

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh a realizace elektrické výzbroje výukového kolejového vozidla

Jan Hošek

Bakalářská práce

2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Hošek**
Osobní číslo: **D13226**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Elektrická výzbroj výukového kolejového vozidla**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

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

1. Seznamte se s vlastnostmi jednotlivých daných komponent elektrické výzbroje
2. Navrhněte elektrickou výzbroj výukového kolejového vozidla po stránce mechanické a elektrické, zhotovte patřičnou výrobní a provozní dokumentaci
3. Ve spolupráci s TSL zrealizujte elektrickou výzbroj výukového kolejového vozidla po stránce mechanické a elektrické
4. Oživte a zprovozněte elektrickou výzbroj vozidla, nastavte parametry trakčních měničů
5. Proměřte vlastnosti zrealizované elektrické výzbroje

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. GREGORA, Stanislav. *Vozidla elektrické trakce*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 184 s. ISBN 978-80-7395-596-0.
2. JANSA, František. *Vozidla elektrické trakce: elektrická zařízení kolejových hnacích vozidel*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1987, 398 s. Knižnice nové techniky a technologie železniční dopravy.
3. PAVELKA, Jiří, ČEŘOVSKÝ, Zdeněk. *Elektrické pohony: skripta ČVUT v Praze*, Praha, 2003
4. firemní dokumentace firmy CURTIS
5. firemní dokumentace firmy ALBRIGHT

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Sýkora

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce:

24. listopadu 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2016



doc. Ing. Ivo Drahošský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2016

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 30. 5. 2016

Jan Hošek

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Petru Sýkorovi za jeho pomoc a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za finanční podporu během studia. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat firmě Elgo Electric spol. s.r.o. za zapůjčení parametrizačního modulu na nastavení měničů.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací elektrické výzbroje výukového kolejového vozidla. První část práce se zabývá popisem jednotlivých komponent a jejich parametry. Následuje část zabývající se návrhem a realizací, kde je popsáno umístění komponent na vozidle a elektrické zapojení, které je rozděleno na část silovou a ovládací. V závěru práce je popis parametrizačního modulu a postup při parametrizaci měničů.

Klíčová slova

Kolejové vozidlo, DC motor s permanentními magnety, stykač Albright SD150LA, Curtis 1228 regulátor, parametrizace

Title

Electrical Equipment of Education Rail Vehicle

Annotation

This bachelor thesis deals with design and implementation of electrical equipment educational rail vehicle. The first part describes the components and their parameters. Followed by a section dealing with the design and implementation, which is described the placement of components on the vehicle and the wiring, which is divided into a power and logic. The description parameter module and parameterization controllers are described in the end of the thesis.

Keywords

Rail Vehicle, DC permanent magnet motor, contactor SD150LA, Curtis 1228 controller, parameterization

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 Popis kolejového vozidla a komponent	10
1.1 Popis kolejového vozidla	10
1.1.1 Pojezd vozidla.....	11
1.2 Stejnoseměrný motor	13
1.2.1 Stejnoseměrný motor s permanentními magnety P2XR492	13
1.3 Stykač.....	15
1.3.1 Princip činnosti	15
1.3.2 Stykač Albright SD150LA-1	16
1.4 Stejnoseměrný měnič napětí	19
1.4.1 Stejnoseměrné měniče napětí Curtis model 1228.....	21
1.4.2 Popis a možnost zapojení od výrobce.....	22
1.5 Baterie CSB EVX 12400	27
1.5.1 Popis vnitřní technologie	28
2 Návrh a realizace	30
2.1 Deska na vozidlo	30
2.1.1 Návrh vrtání a přichycení jednotlivých částí	30
2.2 Návrh rozmístění komponent v rozvaděči	33
2.2.1 Baterie	34
2.2.2 Ovladač	34
2.2.3 Rozvaděč.....	35
2.3 Zapojení elektrické výzbroje.....	37
2.3.1 Návrh řízení napětím	37
2.3.2 Výroba plošného spoje.....	40
2.3.3 Ovládací část.....	43
2.3.4 Zapojení stykače	46
2.3.5 Silová část	47
3 Parametrizace.....	50
3.1 Parametrizační modul.....	50
3.2 Počáteční nastavení	51
3.3 Nastavení jízdních vlastností.....	53
Závěr	55

SEZNAMY	56
Seznam použité literatury	56
Seznam tabulek	57
Seznam obrázků.....	58
Seznam příloh	59
PŘÍLOHY	60

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace elektrické výzbroje výukového kolejového vozidla. Kolejové vozidlo, které se nachází v areálu VVCD, tedy Výukového a výzkumného centra v dopravě bylo navrženo a sestaveno v rámci bakalářských prací studentů Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice.

Kolejová vozidla jsou využívána v železniční dopravě k přepravě osob a nákladů. Důvodů proč jsou vozidla tak oblíbená je hned několik. Při jízdě dochází k minimálnímu styku ocelového kola s kolejnicí oproti vozidlům silniční dopravy, kde se velká plocha kola odvaluje po vozovce. Další výhodou spatřuji v přepravě velkého množství osob a nákladu v aerodynamickém závěsu oproti autobusům a nákladním automobilům. Přeprava je nejenom ekonomicky ale i ekologicky mnohem výhodnější. V neposlední řadě je to úspora elektrické energie. Železniční vozidla jsou schopna také část přijaté energie vrátit, neboli rekuperovat do sítě při jízdě z kopce nebo při brzdění.

Výše uvedené body ukazují výhody kolejové dopravy oproti dopravě silniční, tedy její energetickou úspornost. Vzhledem k tomu, že je již dnes energie nedostatek a dá se předpokládat, že v budoucnu jí bude ještě méně. Je třeba připravovat kvalifikované technické pracovníky, kteří budou s problematikou elektrických pohonů pro kolejová vozidla dobře obeznámeni. Právě k těmto účelům bude sloužit studentské kolejové vozidlo. Studentské kolejové vozidlo, na němž se studenti budou moci seznámit se základními principy fungování trakční elektrické výzbroje. Právě návrhem a realizací této elektrické výzbroje se zabývá moje bakalářská práce.

V bakalářské práci se budu věnovat nejprve teoreticky popisu jednotlivých komponent z hlediska jejich parametrů a vlastností. Poté přejdu k návrhu a rozmístění komponent elektrické výzbroje na vozidle. Následně vytvořím elektrická schémata, jak silové, tak ovládací části, a jednotlivá schémata popíši. Další částí této práce bude oživení vozidla, nastavení trakčních měničů a proměření elektrické výzbroje při jízdě vozidla. Poslední částí bude závěr, kde práci vyhodnotím.

1 Popis kolejového vozidla a komponent

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky zakoupila potřebné komponenty na zapojení elektrické výzbroje. K dispozici máme dva stejnosměrné motory s permanentními magnety od firmy ATAS elektromotory Náchod. Dva trakční stejnosměrné měniče napětí od firmy Curtis Instruments, které jsou vhodné pro řízení zmíněných motorů. Dále je zde stykač pro spínání velkých proudů z akumulátorů do trakčních měničů. Tento stykač je od firmy Albright International. Jako zdroj elektrické energie byly zakoupeny dva olověné akumulátory od firmy CSB Battery, které jsou vhodné pro trakční vozidla. V neposlední řadě máme k dispozici rozvaděč, který poskytuje velký stupeň ochrany všech komponent umístěných uvnitř. Poslední je malá krabička, na které budou umístěny, jak ovládací, tak bezpečnostní tlačítka od firmy Eaton. Krabička bude sloužit jako hlavní ovladač vozidla.

Tento výčet elektrických komponent není konečný, neboť je potřeba vymyslet elektrický obvod pro napěťové řízení rychlosti trakčními měniči, který zahrnuje desku plošných spojů. Dále optické a akustické prvky, jako jsou LED diody a klakson. Na zapojení vozidla budou potřeba dráty, svorkovnice a průchodky.

1.1 Popis kolejového vozidla

Hlavní neboli nosný rám kolejového vozidla je svařený do obdélníkového tvaru z ocelových profilů, někdy také nazývaných jako ocelové nosníky. Ocelový profil je udáván výškou a jeho tvarem. Na našem vozidle byl použit profil s výškou 100 mm, který má tvar **U**. Délka nosného rámu vozidla je 1500 mm a šířka 1000 mm. Délka celého vozu se započtením dřevěných nárazníků dosahuje 1610 mm. V každém rohu je umístěno oko pro zdvih jeřábem v případě nutnosti přemístění. Uprostřed nosného rámu je přivařeno přepažení středovým profilem opět ve tvaru **U** s výškou 65 mm. Tento středový profil je přivařen z vnitřních stran. Jeho délka činí 670 mm. Tato míra je zároveň šířkou vnitřních stěn nosného rámu. Celková hmotnost vozidla je 274 kg.

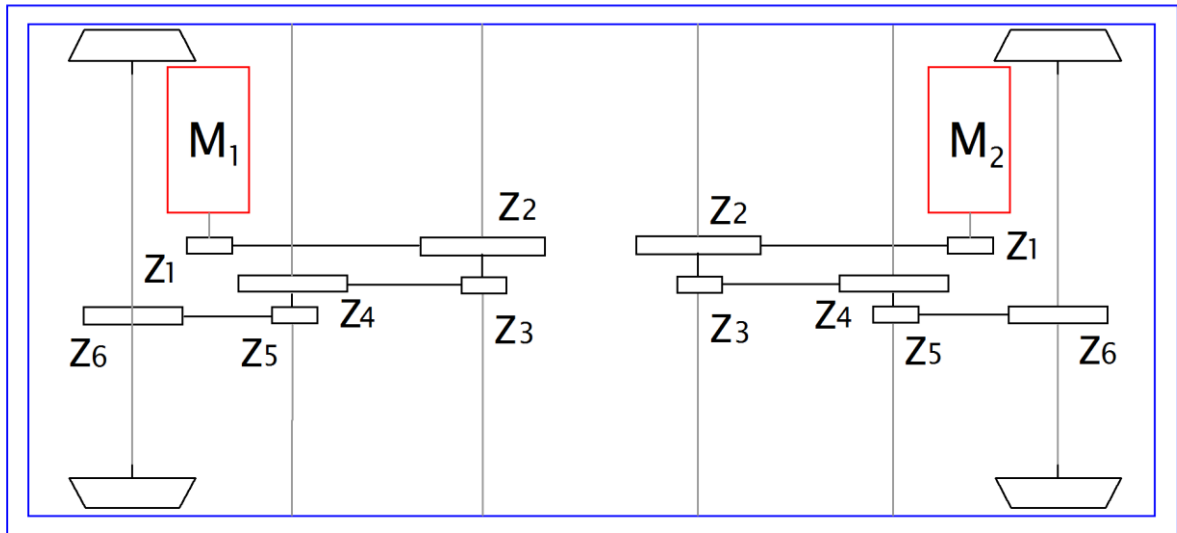


Obr. 1.1 Kolejové vozidlo v VVCD

Legenda: 1 – Nosný rám, 2 – Středový profil, 3 – Trakční motor, 4 – Převodové ústrojí, 5 – Výkyvná ramena, 6 – Dvojkolí, 7 – Náprava, 8 – Oko, 9 – Podélný úhelník.

1.1.1 Pojezd vozidla

Pojezd vozidla je tvořen dvěma nápravami, které jsou uchyceny na výkyvných ramenech. Na těchto výkyvných ramenech je umístěno vždy dvoustupňové převodové ústrojí pro přenos velkého kroučícího momentu při stálém výkonu elektromotoru. Z hlediska mechanických převodů je zde využit řetězový převod. Výhodou tohoto převodu je, že nedochází k prokluzu. Každá náprava má své převodové ústrojí, na které jsou přenášeny točivé momenty z hřídelí elektromotorů. Převodový poměr je dán počtem ozubených kol a jejich průměrem, nebo počtem zubů s tím, že jednotlivé převodové stupně se násobí. Na našem kolejovém vozidle je tak výsledný převodový poměr 31,6.



Obr. 1.2 Převodové ústrojí

Výpočet převodového poměru:

$$i_c = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_6}{Z_5} = \frac{80}{21} \cdot \frac{70}{22} \cdot \frac{60}{23} = 31,6 [-] \quad (1)$$

Výpočet otáček na výstupní hřídeli:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_c} = \frac{3600}{31,6} = 114 [min^{-1}] \quad (2)$$

Z převodového poměru, výstupních otáček na hřídeli a obvodu kola jsme schopni dopočítat maximální rychlost při jmenovitých otáčkách motoru.

Výpočet maximální rychlosti:

$$v_{max} = 2 \cdot \pi \cdot r_k \cdot n_2 = 2 \cdot \pi \cdot 0,1135 \cdot \frac{114}{60} \cdot 3,6 = 4,87 [km \cdot h^{-1}] \quad (3)$$

Z výše uvedeného výpočtu vyplývá, že vozidlo je schopno jet maximální rychlostí 4,87 km/h.

Dvojkolí vozidla je složeno ze dvou kol, která jsou spojena nápravou. Nejběžnějším parametrem, který se uvádí, je šířka rozkolí. Šířka rozkolí udává vzdálenost mezi koly vnitřních částí, v našem případě se jedná o 522 mm. Tato míra nás zajímá v případě

průjezdu výhybkou. Dalším důležitým parametrem je rozchod dvojkolí. V tomto případě je rozchod 600 mm navržen na míru úzkorozchodné koleje v areálu VVCD. Poloměr kola v místě, kde dochází ke styku kola s kolejnicí, činí 0,1135 m. [1]

1.2 Stejnoseměrný motor

Stejnoseměrný motor je točivý stroj, který ke své činnosti využívá stejnoseměrného napětí a proudu. Elektrická energie se zde mění na energii mechanickou. Tento typ motorů je jedním z nejstarších motorů, a přesto má své uplatnění v průmyslu a dopravní technice. Využívá se jejich vynikajících trakčních vlastností například v lokomotivách, tramvajích a jiných mobilních zařízeních. Stejnoseměrný stroj může pracovat jako dynamo. Je tedy zdrojem stejnoseměrného proudu a přeměňuje mechanickou energii na elektrickou. Tohoto principu se hojně využívá v železniční technice, kde lokomotivy při brzdění vracejí část energie zpět do sítě. Jinými slovy dochází k rekuperaci. [2]

1.2.1 Stejnoseměrný motor s permanentními magnety P2XR492

Stejnoseměrný motor s permanentními magnety P2XR492 od firmy ATAS elektromotory Náchod je trakční motor pro jednoduchá mobilní zařízení, jehož výhodou je možnost napájení z akumulátorů. V našem případě využijeme tyto dva motory k pohonu našeho kolejového vozidla, kde každý motor bude pohánět jedno převodové ústrojí s dvojkolím.

P2XR492			
Výkon	600 W	Smysl točení	Oba
Napětí	24 V DC	Provoz	S1
Proud	33 A	Krytí	IP 20
Otáčky	3600 1/min	Hmotnost	5 kg

Tab. 1.1 Jmenovité hodnoty motoru s permanentními magnety [3]

Výrobce ve svém katalogovém listu neuvádí přesnou hodnotu maximálního krouticího momentu M_1 na hřídeli motoru při jmenovitém výkonu a otáčkách. Nicméně hodnotu lze vyčíst z provozních charakteristik pro daný motor na Obr. 1.3. Jestliže se podíváme na křivku výkonu, zjistíme, že při jmenovitém výkonu 600 W bude moment motoru na hřídeli 1,45 až 1,5 N.m.

Jestliže budeme chtít moment počítat ze jmenovitých hodnot motoru, vyjde nám moment M_1 , který se při porovnání s provozními charakteristikami neshoduje.

Výpočet momentu na hřídeli motoru:

$$M_1 = \frac{P_1}{\frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60}} = \frac{600}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 3600}{60}} = 1,6 \text{ Nm} \quad (4)$$

Výpočet momentu na výstupní hřídeli:

$$M_2 = i_c \cdot M_1 = 31,6 \cdot 1,6 = 50,56 \text{ Nm} \quad (5)$$

Maximální výstupní moment M_2 na hřídeli je dán momentem vstupním M_1 a našim převodovým ústrojím i_c . Protože jsou na vozidle motory dva, výsledný záběrný moment bude 101,12 N.m. Z výsledného momentu obou motorů a délky ramene síly r , která je dána poloměrem kola vozidla, jsme schopni vypočítat tažnou sílu F_o na obvodu kol. Tato síla působí v místě styku kola s kolejnicí a lze ji využít v závislosti na rychlosti vozidla pro vytvoření trakční charakteristiky.

Výpočet tažné síly na obvodu kol:

$$F_o = \frac{M}{r} = \frac{101,12}{0,1135} = 891 \text{ N} \quad (6)$$

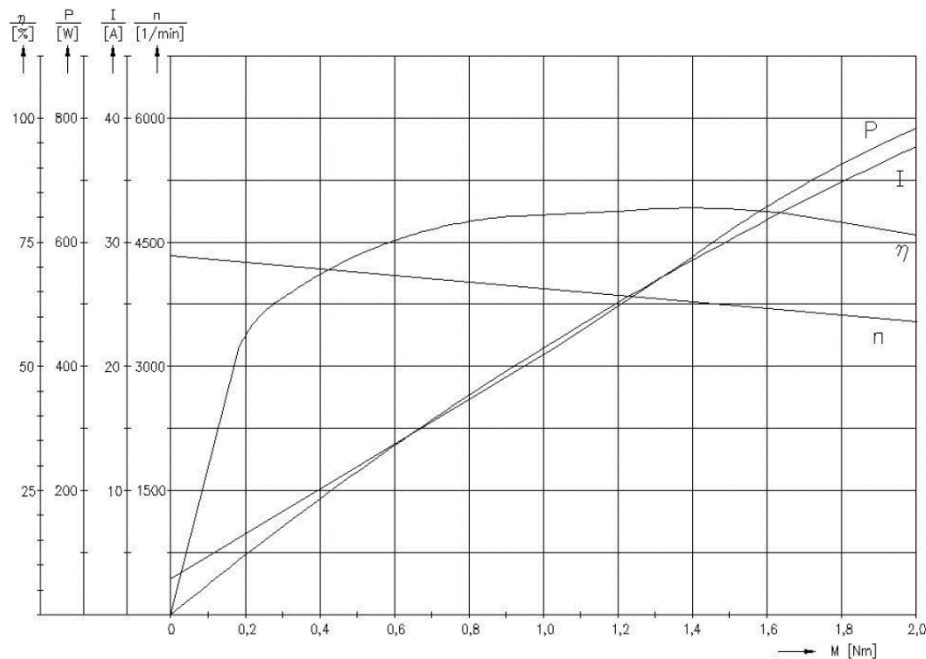
Z těchto hodnot se nám naskytá zajímavá otázka. Dojde při rozjezdu vozidla k prokluzu? Z obecně známých vztahů a koeficientů jsme schopni na tuto otázku odpovědět. Spočítáme tedy adhezní sílu F_a . Proto abychom ji mohli spočítat, musíme znát součinitel využití adhéze ε , který se pohybuje v rozmezí $0 < \varepsilon < 1$. Pro běžná vozidla je v rozmezí od 0,9 do 0,93 v závislosti na konstrukci a rozložení tíhy na vozidle. Dále musíme znát součinitel adheze μ_a . Tento součinitel je dán kvalitou povrchu stykových ploch. V praxi se využívají experimentální vztahy. My využijeme vztahu podle Curtius – Knifflera. V neposlední řadě musíme znát adhezní tíhu vozidla G_a . Z kapitoly 1.1 víme, že vozidlo váží 274 kg, hmotnost ostatních komponent je přibližně 30 kg. Celková hmotnost vozidla je 304 kg a výsledná adhezní tíha je 3040 N.[9]

Výpočet součinitele adheze a adhezí síly:

$$\mu_a = \left(\frac{7500}{v_{max} + 44} + 161 \right) \cdot 10^{-3} = \left(\frac{7500}{4,87 + 44} + 161 \right) \cdot 10^{-3} = 0,31 [-] \quad (7)$$

$$F_a = \mu_a \cdot G_a \cdot \varepsilon = 0,31 \cdot 3040 \cdot 0,93 = 876,4 \text{ N} \quad (8)$$

Z vypočtených hodnot vyplývá, že síla na obvodu kol F_o je větší než síla adhezí F_a . To znamená, že při rozjezdu dojde k prokluzu.



Obr. 1.3 Provozní charakteristiky motoru firmy ATAS elektromotory Náchod [3]

1.3 Stykač

Stykač je zařízení pro spínání a rozpínání větších proudových zátěží. Využívají se nejenom v ovládacích obvodech jako řídicí stykače pro střední výkony, ale také jako výkonové stykače pro spínání elektromotorů. Stykače nejsou určeny k ochraně proti nadproudům, proto se před tyto zařízení umísťují pojistky nebo jističe proti zkratovým proudům. [6]

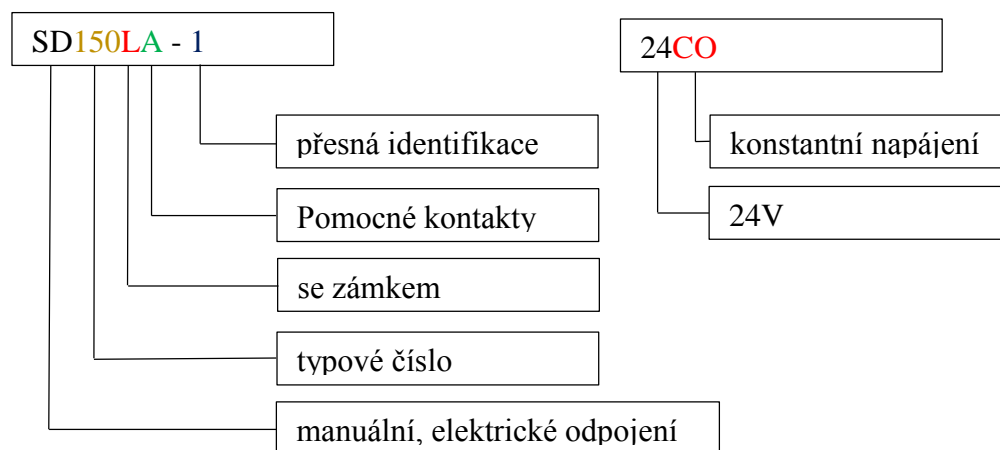
1.3.1 Princip činnosti

Při připojení napětí na svorky cívky stykače začne procházet cívkou elektrický proud. Elektrický proud vytvoří magnetické pole, které působí na kotvu stykače. Dojde k přitažení kotvy, pomocí které se sepnou hlavní silové kontakty obvodu. Stykače mohou být vybaveny

pomocnými kontakty spínacími - NO (Normaly Open) a rozpínacími - NC (Normaly Close). Tyto pomocné kontakty mohou být ovládány cívkou nebo vytažením knoflíku, tedy magneticky, i mechanicky. [6]

1.3.2 Stykač Albright SD150LA-1

Stykač Albright, který využijeme na našem kolejovém vozidle, je určen pro vozidla napájená z akumulátorů stejnosměrným proudem. Je navržen pro rychlé odpojení akumulátoru při jakékoli neočekávané situaci. Z Obr. 1.4 plynou dva způsoby jak odpojit zařízení od silového napájení. První způsob je manuální stisknutím červeného tlačítka. Druhý způsob je elektrický, tedy odpojením napětí od kontaktů cívkou dojde k odpadu silových kontaktů.



Obr. 1.4 Firemní značení stykače Albright [4]

Součástí stykače je zámek, který umožňuje uzamknutí knoflíku. V uzamknutém stavu není možné sepnout hlavní kontakty a díky tomu se zamezí nedovolenému pohybu vozidla. Pomocné kontakty NO, NC jsou dimenzovány na mnohem menší proudy, nežli je tomu u kontaktů silových. Mohou posloužit k ovládání dalších pomocných obvodů.

Funkci našeho stykače SD150LA-1 popisuje následující pravdivostní tabulka. V tabulce je hodnota logické nuly reprezentována stisknutým knoflíkem a rozpojenými kontakty. Hodnota logické jedničky pak reprezentuje vytáhlý knoflík a sepnuté kontakty stykače. Jednotlivé stavy jsou dány funkcemi f_1 , f_2 a f_3 . Světle modrá barva značí vstupní

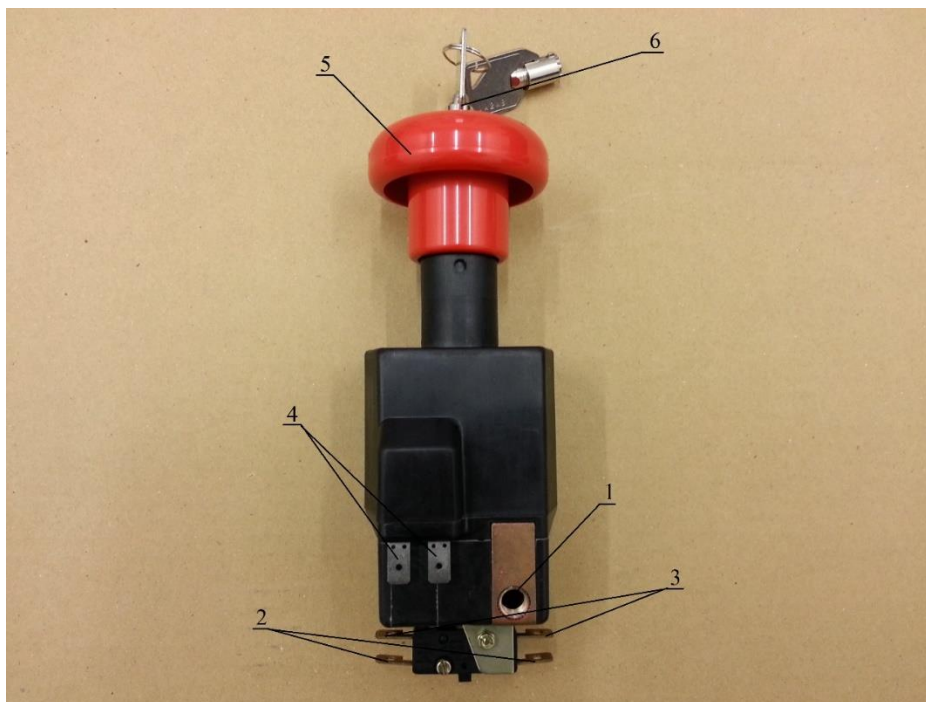
hodnoty, které jsme schopni ovlivnit, ať už je to stisk knoflíku nebo připojení napětí na cívku. Výstupní hodnoty, které jsou závislé na vstupních, jsou označeny světle oranžovou barvou.

	f₁	f₂	f₃	f₄
Knoflík	0	1	1	0
Cívka stykače	0	0	1	1
Hlavní kontakty	0	0	1	0
Pomocný kontakt spínací NO	0	1	1	0
Pomocný kontakt rozpínací NC	1	0	0	1

Tab. 1.2 Pravdivostní tabulka

Albright SD150LA-1		
Maximální napájecí napětí hlavních kontaktů	48 V D.C	
Maximální destruktivní proud hlavních kontaktů při 48V	800 A	
Úbytek napětí na hlavních kontaktech při 100A	40 mV	
Mechanická životnost manuálního spínání	> 10 000	
Mechanická životnost elektrického spínání	> 3 000 000	
Maximální jmenovité napětí při pravidelném natahování	66% U ₀	
Napěťový rozsah odpadu	10 – 30%	
Schopnost spínání pomocných kontaktů	15 A	24 V D.C
	10 A	48 V D.C
	5 A	96 V D.C
Doba odpadu pomocných kontaktů		
Bez potlačení	5 – 10 ms	
S potlačením diodou	50 – 100 ms	
S potlačením diodou a rezistorem	10 – 50 ms	
Běžné rozeznutí	3 ms	
Rozsah pracovní teploty okolí	-40°C – +60°C	

Tab. 1.3 Firemní parametry stykače Albright [4]



Obr. 1.5 Stykač

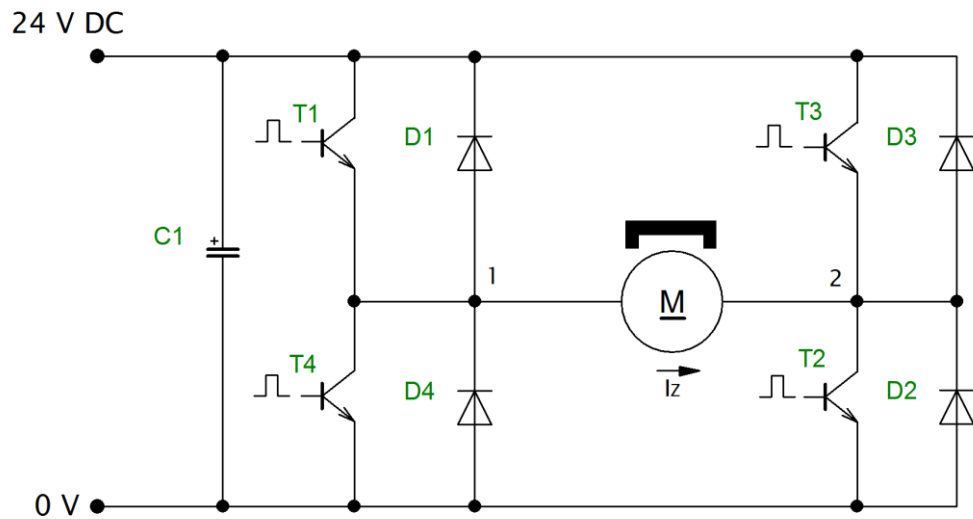
Legenda: 1 – Silový kontakt, 2 – Pomocné kontakty rozpínací NC, 3 – Pomocné kontakty spínací NO, 4 – Kontakty cívky, 5 – Knoflík, 6 – Klíč.

1.4 Stejnoseměrný měnič napětí

Stejnoseměrný měnič napětí je elektrické zařízení, které slouží k přeměně stejnosměrné energie charakterizované vstupním stejnosměrným napětím U_1 a proudem I_1 na výstupní stejnosměrné napětí U_2 a proud I_2 . Tyto měniče se využívají v aplikacích, kde je potřeba měnit konstantní stejnosměrné napětí ze stejnosměrného napájecího zdroje na napětí proměnné, které bude možno řídit v určitém napěťovém intervalu v závislosti na odebíraném proudu zátěží. Velké uplatnění stejnosměrných měničů napětí se nachází především v dopravní technice. Pomocí těchto měničů se napájí stejnosměrné motory trakčních vozidel městské hromadné dopravy, jako jsou tramvaje nebo metro, dále pak také vozidla mimoměstská například lokomotivy. [5]

Stejnoseměrný měnič lze uskutečnit dvojím způsobem. První je takzvaný přímý měnič snižující, a druhý je zvyšující. Oba měniče pracují na principu periodického spínání napájecího obvodu. Spínání bylo dříve prováděno mechanickým spínačem. V dnešních moderních měničích se využívá polovodičových součástí, kde hlavní roli hrají bipolární, unipolární a IGBT tranzistory, které umožňují velkou pracovní frekvenci spínání. Jsou schopny spínat velké proudy v řádech tisíců ampér. Nedochozí u nich k mechanickému

opotřebení a opalování kontaktů jako tomu bylo u spínačů mechanických. Další výhodou je, že zde nedochází k vytváření elektrického oblouku při rozpojení. [5]



Obr. 1.6 Čtyřkvadrantový měnič

Na Obr. 1.6 je nakreslen čtyřkvadrantový měnič. Výrobce vnitřní zapojení v katalogovém listu neuvádí. Lze přesto s velkou pravděpodobností předpokládat, že podobné zapojení bude uvnitř našich měničů. Výhoda tohoto zapojení spočívá v tom, že lze na zátěž připojit obě polarity napětí U_z a pro napájení zátěže je možné využít obě polarity proudu I_z . Proto se také tomuto měniči říká čtyřkvadrantový.

Měnič je napájen stejnosměrným napětím 24 V. Následuje filtrační kondenzátor, který plní funkci ideálního zdroje napětí a můstkové zapojení, které je složeno ze čtyř tranzistorů s paralelní zpětnou diodou. Zátěž tvoří stejnosměrný motor s permanentními magnety. Princip funkce je následovný. Nejdříve jsou pomocí pulsů do bází spínány tranzistory T1, T2 a proud I_z teče z bodu 1 do bodu 2. V okamžiku, kdy chceme změnit směr otáčení motoru, odpojí se T1, T2 a proud zátěží zkomutuje přes diody D3, D4. Následně se přivedou pulsy do tranzistorů T3, T4 s tím rozdílem, že proud poteče opačným směrem. [5]

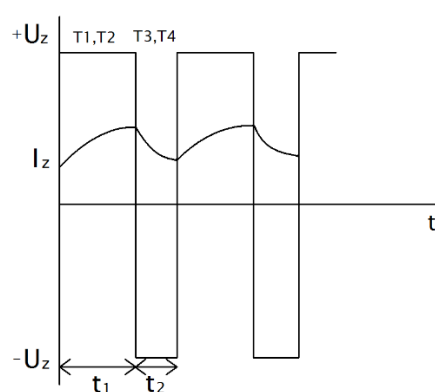
Střední hodnota napětí U_z na zátěži je dána vztahem (10), kde z je poměrná doba zapnutí neboli zatěžovatel (střída). [5]

$$z = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad (9)$$

$$U_z = \frac{U}{2} \cdot (2 \cdot z - 1) = \frac{U}{2} \cdot \left(2 \cdot \frac{t_1}{t_1 + t_2} - 1\right) \quad (10)$$

Průběh proudu I_z je dán vzorcem (11), kde U_i je indukované napětí zátěže a R je odpor zátěže. Z Obr. 1.7 je vidět, že proud zátěží není skokový, ale narůstá v závislosti na době přechodného děje. Skokový proud by nastal pouze v případě, že zátěž by byla čistě odporová.

$$I_z = \frac{U_z - U_i}{R} \quad (11)$$



Obr. 1.7 Průběh napětí a proudu zátěží

1.4.1 Stejnoseměrné měniče napětí Curtis model 1228

Tento stejnosměrný měnič napětí, který využijeme pro řízení motorů našeho kolejového vozidla je navržen, tak aby byl schopen řídit stejnosměrný motor s permanentními magnety. S tímto měničem lze ovládat jednoduchá mobilní vozidla od jednostopých skútrů po vysokozdvizné vozíky. Jeho velkou výhodou je snadné ovládání, nastavování a kompletní možnost diagnostiky ve spojení s počítačem.

1.4.2 Popis a možnost zapojení od výrobce

Výrobce doporučuje nainstalovat měnič do suchého a čistého prostředí. Jsou na něm dva otvory pro přichycení umístěné diagonálně v rozích o průměru 4,8 mm. Délka měniče činí 156 mm, šířka 91 mm a výška 43 mm. Hmotnost měniče je 0,6 kg.

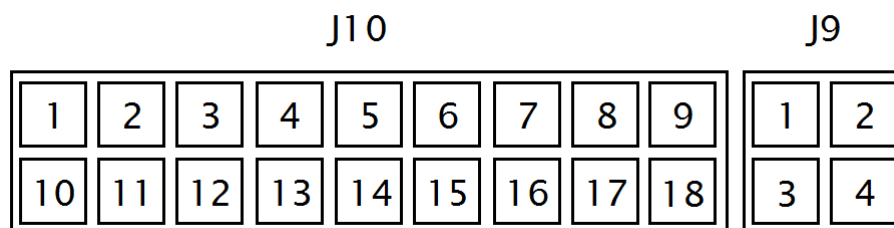


Obr. 1.8 Měnič Curtis 1228

Legenda: 1 – Silový kontakt +, 2 – Silový kontakt -, 3 – Párové kontakty M2, 4 – Párové kontakty M1; 5 – Svorkovnice J10, 6 – Svorkovnice J9.

Pro zapojení silového obvodu jsou umístěny na měniči kontakty B+ a B- na Obr. 1.8 pozice 1 a 2. Další dva páry kontaktů M1, M2 jsou určeny pro připojení buďto jednoho stejnoměrného motoru nebo je zde možnost zapojení dvou motorů, které jsou mezi sebou přepínány pomocí stykače. V tomto případě slouží jeden motor například pro ovládání zdvihu na vysokozdvižném vozíku a druhý jako trakční pohon. Nicméně v jednom okamžiku je aktivní pouze jeden motor.

Řídicí obvody jsou tvořeny 18 pinovým konektorem J10 a 4 pinovým konektorem J9. Konektor J9 může posloužit dvojím způsobem. První možností je ovládání pomocných kontaktů stykače pro zdvih na pinech 1 a 3. Druhou možností je připojení počítače nebo parametrizačního modulu, přes který se nastavují všechny funkce měniče.



Obr. 1.9 Svorkovnice J10, J9

J10	
Pin 1	Potenciál logického řízení, nebo nabíjení baterie B (-)
Pin 2	Potenciál logického řízení, nebo nabíjení baterie B (-)
Pin 3	Potenciometr - Výstup H
Pin 4	Potenciometr - Vstup W, nebo 5 V regulace (moment)
Pin 5	KSI - oživení měniče
Pin 6	Elektromagnetické brzdy potenciál (-)
Pin 7	Spínání elektromagnetických brzd
Pin 8	Mód 1, Mód 2
Pin 9	LED diagnostika
Pin 10	Potenciál logického řízení, nebo nabíjení baterie B (+)
Pin 11	Potenciál logického řízení, nebo nabíjení baterie B (+)
Pin 12	Vstup - informace nabití
Pin 13	Potenciometr - Vstup L
Pin 14	Elektromagnetické brzdy potenciál (+)
Pin 15	Displej stavu nabití
Pin 16	Klakson
Pin 17	Reverzace
Pin 18	Potenciometr - Vstup W (maximální rychlost)
J9	
Pin 1	Příjem dat (+ 5 V)
Pin 2	Potenciál B (-)
Pin 3	Vyslání dat (+5 V)
Pin 4	+15 V, 100 mA

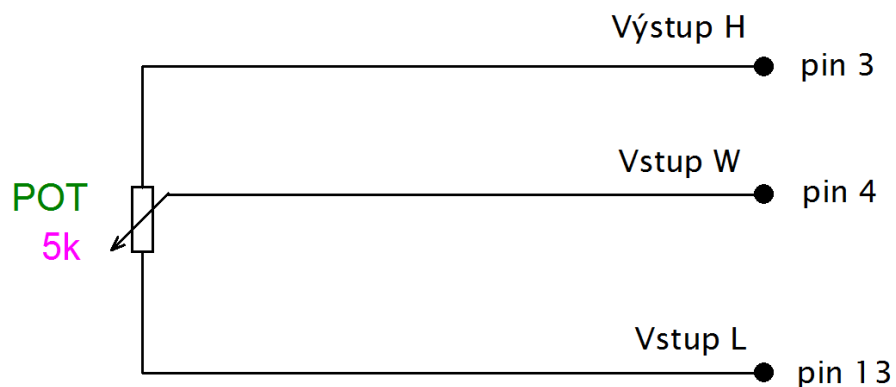
Tab. 1.4 Přehled pinů

Důležitý je pro nás konektor J10. Z tohoto konektoru a jeho pinů vyplyne mnoho funkcí, kterými disponuje měnič. V našem případě všechny funkce nevyužijeme, nicméně považuji za vhodné zmínit vše pro případné další rozšiřování.

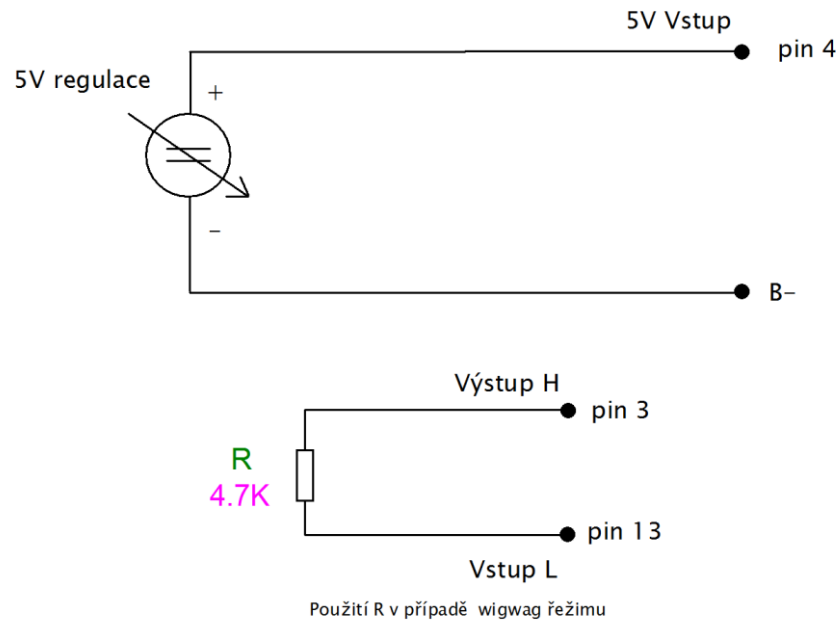
Piny 1 a 2 tvoří záporný potenciál. Piny 10 a 11 tvoří kladný potenciál. K těmto pinům je možno připojit jakýkoli námi zvolený řídicí obvod nebo mohou posloužit jako vstup pro nabíjení akumulátorů přes měnič. V případě připojení řídicího obvodu je třeba zapojit pojistku proti proudům, které nesmějí přesáhnout maximální proud 9 A stanovený výrobcem.

K měniči se připojují dva potenciometry. Jeden potenciometr s odporem 100 k Ω , umožňuje nastavit rychlostní omezení vozidla. Při dosažení námi zvolené maximální rychlosti není možné dále zrychlovat. Jezdec tohoto potenciometru je zapojen do pinu 18. Druhý potenciometr je momentový, který slouží k řízení rychlosti a v našem případě bude umístěn na ovladači. Jezdec tohoto potenciometru se zapojuje do pinu 4. Každý potenciometr má nožičky pro napájení jako je tomu u klasického odporu, k tomu nám slouží piny 3 a 13.

Momentové zadávání je možné řešit dvojím způsobem. První je pomocí již zmíněného potenciometru o velikosti 5 k Ω (Obr. 1.10). Druhým způsobem je změna úrovně napětí z proměnného zdroje, který je řízen potenciometrem na samostatném obvodu. Společnost Curtis pro tento případ vyrábí vlastní speciální ovladač (pedál), který je na naše podmínky drahý. Využijí tedy napěťové řízení (Obr. 1.11) u kterého je využit pin 4 a záporný potenciál B-.



Obr. 1.10 Momentové zadávání potenciometrem



Obr. 1.11 Momentové zadávání regulací úrovně napětí

Dalším důležitým vstupem je pin 5. Tento pin slouží k oživení řídicího obvodu po sepnutí kontaktů spínače. Můžeme si jej představit jako klíček v autě. V okamžiku, kdy otočíme klíčkem na vozidle do polohy I, vozidlo nenastartuje, ale ožije palubní jednotka a všechny řídicí obvody. Spínač musí být dimenzován na klidový proud 150 mA plus ostatní napájecí proudy do řídicího obvodu například na klakson, LED diody a podobně.

V případě, že bychom chtěli využít brzdění elektromagnetickými brzdami, je potřeba zapojit spínač na pin 7. Aktivací tohoto vstupu brání měnič ostatním obvodům, tedy deaktivuje ostatní obvody do okamžiku, dokud není spínač rozpojen. Tento spínač lze aktivovat pouze v okamžiku, kdy vozidlo stojí. V jiném případě nebude měnič reagovat. Jestliže je aktivován vstup v době, kdy je vozidlo v pohybu, nedojde k uvolnění elektromagnetických brzd, a to ani v případě, že vozidlo zastaví. Podmínkou pro správnou funkci je připojení přívodu napájení a aktivace pinu 5 pro oživení obvodů.

Výše jsem zmínil možnost dobíjení akumulátoru přes měnič pomocí pinů B+ (10 nebo 11) a B- (1 nebo 2). Dobíjení může fungovat pouze v případě, že je aktivován pin 12. Tento pin zajišťuje přerušení všech funkcí měniče do chvíle, kdy je na vstupu záporný potenciál a baterie se nabíjí. V podstatě slouží jako ochrana proti násilnému rozjetí při nabíjení. Výše zmíněné platí i v případě, že je využívána nabíječka, která má výstup na pin 12 podávající

informaci o stavu nabití. Jestliže nabíječka tuto možnost nemá, propojí se záporný potenciál pinů 1 nebo 2 se vstupem 12.

S dobíjením akumulátoru souvisí indikátor dobíjení, který řídí napětí 0-5 V a je připojen na pin 15. Indikátor ukazuje stav dobíjení v procentech a resetuje se v okamžiku, kdy dojde k dosažení nastavené hodnoty nabití. Akumulátor musí být plně nabit před připojením indikátoru při prvním použití.

Měnič nemá zabudovaný LED displej, nicméně je možné zjišťovat jeho stav pomocí LED diody připojené na pin 9. Připojená LED dioda může signalizovat stav napájení. V případě, že LED dioda svítí, je připojeno napájení a měnič je v aktivním stavu. Další možností je signalizace při diagnostice měniče. K tomu nám poslouží příloha A. Pin 9 je dimenzován na proud 15 mA, a výrobce doporučuje zapojit do série rezistor o velikosti 2,4 k Ω .

Každé vozidlo má ve své výbavě klakson, a proto má i měnič pin 16, do kterého lze zapojit zvukové zařízení. Zvukové zařízení pak vydává zvuk v případě, že dojde k reverzaci, tedy ke změně směru jízdy vozidla nebo ke změně nastavení měniče. Výrobce udává maximální proud 15 mA. Vyšší proud by mohl poškodit měnič.

Reverzace motoru na vozidle může být uskutečňována přes spínač na pin 17. Tato funkce přímo souvisí s programovým nastavením měniče. Aby bylo možné využít reverzace se zmíněným vstupem, musí být použit režim „Single – Ended“, kde je nulová rychlost nastavena na úrovni řídicího napětí 0 V a maximální rychlost na úroveň napětí 5 V. Jiný případ je takzvaný „wigwag“ režim. Tento režim spočívá v nastavení úrovně 5 V napětí ově proměnného regulátoru, který bude mít nulovou rychlost nastavenou na 2,5 V. V případě, že jede vozidlo dopředu, mění se úroveň napětí od hodnoty 2,5 V do 5 V, v opačném případě se napětí mění od 2,5 V do 0 V. Toho nastavení neumožňuje využití pinu 17 pro reverzaci.

Posledním důležitým pinem, který souvisí nejenom se zapojením ale i s programovým nastavením, je pin 8. Přes tento vstup lze pomocí zapojeného spínače nastavovat dva módy. První mód M1 je možné využít na krátké vzdálenosti, tedy pomalý ale velice přesný pohyb vozidla. V tomto případě jsou kontakty spínače rozepnuty. Druhý mód M2 nachází využití na dlouhé tratě a rychlou jízdu. Ovšem ztrácí se zde přesnost a preciznost vozidla. V tomto druhém případě jsou kontakty spínače sepnuty.

Měnič Curtis model 1228	
Silové parametry	
Jmenovité napětí	24 V
Jmenovitý proud	110 A
Dielektrická odolnost	>1 MΩ
Minimální odpor motoru pro model 90 – 110 A	130 mΩ
Spínací frekvence	15 kHz
Řídicí parametry	
Maximální vstupní proud do pinů B+, B- na svorkovnici J10	9 A
Vstupní proud do KSI (pin 5)	50 mA
Špičkový vstupní proud do KSI (pin 5)	1,5 A
Maximální výstupní proud pro klakson	15 mA
Maximální výstupní proud pro BDI (pin15)	2 mA
Maximální výstupní proud LED (pin 9)	15 mA
Maximální odpor cívky elektromag. brzd	32 – 200 Ω
Pracovní teplota měniče	-25°C – 40°C

Tab. 1.5 Firemní parametry měniče [8]

1.5 Baterie CSB EVX 12400

Na našem kolejovém vozidle budou umístěny dvě olověné Baterie CSB. Tyto Baterie jsou vhodné pro použití na jednoduchá elektrická vozidla, jako jsou golfová vozítka, kola a další elektrická zařízení. Baterie jsou bezúdržbové uzavřené a jsou schopny dodávat elektrickou energii v jakékoli umístěné poloze. Bližší technologie baterie bude popsána níže.

Baterie EVX 12400	
Počet článků	6
Jmenovité napětí na článek	2,27 V
Maximální napětí článku při nabíjení	2,45 V
Maximální napětí baterie při nabíjení	14,7 V

Jmenovité napětí baterie	12 V	
Kapacita baterie	40 Ah	
Maximální nabíjecí proud	12 A	
Vybíjecí proud po dobu 5 s	400 A	
Vnitřní odpor	10 mΩ	
Životnost	Hloubkové vybití	Počet cyklů
Pokles kapacity na 60%	100%	400
	50%	750
	30%	1900
Pracovní teploty		
Vybíjení	-15 °C – 50 °C	
Nabíjení	-15 °C – 40 °C	
Skladování	-15 °C – 40 °C	
Rozměry		
Délka, šířka, výška	197 mm, 165 mm, 170 mm	
Hmotnost	12,73 kg	

Tab. 1.6 Firemní parametry baterie [7]

1.5.1 Popis vnitřní technologie

Tato baterie typu AGM (absorbed glass mat) je specifická svým vnitřním uspořádáním náplně. Obsahuje vsáknutý elektrolyt ve sklo-laminátových mikrovlákněch, která jsou součástí separátorů mezi jednotlivými olověnými deskami. Výhodou této technologie je vysoká životnost při opakovaném hloubkovém vybíjení, ke kterému dochází například na trakčních vozidlech, kde bývá baterie jediným zdrojem a počítá se s úplným vybíjením baterie. Baterie spadá do kategorie VRLA (Valve Regulated Lead Acid) neboli baterie s řízeným ventilem. Při nabíjení vzniká kyslík na kladné elektrodě, který reaguje s olovem na záporné elektrodě. Vytváří se síran olovnatý a dochází k postupnému chemickému vybíjení záporné elektrody. Vzniká vodík, který je nutné regulovat právě přetlakovými ventily. Vodík spolu s kyslíkem rekombinují zpět na vodu a nedochází k úniku plynu mimo akumulátor. Proto lze tyto baterie využívat v uzavřených prostorech. Další výhodou je jejich malý vnitřní odpor, a proto je možné zatěžovat baterie velkými vybíjecími proudy. [10]



Obr. 1.12 Baterie EVX 12400

Legenda: 1 – Kladný potenciál, 2 – Záporný potenciál.

2 Návrh a realizace

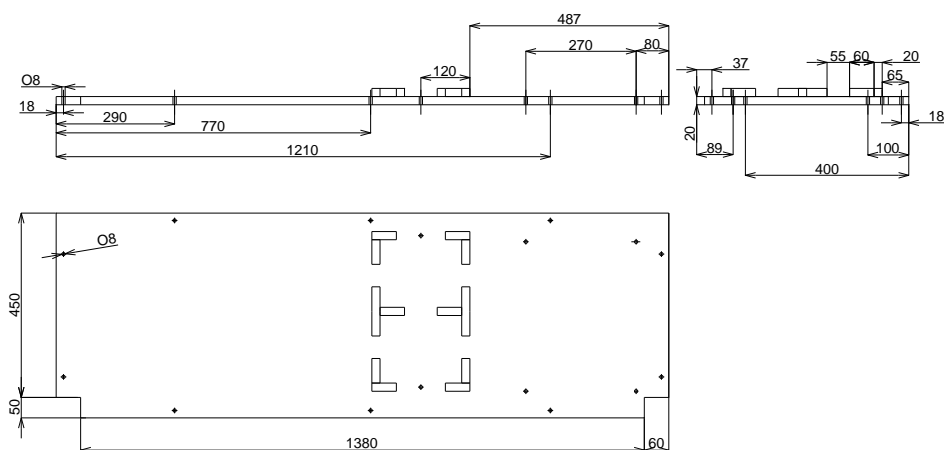
Dostáváme se k praktické části, kde se zaměřím na umístění baterií a rozvaděče na vozidlo. V rozvaděči budou ostatní komponenty s tím, že k němu bude připojen ovladač pro řízení vozidla. Abych tak mohl učinit, musím vymyslet způsob, jak baterie, rozvaděč a komponenty připevním, aby nedošlo k jejich pohybu při jízdě vozidla. Ovšem nejdůležitější bude, kam komponenty umístím a jakých materiálů využiji.

2.1 Deska na vozidlo

Hlavním účelem desky je nést baterie a rozvaděč s ovladačem. Při výběru desky jsem počítal s váhou, kterou deska musí vydržet. Po sečtení všech komponent jsem došel ke hmotnosti 30 kg bez započtení měřících přístrojů, které mohou být umístěny na desce při měření. Tedy lze předpokládat až dvojnásobnou nosnost, kterou deska musí vydržet. Využil jsem dostupných materiálů, které se nacházely v areálu Univerzity. Použil jsem dřevotřísku o tloušťce 20 mm. Rozměry této desky se odvíjely od rozměrů vozidla, které jsem uvedl v kapitole 1.1, s tím rozdílem, že jsem uřízl desku na polovinu kvůli převodovému ústrojí, které zasahovalo do jejího prostoru. Desku jsem tedy uřízl na délku 1500 mm a šířku 50 mm. V kapitole 1.1 jsem zmiňoval oka, která jsou umístěna v rozích na hlavním rámu vozidla. Tomu musely být přizpůsobeny rohy naší desky na vnější straně. Na desce jsem vyřízl obdélníky o velikosti 60 x 50 mm.

2.1.1 Návrh vrtání a přichycení jednotlivých částí

Při jízdě musí být deska řádně připevněna k rámu vozidla, aby nedošlo k jejímu pohybu nebo dokonce utržení. Proto jsem na podélné straně desky vyvrtal šest děr o průměru 8 mm na velikost šroubu se závitem M6, a to 18 mm od vnějších hran desky. Díry jsem měřil z levé strany od hrany desky ve vzdálenostech 290 mm, 770 mm a 1210 mm. Je dobré si všimnout, že vzdálenosti nejsou rovnoměrně rozmístěné, a to z toho důvodu, že z druhé strany desky byly vylišované staré kovové špunty. Další čtyři díry jsem vyvrtal na příčné straně desky opět 18 mm od vnější hrany ve vzdálenostech 100 mm a 400 mm. Tyto díry byly měřeny z prostředka vnitřní části vozidla.



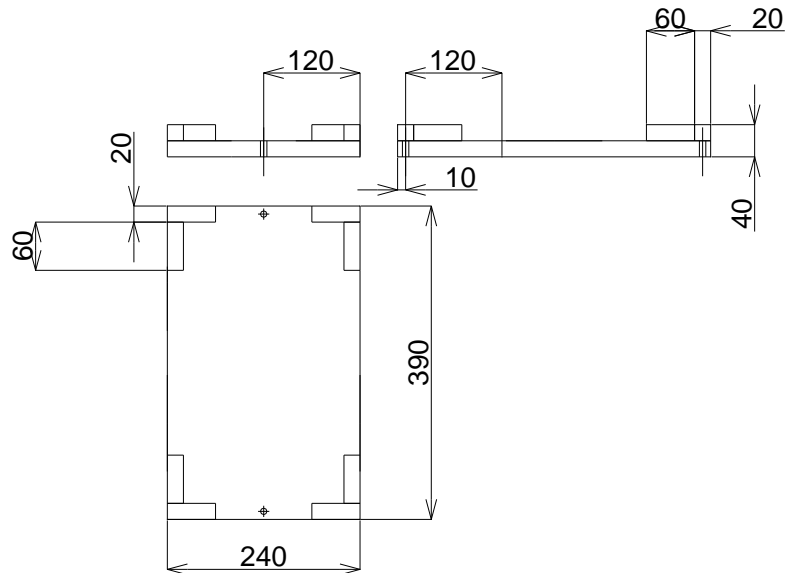
Obr. 2.1 Návrh desky na vozidlo

Z výše uvedeného Obr. 1.1 v kapitole 1.1 je vidět, že nebylo možné přišroubovat desku na podélné straně uvnitř vozidla. Toto jsme vyřešili dokoupením ocelového úhelníku ve tvaru L o rozměrech 50 x 50 x 5 mm. Ve spolupráci s VVCD byl úhelník zaříznut a přivařen podélně na vnitřní strany hlavního rámu vozidla. Po vyvrtání děr do desky bylo potřeba vyvrtat díry o průměru 5,5 mm na závit M6 do hlavního rámu a ocelového úhelníku.

Nyní nastala chvíle, kdy jsem řešil umístění baterií a rozvaděče. S vedoucím práce jsme se dohodli, že umístíme rozvaděč a baterie vedle sebe napravo s tím, že levá část desky bude volná na již zmíněné měřicí přístroje. Navrhl jsem jakousi ohrádku na baterie, která má za úkol zamezit pohybu baterií po desce. Spodní část ohrádky tvoří 14 odřezků ze staré slepované dřevotřísky o průřezu 20 x 20 mm a délce 60 mm. K desce jsem jednotlivé části ohrádky nejprve přilepil chemoprenovým lepidlem a následně sešrouboval vruty o délce 3 x 35 mm ze spod desky.

Horní část tvoří víko s odřezky v rozích. Opět přilepené lepidlem a sešroubované pomocí vrutů. Smysl víka je dvojitý. Brání nejenom nechtěnému dotyku živých částí na bateriích, ale také sešroubováním víka a desky pomocí závitových tyčí dojde k zapevnění baterií. Pro průchod závitových tyčí jsem vyvrtal dvě díry ve vzdálenosti 120 mm od okraje ohrádky, a to o průměru 8 mm jak do desky, tak do víka. Závitové tyče se závitem M8 jsem uřízl na délku 230 mm. Ze spod desky budou našroubovány matice s podložkami a ze shora na víku podložky s motýlky, které zajistí utažení. Rozměry ohrádky jsou 240 x 390 mm. Ohrádka je umístěna

487 mm od pravé hrany desky. Vnitřní rozměry ohrádky mají dostatečnou vůli pro umístění baterií a snadnou manipulaci při vyndávání a naopak.



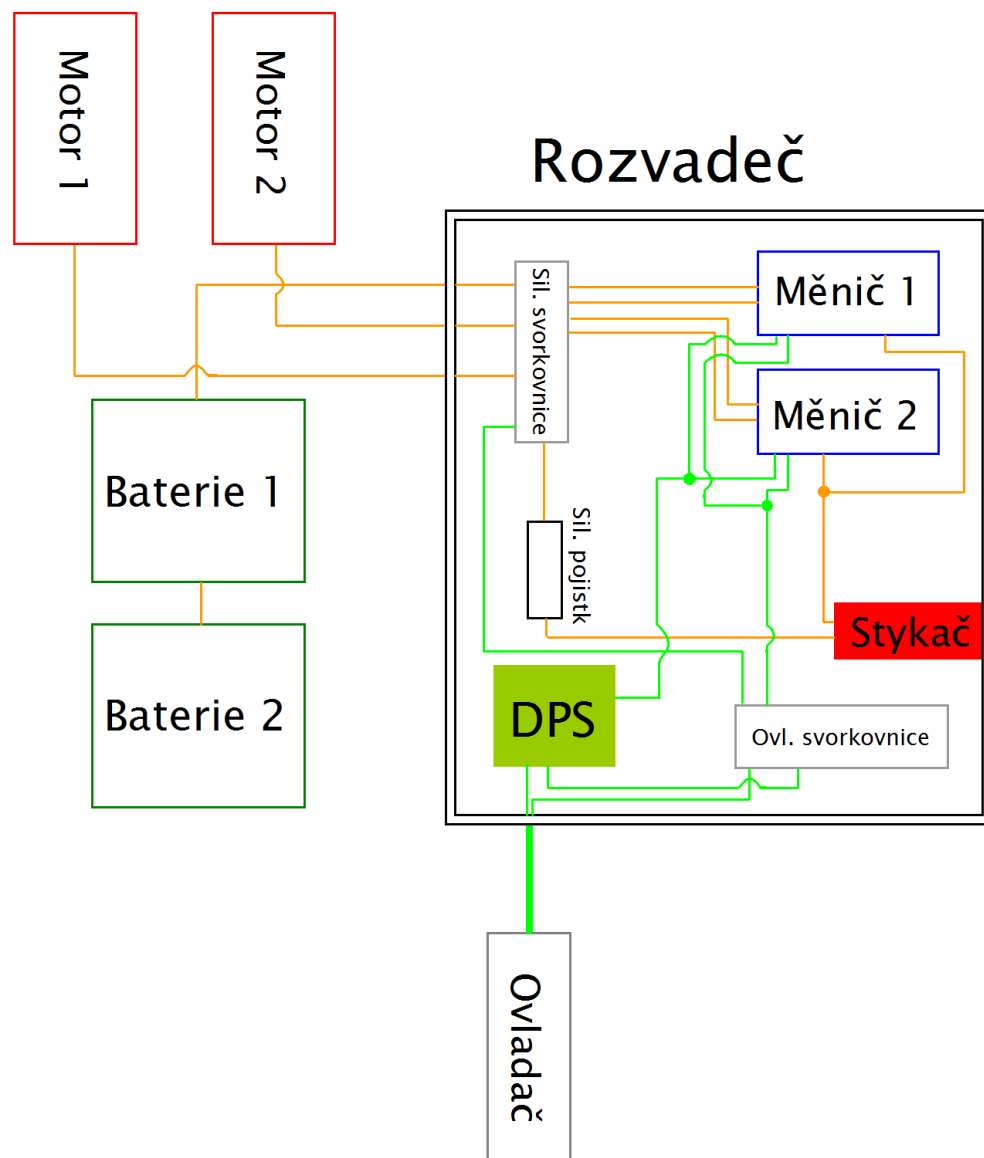
Obr. 2.2 Víko na baterie

Rozvaděč na vozidle, jsem umístil napravo od baterií s tím, že jeho víko se otevírá směrem k bateriím. Důvod je prostý. Při otevírání by mohlo dojít k ulomení víka v pantech. Tímto způsobem umístění se víko opře o baterie, a nedojde tak k ulomení. Rozměry koupeného rozvaděče jsou 295 x 400 mm. Rozvaděč měl ze spod předpřipravené díry se závity M6 od výrobce. Rozteč těchto děr je 365 mm napříč, a 270 mm podélně. Tyto díry o průměru 8 mm jsem vyvrtal do desky na zmíněnou rozteč, tak aby mohl být rozvaděč přišroubován ze spod desky pomocí šroubů. Mezi rozvaděčem a ohrádkou na baterie zůstal úmyslně volný prostor. Tento prostor může být využit k odložení ovladače.

V tuto chvíli máme nařezanou desku, vyvrtané všechny díry, umístěnou spodní ohrádku a vyrobené horní víko na baterie. Vše jsem natřel fermežovou barvou, která zajišťuje ochranu dřeva před klimatickými změnami, neboť vozidlo by mohlo zmoknout a následkem by bylo zkroucení dřeva. Po zaschnutí fermeže jsem vše dvakrát natřel modrou barvou stejnou jako je na nosném rámu vozidla. Umístění na desce je na obrázku Obr. 2.7. Technické výkresy jsem kreslil v programu AutoCAD.

2.2 Návrh rozmístění komponent v rozvaděči

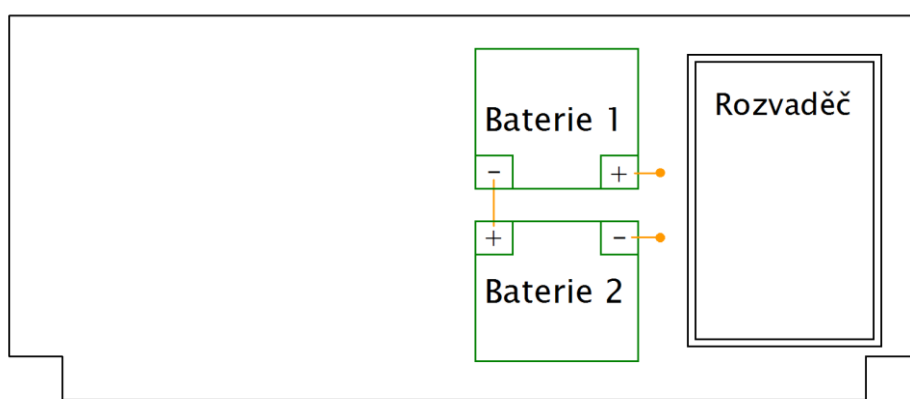
V první fázi jsem navrhl blokové schéma, které popisuje zapojení jako celek. Tento celek je rozdělen do dvou částí silového obvodu a ovládacího obvodu. Silový obvod je propojen oranžovou barvou, ovládací obvod má barvu světle zelenou. V silovém obvodu jsou dvě baterie, které jsou propojené mezi sebou a slouží jako hlavní zdroj elektrické energie. Dva motory, které slouží jako pohon celého vozidla přičemž každý motor pohání jednu nápravu vozidla. Uvnitř rozvaděče se nachází jeden měnič pro každý motor. Oba měniče zasahují jak do ovládací, tak do silové části obvodu. Dalšími důležitými prvky jsou stykač pro sepnutí silového obvodu, silová pojistka a silová svorkovnice. Druhá ovládací část obvodu se skládá z ovladače, plošného spoje, pojistky a ovládací svorkovnice.



Obr. 2.3 Blokové schéma komponent

2.2.1 Baterie

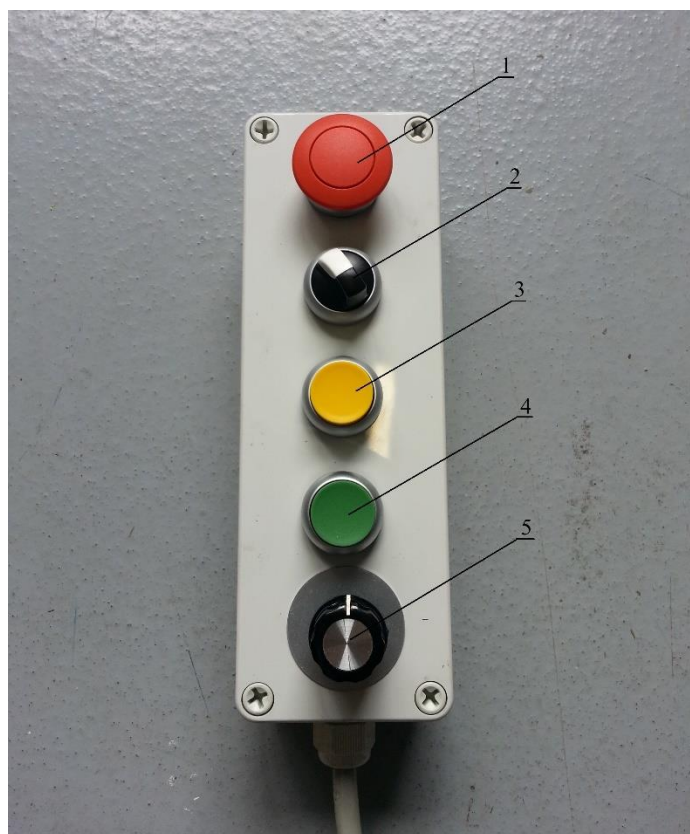
Baterie jako hlavní zdroj elektrické energie jsem umístil co nejbližší k rozvaděči, tím pádem i měničům, které z nich budou napájeny. Důvodem, proč jsem tak učinil je, že kdyby byly na druhé straně vozidla, potřebovali bychom větší délku vodičů. Dalším důvodem je vizuální pohled a nepraktičnost, neboť při návrhu jsem uvažoval jednu polovinu vozidla volnou, která bude sloužit měřicím přístrojům. Obě baterie jsem umístil kontakty naproti sobě tak, aby bylo jednoduché zapojení a vodiče se neobmotávaly kolem baterií. V tuto chvíli uvažuji dopředu, protože je jasné, že pro dostatečně velké napětí se baterie musí zapojit do série.



Obr. 2.4 Umístění baterií na desce

2.2.2 Ovladač

Ovládací krabice obdélníkového tvaru je v plastovém provedení s pěti otvory. Její výhodou je především hmotnost a snadná uchopitelnost do jedné ruky. Umístění jednotlivých prvků na ovladači není náhodné, ale má hlubší význam vzhledem k jednotlivým funkcím. Jednotlivé funkce přímo souvisí s řízením vozidla. Na pozici 1 je umístěn červený hříbek jako bezpečnostní tlačítko pro zastavení vozidla v případě, že vozidlo se stane neovladatelné. Pozice 2 je obsazena funkcí reverzace neboli změnou směru jízdy. Na 3 pozici se nachází tlačítko pro dávání akustické informace. Poslední dva prvky spolu blízce souvisí, protože na pozici 5 se nachází potenciometr pro řízení rychlosti vozidla, který funguje pouze v případě, že je stisknutý prvek na pozici 4.

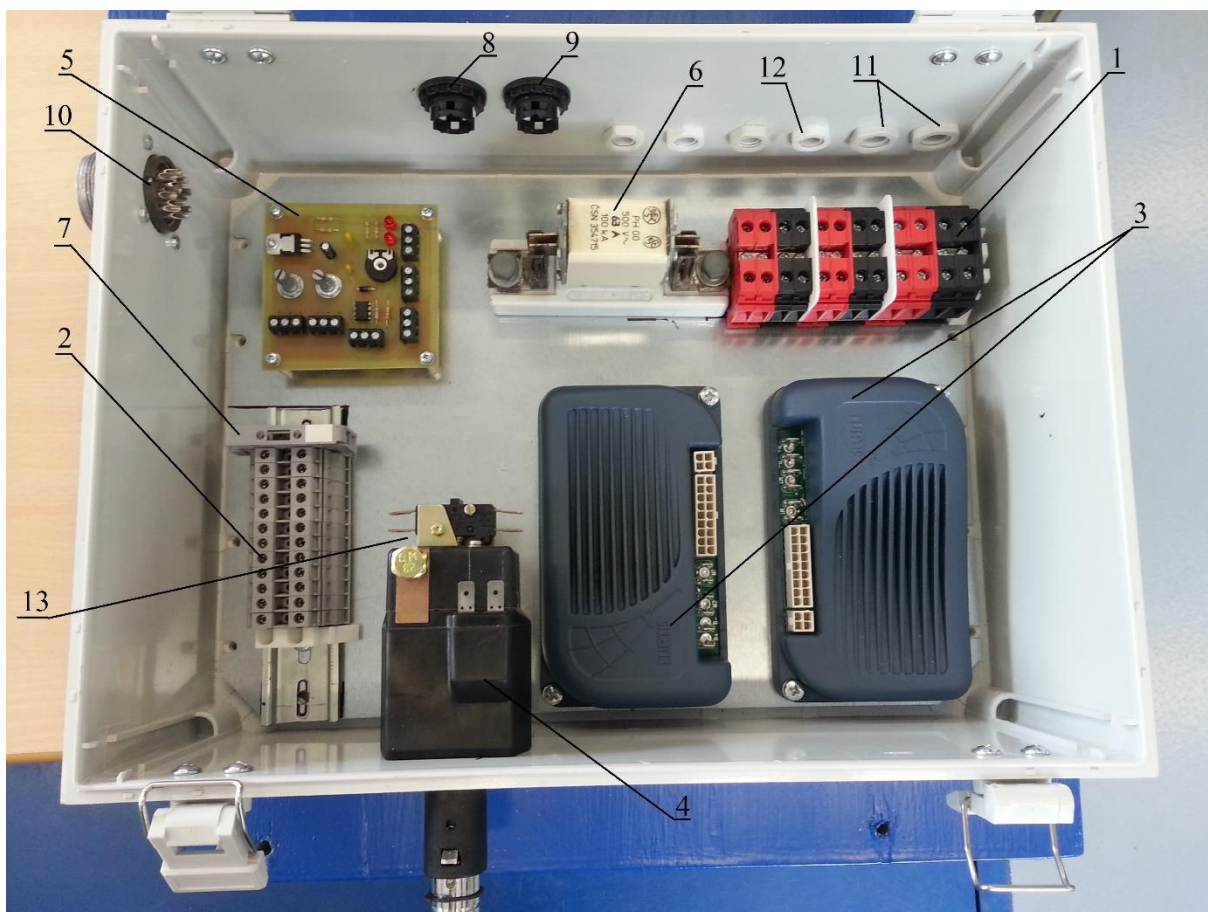


Obr. 2.5 Ovladač

Legenda: 1 – Bezpečnostní tlačítko, 2 – Reverzace, 3 – Klakson, 4 – Spínač, 5 – Potenciometr.

2.2.3 Rozvaděč

Při umístění komponent do rozvaděče jsem se snažil, aby každý umístěný prvek měl svůj smysl. Nejprve jsem začal s prvky, které jsou přidělané ze stran rozvaděče. Představme si, že stojíme na levé straně vedle vozidla, tedy v levém dolním rohu Obr. 2.6. Po pravé ruce máme rozvaděč a před rozvaděčem se nachází akumulátory. Spínač pro oživení vozidla a volba módu se nachází na pozici 8 a 9. Tato pozice je výhodná zejména v případě, že bereme do ruky ovladač, který se nachází mezi rozvaděčem a akumulátory protože můžeme rovnou oživit vozidlo. Konektor, ke kterému vede prodloužený kabel s ovladačem, je umístěn na pozici 10. Dotyčná osoba, která bude držet ovladač, se nemusí vymotávat s kabelem okolo rozvaděče ale má ho přímo vedle sebe. Velice důležitým prvkem, který musí být co nejbližší osobě s ovladačem, je stykač. Ten jsem umístil na spodní část rozvaděče, tak aby bylo možné co nejrychleji odpojit elektrickou energii do měničů. Další prvky, které se nacházejí v pravém horním rohu, jsou dvě průchodky pro napájení z akumulátorů, a následují čtyři průchodky pro napájení motorů.



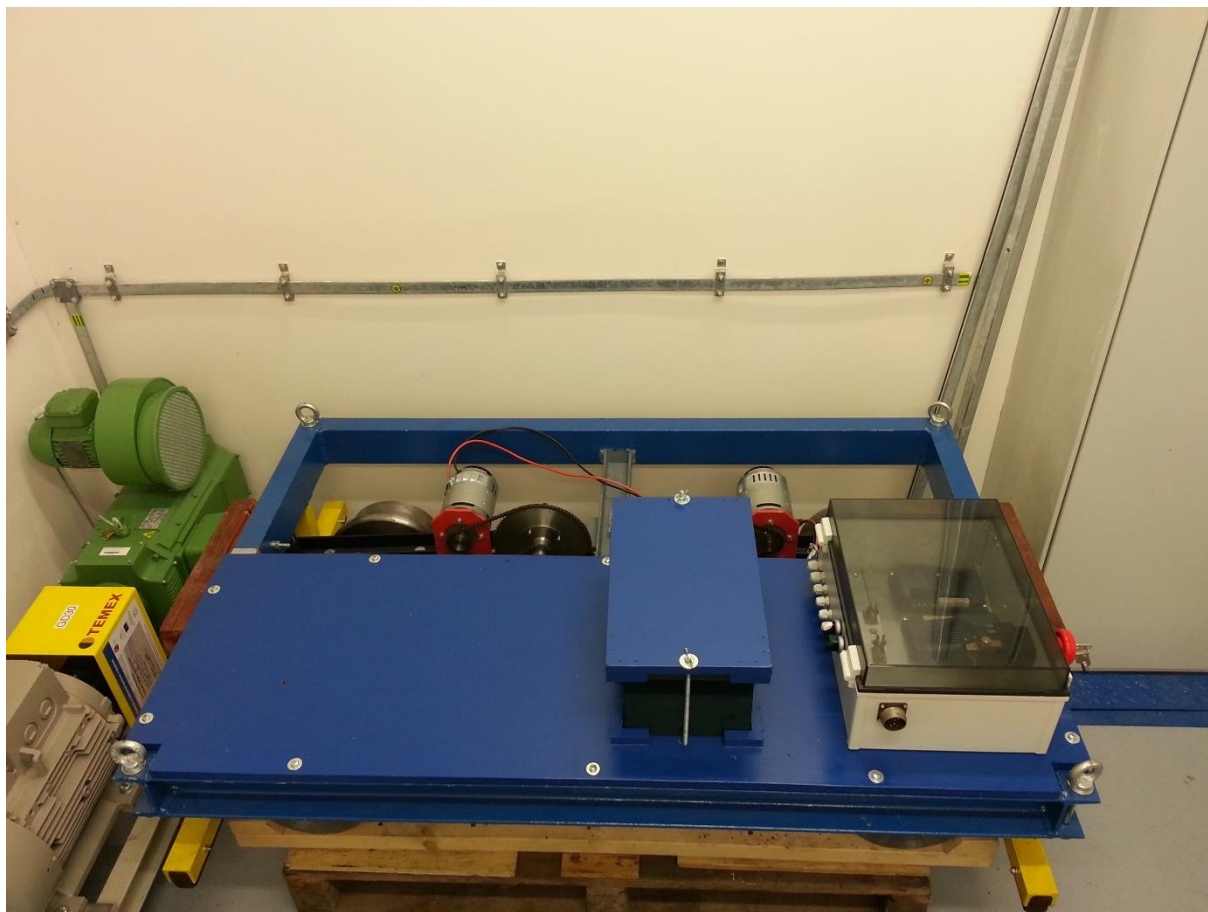
Obr. 2.6 Rozmístění komponent v rozvaděči

Legenda: 1 – Silová svorkovnice, 2 – Ovládací svorkovnice, 3 – Měníče zleva M2, M1, 4 – Stykač, 5 – Regulace napětí, 6 – Silová pojistka, 7 – Ovládací pojistka, 8 – Oživení, 9 – Mód, 10 – Konektor od ovladače, 11 – Průchodky od baterií, 12 – Průchodky od motorů, 13 – Výkonový rezistor.

Toto uspořádání nabádá k umístění silové svorkovnice a nožové pojistky co nejbližší k průchodkám tak, aby nedocházelo k překlenutí s vodiči ovládací části. Barevné označení svorkovnice není náhodné, ale má svoje opodstatnění jak z pohledu normy, tak z pohledu větší přehlednosti při zapojování. Pod silovou svorkovnicí jsem umístil měniče, ze kterých bude vyvedeno napájení do motorů.

Svorkovnici ovládací části jsem umístil do spodního levého rohu rozvaděče. Důvodů bylo hned několik. Na první pohled je vidět oddělená ovládací a silová část. Přišlo mi výhodné, že napravo od svorkovnice, je stykač, na kterém jsou pomocné kontakty, a naopak nalevo, je konektor od ovladače, pod kterým se nachází plošná deska. Plošná deska řízení napětí je přišroubována na distančních sloupcích, aby nedocházelo ke kontaktu součástek s hliníkovou deskou rozvaděče. Pojistka pro ovládací část je umístěna na kraji svorkovnice nejbližší k plošné desce. Blízkou souvislost má stykač s výkonovým

rezistorem v hliníkovém pouzdře, který se nachází pod pomocnými kontakty. Kompletní uspořádání na vozidle je na Obr. 2.7



Obr. 2.7 Umístění baterií a rozvaděče na desce

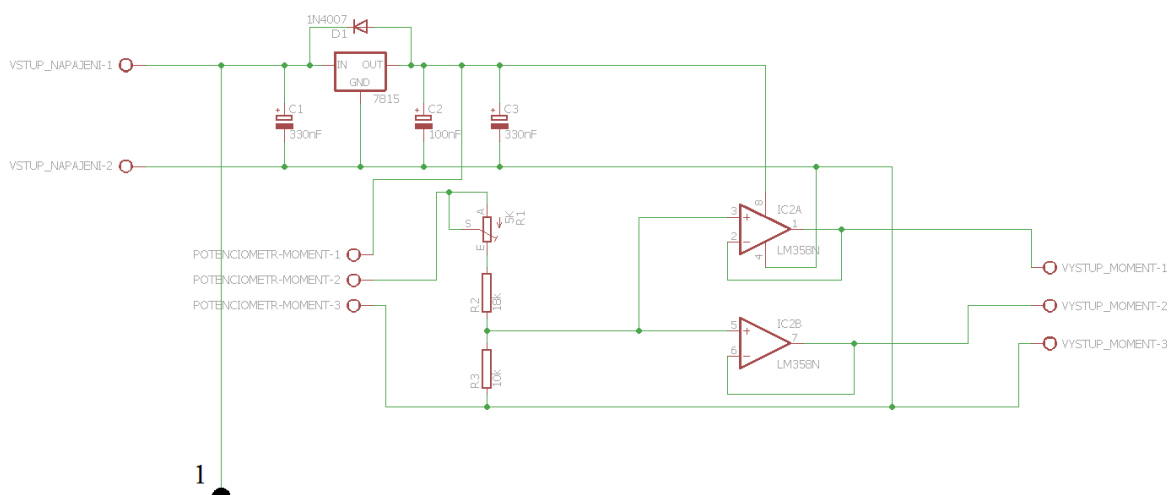
2.3 Zapojení elektrické výzbroje

Zapojení elektrické výzbroje je jednou z nejdůležitějších částí práce. Bylo třeba vymyslet takové zapojení, aby vozidlo nejenom jezdilo, ale také aby bylo bezpečné z hlediska dotykového napětí, elektrické ochrany komponent a v neposlední řadě také bezpečnosti jízdy. Protože je celé zapojení poměrně velké a při pohledu by bylo značně nepřehledné. Rozdělil jsem schéma do několika větších celků a pojmenoval tak, aby bylo zřetelné, o které části je řeč a jaký mají účel. V následujících podkapitolách popíši jednotlivé části.

2.3.1 Návrh řízení napětím

V kapitole 1.4.2 jsem zmínil, že rychlost vozidla můžeme řídit měničem buď zapojením 5 k Ω potenciometru nebo změnou úrovně napětí od 0 V do 5V.

Po dohodě s vedoucím práce jsme se rozhodli, že vozidlo budeme řídit změnou napětí. Usoudili jsme, že toto řízení bude přesnější vzhledem k tomu, že je potřeba ovládat dva měniče. Musel jsem vymyslet obvod, kde bude maximální proměnné napětí 5 V a pomocí potenciometru těchto 5 V měnit. Nevýhodou měničů, které jsme využili je, že nedokáží rozpoznat napětí na vstupu větší než 5 V a při překročení této hodnoty by mohlo dojít k nevratnému poškození. Hned na začátku celého návrhu bylo jasné, že obvod bude umístěn na desku plošných spojů. Rozměry desky se odvíjely od předem připraveného prostoru v rozvaděči, který jsem si stanovil a do kterého by se deska měla bez problému umístit.

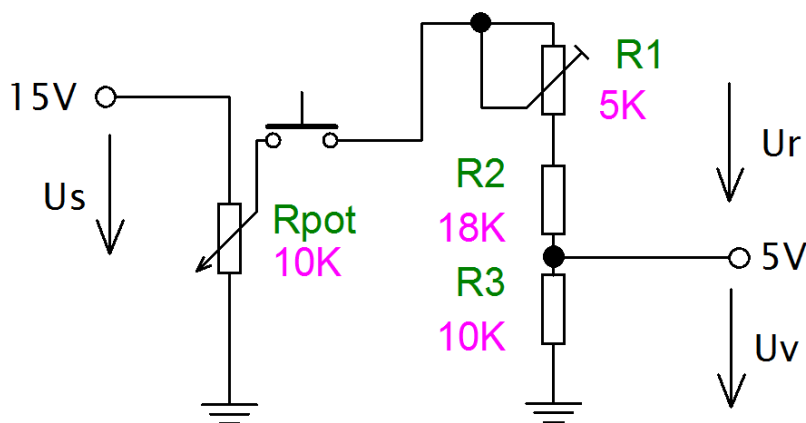


Obr. 2.8 Řízení napětím

Na vstup obvodu je přivedeno napětí 24 V z baterií. Toto napětí využiji nejenom jako proměnné napětí do jednotlivých vstupů měničů ale také k napájení operačních zesilovačů. Z katalogu výrobce jsem se dočetl, že operační zesilovače je možné napájet symetrickým napětím $\pm 16 V$ nebo napětím nesymetrickým 32 V. Vzhledem k tomu, že obě napětí byla pro danou aplikaci nevýhodná, stanovil jsem si velikost napětí 15 V, se kterým lze dále pracovat a na které lze koupit stabilizátor. Pro stabilizaci napětí jsem využil stabilizátor 7815- TM s pouzdem TO220, na které je možné umístit chlazení pro odvod ztrátového tepla. Tento stabilizátor je určený na jmenovité hodnoty vstupního napětí až 35 V, výstupní napětí 15 V a výstupní proud 0,75 A. Dále jsem ke stabilizátoru umístil diodu a tantalové kondenzátory C1, C2 a C3 které slouží jako filtrační. Tyto kondenzátory uvádí výrobce v katalogovém listu. Diodu 1N4007 jsem zapojil ze vstupu na výstup stabilizátoru

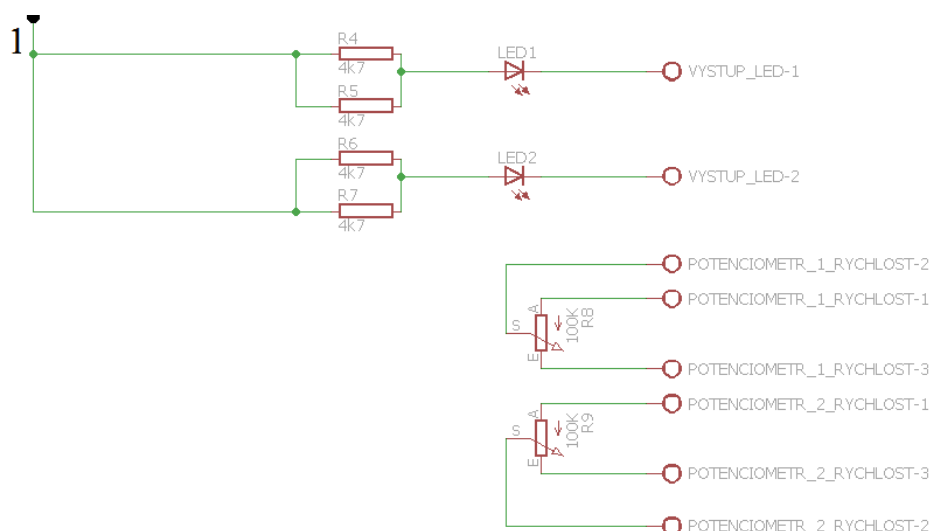
v závěrném směru. Úkolem diody je vést proud z výstupu na vstup a to tak, že v případě velkého poklesu vstupního napětí nedojde k průrazu stabilizátoru

Stabilizované napětí U_s 15 V je přivedeno na náš řídicí potenciometr a s ním do série zapojený rychlostní spínač. Jak už víme z kapitoly 2.2.2, oba prvky jsou umístěny v ovladači našeho vozidla, a jejich bližší funkci popíší později. Potenciometr má odpor 10 k Ω a tvoří první dělič napětí. Vydělené napětí je opět přivedeno na druhý dělič, kde horní větev tvoří trimr R1 o velikosti 5 k Ω , a rezistor R2 o odporu 18 k Ω . Spodní větev tvoří rezistor R3 s odporem 10 k Ω . Trimr je nastaven tak, aby na něm byl v ideálním případě odpor 2 k Ω . Celkový odpor druhého děliče je dán poměrem 1:3. Jestliže bude na prvním dělič napětí 15 V, pak na druhém bude napětí U_r 10 V a U_v 5 V, které je vyvedené do operačních zesilovačů. Pro větší přehlednost jsem nakreslil schéma Obr. 2.9.



Obr. 2.9 Dělič napětí

Na výstupu druhého děliče je integrovaný obvod, který obsahuje dva operační zesilovače LM358N. Tento obvod slouží jako impedanční oddělení. Oba operační zesilovače jsou napájeny z výstupu výše zmíněného stabilizátoru a jsou zapojeny jako napěťové sledovače. Přenos těchto zesilovačů je roven jedné, tedy celé napětí U_v na vstupu se objeví na jejich výstupu. Výstupní napětí z napěťových sledovačů je zapojeno do měničů na pin 4.



Obr. 2.10 Signalizace a potenciometry pro omezení rychlosti

Na desku plošných spojů jsem umístil dva potenciometry o velikosti 100 kΩ, které slouží k nastavení maximálního omezení rychlosti vozidla. Dále jsem umístil LED diody D1, D2 se vstupy na piny 9, o těchto pinech jsem se zmínil v kapitole 1.4.2. Každá z diod je napájena ze vstupního napětí 24 V před stabilizátorem. Do série s každou diodou jsem umístil dva paralelní rezistory s odporem 4700 Ω.

$$R = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4700 \cdot 4700}{4700 + 4700} = 2350 \Omega \quad (12)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{2350} = 10,2 \text{ mA} \quad (13)$$

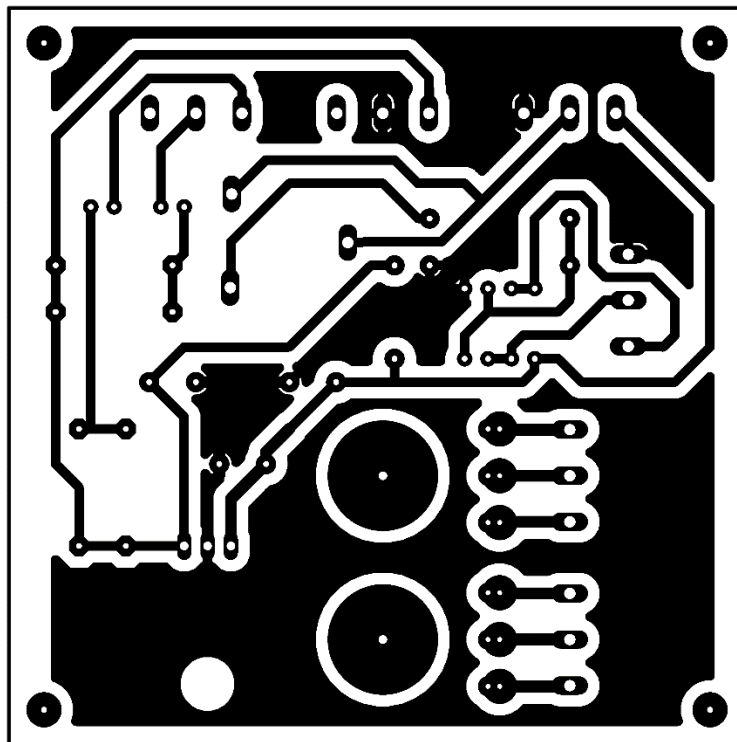
Do pinu 9 poteče proud 10,2 mA, což je v pořádku, protože je dimenzovaný výrobcem na maximální proud 15 mA.

2.3.2 Výroba plošného spoje

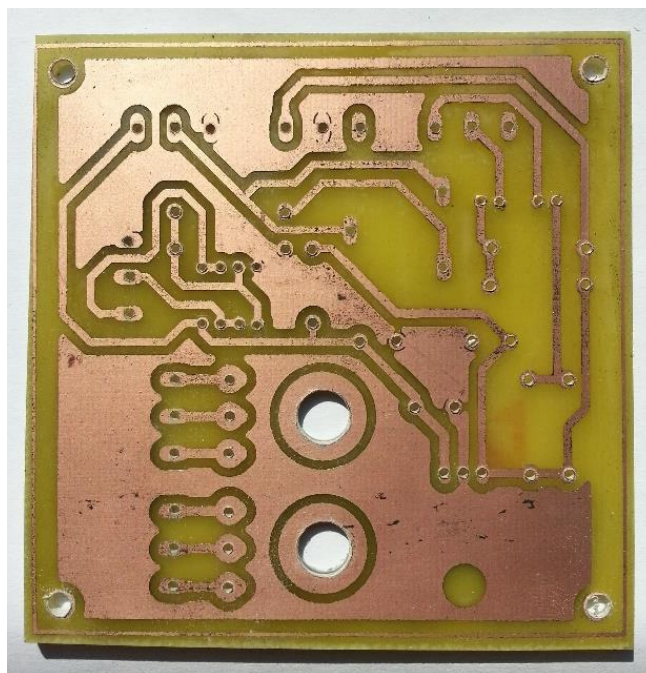
Celý návrh plošného spoje jsem vytvářel v Eaglu 7.4.0. Stanovil jsem si několik podmínek, které jsem chtěl dodržet při návrhu. První podmínkou bylo, aby velikost desky nebyla větší než 80 x 80 mm. Další podmínkou bylo, aby všechny svorkovnice byly umístěny na krajích desky a po přišroubování plošného spoje na distanční sloupky směřovaly svorky směrem do prostoru rozvaděče. Tato podmínka zajišťuje snadný přístup při zapojování. Pro všechny vstupy a výstupy na desku jsem použil svorkovnice PTR AK500/3DS.

Dále jsem se snažil vytvořit dostatečně velký prostor kolem 100 k Ω potenciometrů a to z toho důvodu, že jsem je chtěl umístit na výšku kvůli pohodlnému nastavování.

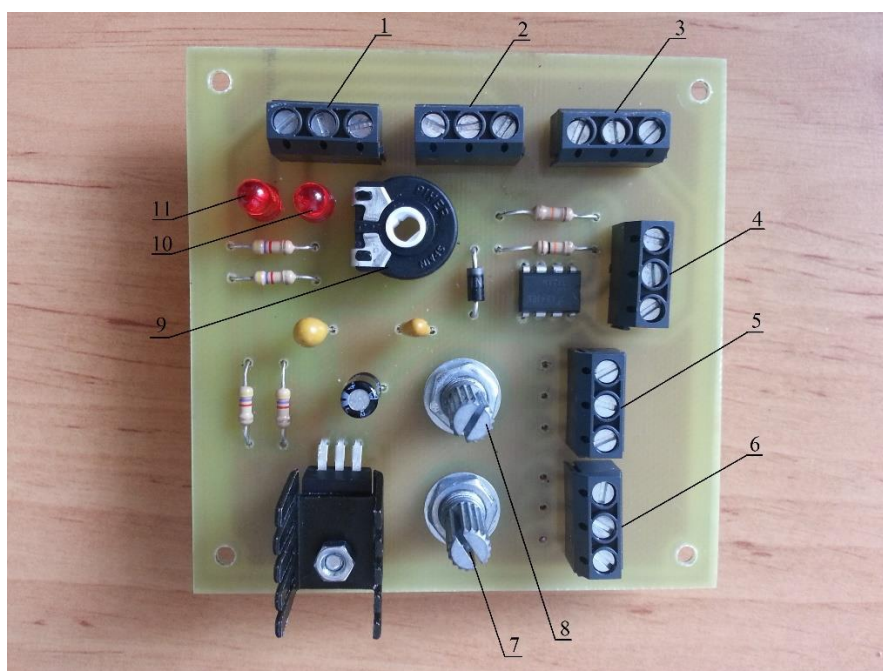
Plošný spoj jsem vyrobil metodou nažehlování. Nejprve jsem návrh vytiskl laserovou tiskárnou s práškovým tonerem na křídový papír. Papír jsem přiložil na čistou cuprexitovou destičku a postupným nažehlováním se toner přilepil na desku. Poté stačilo papír sloupnout a desku vyleptat v chloridu železitém. Po vyleptání jsem destičku omyl a natřel kalafunou, která umožňuje snadné přichycení cínu při pájení součástek. Jako poslední jsem desku vyvrtal a osadil součástkami.



Obr. 2.11 Deska plošných spojů



Obr. 2.12 Vyrobená deska plošného spoje



Obr. 2.13 Osazená deska

Legenda: 1 – VYSTUP_LED, 2 – VSTUP_NAPAJENI, 3 – POTENCIOMETR_MOMENT,
 4 – VYSTUP_MOMENT, 5 – POTENCIOMETR_2_RYCHLOST,
 6 – POTENCIOMETR_1_RYCHLOST, 7 – Pot_1, 8 – Pot_2, 9 – Trimr. 10 – VYSTUP_LED-1,
 11 – VYSTUP_LED-2

2.3.3 Ovládací část

Ovládací část je poměrně rozsáhlá a zahrnuje nejenom zapojení ovladače ale také přepínače, které se nacházejí na rozvaděči. Dále propojení s plošnou deskou řízení úrovně napětí, zapojení pomocných kontaktů na stykači a zapojení na měniče. Na úvod jsem vytvořil tabulku pro lepší přehlednost.

Ovladač		
Konektor od ovladače	Označení ve schématu	Popis jednotlivých drátů
1	SV3_OVL_V	Přívodní drát ze svorky 3 do ovladače
2	ST_NONC	Výstup na stykač pomocných kontaktů
3	M1_R_17	Výstup do měniče 1 na Reverzace pin 17
4	M12_R_17	Výstup do měniče 2 na Reverzace pin 17
5	KL_V	Výstup na klakson
6	POTENCIOMETR_MOMENT-2	Výstup na DPS potenciometr
7	POTENCIOMETR_MOMENT-1	Výstup na DPS potenciometr
8	POTENCIOMETR_MOMENT-3	Výstup na DPS potenciometr
Rozvaděč		
Ovl. Svorkovnice, číslo svorky	Označení ve schématu	Popis jednotlivých drátů
1	KS_1 +24V	Přívod ze silové svorkovnice
2	M1_KSI_5, M2_KSI_5	Výstupy do měničů na KSI pin 5
3	SV3_OVL_V	Přívodní drát ze svorky 3 do ovladače
4	M1_M_8, M2_M_8,	Výstup do měničů na Mód pin 8
5	VSTUP_NAPAJENI-1	Výstup na DPS
6	VSTUP_NAPAJENI-2	Výstup na DPS
6	KS_1-	Přívod ze silové svorkovnice
6	KL_V	Vstup z klaksonu
6	ST_SV	Vstup ze stykače do svorkovnice
7	ST_NO_R	Vstup do svorkovnice ze stykače na odpor
7	ST_NONC_R	Výstup ze svorkovnice do stykače s odporem
Stykač		
Označení ve schématu	Popis jednotlivých drátů	
ST_NONC_R	Výstup ze svorkovnice do stykače s odporem	
ST_SV	Vstup ze stykače do svorkovnice	
ST_NONC	Vstup z ovladače na pomocné kontakty	
ST_NO_R	Vstup do svorkovnice ze stykače na odpor	
A1,A2	Silové vodiče	

Tab. 2.1 Popisky k ovládací části

V kapitole 1.4.2 jsem se v popisu zapojení měniče zmiňoval o spínači, který při sepnutí zajistí oživení měniče. Toho jsem využil hned na začátku zapojení. Kladný potenciál označený ve schématu jako **KS_1+24 V** jsem přivedl do zeleného otočného spínače oživení vozidla. Otočný spínač od firmy Eaton, má velice sofistikovaný způsob umístění kontaktů. Kontakty jsou zaklesnuty za rámeček držící samotný spínač. Společně s nimi jsem na rámeček

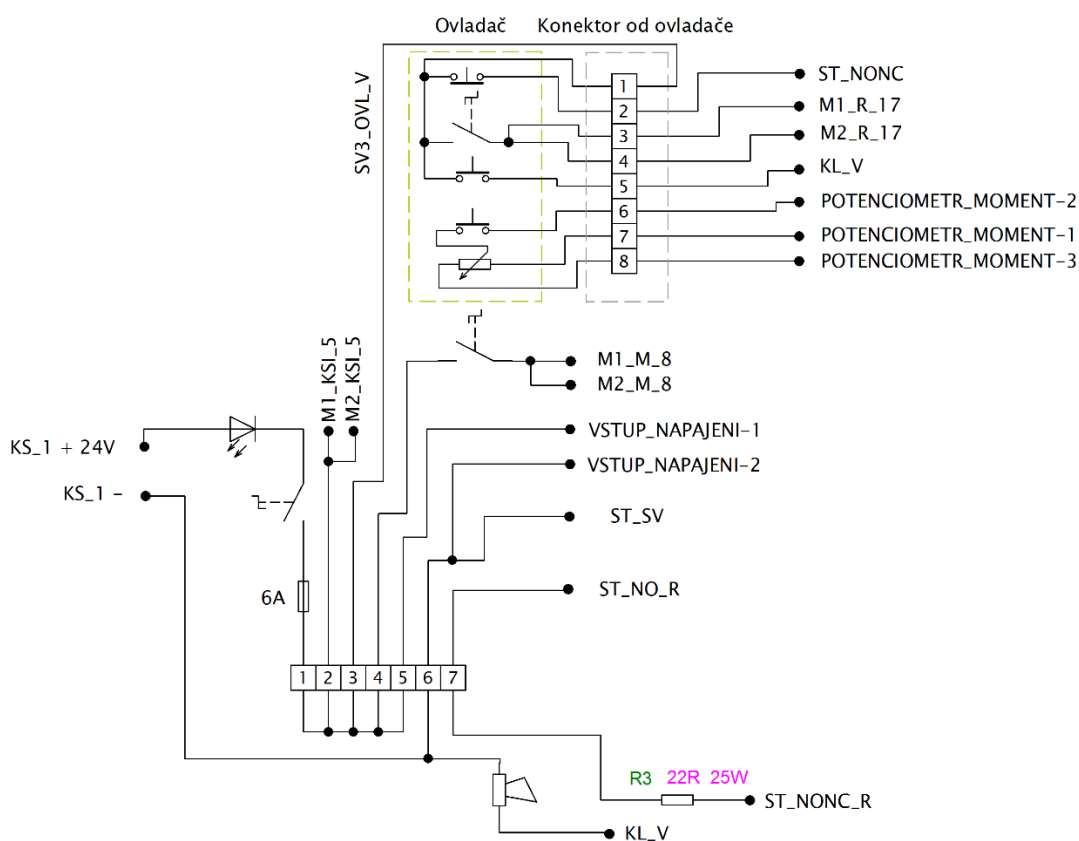
připojil LED diodu, která se rozsvítí v okamžiku oživení. Následuje vstup do ovládací svorkovnice na pozici 1, kde jsem umístil pojistku o velikosti 6 A. Pojistka by měla sloužit jako dostatečná ochrana proti proudu, který by mohl poškodit měniče. Z pojistky jsem vyvedl propojení na ovládací svorkovnici pozice 2 až 5. Ze svorky 2 jsou vyvedeny dráty na oživení měničů označené **M1_KSI_5** a **M2_KSI_5**. Následuje svorka 3, ze které se přivádí kladný potenciál do ovladače označený **SV3_OVL_V**. Všechny vodiče vedoucí z ovládací svorkovnice do ovladače přes konektor jsou označeny 1 až 8 podle Tab. 2.1.

Na ovladači je umístěno pět prvků, které jsem popisoval v kapitole 2.2.2. Červený hříbek, chcete-li nouzové tlačítko, je jedním z bezpečnostních prvků, který v případě že se vozidlo bude chovat neočekávaně, odepne pomocné kontakty označené **ST_NONC**. Tyto kontakty jsou sériově zapojeny s cívkou stykače. Ztrátou napětí na cívce dojde k rozepnutí hlavních kontaktů. Druhá pozice na ovladači slouží k reverzaci, neboli ke změně směru jízdy. Výstup z jednopólového otočného spínače bílé barvy je zapojen do měničů, přičemž ve schématu jsou tyto vstupy označeny jako **M1_R_17** a **M2_R_17**. Na třetí pozici je umístěno tlačítko pro akustickou informaci. Výstup na klakson je označen **KL_V** přičemž v tuto chvíli nebude zapojen. Další dva prvky spínač a potenciometr 10 k Ω , jsou zapojeny v sérii. Důvod je prostý. V případě, že nebude sepnutý spínač, není možné se s vozidlem rozjet nebo měnit jeho rychlost. Toto zapojení má další bezpečnostní význam. Dostal jsem se k hlavnímu ovládacímu prvku, který slouží k řízení rychlosti a tím je zmíněný potenciometr. Označení vývodů ve schématu **POTENCIOMETR-MOMENT-1**, **POTENCIOMETR-MOMENT-3** a **POTENCIOMETR-MOMENT-2** je totožné s označením na plošné desce. Na ovládací svorkovnici 5 a 6 je vyvedeno napájení plošné desky označené **VSTUP_NAPAJENI- 1** a **VSTUP _NAPAJENI-2**.



Obr. 2.14 Konektor od ovladače

Legenda: 1 – SV3_OVL_V, 2 – ST_NONC, 3 – M1_R_17, 4 – M4_R_17, 5 – KL_V,
6 – POTENCIOMETR_MOMENT-2, 7 – POTENCIOMETR_MOMENT-1
, 8 – POTENCIOMETR_MOMENT-3.



Obr. 2.15 Zapojení ovládací části

Úmyslně jsem přeskočil svorku 4 a nyní se k ní krátce vrátím. Na této svorce je napětí 24 V a výstup z této svorky je zapojen do druhého otočného spínače bílé barvy umístěného na straně rozvaděče ihned vedle zeleného. Výstupy z tohoto spínače jsou vyvedeny do měničů

na piny 8 a ve schématu jsou označeny jako **M1_M_8** a **M2_M_8**. Lze s nimi nastavovat mód měničů, který jsem popisoval v kapitole 1.4.2. Poslední svorka 7 označená jako **ST_NO_R** souvisí se zapojením stykače, který popíši dále.

2.3.4 Zapojení stykače

Principu stykače jsem se věnoval dostatečně v kapitole 1.3.1, a proto se zaměřím pouze na zapojení a problémy s tím spojené. Prvním takovým problémem je ztrátové teplo, které vniká při zapojení cívky přitahující kotvu. Cívkou protéká poměrně velký proud, a proto by bylo dobré tento proud nějakým způsobem omezit. Nejjednodušším řešením je zapojit předřadný odpor před cívkou a rozdělit napětí, které bude nejenom dostatečně velké na přitažení kotvy ale zároveň takové, aby nedošlo k odpadu kotvy v okamžiku, kdy se vozidlo pohybuje a dochází k otřesům. Změřil jsem napětí, při kterém docházelo k přitažení kotvy a velikost procházejícího proudu. Výsledkem bylo, že cívka přitáhne při napětí 12,7 V a procházející proud při napájecím napětí 24 V byl 0,46 A.

$$U_R = U_C - U_S = 24 - 13 = 11 \text{ V} \quad (14)$$

Velikost napětí na předřadném rezistoru jsem vypočítal na 11 V. Je možné, že napájecí napětí nebude 24 V, ale může být nižší, mohl jsem si dovolit zaokrouhlit napětí stykače na 13 V. Na cívce tedy nebude plné napětí 24 V z akumulátorů.

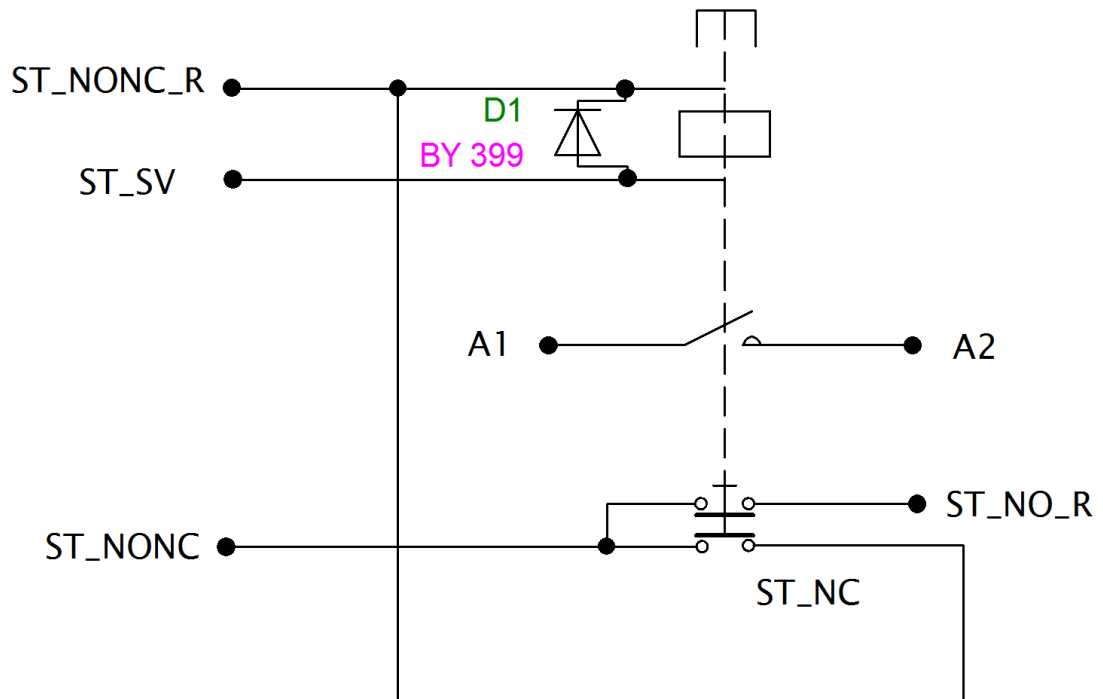
$$R = \frac{U_R}{I_C} = \frac{11}{0,46} = 23,9 \Omega \quad (15)$$

Zbývá vypočítat výkon na rezistoru při daných hodnotách, podle kterých budeme rezistor pořizovat.

$$P_R = U_R \cdot I_C = 11 \cdot 0,46 = 5 \text{ W} \quad (16)$$

Na rezistoru jsem vypočetl výkon 5 W, proto jsem použil výkonový rezistor s hliníkovým pouzdem a s hodnotou odporu 22 Ω , který je dimenzován na ztrátový výkon 25 W. Dále bylo potřeba zapojit paralelně k cívce diodu. Dioda se zapojuje z principu Lenzova zákona ve zpětném směru, neboť při procházejícím proudem cívkou se vytvoří indukované napětí, přičemž indukovaný proud je opačný, nežli je proud tekoucí obvodem.

Při rozpojení obvodu se indukované napětí změní a indukovaný proud se tak uzavírá přes diodu tentokrát ve směru propustném. Nedochozí tak k opalování kontaktů indukovaným napětím. Použil jsem rychlou diodu BY 399. Na diodě může být maximální napětí v závěrném směru až 800 V a v propustném 1,2 V při protékajícím proudu 3 A.



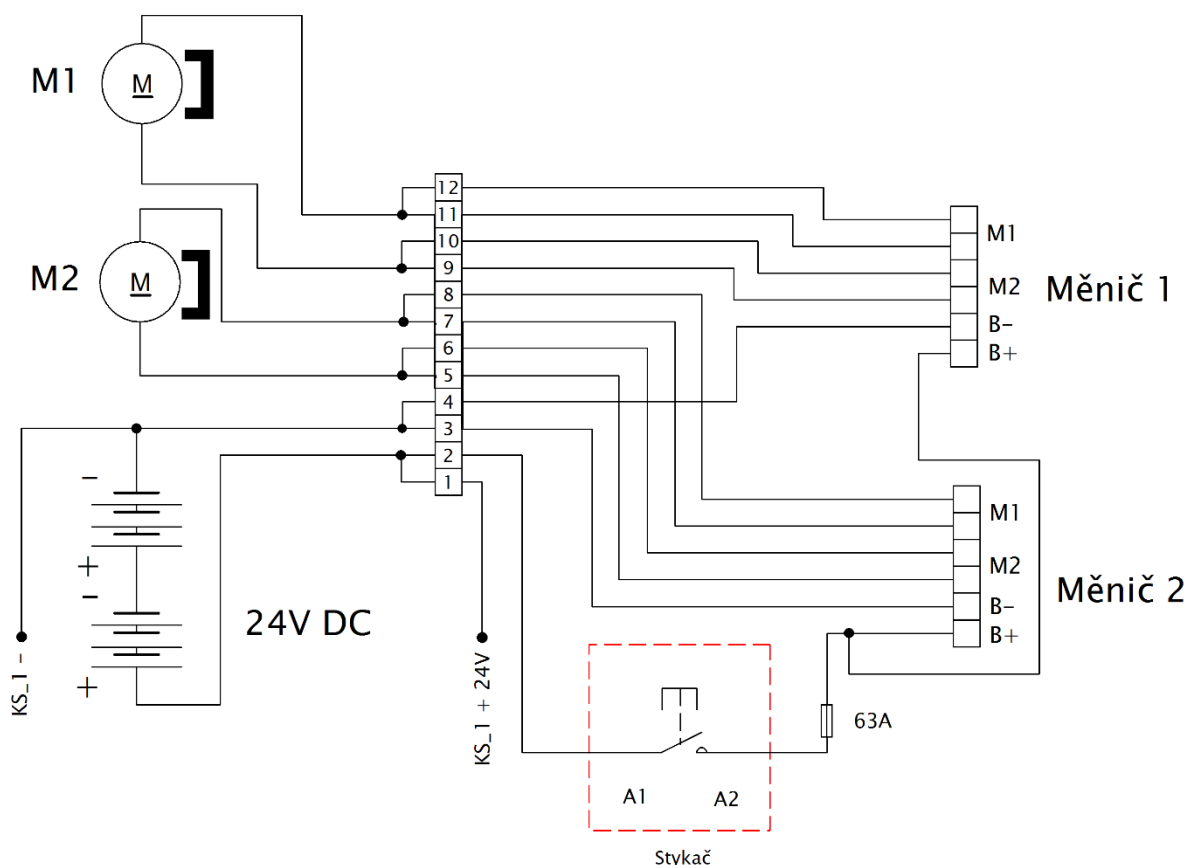
Obr. 2.16 Zapojení stykače

Nyní přejdu k zapojení samotného schématu na Obr. 2.16. Z výstupu bezpečnostního tlačítka **ST_NONC** jsem zapojil vodič do vstupů pomocných kontaktů spínacích a rozpínacích označených stejně jako výstup bezpečnostního tlačítka na ovladači. Napětí na cívce 24 V bude dáno z výstupu rozpínacích kontaktů **ST_NC** a to v případě, že hříbek stykače bude zatažen. V okamžiku, kdy se hříbek vytáhne, dojde k přepnutí na kontakty spínací a obvod bude zapojen přes **ST_NO_R** na svorku 7 a předřadný odpor na **ST_NONC_R**. Kontakty **A1**, **A2** jsou silové.

2.3.5 Silová část

Silová část na kolejovém vozidle je oddělena od části ovládací svorkami v rozvaděči. Zatímco na ovládací svorkovnici jsem využil šedé svorky typu RSA 4A, které jsou dimenzované na jmenovitý proud 32 A a maximální průřez vodiče 6 mm². Na silovou část jsem využil dva typy svorek. První typ svorky je RSA 10A na jmenovitý proud

57 A a maximální průřez vodiče 16 mm². Tyto svorky jsem využil na přívod elektrické energie z akumulátorů do rozvaděče a dále pro napájení měničů. Druhý typ svorek s označením RSA 6A jsou o něco menší a jsou použity zejména k napájení motorů z měničů. Jmenovitý proud svorkou je 41 A, a průřez vodiče 10 mm². Rozdělení svorek má svůj význam, který vychází ze schématu Obr. 2.17. Nyní budu zapojení popisovat.



Obr. 2.17 Zapojení silové části

Elektrickou energii na celém vozidle zajišťují dva akumulátory zapojené do série. Velikost napětí je 24 V a proud, který musí být akumulátory schopny dodávat, se odvíjí od jmenovitého proudu motoru. Podle výše uvedené Tab. 1.1 je jmenovitý proud 33 A. Výsledný maximální proud je pak 66 A. Napětí z akumulátorů 24 V jsem přivedl na svorky silové svorkovnice 1 a 2. Z první svorky je napájena ovládací část označená jako **KS_1 + 24V**. Z druhé svorky vede vodič do stykače silového kontaktu **A1**, dále potom z **A2** do nožové pojistky o jmenovitém napětí 500 V, jmenovitém proudu 63 A, a vypínací schopnosti 100 kA.

Využil jsem toho, že na pojistce je dostatečný prostor pro přišroubování dvou oček a z pojistky jsem mohl vyvést dva vodiče do každého měniče na kontakty **B+**. Na svorky 3 a 4 je přiveden záporný potenciál z akumulátorů, přičemž z první jmenované

3 Parametrizace

V okamžiku, kdy je vozidlo zkonstruované, elektrická výzbroj zapojená, nastává čas pro nastavení parametrů měničů. Tento proces je neopomenutelný, protože jízdní vlastnosti vozidla jsou závislé na nastavení.

3.1 Parametrizační modul

Výrobce v katalogovém listu uvádí dvě zařízení, pomocí kterých lze měnič nastavit. První zařízení je počítač s firemním softwarem, který je jistě pohodlnější z hlediska nastavování. Nicméně jeho nevýhodou bude manipulace v pracovním prostředí. Druhé zařízení je firemní parametrizační modul snadno uchopitelný do ruky, který nám byl zapůjčen od firmy Elgo Electric spol. s.r.o.



Obr. 3.1 Parametrizační modul

Legenda: 1 – Displej, 2 – Navigační klávesnice, 3 – Klávesnice Inc_Dec, 4 – Tlačítka záložky, 5 – Konektor.

Displej modulu slouží k zobrazení softwarového prostředí. Pro snadný pohyb v softwarovém prostředí je na modulu navigační klávesnice, přičemž jednotlivé hodnoty parametrů lze zvyšovat nebo snižovat prostřednictvím klávesnice Inc_Dec. Na modulu je klávesnice s třemi záložkami, do kterých si může programátor nastavit rychlý přístup k třem parametrům, které se nachází v Menu. Pro propojení modulu s měničem slouží konektor, který programátor zastrčí do svorkovnice J9.

3.2 Počáteční nastavení

Před uvedením vozidla do provozu se musí projít počátečním nastavením měniče. Při špatném nastavení nebo dokonce opomenutí bude hlásit měnič poruchu prostřednictvím LED diody. Všechny poruchy, které je měnič schopen opticky ukázat jsou v příloze A.

Zahájení nastavení:

Nejdříve se potenciometr pro řízení rychlosti nastaví do nulové pozice. Poté se zapne měnič a připojí se programovací zařízení. V případě, že je všechno v pořádku, LED dioda by měla svítit nepřerušovaně.

Nastavení vstupního signálu:

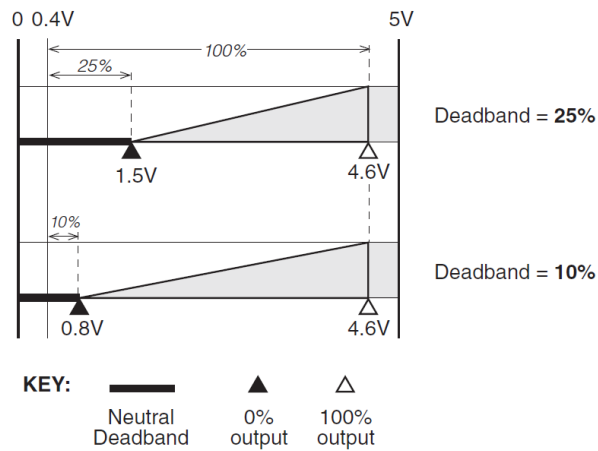
V programovacím modulu Menu, Throttle Parameters se musí nastavit typ signálu, který budeme využívat. V následujícím obrázku je červeně vyznačen režim, který je vhodný pro naše použití vzhledem k zapojení v kapitole 2.3.

THROTTLE TYPE	APPLICABILITY		DESCRIPTION
	5kΩ 3-wire Pot	5V Throttle	
0	✓	✓*	wigwag pot or voltage throttle
1	✓	✓*	inverted wigwag pot or voltage throttle
2	✓		single-ended pot; maximum speed = 5kΩ
3	✓		inverted single-ended pot; maximum speed = 0
4		✓	single-ended voltage throttle; maximum speed = 5V
5		✓	inverted single-ended voltage throttle; maximum speed = 0

Obr. 3.2 Typ signálu [8]

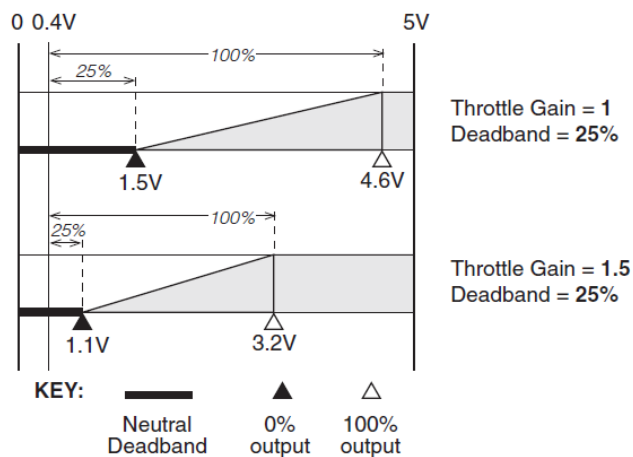
Nastavení pásma necitlivosti v parametru Throttle Deadband se nastavuje od 6,0 do 25,0 %. Na obrázku Obr. 3.3 jsou vidět dva příklady pro pásmo necitlivosti

10 a 25 %. Pásmo necitlivosti je vyznačeno tučnou čarou. Plný trojúhelník značí nulové otevření (nulová rychlost) a prázdný trojúhelník plné otevření (maximální rychlost).



Obr. 3.3 Pásmo necitlivosti v režimu Single-Ended Throttle [8]

Nastavení zesílení citlivosti parametru Throttle Gain způsobí, že při větší hodnotě zesílení se sníží aktivní pásmo napětí, které je dáno jezdcem potenciometru. S větším zesílením se také zmenšuje pásmo necitlivosti, které je určeno jako procento z celkového aktivního pásma. Hodnotu zesílení lze nastavit od 1,0 do 10,0 %. Následující obrázek popisuje zesílení 1 a 1,5 při pásmu necitlivosti 25 %. Pásmo necitlivosti je vyznačeno tučnou čarou. Plný trojúhelník značí nulové otevření (nulová rychlost) a prázdný trojúhelník plné otevření (maximální rychlost).



Obr. 3.4 Zesílení citlivosti [8]

Nastavení trakčního proudu a odporu motoru:

Nastavení parametrů se provádí v Menu, Motor Parameters. V Motor Parameters lze nastavit maximální napájecí proud z měniče do motoru (MAIN C/L) v jednotkách A, a velikost odporu motoru (MOTOR R) v jednotkách $m\Omega$. Ačkoli je možné, že je hodnota odporu známá, výrobce doporučuje nastavit naprosto přesnou hodnotu následujícím způsobem. Vozidlo se postaví proti zdi, zapojí se programovací modul a sepne se spínač KSI pro oživení měniče. Nastaví se napájecí proud motoru 30 A, a v modulu se klikne na kolonku Motor R. Potenciometr pro řízení rychlosti se nastaví do maximální hodnoty a hodnota pro parametr (MOTOR R) se objeví v horní části displeje. Jako poslední se vrátí hodnota napájecího proudu na původní hodnotu.

3.3 Nastavení jízdních vlastností

Podle manuálu výrobce je doporučeno nastavovat parametry, tak jak jdou za sebou.

Nastavení maximálních rychlostí:

V kapitole 1.4.2 jsem se zmiňoval o nastavení módu. Tento mód se nastavuje pomocí přepínače umístěného na rozvaděči. V každém módu lze nastavit tři parametry.

Nastavení maximálních rychlostí		
Parametr	Hodnota v [%]	Popis jednotlivých parametrů
M1 MAX SPD	20 - 100	Mód 1 maximální rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
M2 MAX SPD	15 - 100	Mód 2 maximální rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
M1 REV MAX	15 - 100	Mód 1 maximální reversní rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
M2 REV MAX	15 - 100	Mód 2 maximální reversní rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
M1 MIN SPD	0 - 100	Mód 1 maximální rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v minimu
M2 MIN SPD	0 - 100	Mód 2 maximální rychlost při nastavení rychlostního potenciometru v minimu

Tab. 3.1 Nastavení maximálních rychlostí

Nastavení rozjíždění z nulové rychlosti na rychlost maximální a naopak:

Nastavení zrychlení a zpomalení		
Parametr	Hodnota v [s]	Popis jednotlivých parametrů
ACCEL MIN SPD	0,2 – 8,0	Minimální zrychlení vpřed z 0 do 100 % při nastavení rychlostního potenciometru v minimu
DECEL MIN SPD	0,2 – 8,0	Minimální zpomalení vpřed ze 100 do 0 % při nastavení rychlostního potenciometru v minimu
ACCEL MAX SPD	0,2 – 4,0	Maximální zrychlení vpřed z 0 do 100 % při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
DECEL MAX SPD	0,2 – 4,0	Maximální zpomalení vpřed ze 100 do 0 % při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
REV ACCEL MIN	0,2 – 8,0	Minimální reverzační zrychlení z 0 do 100 % při nastavení rychlostního potenciometru v minimu
REV DECEL MIN	0,2 – 0,8	Minimální reverzační zpomalení ze 100 do 0 % při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
REV ACCEL MAX	0,2 – 8,0	Maximální reverzační zrychlení z 0 do 100 % při nastavení rychlostního potenciometru v maximu
REV DECEL MAX	0,2 – 4,0	Maximální reverzační zpomalení ze 100 do 0 % při nastavení rychlostního potenciometru v maximu

Tab. 3.2 Nastavení zrychlení a zpomalení

Nastavení nouzového zastavení:

Tento parametr E STOP je použitelný v případě, že vozidlo jede dopředu a nastane rychlý přechod změny směru o 80 % otočení potenciometru. Parametr E STOP v případě využití nahrazuje parametr DECEL MAX SPD a nastavuje se na menší hodnotu. Čas zpomalení je nastavitelná od 0,2 do 4,0 s.

Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval návrhem a realizací elektrické výzbroje výukového kolejového vozidla. Práci jsem rozdělil do třech částí. V první části jsem se seznámil s kolejovým vozidlem, kde jsem zjišťoval jeho rozměry, pojezd, převodový poměr a maximální rychlost vozidla. Dále jsem popisoval jednotlivé komponenty. Začal jsem od motorů a jejich štítkových hodnot, které mi posloužily společně s parametry vozidla pro výpočet tažné síly na obvodu kol. Následoval popis ostatních komponent, z nichž bych zmínil měniče, které vyžadovaly nastudovat katalogový list výrobce, jejichž součástí bylo jak doporučené zapojení, tak pozdější parametrizace.

Druhá část se věnuje návrhu a realizaci. Nejdříve bylo potřeba zvolit materiál, na který se valná část komponentů upevňovala. Navrhl jsem rozmístění komponent tak, aby bylo dosaženo praktičnosti a úspory místa na vozidle i v rozvaděči. Poté jsem přešel k návrhu zapojení, kde jsem řešil způsob řízení rychlosti vozidla. Vyrobil jsem desku plošného spoje, jejímž úkolem je měnit úroveň napětí a společně s měniči ovládat napájení motorů. Dále jsem navrhl zapojení ovládací a silové části, které jsem se snažil při zapojení v rozvaděči od sebe prostorově oddělit.

Ve třetí části se zabývám parametrizací. Popisuji parametrizační modul, který je nezbytný pro nastavení měničů. Dále jsem se věnoval počátečnímu nastavení, bez kterého by nebylo možné jakéhokoliv pohybu vozidla. Následuje nastavení jízdních vlastností, do kterých spadá nejenom čas zrychlení z nulové rychlosti ale i zpomalení, reverzace a podobné.

Výsledkem bakalářské práce je vyhotovené kolejové vozidlo, které je zapojené, jeho měniče jsou nastavené. Vozidlo jezdí v areálu Výukového a výzkumného centra v dopravě a může tak sloužit pro výuku dalším studentům.

SEZNAMY

Seznam použité literatury

- [1] LATA, Michael. *Základy dopravní techniky - železnice*. 2011. Pardubice, 2011.
- [2] MĚŘIČKA, Jiří a Petr VOŽENÍLEK. *Elektrické stroje*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1020-1.
- [3] Katalog firmy ATAS elektromotory Náchod - [cit. 2016-03-08] Dostupné z: <http://electrotransport.ru/ussr/index.php?action=dlattach;topic=22864.0;attach=188500>
- [4] Katalog firmy Albright International LTD - [cit. 2016-03-08] Dostupné z: <http://www.albrightinternational.com/wpcms/wp-content/uploads/2015/07/SD150-Catalogue-Sheet-v1-01-14-Electronic-Issue.pdf>.
- [5] PAVELKA, Jiří, Zdeněk ČEŘOVSKÝ a Jiří LETTL. *Výkonová elektronika*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03626-6
- [6] ELEKTRICKÉ STROJE A PŘÍSTROJE pro E2. *Studijní materiály elektro* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz>
- [7] Katalog firmy CSB Battery - [cit. 2016-04-15] Dostupné z: <http://eshop.micronix.cz/data/cz/att/002/1087-3691.pdf>
- [8] Katalog firmy Curtis Instruments - [cit. 2016-04-18] Dostupné z: <http://curtisinstruments.com/index.cfm?fuseaction=Products.home#/product/66>
- [9] ŠIROKÝ, Jaromír. *Mechanika v dopravě I - kolejová vozidla* [online]. In: . Ostrava, 2003 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Skr_MvD.pdf
- [10] Valve Regulated Lead Acid. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Valve_Regulated_Lead_Acid

Seznam tabulek

Tab. 1.1 Jmenovité hodnoty motoru s permanentními magnety [3].....	13
Tab. 1.2 Pravdivostní tabulka	17
Tab. 1.3 Firemní parametry stykače Albright [4]	18
Tab. 1.4 Přehled pinů.....	23
Tab. 1.5 Firemní parametry měniče [8]	27
Tab. 1.6 Firemní parametry baterie [7].....	28
Tab. 2.1 Popisky k ovládací části	43
Tab. 3.1 Nastavení maximálních rychlostí	53
Tab. 3.2 Nastavení zrychlení a zpomalení.....	54

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Kolejové vozidlo v VVCD	11
Obr. 1.2 Převodové ústrojí.....	12
Obr. 1.3 Provozní charakteristiky motoru firmy ATAS elektromotory Náchod [3]	15
Obr. 1.4 Firemní značení stykače Albright [4]	16
Obr. 1.5 Stykač	19
Obr. 1.6 Čtyřkvadrantový měnič	20
Obr. 1.7 Průběh napětí a proudu zátěží.....	21
Obr. 1.8 Měnič Curtis 1228	22
Obr. 1.9 Svorkovnice J10, J9	23
Obr. 1.10 Momentové zadávání potenciometrem.....	24
Obr. 1.11 Momentové zadávání regulací úrovně napětí.....	25
Obr. 1.12 Baterie EVX 12400	29
Obr. 2.1 Návrh desky na vozidlo	31
Obr. 2.2 Víko na baterie.....	32
Obr. 2.3 Blokové schéma komponent.....	33
Obr. 2.4 Umístění baterií na desce.....	34
Obr. 2.5 Ovladač	35
Obr. 2.6 Rozmístění komponent v rozvaděči	36
Obr. 2.7 Umístění baterií a rozvaděče na desce.....	37
Obr. 2.8 Řízení napětím.....	38
Obr. 2.9 Dělič napětí.....	39
Obr. 2.10 Signalizace a potenciometry pro omezení rychlosti	40
Obr. 2.11 Deska plošných spojů	41
Obr. 2.12 Vyrobená deska plošného spoje	42
Obr. 2.13 Osazená deska.....	42
Obr. 2.14 Konektor od ovladače	45
Obr. 2.15 Zapojení ovládací části	45
Obr. 2.16 Zapojení stykače	47
Obr. 2.17 Zapojení silové části	48
Obr. 2.18 Ukázka zapojení silové části.....	49
Obr. 3.1 Parametrizační modul	50
Obr. 3.2 Typ signálu [8].....	51
Obr. 3.3 Pásmo necitlivosti v režimu Single-Ended Throttle [8]	52
Obr. 3.4 Zesílení citlivosti [8].....	52

Seznam příloh

Příloha A. LED diagnostika.....	60
---------------------------------	----

PŘÍLOHY

Příloha A. LED diagnostika

LED CODES		EXPLANATION
<i>LED off</i>	██████	no power or defective controller controller operational; no faults
<i>solid on</i>	□□□□□	
1,1	□ □	thermal cutback fault
1,2	□ □□	throttle fault
1,3	□ □□□	speed limit pot fault
1,4	□ □□□□	undervoltage fault
1,5	□ □□□□□	overvoltage fault
2,1	□□ □	main contactor driver Off fault
2,3	□□ □□	main contactor fault
2,4	□□ □□□	main contactor driver On fault
* 3,1	□□□ □	HPD fault present for >10 seconds
3,2	□□□ □□	brake On fault
3,3	□□□ □□□	precharge fault
3,4	□□□ □□□□	brake Off fault
3,5	□□□ □□□□□	HPD (High Pedal Disable) fault
* 4,1	□□□□ □	current sense fault
* 4,2	□□□□ □□	motor voltage fault (hardware failsafe)
* † 4,3	□□□□ □□□	EEPROM fault
* 4,4	□□□□ □□□□	power section fault

* = *Must cycle keyswitch to clear.*
† = *Must use programmer to clear, as follows: select Parameters Menu, alter data value of any parameter, cycle keyswitch.*

NOTE: Only one fault is indicated at a time, and faults are not queued up.