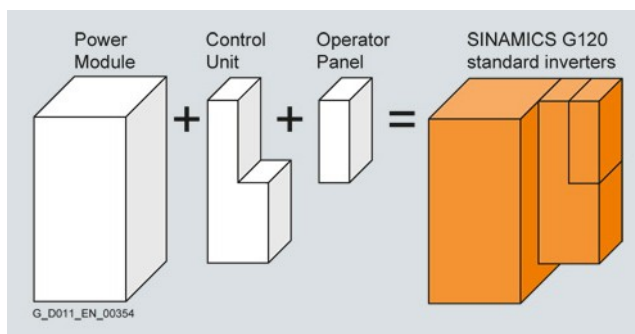


Obrázek 3.1 – Ukázka měničů řady Sinamics G120.

##### 3.1.1 Obecný popis

Produktové řada Sinamics G120 je reprezentována těmito frekvenčními měniči:

- **Sinamics G120** - má modulární strukturu a je používán při regulaci asynchronních motorů. Vyzdvihnout lze hlavně vrácení energie do sítě, řízení dle bezpečnostních standardů a schopnost komunikace v síti PROFINET. V této řadě je potřeba sestavit výsledný měnič z výkonové jednotky (Power modul PM) a řídicí jednotky (Control Unit CU).



Obrázek 3.2 – Sestava měniče řady Sinamics G120.



- **Sinamics G120C** - toto kompaktní provedení měniče je ekonomičtější variantou řady Sinamics G120, která v sobě zahrnuje základní požadavky na řízení otáček třífázových elektromotorů ve výkonovém rozsahu od 0.55 kW do 18.5 kW na napěťové hladině 3x400V.
- **Sinamics G120D** - je měnič s krytím IP65 navržený na bázi nové řady SINAMICS G120. Z uvedené řady zdědil vlastnosti jako je modulární koncepce (oddělená řídicí a výkonová část), bezpečnostní technologie (zabudované funkce STO, SLS, SS1, SSM, SDI) a rekuperační napájení výkonové části. Lze ho také použít s řídicí jednotkou, která umožňuje polohování se servomotory, jako je například motor 1FK7.
- **Sinamics G120P** - Sinamics G120 je modulární měnič, který je složen z řídicí jednotky (CU), výkonové jednotky (PM) a volitelně z ovládacího panelu. Je navržen pro použití v průmyslovém prostředí, kde ho použijeme pro regulaci vytápění, vzduchotechniky nebo klimatizace. Nový měnič Sinamics G120P poskytuje velmi kvalitní řešení regulace s uzavřenou smyčkou pro řízení ventilátorů ve vzduchotechnice, odstředivých čerpadel pro klimatizační systémy a kompresorových jednotek.

### 3.1.2 Výkonové moduly

#### Sinamics G120 – Power Modul PM230

Výkonové jednotky PM230 jsou navrženy pro použití s čerpadly, ventilátory a kompresory, které mají kvadratickou momentovou charakteristiku. Jsou nabízeny v krytí IP20 a IP55. Nejsou vybaveny brzdou jednotkou. Síťová tlumivka se nepoužívá. Jednotka má snížené výkonové ztráty, a proto šetří energii.

PM230 v provedení kniha ve stupni krytí IP20 a IP55:

Napájecí soustava:	3x 380 V – 480 V AC ±10 %	(výška x šířka x hloubka)
Velikost A:	0.37 kW až 3 kW	Rozměry: 460 x 154 x 264 [mm]
Velikost B:	4 kW až 7.5 kW	Rozměry: 540 x 180 x 264 [mm]
Velikost C:	11 kW až 18.5 kW	Rozměry: 620 x 230 x 264 [mm]
Velikost D:	22 kW až 30 kW	Rozměry: 640 x 320 x 344 [mm]
Velikost E:	37 kW až 45 kW	Rozměry: 751 x 320 x 344 [mm]
Velikost F:	55 kW až 90 kW	Rozměry: 915 x 410 x 431 [mm]

#### Sinamics G120 – Power Modul PM240

PM240 je robustní výkonová jednotka vybavená spínačem brzděné jednotky pro maření brzděné energie. Aplikuje se na široké spektrum standardních pohonů.

Napájecí soustava:	3x 380 V – 480 V AC ±10%	(výška x šířka x hloubka)
Velikost A:	0.37 kW až 3 kW	Rozměry: 460 x 154 x 264 [mm]
Velikost B:	2.2 kW až 4 kW	Rozměry: 540 x 180 x 264 [mm]
Velikost C:	5.5 kW až 15 kW	Rozměry: 620 x 230 x 264 [mm]
Velikost D:	18.5 kW až 30 kW	Rozměry: 640 x 320 x 344 [mm]
Velikost E:	37 kW až 45 kW	Rozměry: 751 x 320 x 344 [mm]
Velikost F:	55 kW až 132 kW	Rozměry: 915 x 410 x 431 [mm]

#### Sinamics G120 – Power Modul PM250

PM250 lze použít v obdobných aplikacích jako PM240. Energie vzniklá brzděním je vracena zpět do napájecí sítě. Brzdový spínač ani brzdový odporník nejsou potřeba.

Napájecí soustava:	3x 380-480V AC ±10 %
Výkonová řada:	5.5kW až 90kW

### Sinamics G120 – Power Modul PM260

PM260 je obdobně jako PM250 vybavena funkcí pro vracení brzděné energie do sítě. Dále je na vývodu k motoru doplněna sinusovým filtrem, který potlačuje napěťové špičky a umožní použití dlouhých motorových kabelů. Jednotka se používá na 500 V a 690 V napájecích soustavách. Brzdný spínač ani brzdný odporník nejsou potřeba.

Napájecí soustava: 3x 660 V – 690 V AC  $\pm 10\%$  ( při snížení výstupního výkonu lze použít i napájení až 3x 450 V).

### 3.1.3 Řídicí jednotky

#### Základní řada - jednotky s minimální cenou

Tyto řídicí jednotky se používají pro vektorové řízení pohonů bez zpětné vazby. Nejsou vybaveny bezpečnostní funkcí.

Tabulka 3.1 – Přehled řídicích jednotek – základní řada.

Jednotka	Komunikace	Bezpečnostní funkce	Vstupy a výstupy
CU240B-2	USS, ModbusRTU		4DI, 1DO, 1AI, 1AO, 1PTC
CU240B-2 DP	Profibus DP		

#### Jednotky s univerzálním použitím

Tyto řídicí jednotky se používají pro vektorové řízení pohonů bez zpětné vazby.

Tabulka 3.2 – Přehled řídicích jednotek – univerzální použití.

Jednotka	Komunikace	Bezpečnostní funkce	Vstupy a výstupy
CU240E-2	USS, ModbusRTU	STO	6DI, 3DO, 2AI, 2AO, 1PTC
CU240E-2 DP	Profibus DP	STO	
CU240E-2 PN	Profinet	STO	
CU240E-2 DP-F	Profibus DP	STO, SS1, SLS, SSM, SDI	
CU240E-2 PN-F	Profinet		

#### Jednotky se speciálními funkcemi pro PFC

Tyto řídicí jednotky se využívají pro aplikace ventilátorů, čerpadel a kompresorů s vektorovým řízením bez zpětné otáčkové vazby.

Tabulka 3.3 – Přehled řídicích jednotek – speciální funkce pro PFC.

Jednotka	Komunikace	Bezpečnostní funkce	Vstupy a výstupy
CU230P-2 HVAC	USS, ModbusRTU, BACnet, MS/TP		6DI, 3DO, 4AI, 2AO, 1PTC
CU230P-2 DP	Profibus DP		
CU230P-2 CAN	CANopen		

## Jednotky se vstupy pro snímače otáček motoru

Tabulka 3.4 – Přehled řídicích jednotek.

Jednotka	Komunikace	Bezpečnostní funkce	Vstupy a výstupy
CU250S-2	USS, ModbusRTU	STO, SS1, SBC	11DI, 3DO, 4DI/DO, 2AI, 2A
CU250S-2 DP	Profibus DP	SLS, SSM, SDI	
CU250S-2 PN	Profinet	3FDI	
CU250S-2 CAN	CANopen	PROFIsafe profil	

### 3.1.4 Bezpečnostní funkce měničů SINAMICS G120

**Safe Torque Off (STO) – Bezpečný stav STOP** - Tato funkce svým mechanismem zajistí měnič proti neočekávanému spuštění dle EN 60204-1. Funkce STO blokuje řídicí pulsy k výkonové jednotce a zajistí tak odpojení motoru od napájení (to odpovídá stavu STOP Kategorie 0 dle EN 60204-1). Pohon je tedy ve stavu bez momentu na hřídeli motoru a tento stav je měničem kontrolován.

**Safe Stop 1 (SS1) – Bezpečné zastavení** - Funkce SS1 bezpečně zastaví pohon dle EN 60204-1, STOP Kategorie 1. Aktivací funkce SS1 začne měnič automaticky snižovat výstupní frekvenci po nastavené a monitorované doběhové rampě s tím, že po dosažení frekvence 2 Hz na výstupu automaticky aktivuje funkci STO a SBC (bezpečná řízení brzdy motoru). V případě, že měnič nemůže dodržet předem nastavenou doběhovou rampu a je požadováno zastavení, pak měnič aktivuje funkci STO a případně i SBC.

**Safely Limited Speed (SLS) – Bezpečná rychlost** - Funkce SLS sleduje otáčky motoru řízeného měničem a podle nastaveného módu buď sníží otáčky motoru na bezpečnou hodnotu nebo sleduje zda nebyly bezpečné otáčky překročeny. V případě nedodržení bezpečných podmínek provozu (např. měnič nesleduje nastavenou rampu nebo překročí maximální povolené otáčky), je aktivován ochranný mechanismus, který aktivuje funkci SS1 a následně STO, případně i SBC.

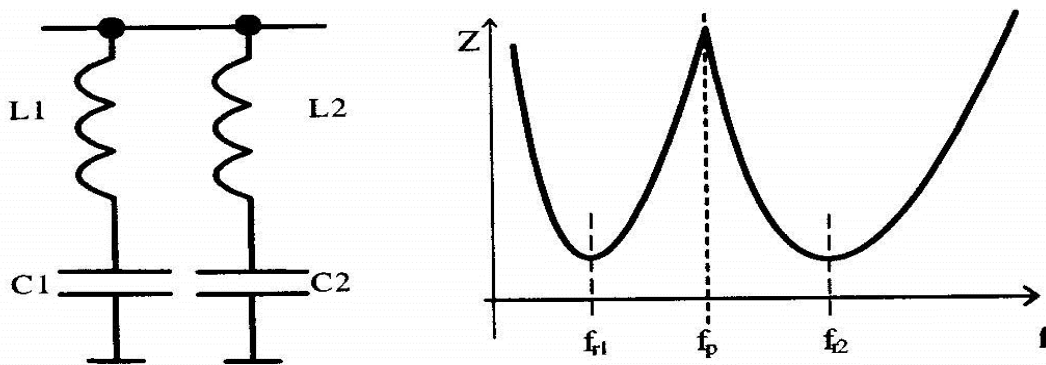
**Safe Speed Monitor (SSM) – bezpečné hlídání rychlosti** - Tato funkce signalizuje výstupním signálem stav, kdy rychlost pohonu je nižší než definovaná mez.

**Safe Direction (SDI) – bezpečný směr otáčení** - Tato funkce zajistí chod pohonu ve správném směru.

### 3.1.5 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita je definována uspokojivým provozem zařízení v elektromagnetickém prostředí bez generování elektromagnetického rušení, které by negativně ovlivňovalo jiná elektrická zařízení pracující v tomto prostředí. Měnič kmitočtu může ovlivňovat napájecí síť nebo napájené zařízení. Rušení vyzářované měniči kmitočtu je normativně určeno a je měřeno jako ovlivňování rádiových signálů. Norma definuje mezní hodnoty zařízení „třídy B“ (domovní napájecí sítě) a zařízení „třídy A“ (běžná průmyslová síť). Většina měničů je vybavena vnitřním vestavěným filtrem třídy A.

Negativní účinky měničů na napájecí soustavu je možné omezit pomocí filtračně kompenzačního zařízení (FKZ). Skupina filtrů je dimenzována a naladěna na příslušný kmitočet. Nejčastěji se volí charakteristické harmonické nejnižšího řádu. Na obrázku 3.3 je vyobrazeno zapojení dvou filtrů, které mohou být vyladěny například na 5. a 7. harmonickou. [2]



Obrázek 3.3 – Připojení dvou filtrů a jejich frekvenční charakteristika [2].

Frekvenční měniče mohou také negativně působit na koncové napájené zařízení. Pro omezení těchto negativních účinků se do obvodu motorového kabelového vedení připojuje výstupní tlumivka, která snižuje napěťové špičky. Dále je nutné dodržovat pravidla pro kladení silových a ovládacích kabelových vedení.

### 3.2 Control Techniques - Unidrive SP



Obrázek 3.4 – Ukázka měničů řady Unidrive SP.

Měniče Unidrive SP mohou pracovat s většinou typů třífázových střídavých motorů asynchronních i synchronních, protože uživatel může měnič nakonfigurovat do jedné z těchto kategorií:

- **Otevřená smyčka (Open loop) – Skalární režim (režim s definovaným poměrem U/f)**

Pro použití se standardními asynchronními motory bez otáčkové zpětné vazby. Charakteristika U/f může mít nastaven lineární nebo kvadratický průběh. Kvadratický průběh je vhodný pro použití pohonů ventilátorů, čerpadel a jiných aplikací s kvadratickým průběhem charakteristiky zátěže. Na jeden frekvenční měnič můžeme zapojit více motorů paralelně.

- **Otevřená smyčka (Open loop) - Vektorový režim bez otáčkové zpětné vazby**

Pro použití se standardními asynchronními motory bez otáčkové zpětné vazby. Při tomto způsobu řízení měniče lze připojit pouze jeden motor.

- **Vektor**

Pro použití se standardními asynchronními motory s otáčkovou zpětnou vazbou realizovanou pomocí enkodéru, resolveru či absolutního snímače. Podmnožinou režimu Vektor je režim RFC. Místo zpětnovazebního polohového čidla využívá měnič rychlostní estimátor (výpočtem získaný odhad polohy) pro určení polohy vektoru toku v motoru.

- **Servo**

Pro použití se synchronními servomotory s buzením permanentními magnety a synchronními motory (do počtu pólů  $2p = 60$ ) se zpětnou vazbou realizovanou speciálními enkodéry.

- **Rekuperační jednotka**

Umožňuje vracet energii do sítě, když motor pracuje v generátorovém režimu.

### 3.2.1 Výkonové řady

#### **Jednofázové napájení 200 V – 240 V AC $\pm 10$ %**

Velikost 0: 0.37 kW až 1.5 kW

#### **Třífázové napájení 200 V – 240 V AC $\pm 10$ %**

Velikost 0: 0.37 kW až 1.5 kW

Velikost 1: 0.75 kW až 2.2 kW

Velikost 2: 3 kW až 5.5 kW

Velikost 3: 7.5 kW až 11 kW

Velikost 4: 15 kW až 22 kW

Velikost 5: 30 kW až 37 kW

#### **Třífázové napájení 380 V – 480 V AC $\pm 10$ %**

Velikost 0: 0.37 kW až 1.5 kW

Velikost 1: 0.75 kW až 4 kW

Velikost 2: 5.5 kW až 15 kW

Velikost 3: 15 kW až 22 kW

Velikost 4: 30 kW až 45 kW

Velikost 5: 55 kW až 75 kW

Velikost 6: 90 kW až 110 kW

#### **Třífázové napájení 575 V AC $\pm 10$ %**

Velikost 3: 2.2 kW až 15 kW

Velikost 4: 18.5 kW až 37 kW

Velikost 5: 45 kW až 55 kW

Velikost 6: 75 kW až 90 kW

#### **Třífázové napájení 690 V AC $\pm 10$ %**

Velikost 4: 15 kW až 45 kW

Velikost 5: 55 kW až 75 kW

Velikost 6: 90 kW až 110 kW

Instalační rozměry měniče Unidrive SP jsou dány dle typové velikosti takto:

Velikost 0	322 x 62 x 226	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 1	368 x 100 x 219	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 2	368 x 155 x 219	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 3	368 x 250 x 260	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 4	510 x 310 x 298	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 5	820 x 310 x 298	výška x šířka x hloubka [mm]
Velikost 6	1131 x 310 x 298	výška x šířka x hloubka [mm]

### 3.2.2 Řídicí svorkovnice

Frekvenční měnič Unidrive SP je v základní variantě bez rozšiřovacích modulů vybaven základními jednotkami viz příloha č.1.

- Analogový vstup 1 – využívá se pro zadávání kmitočtu nebo referenčních otáček. Tento analogový vstup je napěťový 0-10 V.
- Analogový vstup 2 - využívá se pro zadávání kmitočtu nebo referenčních otáček. Tento analogový vstup je napěťový 0 až 10 V s použitím potenciometru.
- Analogový vstup 3 – použití pro připojení termistoru motoru (tovární nastavení), nebo jej můžeme využít jako analogový vstup těchto parametrů: 0-10 V, 0-20 mA, 4-20 mA.
- Analogový výstup 1 – použití pro otáčky nebo kmitočty: 0-10 V, 0-20 mA, 4-20 mA.
- Analogový výstup 2 – použití pro kroutící moment: 0-10 V, 0-20 mA, 4-20mA.
- 3 x digitální vstup/výstup.
- 3 x digitální vstup.
- 1 x funkce blokování měniče s funkcí bezpečného vypnutí.
- 1 x výstupní relé pro hlášení poruchy měniče.
- 1 x vstup Safe Torque Off (Bezpečné vypnutí krouticího momentu).

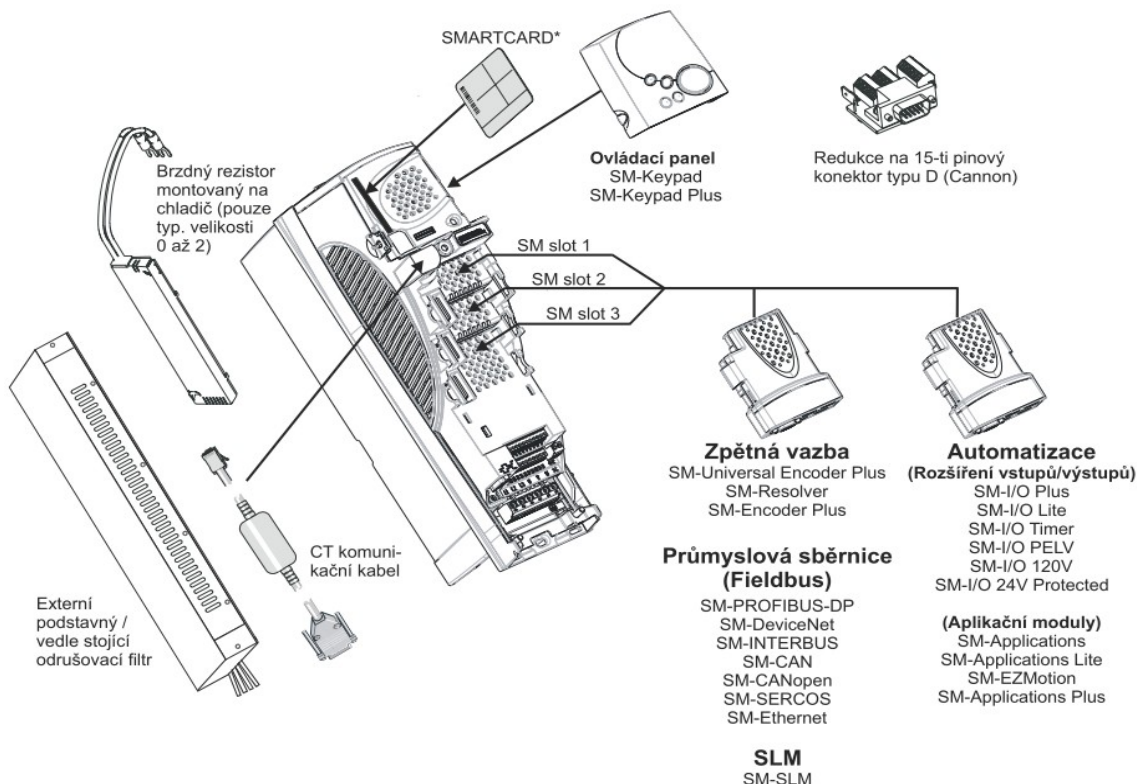
Pro frekvenční měniče Unidrive SP jsou k dispozici tři typy ovládacích panelů. Pro typovou velikost 0 je k dispozici ovládací panel SP0 Keypad s LED displejem. Pro typovou velikost 1 až 6 je možno vybrat LED ovládací panel (SM-Keypad) nebo LCD ovládací panel (SM-Keypad Plus). LCD ovládací panel lze montovat i externě (např. na dveře rozváděče), a to pro všechny typové velikosti.

### 3.2.3 Bezpečnostní funkce

Bezpečné vypnutí krouticího momentu (STO) v jednotce Unidrive SP je bezpečnostní funkce, která je v souladu s EN/IEC 61800-5-2 SIL 3 a je do měniče montována jako standard. Když je funkce bezpečné vypnutí krouticího momentu aktivní, je výstup měniče blokován ve vysokém stupni zabezpečení. Toto řešení umožňuje, aby se měnič stal součástí bezpečnostního systému stroje. Měnič nemusí být odpinán dvojicí výkonových stykačů a může být napájen nepřetržitě.

Bezpečné vypnutí krouticího momentu může po přidání dalších ovládacích okruhů představovat část systému EN 954-1 Kategorie 4.

### 3.2.4 Volitelné moduly



Obrázek 3.5 – Přehled volitelných modulů pro měnič Unidrive SP.

#### Ovládací panely a ukládání parametrů

**Smartcard** - paměťové zařízení, které lze použít na zálohování parametrů, PLC programů a jejich kopírování z jednoho měniče na druhý.

**SM-Keypad** - je ovládací LED panel (nelze použít pro typovou velikost 0).

**SM-Keypad Plus** - je vícejazyčný podsvícený LCD displej, který je připojitelný i za chodu měniče.

#### Aplikační moduly

**SM-Applications Plus** - nabízí vysoce výkonné PLC a Motion control spolu s velmi rychlými vstupy/výstupy a velmi rychlou sběrnici CTNet.

**SM-Applications Lite V2** - vysoce výkonné PLC a Motion control pro samostatné aplikace měniče nebo pro případy, kdy je měnič připojen na centrální řídicí jednotku prostřednictvím vstupů/výstupů nebo sběrnice Fieldbus.

**SM-Register** - flexibilní, velmi výkonné řešení pro programovatelný pohyb, které vyžaduje velmi rychlé snímání referenčních vstupů.

**SM-EZMotion** - tento modul spolu se softwarem Power Tools Pro, zajišťují uživatelsky orientované prostředí pro programování pohybu.

## **Komunikační moduly**

**SM-CAN** - volitelný CAN modul programovatelný uživatelem, který umožňuje vývoj CAN protokolů.

**SM-CANopen** - rozhraní CANopen podporuje různé profily, včetně profilů několika měničů.

**SM-DeviceNet** - volitelný modul SM-DeviceNET.

**SM-EtherCAT** - volitelný slave modul pro výkonné servo aplikace.

**SM-Ethernet** - podporuje EtherNet/IP a Modbus TCP/IP a je schopen generovat elektronickou poštu. Zajišťuje velmi rychlý přístup k měniči, globální propojení a integraci v IT sítích.

**SM-Interbus** - volitelný modul rozhraní Interbus.

**SM-LON** - Rozhraní LonWorks určené pro aplikace zajišťující automatizaci budov.

**SM-PROFIBUS-DP** – komunikační modul protokolu Profibus - DP

**SM-PROFINET** - PROFINET je síťový protokol do průmyslového prostředí na bázi Ethernetu, přizpůsobující hardware a protokol Ethernetu.

**SM-SERCOS** - volitelný modul rozhraní SERCOS.

## **Moduly rozšiřujících vstupů a výstupů**

**CTNet IO** - flexibilní vstupní/výstupní systém pro volitelné moduly SM-Applications Plus a SM-Register společnosti Control Techniques.

**SM IO 24V Protected** - modul vstupů a výstupů chráněný proti přepětí.

**SM-IO 120V** - modul, který zajišťuje digitální vstupy/výstupy se jmenovitou hodnotou 120 V.

**SM-IO 32** - rozšířené digitální vstupy/výstupy, přidávající měniči 32 digitálních, velmi rychlých obousměrných vstupních/výstupních bodů.

**SM-IO Lite** - rozhraní rozšíření vstupů a výstupů ve zjednodušeném provedení.

**SM-IO PELV** - standardní rozhraní vstupů a výstupů NAMUR s velmi rychlými vstupy/výstupy.

**SM-IO Plus** - rozhraní rozšiřujících vstupů a výstupů zvyšující počet vstupních/výstupních bodů měniče.

**SM-IO Timer** - volitelný modul rozšířených vstupů a výstupů s hodinami reálného času.

## **Moduly zpětné vazby**

**SM-Encoder Output Plus** - volitelný modul vstupu a výstupu inkrementálního snímače, který umožňuje spojení s externími polohovými řídicími systémy.

**SM-Encoder Plus** - volitelný modul vstupu inkrementálního snímače.

**SM-Resolver** - modul resolveru je určen pro robustní typ zpětné vazby v náročných prostředích.

**SM-SLM** - Modul SLM je určen k integraci s polohovými regulátory vybavenými rozhraním SLM.

**SM-Universal Encoder Plus** - přídatné kombinované rozhraní enkodérového vstupu i výstupu, které podporuje typy enkodérů inkrementálních, SinCos, HIPERFACE, EnDAT a SSI.



## Bezpečnostní volitelné moduly

**SM-Safety** - Modul SM-Safety, který zajišťuje inteligentní, programovatelné řešení, jež splňuje normu pro funkční bezpečnost IEC 61800-5-2

### 3.2.5 Ochrany v měničích

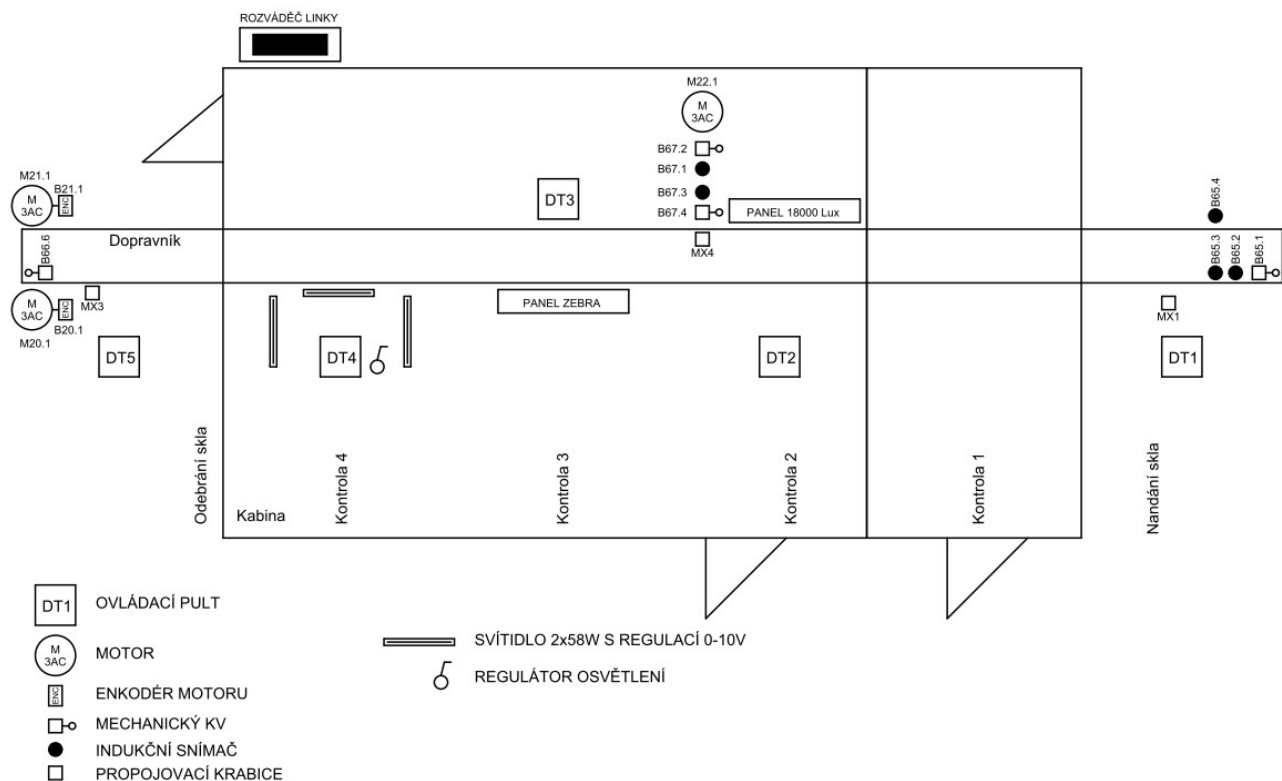
Podle platných norem musí být zařízení jištěno proti zkratu a přetížení. Při použití frekvenčního měniče pro řízení asynchronního motoru není motorový vývod jištěn klasickou ochrannou proti nadproudu, ale samotný jističí prvek je integrován přímo v měniči. Měníče frekvence jsou vybaveny obvodem elektronické ochrany, které odpovídají standardním tepelným relé. Součástí měniče je také ochrana proti zkratu. Některé měniče mají také možnost připojení teplotního čidla snímajícího teplotu vinutí.

## 4 Praktická ukázka

### 4.1 Elektronická hřidel - Unidrive SP

#### 4.1.1 Obecný popis linky

Na základě požadavku objednatele byla potřeba navrhnout a vyrobít finální linku kontrolní inspekce jejíž součástí je dopravník pro transfer skla a kontrolní kabina ve které jsou instalovány jednotlivé kontrolní pozice pro manuální, respektive automatickou kontrolu vadu skel. Schéma uspořádání linky je patrné z obrázku 4.1.



Obrázek 4.1 – Dispozice linky.

Sklo je přepravováno na vertikálním řemenovém dopravníku (délka 10,3 m), který se skládá ze dvou pásových dopravníků s unašeči. Spodní pozice dopravníku je pevná a jeho unašeče jsou osazeny pryžovými bloky pro uložení spodní hrany skla. Horní pozice dopravníku je přestavitelná v rozsahu cca 700 mm a na jeho unašečích jsou osazeny plastové lišty, o které se opírá horní hrana skla. Rozsahem nastavení horního dopravníku je pokryta celá škála plánovaných řad skel, které se na této inspekční lince kontrolují. Spodní a horní dopravník je konstruován se sklonem a sklo na dopravníku je drženo na čtyřech bodech. Díky požadovanému sklonu dopravníku nemusí být sklo na tomto dopravníku fixováno. Sklo je na dopravník založeno ručně a postupně prochází jednotlivými kontrolními pozicemi, ve kterých je prováděna vizuální kontrola pomocí speciálních prosvětlovacích panelů. Rozteč jednotlivých kontrolních pracovišť je konstantní. Z tohoto důvodu je možné provádět krokovaní posuvu skla pomocí nastavitelných kamenů, jejichž pozice je detekována indukčními snímači. Konec dopravníku je opatřen mechanickým spínačem hlídajícím přejetí skla.

#### 4.1.2 Aplikace elektronické hřídele

Z konstrukčních důvodů nebylo možné provést mechanické spojení spodní a horní části transferového dopravníku. Po konzultaci se specialistou návrhu řídicích pohonů firmy Control Techniques byla vybrána konfigurace řídicích měničů řady Unidrive SP. Pomocí těchto měničů byla navržena koncepce elektronické hřídel transferového dopravníku.

*Tabulka 4.1 – Konfigurace měničů.*

POPIS VÝROBKU	TYP	POČET	POZNÁMKA
Unidrive SP 400V/1,5kW	UNI SP 1403	1 ks	Master
Unidrive SP 400V/1,1kW	UNI SP 1402	1 ks	Slave
Filtr pro měnič	4200-6118	2 ks	Master + Slave
LED displej		2 ks	Master + Slave
SM-Universal Encoder Plus		1 ks	Slave

Pohon spodního dopravníku je realizován pomocí elektropřevodovky firmy SEW jejíž součástí je asynchronní motor o výkonu 1,5 kW vybavený enkodérovým snímačem (1024 impulsů na otáčku). Pro tento dopravník je použit měnič Uni SP 1403. Tento měnič je nastaven jako MASTER. Snímač otáček motoru je zapojen přímo do enkodérového vstupu tohoto měniče. Pohon horního dopravníku je realizován pomocí elektropřevodovky firmy SEW jejíž součástí je asynchronní motor o výkonu 1,1 kW vybavený enkodérovým snímačem (1024 impulsů na otáčku). Pro tento dopravník je použit měnič Uni SP 1402. Tento měnič je nastaven jako SLAVE. V průběhu realizace a zkoušení bylo nutné odpojit enkodérový snímač horního dopravníku. Zapojení této zpětné vazby se ukázalo jako nevhodné řešení, které narušovalo synchronizaci pojezdu dopravníků, jejichž pasy se po určité době při opětovném rozjezdu a dojezdu rozjížděly. Jako vhodný zpětnovazební člen zajišťující plnou synchronizaci obou řídicích celků se ukázal SM universal Encoder Plus, který zajišťoval virtuální enkodérový vstup z měniče MASTER do měniče SLAVE. Propojení měničů s nadřazeným řídicím systémem je realizováno pomocí binárních vstupů. V měničích jsou nastaveny příslušné rozběhové a dojezdové rampy. Po obdržení signálu pro zpomalení je aktivován signál pro změnu rychlosti. Na dopravníku jsou umístěny dva indukční snímače, z nichž jeden má funkci pro zpomalení pojezdu dopravníku a druhý indukční snímač zastavuje pojezd.

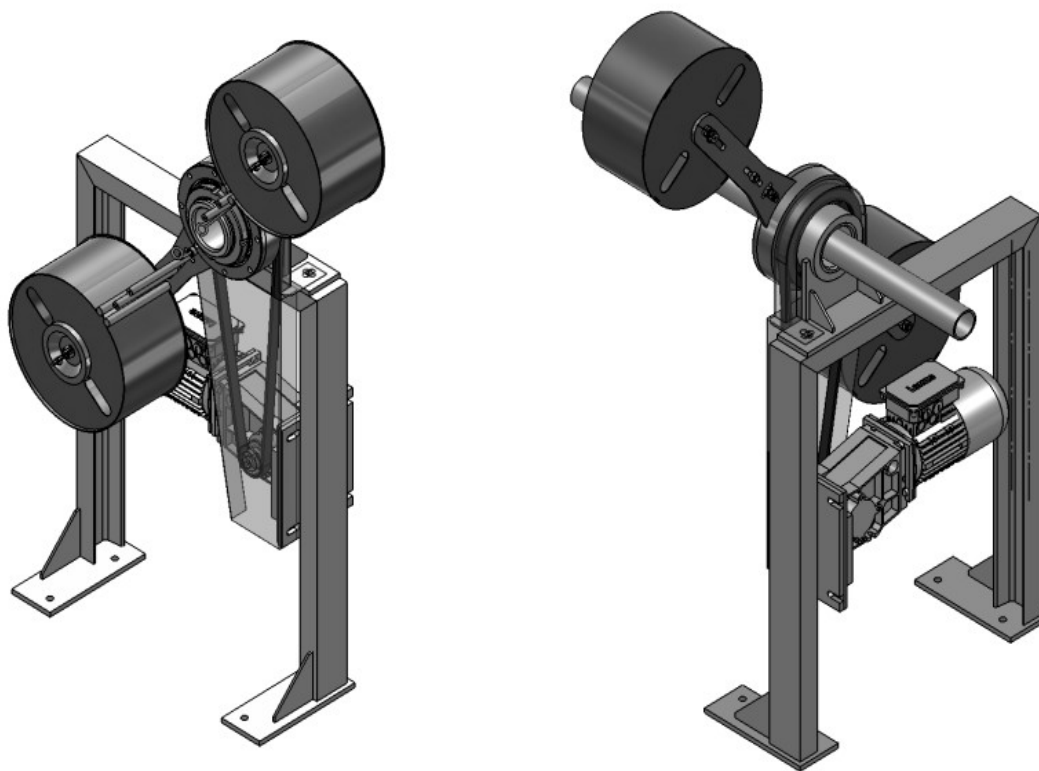
Pro dodržení elektromagnetické kompatibility jsou měniče dovybaveny externími odrušovacími

filtry, které jsou namontovány přímo pod měnič. Výstupní tlumivky k motoru v tomto případě nebyly použity v důsledku krátkého kabelového vedení, které nemá negativní účinky měniče na pohon. Příslušné zapojení měničů je patrné z přílohy č.2 a 3.

## 4.2 Omotávací zařízení pro ochranu trubek - Sinamics G120

### 4.2.1 Obecný popis zařízení

Na základě požadavku objednatele bylo vyrobeno zařízení sloužící k omotávání trubek se stoupáním cca 2,5 otáčky/m provázkem o průměru 6mm s návinem cívky provázku 220 m. Klubka s provázkem jsou uložena ve dvou nerezových schránkách, kdy jedno klubko je záložní. Schránky s klubky provázku jsou poháněny kuželovou elektropřevodovkou firmy LENZE přes ozubený řemen. Součástí převodovky je asynchronní motor o výkonu 0,37 kW vybavený zpětnou otáčkovou vazbou (1024 impulsů na otáčku). Tento pohon je řízen frekvenčním měničem firmy Siemens řady Sinamics G120.



Obrázek 4.2 – Omotávací zařízení.

Celé zařízení omotávání provázku pro ochranu trubek je integrováno do stávající svařovací linky. Svařovací linka slouží pro svařování válcovaných trubek za studena, kde se z jednotlivých trubek pomocí svařování dělá jedna celistvá trubka. Tato trubka je navíjena na cívku jež je umístěna na skalteku. Skaltek zajišťuje otáčení cívky a tím pádem i navíjení potřebné trubky a zároveň provádí horizontální pojezd cívky pro rovnoměrný návin trubky. Zařízení pro ovíjení provázku, který vytváří takzvanou spirálu na trubce slouží pro mechanickou ochranu trubek velkých průměrů. Tyto trubky se bez použití provázku, vzhledem k velkým pnutím poškozovaly.

Pro pohon omotávání je použit frekvenční měnič firmy Siemens typu Sinamics G120 v konfiguraci dle následující tabulky.

*Tabulka 4.2 – Konfigurace měniče.*

<b>POPIS VÝROBKU</b>	<b>TYP</b>	<b>POČET</b>
Power modul PM240	6SL3224-0BE22-2AA0	1 ks
Control unit CU250S-2DP		1 ks
Filtr pro měnič	6SL3000-0BE23-60A1	1 ks

Výše zmiňovaný měnič byl integrován do stávajícího rozváděče svařovací linky. Nadřazený systém linky je vybaven komunikačním rozhraním Profibus-DP. Z tohoto důvodu byla řídicí jednotka měniče zvolena taktéž s tímto komunikačním rozhraním a veškeré povely pro chod měniče jsou realizovány přes tuto komunikační sběrnici. Bezpečnostní obvody linky byly plně implementovány a zapojeny do bezpečnostních vstupů řídicí jednotky měniče.

Velice důležitým aspektem pro správný chod zařízení je synchronizace rychlosti omotávání s rychlostí navíjení skalteku. Nadřazený řídicí systém linky dává měniči požadavek na rychlost a ta je udržována, popřípadě korigována na základě vyhodnocení zpětné vazby realizované enkodérovým snímačem otáček. Na operátorském panelu, který používá obsluha linky pro ovládání, je možnost nastavení poměrového parametru zajišťujícího synchronní chod omotávacího a navíjecího zařízení. Pevná hodnota tohoto parametru byla docílena po provedení několika provozních zkoušek za spoluúčasti provozovatele zařízení.

## **Závěr**

Na závěr bych si dovolil uvést stručnou rekapitulaci předkládané bakalářské práce.

V první kapitole jsem obecně popsal co je měnič a k čemu slouží. V této kapitole jsem dále popsal složení měniče (usměrňovač, meziobvod a střídač), se stručným popisem jednotlivých částí. Zároveň jsem zde uvedl výčet jeho hlavních předností, jako je plynulý rozběh a dojezd motoru, možnost plynulé regulace a zvýšení otáček motoru na vyšší mez, než jsou jeho jmenovité otáčky.

Ve druhé kapitole jsme provedl výčet předních výrobců měničů kmitočtu na trhu a popsal jsem zde jejich hlavní produktové řady. Jednotlivé informace k daným produktovým řadám, jsem čerpal z dostupných firemních dokumentů daných společností, jako jsou katalogy, manuály a ostatní propagační materiály.

Ve třetí kapitole jsem vybral dvě produktové řady. Prvním popisovaným měničem byl měnič společnosti Siemens řady Sinamics G120 a jako druhý byl vybrán měnič firmy Control Techniques řady Unidrive SP. U těchto produktů jsem popsal jejich vlastnosti a specifika s uvedením možnosti napájení (jednofázová síť 230 V a třífázová síť 400 V a 500 V). U každé produktové řady je také uveden výkonový rozsah s instalačními rozměry měničů dle jejich typové velikosti. Pro tyto dva měniče jsou v příslušných podkapitolách vyspecifikovány rozšiřující moduly vstupů / výstupů a komunikačních modulů. V kapitole 3.1.5 je proveden popis elektromagnetické kompatibility. Tato specifika jsou obecně platná pro všechny druhy měničů kmitočtu. V kapitole 3.2.5 jsem popsal způsoby ochrany, jenž jsou nedílnou částí každého měniče a chrání motor proti nadproudům, přepětím a zkratům.

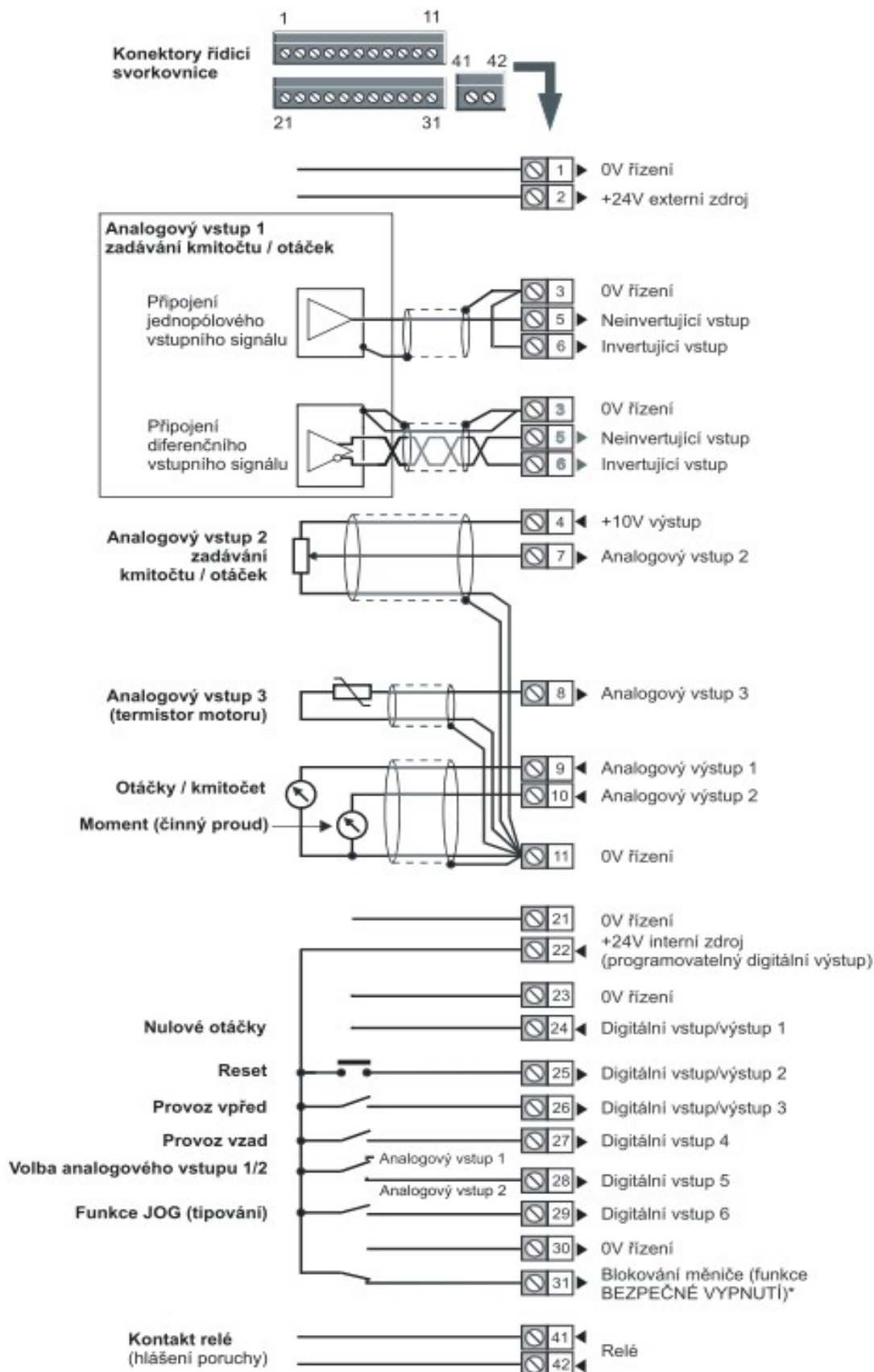
Čtvrtou kapitolu jsem věnoval praktické ukázce použitelnosti měniče kmitočtu v praxi. Při výběru těchto ukázek jsem vycházel z realizovaných zakázek naší společnosti NOEL-PLUS CV. Pro návrh koncepce a funkce daných linek bylo velmi důležité sestavení týmu skládajícího se z konstruktéra strojní části, projektanta elektro a programátora řídicích systémů a pohonů. Tento tým lidí spolu úzce spolupracoval a společným úsilím bylo dosaženo požadovaných výsledků.

## Seznam použité literatury

- [1] PITTERMANN, Martin. Elektrické pohony - základy 1. Skripta Západočeské univerzity v Plzni, 2008. ISBN: 978-80-7043-729-2.
- [2] KŮS, Václav. Elektrické pohony a výkonová elektronika. Skripta Západočeské univerzity v Plzni, 2005. ISBN 80-7043-422-8.
- [3] VONDRÁŠEK, František. Výkonová elektronika – Měníče s vlastní komutací a bez komutace. Západočeská univerzita v Plzni, 2003. ISBN 80-7082-980-X.
- [4] Princip – frekvenční měnič. [on-line] [cit. 17.02.2015]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/frekvencni-menice/princip-fm>
- [5] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Siemens, s.r.o.
- [6] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Danfoss s.r.o.
- [7] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Control Techniques Brno s.r.o.
- [8] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Yaskawa Czech s.r.o.
- [9] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti ControlTech, s.r.o.
- [10] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti ABB s.r.o.
- [11] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Eaton Elektrotechnika s.r.o.
- [12] Firemní dokumenty modulárních měničů společnosti Konzult Praha s.r.o.
- [13] Firemní dokumenty společnosti Hitachi.
- [14] Firemní dokumenty společnosti Elpro Drive, s.r.o.
- [15] Firemní dokumenty společnosti Omron Electrics spol. s r.o.

# Přílohy

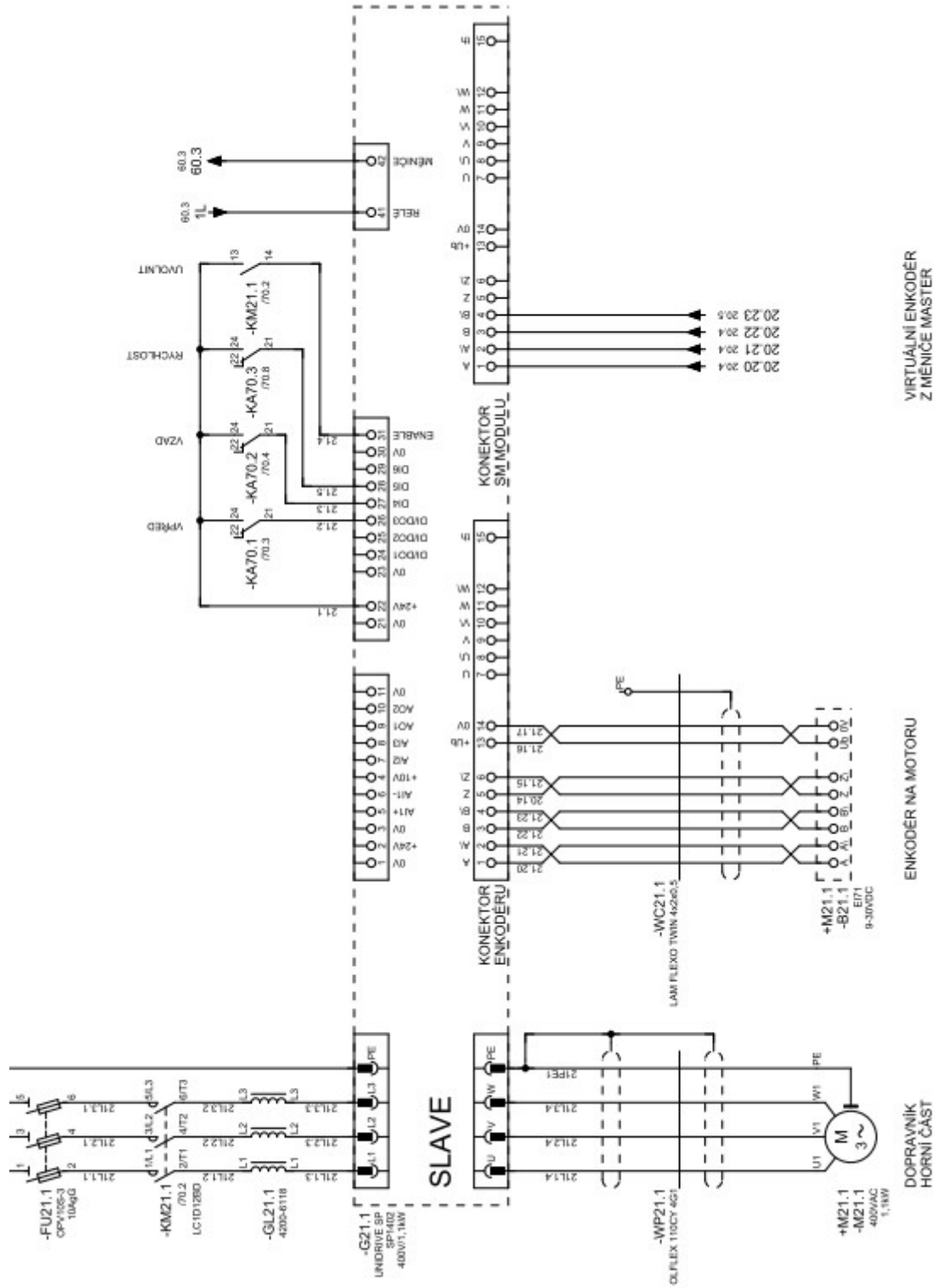
## Příloha č.1 – Základní vybavení řídicí svorkovnice frekvenčního měniče Unidrive SP



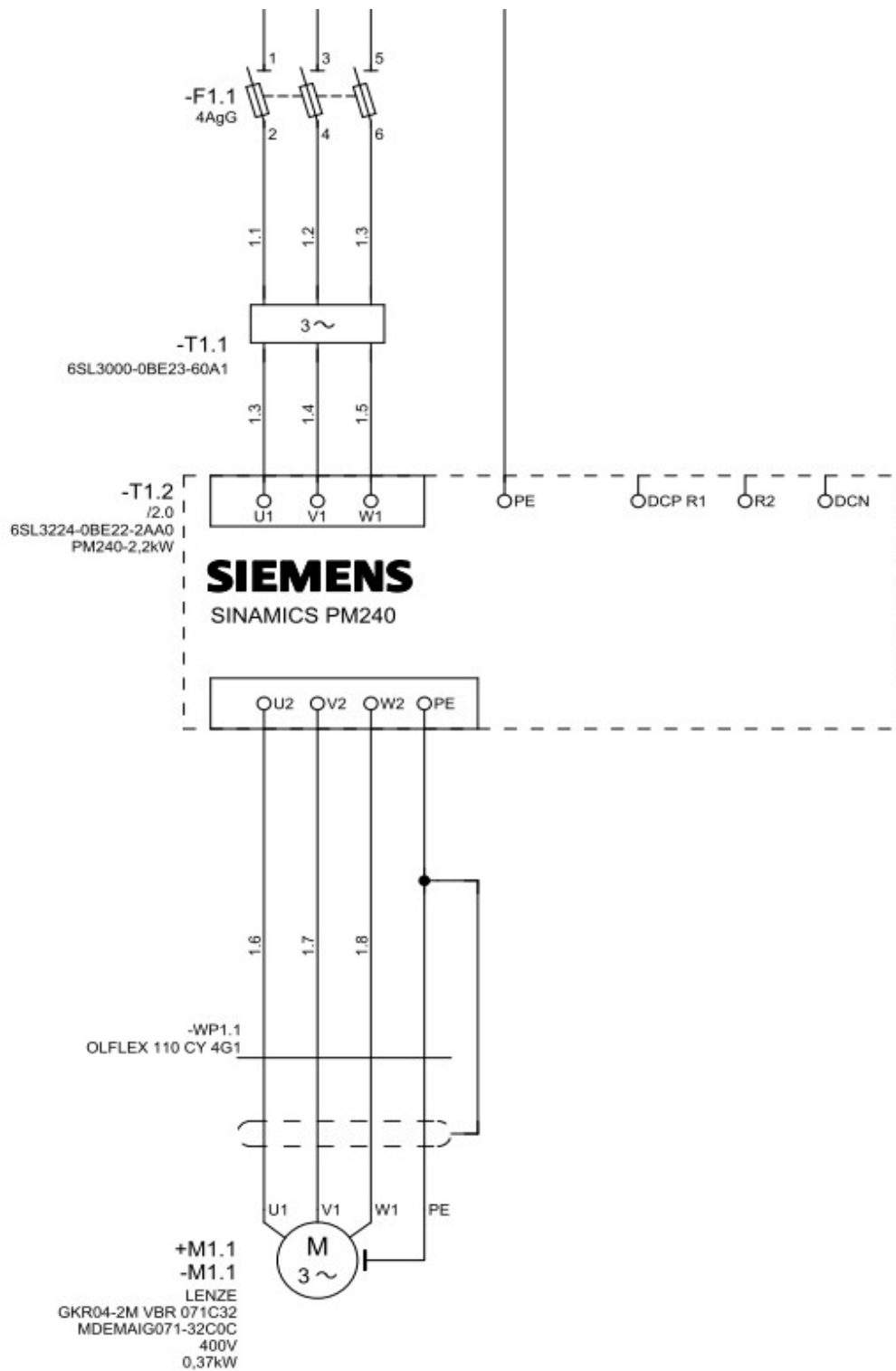




### Příloha č.3 – Elektronická hřídel – zapojení měniče SLAVE



## Příloha č.4 – Omotávací zařízení – silová část



POHON OMOTÁVÁNÍ

# Příloha č.5 – Omotávací zařízení – ovládací část

