

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Výhybkový přestavník pro modelovou železnici

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk ZEMAN**
Osobní číslo: **E11N0088P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Dopravní elektroinženýrství a autoelektronika**
Název tématu: **Výhybkový přestavník pro modelovou železnici**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

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

Cílem práce je navrhnout a ověřit přestavník pro modelovou výhybku, který zohledňuje významné dynamické i bezpečnostní vlastnosti skutečné výhybky a jejího přestavníku.

1. Prostudujte technická řešení výhybek a přestavníků, jak na modelové, tak na skutečné železnici a seznamte se se způsoby jejich řízení a zabezpečování.
2. Navrhněte mechanickou a elektrickou část modelového přestavníku a laboratorně proveďte jejich funkčnost a spolupráci.
3. Navrhněte řídicí elektroniku přestavníku tak, aby se využitím vlastností pohonu omezila potřeba mechanických spínačů, proveďte jeho funkčnost. Zároveň dbejte na dobré napodobení chodu skutečné výměny.
4. Zohledněte způsob napájení vozidel a využijte přítomnosti trakčního napětí v kolejnicích pro detekci polohy jazyků.
5. Vytvořte adaptivní verzi řídicího algoritmu, který identifikuje dynamické vlastnosti pohonu a dovolí týž řídicí obvod aplikovat na různá mechanická provedení přestavníku.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Poucha

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant diplomové práce:

Ing. Petr Hloušek, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**



L.S.

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan

Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návrh elektromotorického přestavníku pro modelové železnice, který realisticky napodobuje chod skutečné výhybky. Zároveň omezuje používání mechanických spínacích prvků pro snímání polohy výměny, spínání srdcovky a zpětnou signalizaci stavu. Návrh k určení polohy využívá trakčního napájení v opornicích. Přestavník je použitelný jak v analogových tak digitálně řízených modelových kolejištích.

Klíčová slova

Výhybka, výměník, výhybkové návěstidlo, srdcovka, mechanický přestavník, elektromotorický přestavník, mechanický závorník, elektromagnetický závorník, hákový závěr výměny, modelový přestavník, AVR ATmega8, budič L293D, pulzně šířková modulace

Abstract

This diploma thesis focuses on the design of electromotive switch machine for model railways, which realistically simulates running real switch machine. It also restricts the use of the mechanical switching elements for sensing the position of switches, switch blades and feedback signaling state. The proposal to determine the position of uses the traction supply. Switch machine is usable for both analog and digitally controlled model railways.

Key words

Railway switches, exchanger, signal device, switch blades, mechanical switch machine, electromotive switch machine, mechanical breech, electromagnetic breech bolt, model switch machine, AVR ATmega8, L293D driver, pulse width modulation

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Žihli dne 7.5.2013

Zdeněk Zeman

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Pouchovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
1 SKUTEČNÉ VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKY	11
1.1 OBECNÝ POPIS VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKU	11
1.2 DĚLENÍ VÝHYBEK.....	12
1.2.1 Jednoduché výhybky.....	12
1.2.2 Křížovatkové výhybky.....	12
1.3 PŘESTAVOVÁNÍ VÝHYBEK.....	12
1.3.1 Ručně přestavovaná výhybka.....	12
1.3.2 Místně přestavovaná výhybka.....	13
1.3.3 Ústředně přestavované výhybky mechanické.....	13
1.3.4 Ústředně přestavované výhybky s trojstavným přestavníkem.....	13
1.3.5 Samovratné výhybky.....	13
1.3.6 Ústředně přestavovaná výhybka s elektromotorickým přestavníkem.....	14
1.4 SPRÁVNÉ PŘESTAVENÍ VÝHYBKY DO KONCOVÉ POLOHY.....	15
1.5 PŘESTAVNÍKY	16
1.5.1 Mechanické přestavníky.....	16
1.5.2 Elektromotorické přestavníky.....	17
1.6 ZÁVORNÍKY.....	18
1.6.1 Mechanické závorníky.....	18
1.6.2 Elektromagnetické závorníky.....	19
1.7 ZABEZPEČOVÁNÍ VÝHYBEK A PŘESTAVNÍKŮ.....	19
1.7.1 Mechanická provedení.....	19
1.7.2 Elektrická provedení.....	20
2 VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKY MODELOVÝCH ŽELEZNIC	21
2.1 TYPY MODELOVÝCH PŘESTAVNÍKŮ.....	21
2.2 MECHANICKÉ PŘESTAVNÍKY	21
2.3 ELEKTROMAGNETICKÉ PŘESTAVNÍKY	22
2.4 ELEKTROMOTORICKÉ PŘESTAVNÍKY	23
2.5 MEMORY WIRE.....	25
3 NÁVRH MODELOVÉHO PŘESTAVNÍKU	26
3.1 ZADANÉ POŽADAVKY NA PŘESTAVNÍK.....	26
3.2 VOLBA SOUČÁSTEK A POUŽITÉ ŘEŠENÍ.....	26
3.3 NÁVRH SCHÉMATU.....	27
3.3.1 Volba hlavních součástí.....	27
3.3.2 Vstupní obvody.....	28
3.3.3 Výstupní obvody.....	29
3.4 DESKA PLOŠNÉHO SPOJE.....	30
3.5 POHON	31
3.6 PROGRAM.....	32
3.6.1 Funkce pro zjištění stavu výhybky.....	32
3.6.2 Zpracování údaje o poloze výměny a požadavku z ovládacího pultu.....	32
3.6.3 Spínání srdcovky.....	33
3.6.4 Ovládání motoru.....	33
3.7 SESTAVENÍ VÝVOJOVÉHO MODELU	34
ZÁVĚR	36
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	37

PŘÍLOHA A – PROGRAM	1
PŘÍLOHA B – SCHÉMA ZAPOJENÍ	5
PŘÍLOHA C – DESKA PLOŠNÉHO SPOJE	7
PŘÍLOHA D – SEZNAM SOUČÁSTEK	9

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na vývoj výhybkového přestavníku pro modelovou železnici, který zohledňuje dynamické vlastnosti skutečných železničních výhybek. Přestavník řídí nejen chod výměny, ale zároveň plní zabezpečovací funkci výhybky. Návrh omezuje používání mechanických spínacích prvků. K dohledu nad výměnou je využito trakční napájení v kolejnicích.

Text je rozdělen do tří částí; první se zabývá rozбором technických řešení skutečných výhybek a přestavníků, druhá řešením modelových výhybek a přestavníků a třetí popisuje samotný návrh a realizaci modelového přestavníku podle požadovaných vlastností.

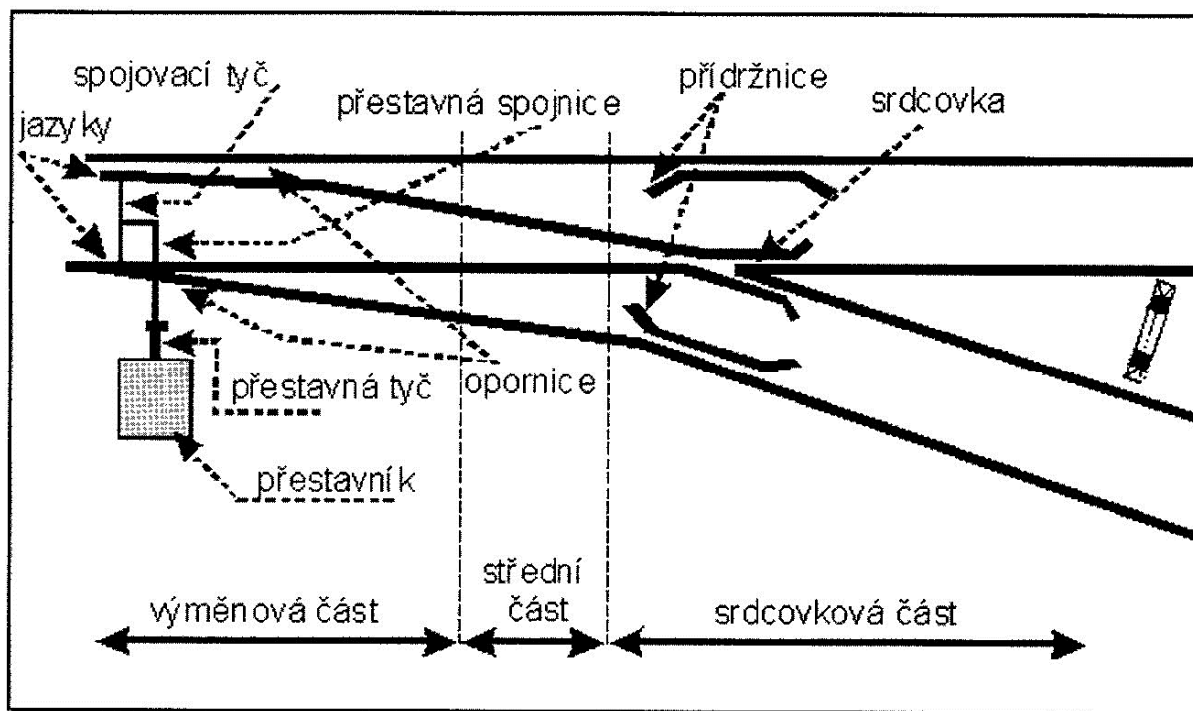
1 SKUTEČNÉ VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKY

1.1 Obecný popis výhybky a přestavníku

Výhybka je zařízení, které umožňuje přechod železničních kolejových vozidel z jedné koleje na druhou bez přerušení jízdy. Samotná výhybka se mechanicky skládá ze tří částí, výměnové části, střední části a srdcovkové části.

Výměnovou (pojízdnou) část tvoří jazyky a opornice. Opornice jsou pevné části výměny a vyrábějí z širokopatných kolejnic. Jazyky se vyrábějí ze speciálních směrově orientovaných profilů menší výšky vzhledem k opornicím. Jazyky jsou pohyblivé části výměny, které určují směr jízdy železničních kolejových vozidel přes výhybku. Tyto pohyblivé části jsou spojeny s přestavníkem a výměníkem pomocí přestavné tyče. Přestavník ovládá chod výměny a zároveň se podílí na zabezpečování výhybky. Výměník slouží k ručnímu přestavování výměny a je spojen s výhybkovým návěstidlem. Případně mohou být výhybky podle typu a úrovně zabezpečení opatřeny ještě závorníky.

Srdcovkovou část tvoří srdcovka a přídržnice. Přídržnice jsou namontovány k zajištění bezpečného vedení dvojkolí železničních kolejových vozidel kolem srdcovky. Srdcovka tvoří křížení pojezdových kolejnic výhybky, zároveň se podle ní rozlišuje směr jízdy, jako jízda proti hrotu nebo po hrotu.



Obr. 1.1 Schéma výhybky[7]

1.2 Dělení výhybek

Výhybky se v základu dělí podle počtu zaústěných směrů na výhybky jednoduché nebo křižovatkové.

1.2.1 Jednoduché výhybky

Jednoduché výhybky se dále dělí konstrukčně podle směru jízdy proti hrotu na pravé nebo levé. To znamená, že mají přímý směr a příslušnou odbočku. Další typy jsou bez přímého směru a to oboustranné umožňující jízdu doleva i doprava, obloukové jednostranné, kterým oba směry odbočují stejným směrem a posledním druhem jsou obloukové oboustranné umožňující odbočení doleva i doprava.

1.2.2 Křižovatkové výhybky

Křižovatkové výhybky se dělí podle typu křížení čtyř zaústěných směrů. Plná křižovatková výhybka umožňuje jízdu železničních kolejových vozidel do protilehlého směru vždy přímým nebo odbočným směrem. Poloviční křižovatková výhybka umožňuje jízdu do jednoho protilehlého směru přímým i odbočným směrem, ale do druhého protilehlého směru pouze přímým směrem.

1.3 Přestavování výhybek

Výhybky lze z jedné polohy do druhé přestavovat v zásadě čtyřmi způsoby. A to ručně, místně, ústředně, či nouzově klikou ručního ovládání.

1.3.1 Ručně přestavovaná výhybka

Ručně přestavovaná výhybka je ovládána pákou výměníku se závažím. Tato páka není podepřená vidlicí, protože váha závaží přitlačuje jazyk k opornici. Podle náteru závaží lze rozeznat, zda jde o výhybku vybavenou závěry jazyků, či nikoliv. Pokud je závaží opatřeno černobílým nátěrem, jedná se o výhybku vybavenou závěry. V základní poloze směřuje černá polovina dolu. Pokud je závaží natřeno černobíle, ale bílá část má na obou stranách červené výseče, jde o výhybku bez závěrů jazyků. Oba typy jsou vybaveny výhybkovým návěstidlem.

1.3.2 Místně přestavovaná výhybka

Místně přestavované výhybky jsou poháněné elektromotorickými přestavníky. Ovládají se zpravidla z pomocného stavědla, případně z ovládacího stojánku. Nemusí být vybaveny závažím na páce výměníku, protože jazyky domáčkne motor. Pokud je výhybka vybavena závažím, páka výměníku je podepřena podpěrnou vidlicí a závaží je opatřeno žlutým nátěrem. Výhybkové návěstidlo nemusí být na těchto typech osazeno, pokud ovládací pult pomocného stavědla dostatečně signalizuje koncové polohy výhybky.

1.3.3 Ústředně přestavované výhybky mechanické

Ústředně přestavované výhybky mohou být dvojího typu. Starší verze jsou přestavovány mechanicky. Novější verze ovládá elektromotorický přestavník.

Mechanické ovládání se provádí ze stavědla zpravidla dvoupolohovou rozřeznou pákou. Páka výměníku je podepřena podpěrnou vidlicí. Výhybka je vybavena výhybkovým návěstidlem a závažím. Závaží výměníku je natřené na žluto.

1.3.4 Ústředně přestavované výhybky s trojstavným přestavníkem

Další varianta mechanického přestavníku je ústředně přestavovaná výhybka s trojstavnou pákou. Jedná se o rozřezaný přestavník ovládaný ze stavědla. Trojstavná páka umožňuje stanoveným přeložením režim ručního ovládání výhybky. Páka výměníku je vybavena závažím opatřeným černobílým nátěrem. Pokud směřuje černá polovina dolů, nachází se výhybka v základní poloze. Tento typ je vybaven výhybkovým návěstidlem.

Spojení mezi stavěcími pákami na stavědlech a mechanickými přestavníky je řešeno systémem řetězů a drátovodů. Rozřez mechanického přestavníku řeší mechanismus páky i přestavníku pomocí úsmyčných kolíčků. Při násilném přestavení výhybky se tyto kolíčky ustříhnou. Převážně povolí kolíček v mechanismu páky a následně se protočí řetězová kladka.

1.3.5 Samovratné výhybky

Samostatnou skupinou jsou výhybky se samovratnými přestavníky. Tyto přestavníky jsou založeny na hydraulickém principu, kdy je během průjezdu železničního kolejového vozidla po odlehleém jazyku stlačován píst, který se zpožděním následně samočinně přestaví výhybku do základní polohy. Po vypnutí samovratného režimu lze tento přestavník ovládat ručně pákou výměníku. Ta je osazena závažím s černožlutým nátěrem. V základní poloze směřuje k zemi černá část závaží. Páka není podepřena podpěrnou vidlicí. Jazyky jsou

k opornicím přitlačovány vahou závaží. Výměna je vybavena výhybkovým návěstidlem, které návěstí směr jízdy železničních kolejových vozidel během používání přestavníku v ručním režimu. Dále je vybavena světelným návěstidlem se zábleskovým světlem, pokud není v samovratném režimu kontrolována v závislosti na hlavní nebo seřaďovací návěstidlo.

Pro výhybky se samovratnými přestavníky platí rychlostní omezení dle hmotnosti železničního kolejového vozidla. Vozidlo s nápravovým tlakem vyšším než 2,6 t, nepotřebuje žádné zvláštní opatření při přejíždění výhybky. Pokud má vozidlo nápravový tlak v rozmezí od 2,0 t do 2,6 t, může výhybku přejíždět po odlehlem jazyku rychlostí maximálně 5 km.h⁻¹. Dodržení rychlosti je odpovědností strojvedoucího. Vozidla s nápravovým tlakem pod 2,0 t nesmí výhybku přejíždět v samovratném režimu. Výhybka musí být ze samovratného režimu vypnuta a přestavena ručně.

1.3.6 Ústředně přestavovaná výhybka s elektromotorickým přestavníkem

Ústředně přestavovaná výhybka s elektromotorickým přestavníkem je dálkově ovládána buď ze stavědla, nebo systémů dálkového řízení. Páka výměníku nemusí mít závaží, má-li jej, je toto závaží natřeno žlutě a páka je podepřena podpěrnou vidlicí. Podobně jako místně přestavovaná výhybka nemusí mít výhybkové návěstidlo, pokud přestavník sám dostatečně indikuje polohu výhybky a signalizuje jí obsluze. Rozřez u elektromotorických přestavníků řeší rozřezná spojka v převodech přestavníku.

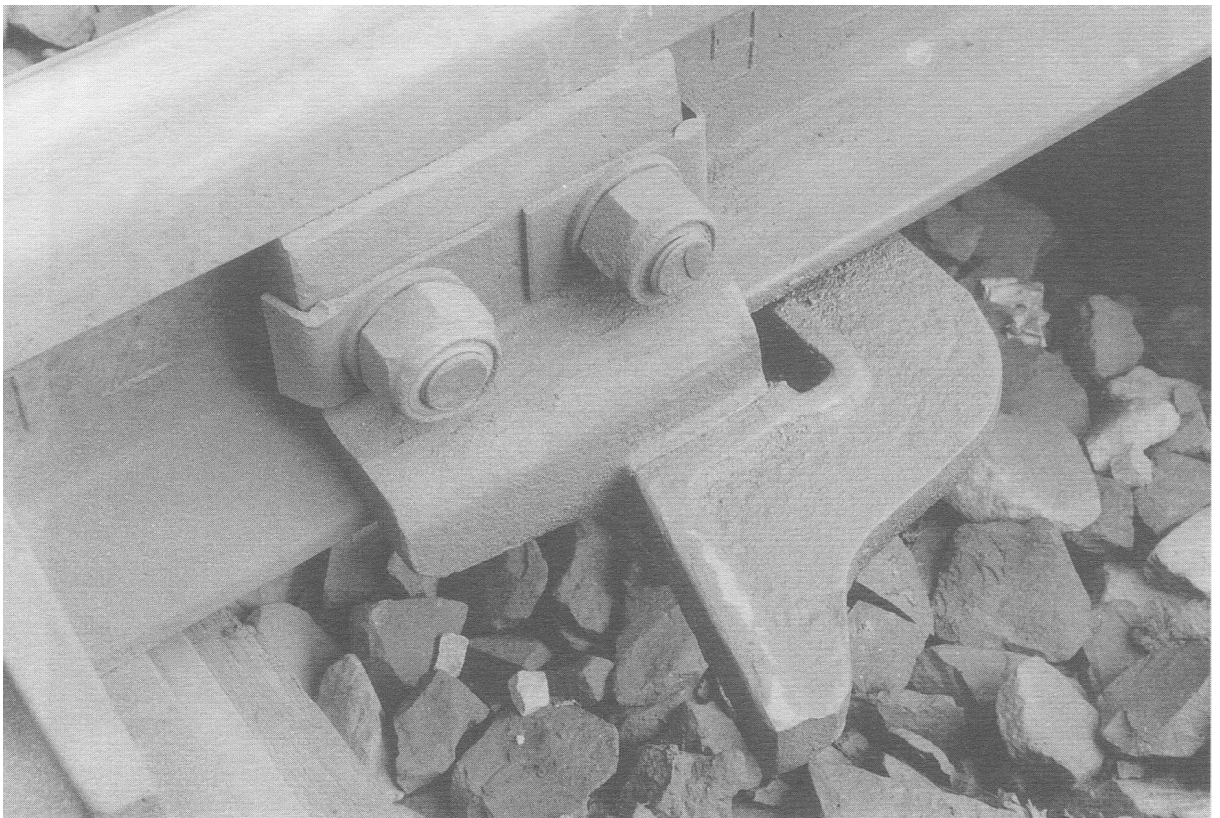


Obr. 1.2 Výhybka s elektromotorickým přestavníkem

1.4 Správné přestavení výhybky do koncové polohy

Výhybka musí být vyjma údržby a oprav přestavena vždy do koncové polohy. Koncová poloha výhybky znamená, že jeden jazyk je přilehlý k opornici a druhý od opornice odléhá. Dále poloha výhybkového návěstidla souhlasí s polohou výhybky, páka výměníku je v koncové poloze a je uzavřen závěr jazyku, pokud je jím výhybka vybavena. Závěry jazyků se nejčastěji používají hákové. Dalšími typy jsou závěry rybinové a čelist'ové.

V případě, že dojde k poruše přestavníku a je nutné jej odpojit a přestavovat výhybku ručně pouze pomocí páky výměníku, je obsluha povinná otočit podpěrnou vidlici, aby byly jazyky výměny přitlačovány vahou závaží.



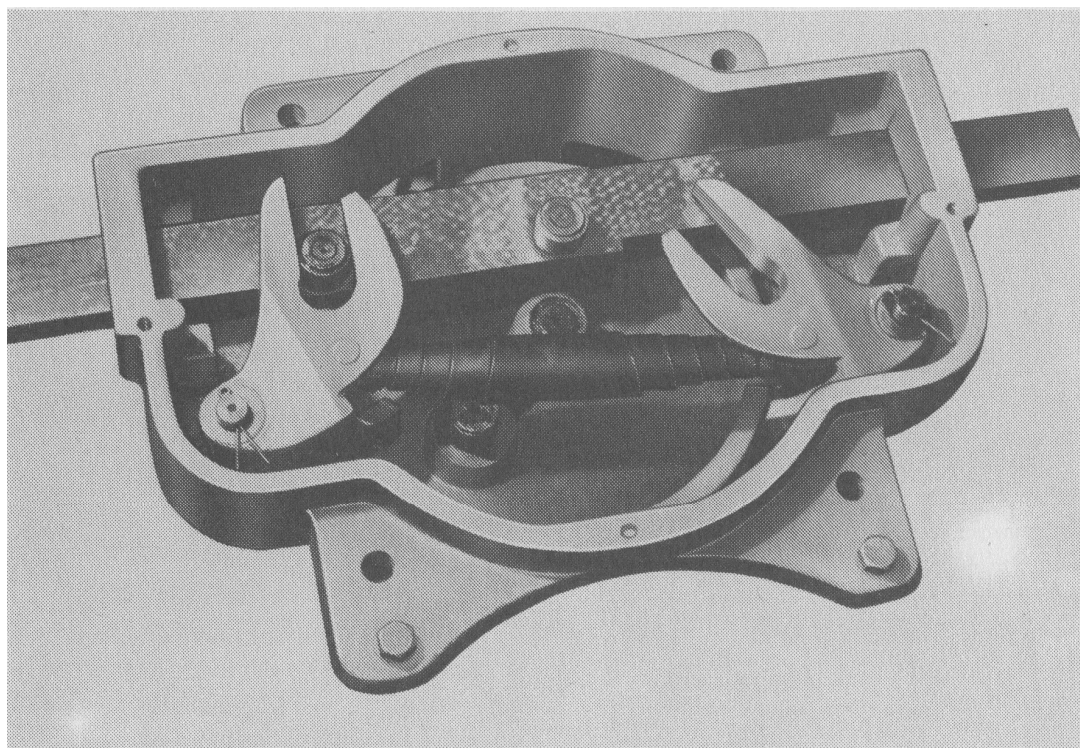
Obr. 1.3 Hákový závěr [7]

1.5 Přestavníky

Z výše uvedeného vyplývá, že přestavníky mohou být podle typu výměn mechanické nebo elektromotorické.

1.5.1 Mechanické přestavníky

Mechanické přestavníky se používají k ústřednímu přestavování výhybek ze stavědel pomocí stavěcích pák a systému drátovodů. Používají se dva druhy. Přestavník s pružinou ovládaný dvoupolohovou stavěcí pákou a Trojpolohový přestavník s pružinou ovládaný trojstavnou stavěcí pákou. Na první chod páky se trojpolohový přestavník uvolní pro ruční ovládání a z tělesa přestavníku se vysune signalizační červená výseč. Ruční ovládání se používá vždy při posunu železničních kolejových vozidel. Do režimu ústředního ovládání se přestavník vrací dalším chodem páky ve stejném směru. Proto se v ústředním režimu trojstavná páka musí přestavit vždy dvakrát pro jedno přestavení výměny. Pružina v mechanických přestavnících přitlačuje jazyky v koncové poloze k opornicím. Dohled nad mechanickými přestavníky provádí buď signalista přímo podle polohy výhybkových návěstidel a pák výměníků, nebo je lze doplnit mechanickými závorníky.



Obr. 1.4 Mechanický přestavník s pružinou [5]

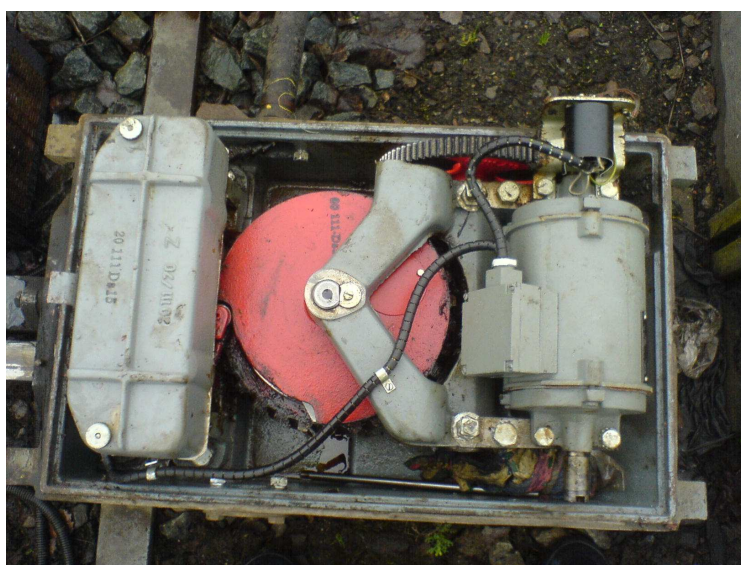
Mezi mechanické přestavníky patří také samovratné přestavníky. Tyto přestavníky jsou založeny na hydraulickém principu. Pokud projíždí železniční kolejové vozidlo po odlehlém jazyku, přestaví výměnu a zároveň natlakuje hydraulický okruh, který posléze přes soustavu ventilu se zpožděním přestaví výměnu zpět do výchozí polohy.

1.5.2 Elektromotorické přestavníky

Elektromotorické přestavníky slouží k místnímu nebo ústřednímu přestavování výměn. Jedná se o dnes nejpoužívanější typ přestavníku. Tyto přestavníky mohou zároveň kontrolovat polohu výhybky, případně mohou být doplněny elektromagnetickými závorníky pro vyšší zabezpečení. Mechanické řešení uchycení dovoluje univerzální použití na všech typech výměn. Elektromotorický přestavník tvoří: Přestavné ústrojí, přestavná tyč, ozubená předloha, rozřezná spojka, přepínací dotekové zařízení, elektromotor a příslušné elektrické vodiče. Kontrolu polohy výměny zajišťují dvě kontrolní pravítka s kontrolními závory. Motory se používají třífázové i jednofázové asynchronní s kotvou na krátko a v rychloběžných přestavnicích se používají stejnosměrné motory.

Celé zařízení přestavníku je umístěno v litinové skříni s uzamykatelným plechovým krytem, který brání vniku vody a hlavně nepovolaným zásahům.

Během výpadků napájení je možno přestavník přetočit ručně klikou, která se zasune do otvoru v přestavníku. Během zasouvání kliky se z bezpečnostních důvodů odpojí elektrické okruhy motoru, které se po vyjmutí kliky opět spojí. Starší typy motor pouze odpojily a do provozního stavu přestavník vrátil až udržující pracovník po sundání plechového krytu.



Obr. 1.5 Elektromotorický přestavník

1.6 Závorníky

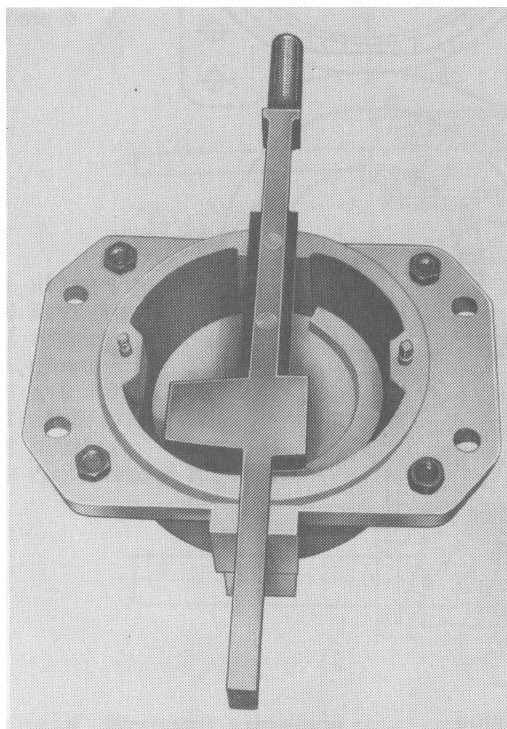
Závorníky se používají k dodatečnému hlídání polohy výhybky. Závorník zajišťuje výměnu v koncové poloze. Opět existují dvě varianty jak mechanická, tak elektrická, respektive elektromagnetická. Závorníky jsou zařízení nerozřezná, takže pokud je jím výhybka vybavena a dojde k rozřezu, poškodí se některá z částí. K vyhodnocení stavu výhybky a zároveň jejímu uzávorování slouží soustava pravítek.

1.6.1 Mechanické závorníky

Mechanické závorníky mají několik variant. Závorník s jednou závorovací tyčí se používá pro závorování přestavníků bez závěrů jazyku. K ovládání se používá dvupolohová nerozřezná stavěcí páka.

Závorník se dvěma závorovacími tyčemi se používá pro výhybky vybavené závěry jazyků. Závorování krajních poloh se provádí dvupolohovou, dvojitou, trojstavnou, nebo třípolohovou nerozřeznou stavěcí pákou.

Pro výhybky, které nejsou ovládané ústředně, se používá uzamykatelný závorník. Tyto závorníky jsou součástí závislostí při obsluze výhybky a zároveň brání nepovolané manipulaci s výměnou.



Obr. 1.6 Mechanický závorník [5]

1.6.2 Elektromagnetické závorníky

Elektromagnetický závorník tvoří dva solenoidy, které ovládají uzávěrování a odzávěrování výměny, dále přepínací sada přestavníku, jádro, pákový převod a závěrovací páka. Funkce závorníku spočívá v tom, že blokuje dotekovou přepínací sadu, která hlídá polohu výměny a řídí závěrovací a kontrolní elektrické obvody. Elektromagnetický závorník blokuje kontrolní páky přepínacího dotekového zařízení přestavníku a tím brání přestavnému pohybu přestavníku. Z toho vyplývá, že takto uzávěrovaný přestavník je nerozřezný a při rozřezu dojde k jeho poškození.

1.7 Zabezpečování výhybek a přestavníků

Zabezpečení výhybek je rozdělené do pěti úrovní, a to výhybky nezabezpečené a výhybky zabezpečené stupněm 1 až 4. Nezabezpečené výhybky jsou takové, které nejsou závislé na hlavním návěstidle. Takováto výhybka může být pojížděna rychlostí nejvýše 40 km.h⁻¹ proti hrotu a rychlostí nejvýše 60 km.h⁻¹ po hrotu.

Pokud je výhybka vybavena mechanickým přestavníkem, nebo elektromotorickým přestavníkem bez kontroly polohy jazyků, odpovídá prvnímu stupni zabezpečení a smí být pojížděna rychlostí nejvýše 60 km.h⁻¹ proti hrotu a rychlostí nejvýše 120 km.h⁻¹ po hrotu.

Pokud je výhybka vybavena mechanickým přestavníkem i mechanickým závorníkem, nebo elektromotorickým přestavníkem s kontrolou poloh jazyků, odpovídá druhému stupni zabezpečení a smí být pojížděna rychlostí nejvýše 80 km.h⁻¹ proti hrotu a rychlostí nejvýše 120 km.h⁻¹ po hrotu.

Třetí stupeň zabezpečení splňují již pouze elektromotorické přestavníky doplněné elektromagnetickým závorníkem. Třetí stupeň zabezpečení dovoluje pojíždění výhybky rychlostí nejvýše 120 km.h⁻¹ po hrotu i proti hrotu.

Čtvrtý stupeň zabezpečení je určený pro rychlosti do 160 km.h⁻¹ v obou směrech. Tyto výhybky jsou vybaveny elektromotorickými přestavníky s vícenásobnou kontrolou polohy jazyků.

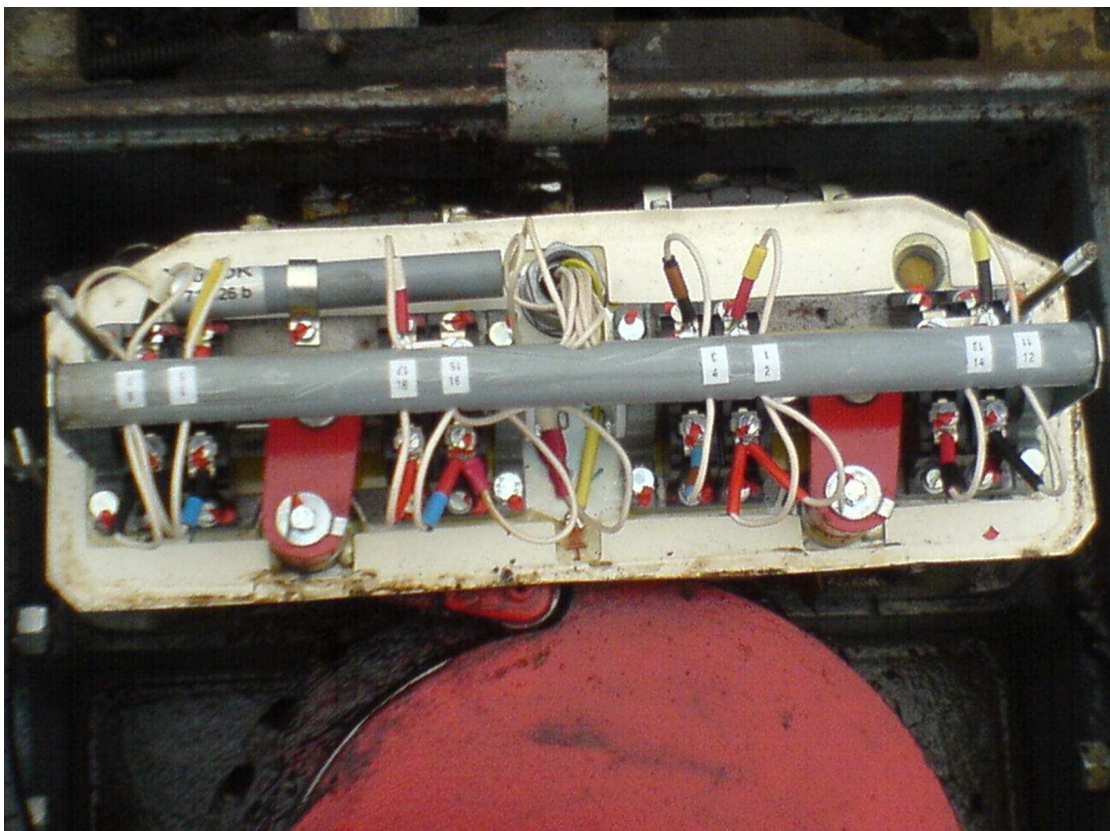
1.7.1 Mechanická provedení

Zabezpečení výhybek s mechanickými přestavníky odpovídá dle výše uvedenému maximálně druhému stupni zabezpečení a to při použití mechanických závorníků viz příslušné kapitoly.

1.7.2 Elektrická provedení

Zabezpečení elektromotorického přestavníku, je řešeno kontaktní sadou pro kontrolu koncové polohy jazyků doplněnou kontrolními pravítky, která jsou spojená s jazyky. Kontaktní sadu ovládají dvě páky na jedné straně spojené pružinou, která přitlačuje závorné kladky na druhé straně pák k vodící desce namontované na kombinované spojce přestavníku. V koncové poloze zapadá do výřezu vodící desky vždy jen jedna z kladek a tím je sepnuta kontaktní sada pro příslušnou polohu. Dodatečnou kontrolu polohy jazyků provádějí pravítka. Pokud jazyky výměny správně doléhají, zapadají do výřezů pravítek závěrné háky. Tyto háky jsou spojené s kontaktní sadou přepínacího ústrojí a dokud správně nezapadnou, nebo jsou naopak vyraženy z drážek během rozřezu, přerušují dohlédací proudové obvody.

Elektromagnetický závorník funguje tak, že jádro závorníku přes vahadlo blokuje ovládací páky kontaktní sady. K tomuto zablokování může dojít jen pokud je výměna v koncové poloze a kontrolní pravítka signalizují správnou polohu jazyků. Zablokování znemožní pohyb závorných kladek, proto pokud dojde k rozřezu, není spojce umožněno se roztočit a musí dojít k mechanickému poškození přestavníku.



Obr. 1.7 Kontaktní sada

2 VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKY MODELOVÝCH ŽELEZNIC

2.1 Typy modelových přestavníků

K přestavování výhybek na modelových železnicích lze použít jak mechanické, tak elektrické přestavníky. Elektrické přestavníky pro modelové železnice lze pak rozdělit podle principu na tři typy. Přestavníky na elektromagnetickém principu, elektromotorické přestavníky a přestavníky ovládané paměťovým drátkem, takzvaným memory wire.

2.2 Mechanické přestavníky

Mechanické přestavníky byly samozřejmě prvním používaným řešením. Později se používali spíše v dětských hračkách než v modelech. Některé typy mají i kontakt, který elektricky spíná obvod srdcovky pro patřičný směr. Pro modelářské účely se hodí spíše elektrické přestavníky, které lze ovládat dálkově. To ovšem neznamená, že by se mechanické přestavníky v modelových kolejištích nepoužívaly viz mechanický přestavník pro modelové kolejiště velikosti G.

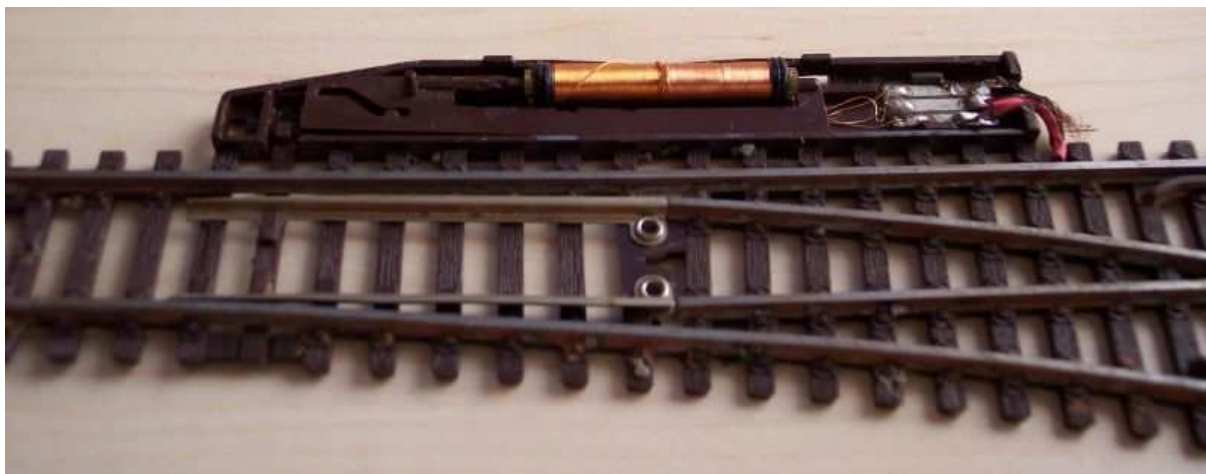


Obr. 2.1 Mechanický modelový přestavník [11]

2.3 Elektromagnetické přestavníky

Přestavníky založené na elektromagnetickém principu jsou druhým nejstarším používaným řešením. Pohon přestavníku zajišťují dva solenoidy se společným jádrem. Každá cívka přitahuje jádro, které je připojené k přestavné tyči, na jednu stranu a podle toho přestavuje výměnu do příslušných koncových poloh. Tyto přestavníky jsou vybaveny koncovými spínači a dalšími kontakty, které lze použít jako signalizační pro zpětnou vazbu od výhybky.

Elektromagnetické přestavníky mají několik problémů. Zprvu jím bývala i velikost, která při montáži vedle výhybky rušila vzhled kolejiště. Dnes jsou již přestavníky menší a dělají se také s možností skryté montáže pod kolejiště. Větším problémem je zahřívání cívek elektromagnetů. Cívky se zahřívají pokud je výhybka často přestavována, nebo pokud je trvale napájena a selžou koncové spínače. Největším problémem se zahříváním mají přestavníky s cívkami navinutými na plastové kostře. Při přehřátí se plastová kostra deformuje, což může skončit i destrukcí přestavníku. Pokud je přestavník pevně přidělaný k výhybce, jako tomu bylo u starších modelů, je znehodnocena celá výhybka. Přestavníky s cívkou navinutou na kovové kostře sice netrpí problémem s destruktivní deformací kostry, ale zase se může vlivem tepla deformovat plastový kryt přestavníku.

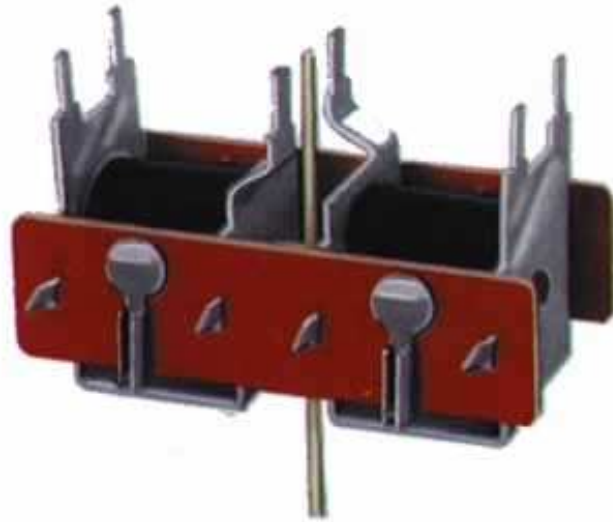


Obr. 2.2 Modelový elektromagnetický přestavník starší provedení [8]

Kontaktní sada, dle zkušeností modelářů, také neoplývá spolehlivostí. Poruchy kontaktů mohou způsobit jak zmiňované poškození výhybky, tak mohou působit problémy při špatné signalizaci zavedených závislostí od polohy výměny, či špatně spínat srdcovku.

Některé typy přestavníků na elektromagnetickém principu jsou doplněné pružinou, která přitlačuje přestavník buď do jedné, nebo do druhé koncové polohy. Výhybku tak nelze přestavit do mezipolohy a tím pádem není schopna simulovat rozřez.

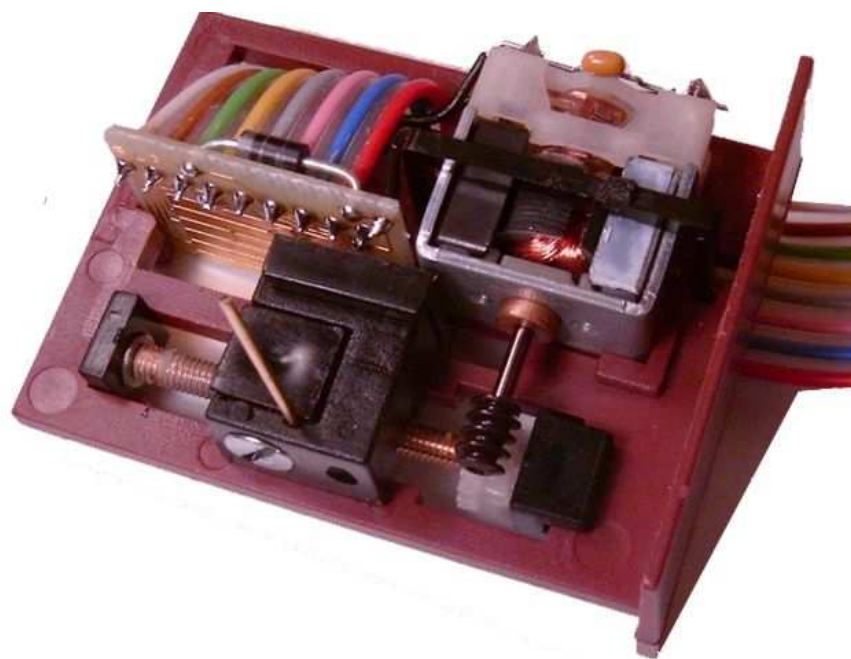
Dalším problémem je rychlost, se kterou tyto přestavníky pracují. Přestavení výhybky je prakticky okamžité, tedy nerealistické.



Obr. 2.3 Modelový elektromagnetický přestavník novější provedení [8]

2.4 Elektromotorické přestavníky

Modelové elektromotorické přestavníky fungují na principu podobném skutečným elektromotorickým přestavníkům. Skládají se ze stejnosměrného motoru, převodu a kontaktové sady, která slouží ke kontrole koncové polohy jazyků a zpětné signalizaci polohy celé výhybky. Tyto přestavníky částečně řeší problematiku realistického přestavování. Časy potřebné k přestavení se pohybují od 0,3 sekundy do 2 sekund. Dle železničních předpisů by se výměna měla přestavit do 3 vteřin u normálních přestavníků a do 0,8 sekundy u rychloběžných přestavníků.



Obr. 2.4 Otevřený modelový elektromotorický přestavník [8]

Za problém elektromotorického přestavníku může být považována hlučnost a případně i velikost zástavby. Hlavním problémem je ale opět kontakťová sada. Vlivem opotřebení může dojít ke ztrátě spínacích schopností a to jak u signalizačních kontaktů, tak u koncových spínačů motoru, která následně vede k destrukci přestavníku.

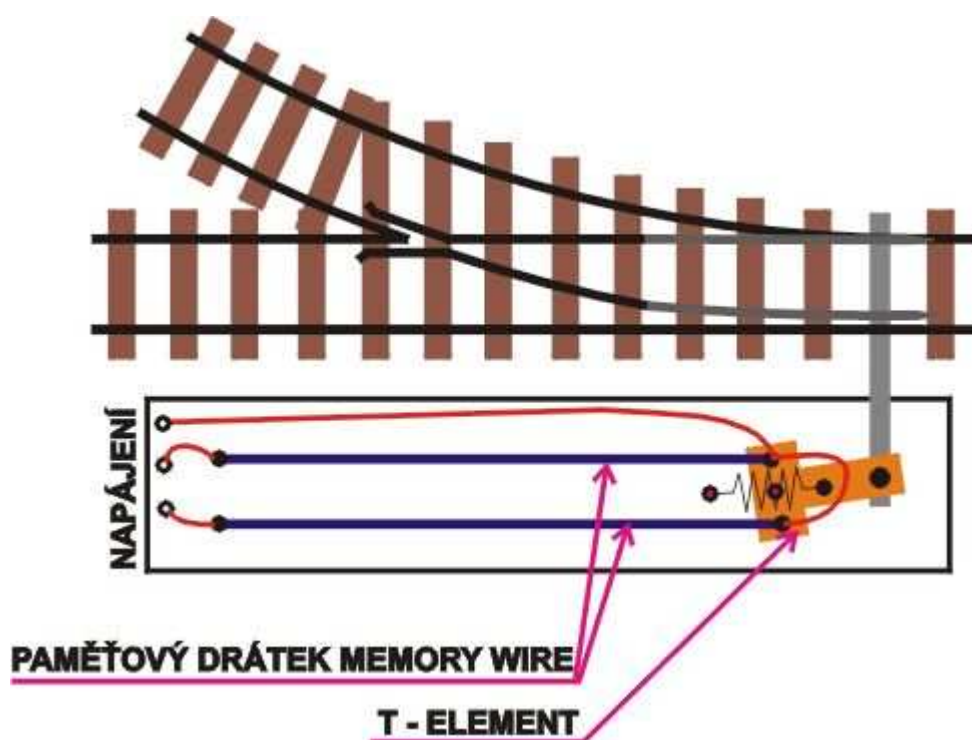


Obr. 2.5 Modelový elektromotorický přestavník jiné provedení [8]

2.5 Memory wire

Přestavníky s paměťovým drátkem jsou zřejmě nejnovější konstrukcí. Využívá se vlastností speciálního tenkého drátku, který se při zahřátí zkrátí zhruba o 3% délky a po vychladnutí se opět prodlouží na původní délku. Toho se dá poměrně jednoduše využít v modelářské technice. Pokud se drátek připojí na páku společně proti vratné pružině, tak lze pákou přestavovat výhybku na jednu stranu silou smršťujícího se drátku a na druhou pružinou.

Výhodou řešení je jednoduchá konstrukce, pomalý chod přestavníku, nízká cena a vysoká spolehlivost odladěného přestavníku. Nevýhodou má toto řešení v tažné síle drátku. Ta je zhruba jen 2 N. Dále drátek je napájen napětím do tří voltů a protéká jím cca 200 mA, což může působit problematický odběr ve větších kolejištích. Řešením problému s trvalým odběrem je použití dvou drátků a T elementu s pružinou. Drátek v tomto případě pouze přestaví výměnu na svoji stranu a je odpojen od napájení. O přitlačení jazyků k opornicím se stará pružina. Dalším problémem je signalizace polohy.



Obr. 2.6 Memory Wire s T – elementem [8]

3 NÁVRH MODELOVÉHO PŘESTAVNÍKU

3.1 Zadané požadavky na přestavník

Úkolem návrhu modelového přestavníku je v první řadě vytvořit přestavník, který bude realisticky napodobovat chod skutečné výměny, tedy že přestaví výhybku v čase přibližně tří vteřin.

Dalším požadavkem je omezení potřeby mechanických spínačů, to znamená problematických kontaktních sad pro ovládání pohonu, zpětnou signalizaci polohy a spínání srdcovky. Dle nápadu vedoucího práce použije přestavník k dohledu nad polohou jazyků trakční napájení kolejových vozidel. Zároveň zohlední možnost jak analogového, tak digitálního napájení vozidel.

Přestavník má být použitelný pro různá měřítka modelových kolejíšť. To znamená, že by se měl být schopen se velikosti sám přizpůsobit a to tak, že upraví svoji rychlost a bude přestavovat výhybku vždy v žádaném čase přibližně tří vteřin.

Dále musí elektronika signalizovat zpětně polohu výměny a ovládat spínání srdcovky výhybky.

3.2 Volba součástek a použité řešení

Po konzultaci, jak má práce vypadat a co má mít za výstup, jsme se s vedoucím dohodli na stavbě modelu výhybky s elektromotorickým přestavníkem, na kterém bude práce nejen prezentována, ale hlavně vyvíjena. Kritéria pro model byly dohodnuty tyto:

Ke stavbě zkušebnímu modelu poslouží jednoduchá levá výhybka velikosti TT a modelářské servo SH – 311.

Přestavování výhybky se bude po dohodě řešit páčkovým přepínačem polohy; plus (rovně), mínus (odbočka).

Polohu výhybky bude signalizovat trojice LED diod příslušných barev; zelená pro směr rovně, žlutá pro odbočku a červená pro mezipolohu, jak je uvedeno v předpisech pro skutečné železnice.

Pro spínání srdcovky jsme zvolili relé spínané elektronikou přestavníku.

Zbytek použitých součástek byl volný a záležel pouze na vlastním návrhu.

3.3 Návrh schématu

Schéma zapojení a deska plošného spoje byla navržena podle níže popsaného schématu v programu EAGLE ve verzi 6.0.0 Light.

Všechny součástky jsou vybrány z běžně dostupných součástek dle katalogu GM electronic. Výsledná cena nákupu součástek pro osazení desky, signalizačních diod, přepínačů polohy, relátek a spojovacího materiálu se pohybuje kolem 300 korun. Plus cena desky a serv.

3.3.1 Volba hlavních součástek

Základ návrhu tvoří mikrokontrolér pro řízení celého přestavníku a integrovaný výkonový budič pro napájení motorů serv.

Po úvaze jaký mikrokontrolér použít, padla volba na osmibitový kontrolér AVR model ATmega8A-PU v pouzdře DIP 28. Tento mikrokontrolér je vybaven potřebnými analogově/digitálními převodníky na vstupech a zároveň na něm lze zapnout výstup s pulzně šířkovou modulací. Ostatní porty lze dle potřeby libovolně nastavit jako vstupní nebo výstupní. Dalším důvodem pro volbu tohoto kontroléru byla jeho dostupnost a cena. Podstatný vliv měli také mé předchozí zkušenosti s jeho programováním a vlastnictví potřebného vybavení.

Jako výkonový prvek pro motor byl zvolen budič L239D. Tento budič má dva výstupy v napěťovém rozsahu do 36 voltů a na každém výstupu je schopen dodat proud až 0,6 A. To je dostatečný rozsah pro použité servo SH – 311, které pracuje s napětími do pěti voltů a proudy do 250 mA. Řízení budiče je pro každý výstup možno realizovat dvěma nebo třemi signály. Vzhledem k potřebě řídit směr motoru a zároveň rychlost, bylo zvoleno řízení třemi signály. Budič byl zvolen ze dvou důvodů, prvním byla jednoduchost zástavby a ovládání a druhým důvodem byl fakt, že integrovaní obvod je spolehlivější než obvod sestavený s diskrétních součástek.

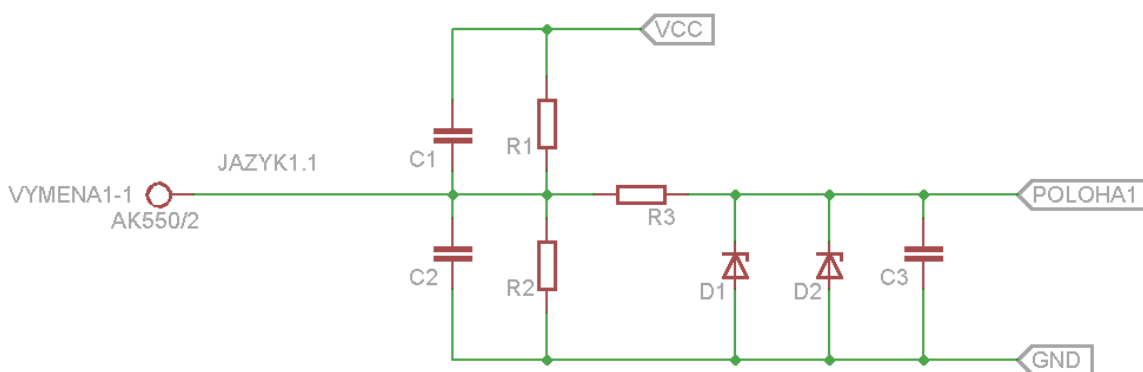
Po zhodnocení možností mikrokontroléru a budiče bylo rozhodnuto o zdvojení celého návrhu. Tím pádem je elektronika schopna ovládat dvě výhybky současně, takže zabere méně místa v kolejišti, ale hlavně umožní ovládání dvou výměn téměř za cenu přestavníku pro jednu výhybku.

3.3.2 Vstupní obvody

Do mikrokontroléru vstupují informace dvojího druhu. Zaprvé dostává informace o požadované poloze a zadruhé informace o aktuální poloze výměny. Následující popis je pouze pro jednu výhybku.

Informace o poloze výhybky je získávána ze dvou A/D převodníku, které vyhodnocují napětí na jazycích. Pokud je jazyk odlehlý, nastavuje na něm kombinace rezistorů R1 a R2 o stejné hodnotě přibližně polovinu napájecího napětí, tedy zhruba 2,5 voltu. Pokud jazyk přilehne k opornici, rozváží se toto napětí podle hodnoty trakčního napájení v opornici. O zachování hodnot na vstupu A/D převodníku se starají diody D1 a D2 obě polarizované závěrně. Dioda D1 je Zenerova dioda se závěrným napětím 5 V, která chrání vstup při přilehnutí jazyka k opornici s vyšší hodnotou napětí v kladném smyslu vzhledem k napájení přestavníku. Dioda D2 je Schottkyho dioda, která snižuje hodnotu napětí na vstupu A/D převodníku pod -0,5 voltu při přilehnutí jazyka k opornici s opačnou polaritou. Kondenzátory C1 a C2 pokrývají zákmity při přiléhání jazyka a kondenzátor C3 společně s rezistorem R3 tvoří vstupní filtr A/D převodníku.

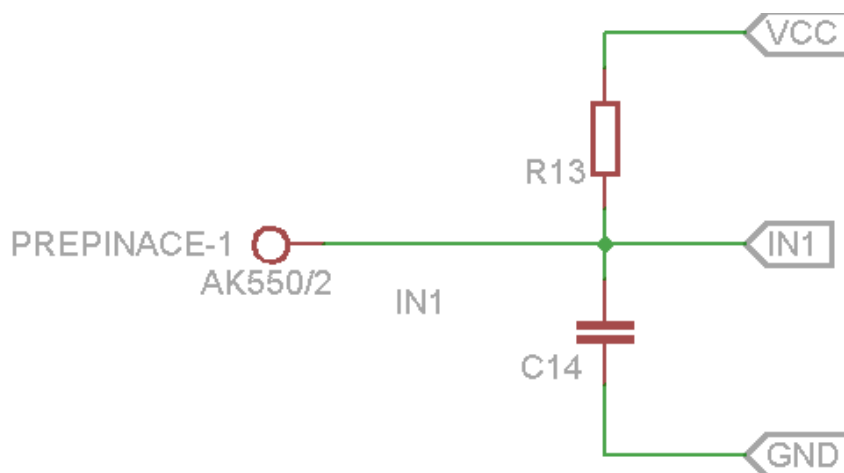
Napájení přestavníku musí být galvanicky spojeno se zdrojem trakčního napájení, aby bylo možné používat zvolený způsob detekce jazyků.



Obr. 3.1 Obvod dohledu jazyka

Informace o požadovaném směru jsou řešeny na vstupním portu, který je pomocí odporu připojen na napájecí napětí a zadávacím přepínačem je uzemňován. Paralelní kondenzátor vyhlazuje zátkmity přepínače.

Zároveň je u těchto vstupních svorek vyvedena zem, která souží nejen pro přepínač polohy, ale zároveň pro signalizační diody polohy.



Obr. 3.2 Obvod přepínače směru

3.3.3 Výstupní obvody

Výstupní obvody jsou trojího typu, výstupy signalizace polohy výhybky, ovládací výstup pro relé srdcovky a výkonový výstup pro motor.

Obvody pro signalizaci tvoří pouze předřadné odpory pro signalizační diody, které se připojí rovnou na příslušné svorkovnice.

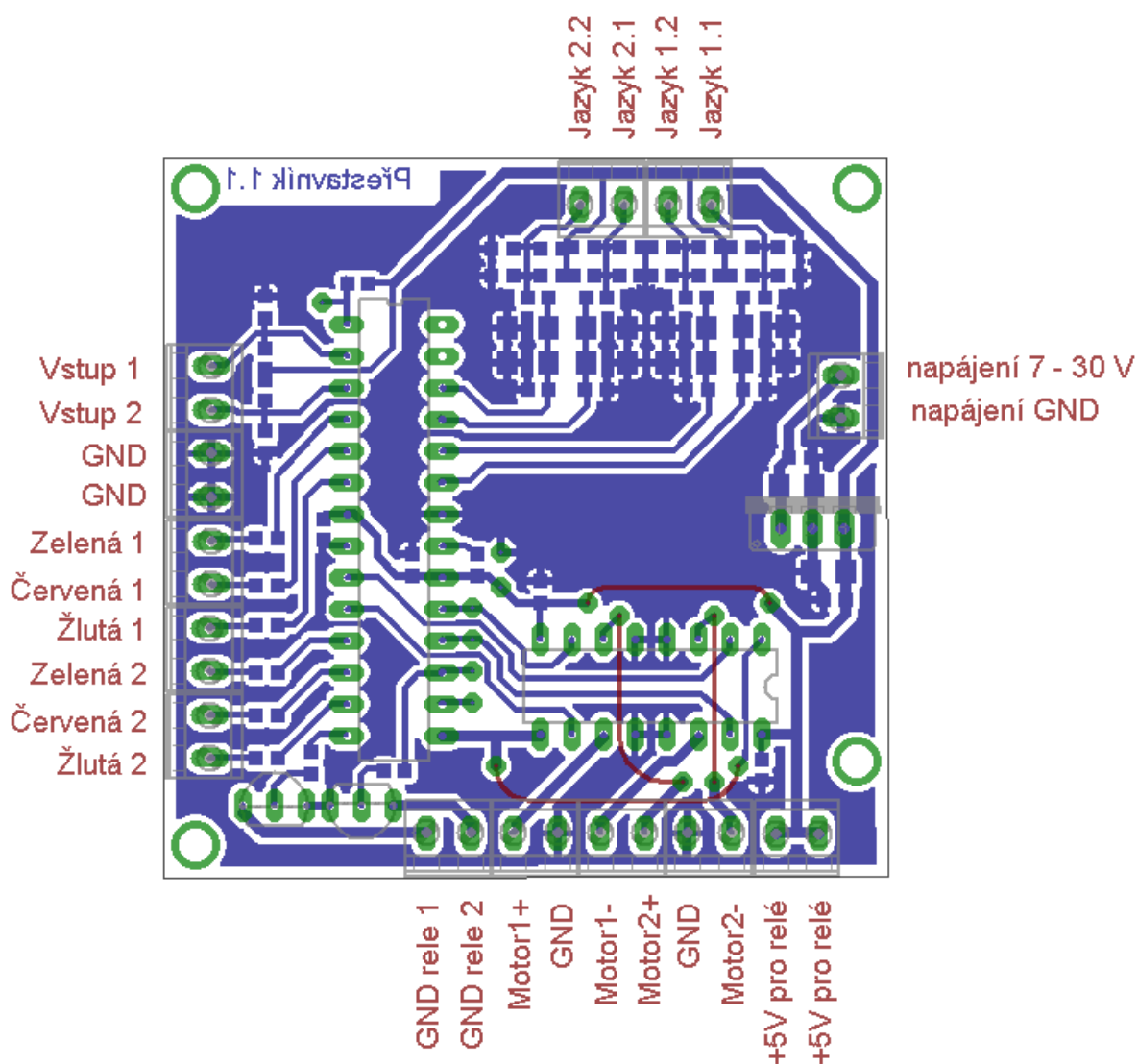
Výkonový výstup pro napájení motoru je prakticky výstup budiče přivedený na svorky motoru.

Jediným složitějším výstupem je výstup pro ovládání relé srdcovky. Ten je posílen tranzistorem BC337. Relé společně s ochrannou antiparalelní diodou není záměrně umístěno na desce, protože by mělo být umístěno co nejbližší srdcovky, hlavně pokud se jedná o digitálně řízené kolejiště.

3.4 Deska plošného spoje

Deska byla záměrně navržena jako jednostranná, aby ji bylo možno snadno vyrobit svépomocí i v domácích podmínkách. Celkový rozměr desky (58 x 58 mm) je zvolen tak, aby šla případně vložit do běžně dostupné plastové krabičky U-MINI. Deska pro vývojový model byla následně vyrobena svépomocí fotocestou.

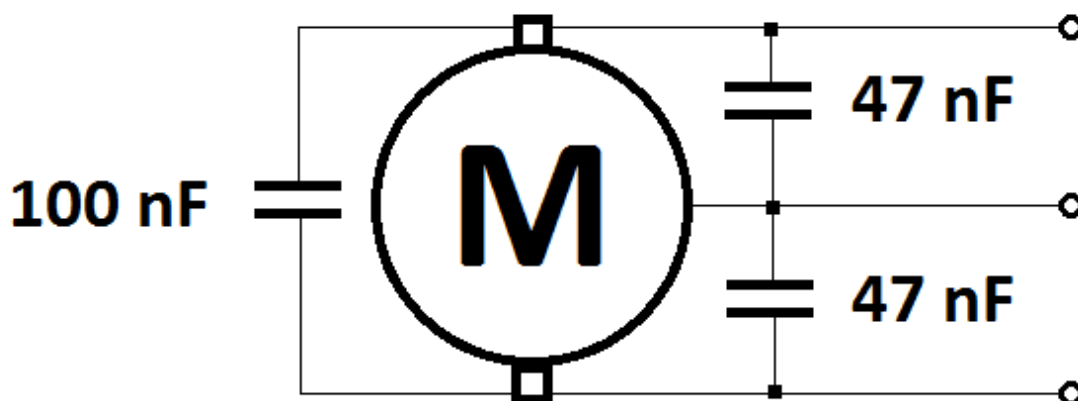
Jako jazyk jedna je vedený jazyk, který přiléhá pokud je výměna postavena rovně. Jazyk dva je v tu chvíli tedy odlehlý. Volné, nezapojené pady jsou určeny pro připojení programátoru STK 500, který s kontrolérem komunikuje po SPI.



Obr. 3.3 Deska plošného spoje a popis vstupů a výstupů

3.5 Pohon

Pro pohon výhybky bylo použito již zmiňované modelářské servo SH – 311. Toto servo bylo ovšem pro potřeby přestavníku upraveno a v závěru z něj zbyl pouze motor a převodové ústrojí. Byla tedy odstraněna řídicí elektronika, potenciometr a dorazy. Místo desky plošného spoje s původní elektronikou byly připájeny pouze tři odrušovací keramické kondenzátory a to podle následujícího schématu. Původní přívodní vodiče byly zachovány, jejich smysl byl ovšem změněn. Krajní vodiče trojlinky tvoří přívody ke kartáčům motoru a středový vodič je napojen na uzemnění pláště motoru. Původně byla svorka pláště motoru připojena k jednomu z pólů, to ovšem nevyhovovalo zvolenému zapojení pro odrušení motoru.



Obr. 3.4 Schéma zapojení odrušení motoru

Problémem z hlediska rušení je ve stejnosměrného motoru komutátor, respektive jiskření kartáčů komutátoru. Jiskření je zdrojem širokopásmového rušení. Toto rušení se šíří zpět do přívodních vodičů, po kterých se může dostávat do okolních připojených zařízení. Vodiče zároveň slouží jako antény pro vyzařování rušení do okolí. Vyzařování může rušit příjem rozhlasu a televize, ale také může zarušit modelového kolejiště. Následkem toho může dojít k cukání ostatních servopohonů například u závor, ale také mohou nastat výpadky komunikace s digitálně řízenými soupravami vlaků.

3.6 Program

Program je rozdělen do bloků podle postupu zpracování informací o stavu výměny a požadavcích na polohu výhybky. Úvodem hlavního programu jsou nastaveny příslušně všechny potřebné porty mikrokontroléru a inicializován PWM výstup pro řízení rychlosti, respektive ke spínání budiče. Následuje deklarace potřebných proměnných a nekonečná smyčka.

V nekonečné smyčce je vždy nejprve pomocí funkce `Stav_Vymeny` zjištěna poloha výměny. Následuje blok ovládacího panelu, blok ovládání srdcovky a poslední je blok ovládání motoru.

3.6.1 Funkce pro zjištění stavu výhybky

Pro zjištění polohy výměny byla vytvořena funkce `Stav_Vymeny`, do které se jako vstupní parametry předávají čísla vyhodnocovaných A/D převodníků, respektive připojených jazyků a vrací se hodnota pro příslušnou polohu. V samotné funkci jsou deklarovány potřebné proměnné, nastaven příslušný A/D převodník, spuštěný převod a následuje průměrování hodnot. Každé vyhodnocení polohy výměny vychází z třiceti měření, po kterých by již průměrovaná hodnota měla být ustálená.

Následné vyhodnocení polohy výhybky je založeno na porovnání naměřených hodnot napětí na jazycích. Pokud se hodnota napětí nepohybuje ve zvolené toleranci, je jazyk vyhodnocen jako přílehlý. Podle vzájemné kombinace obou jazyků jsou rozlišeny tři stavy; 1 - rovně, 2 - odbočení a 0 - neurčená poloha. Tyto hodnoty následně funkce vrací.

3.6.2 Zpracování údaje o poloze výměny a požadavku z ovládacího pultu

Blok pro ovládací pult má za úkol nastavit podle zjištěné polohy příslušné porty signalizačních diod do hodnot logických jedniček a nul. Další částí je hlídání vstupního portu, na kterém je zapojen přepínač pro zadávání polohy výhybky. Pokud je požadovaný směr rovně, je vstupní port na logické jedničce a proměnná vstup je ve stavu 1. Během požadavku na odbočení je vypínačem port uveden do logické nuly a proměnná vstup je nastavena na hodnotu 2.

3.6.3 Spínání srdcovky

Podle proměnné vstup z předchozího bloku je ovládán port pro spínání srdcovky. Výstupní obvody pro relé srdcovky jsou spínány nastavením příslušného výstupního portu do logické jedničky. Port je takto nastaven pokud je požadováno přestavení výhybky do odbočky.

3.6.4 Ovládání motoru

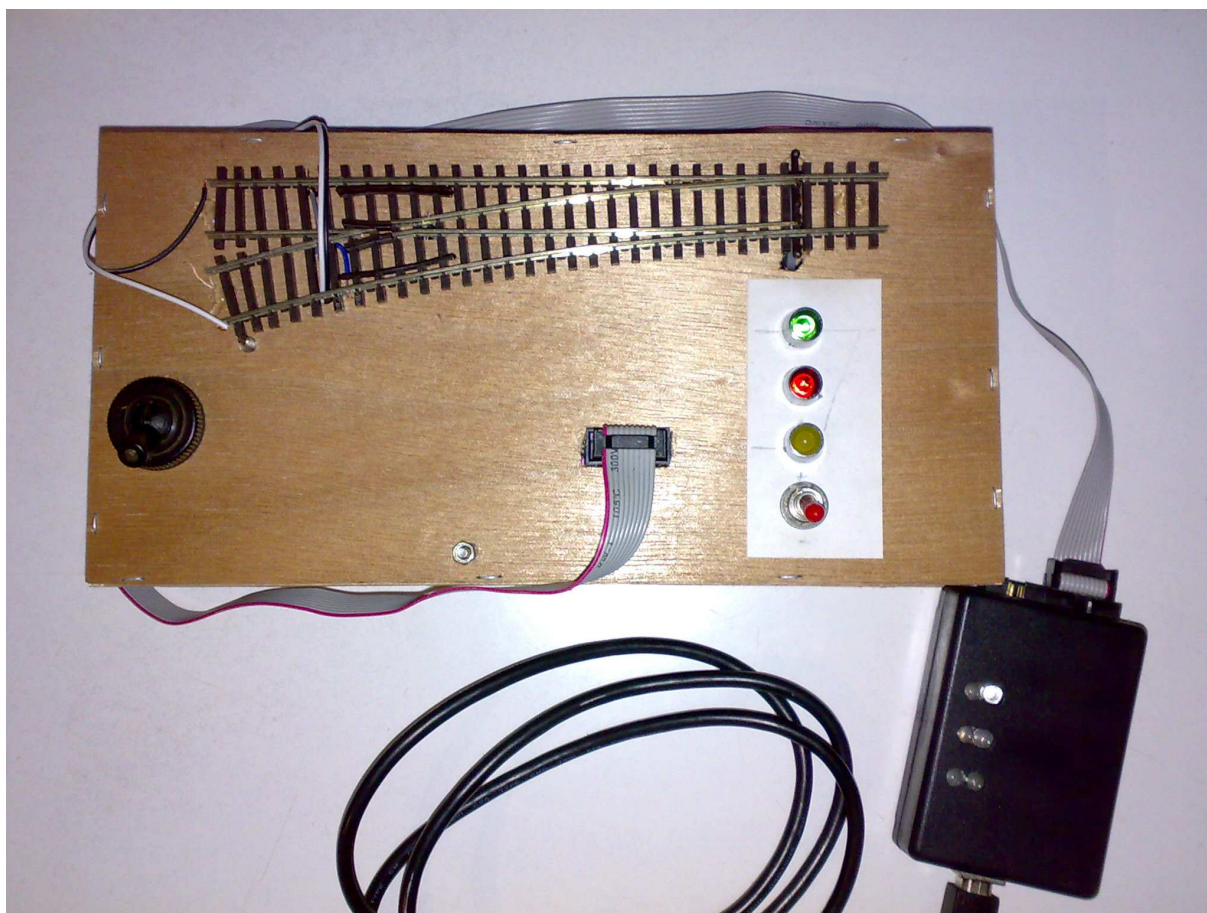
K ovládání motoru, respektive budiče motoru, jsou použity tři signály. PWM signál přivedený na blokovací vstupy budiče a dva signály pro každý motor na určení směru. Směr otáčení motoru se určuje nastavením těchto signálů do opačných logických hodnot. Shodnými logickými hodnotami je motor buď odpojen, nebo zabrzděn. PWM signál je společný pro oba výstupy a jeho střídou se řídí hodnota výstupního napětí a tím pádem rychlost motoru.

Při náběhu programu je střída PWM nastavena na výchozí hodnotu, která je během provozu neustále upravována tak, aby čas potřebný k přestavení byl zhruba 3 sekundy. Přizpůsobování vychází z přibližného měření času mezi spuštěním motoru přestavníku požadavkem od proměnné vstup a vypnutím motoru vlivem dolehnutí jazyka, nebo vlivem časového omezení. Pokud došlo k vypnutí motoru dříve než přibližně za 3 vteřiny vlivem dolehnutí jazyka, je střída PWM zmenšena. Pokud naopak došlo k vypnutí přestavníku vlivem časového omezení, znamená to, že výměna nedoběhla a střída je zvětšena. Výchozí střída je úmyslně nastavena na malou hodnotu, proto je možné, že se výhybka při použití serva s větším odporem převodů zprvu ani nepohne, postupně se zvětšováním střídy se po několika přepnutích voliče polohy rozpohybuje. Podobně tomu může být pokud výhybka na první přepnutí nedoběhne, například při použití na modelech s větším měřítkem. Nastavování rychlosti probíhá pouze na první výhybce, proto musí být zapojena vždy. Druhý výstup je nastaven pevně podle prvního.

K tomu, aby se motor zapnul pouze jednou po přepnutí voliče polohy slouží proměnná pro sledování změny. Pokud by v programu tato část nebyla, nemohla by výhybka zastavovat v mezipoloze. Navíc pokud by došlo k rozřezu výhybky, při kterém by byly jazyky násilně přestaveny, nemohla by výhybka rozřez simulovat, protože by byla okamžitě vrácena do stavu před rozřezem. Otázkou je, jestli bude mechanismus výhybky během rozřezu schopný vyvinout dostatečnou sílu na pootočení serva.

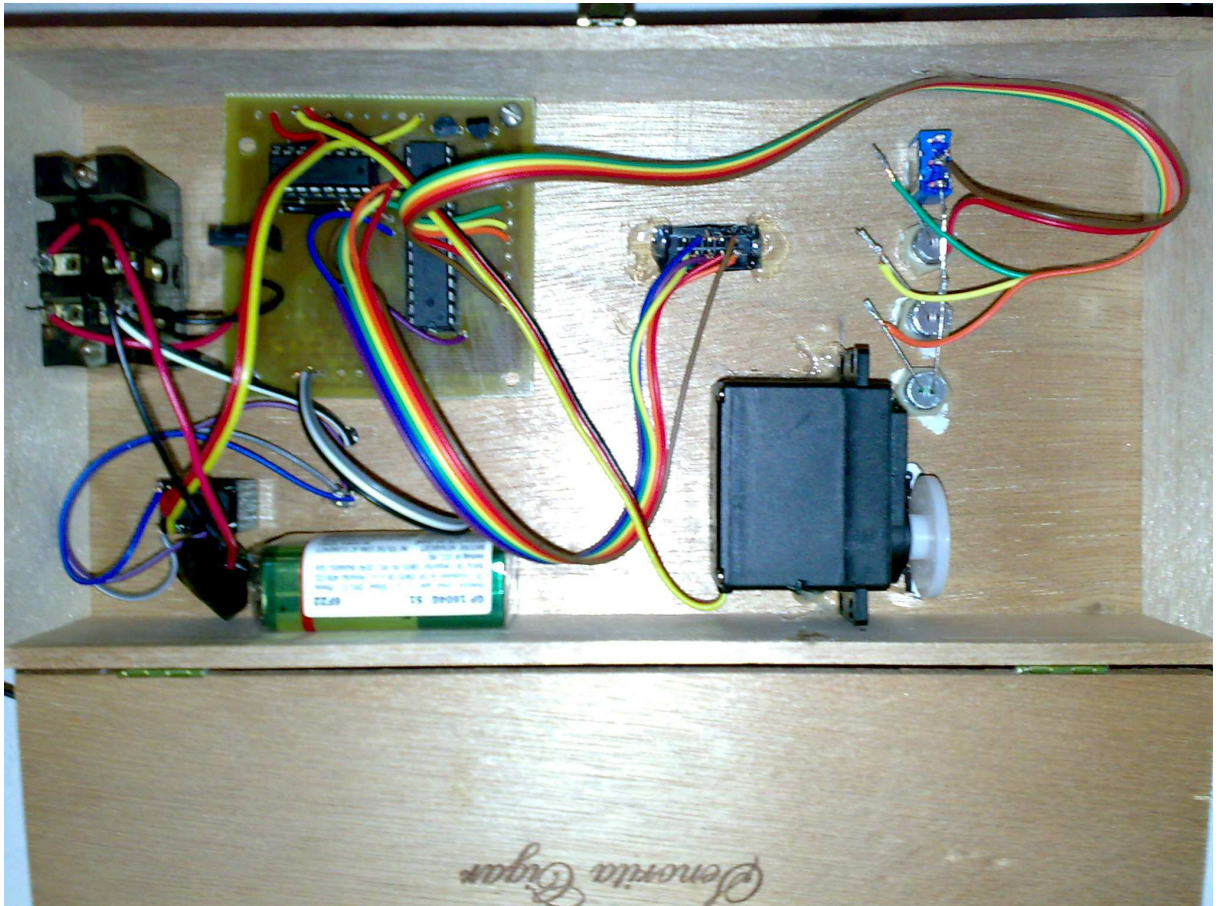
3.7 Sestavení vývojového modelu

Jako základ pro vývojový model byla použita uzavíratelná dřevěná krabička. V jejím dně jsou vyvrtány potřebné otvory pro umístění signalizačních led diod, vypínače napájení a přepínače polohy. Do dvou větších otvorů jsou umístěny přestavná struna a konektor pro připojení programátoru STK 500. Následně byly osazeny vypínače a reflektorky pro signalizační diody. Výhybka je ke krabičce přilepena pomocí tavného silikonu a přestavná tyč je vyrobena z kytarové struny.



Obr. 3.5 Vývojový model s připojeným programátorem

Uvnitř krabičky je přišroubována deska plošného spoje, pomocí silikonu jsou přilepeny motor a relátko a pro účely prezentace zajišťuje napájení vložená baterie. Vývojová deska není osazena šroubovacími svorkami a všechny vodiče jsou zapájeny přímo do desky. Obdobně signalizační panel tvoří pouze proletované vývody součástek.



Obr. 3.6 Vnitřek modelu

Během testování byl zjištěn problém s nerovnoměrným odporem převodů serva při malých rychlostech. Stává se, že se servo například čtvrt otáčky pomalu otáčí a v další části se zastaví. Následným zvětšením napětí se opět začne pomalu otáčet, ale v části, kde se dříve točilo i při menším napětí, logicky zrychlí. Navíc toto kolísání závisí i na směru otáčení. Výsledkem je, že pokud je servo pod výhybkou natočeno zrovna do bodu, kde se převody přičí. Může být čas potřebný k přestavení mezi koncovými polohami různý, nebo se může stát, že výměna během pomalých natáčení nedoběhne. Proto je nutné servo vyzkoušet a použít jej v úhlu s pokud možno malým odporem převodů.

Dále je třeba dbát na čistotu výměny a zajistit, aby docházelo k vodivému spojení při doteku jazyka s opornicí, jinak může postupným zvětšováním střídy dojít k mechanickému poškození kolejiva.

Závěr

Práce byla vypracována dle bodů zadání. V úvodu jsou rozebrány řešení skutečných výhybek a přestavníků včetně popisu způsobů a možností zabezpečení. Následuje pasáž věnovaná Stejně problematice ovšem v oblasti modelových železnic. Hlavní část práce ale spočívala v návrhu modelového přestavníku.

Navržený elektromotorický přestavník je v práci popsán z hlediska funkčních principů, na kterých je založen a jsou uvedeny všechny podklady pro jeho výrobu. Dále je popsán a vyobrazen pokusný vývojový model. Na tomto modelu byl vyvinut a ověřen software pro řízení ovládacího mikrokontroléru.

Závěrem lze říci, že uvedené řešení je funkční a odladěné pro uvedenou kombinaci s modelářským servem SH – 311. Pro možné zlepšení chodu přestavníku, by bylo vhodné elektroniku spojit spíše s mechanismem, který by měl lineární výstup. To znamená osadit elektroniku do sestavy se šroubovým převodem, který je použit v uvedeném běžně dostupném elektromotorickém přestavníku.

Elektronika navrženého přestavníku by mohla být použita i jako opravná sada pro elektromotorické přestavníky s poškozenými kontakty. Podmínkou je pouze, že motor musí fungovat při napětích pod 5 voltů a jeho proudový odběr nesmí překročit 0,5 A. V tomto případě by ovšem mohl být nutný zásah do programu, v podobě zvýšení horní hranice střídy PWM, která je pro použití se servem omezena z důvodu ochrany kolejiště, při špatném zapojení přestavníku.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HANUS, Jaroslav a KOBLASA, Karel. *Staniční reléové zabezpečovací zařízení typu AŽD71*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1974. 210 s.
- [2] ŠANC, Václav. *Elektromotorické přestavníky EP600* 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1983. 144 s.
- [3] *T 100, Provoz zabezpečovacích zařízení*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1978
- [4] *T 121, Údržba venkovního zabezpečovacího zařízení*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1983
- [5] *SR 112 (T), Staniční zabezpečovací zařízení*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1987
- [6] *S3, Železniční svršek*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 2008
- [7] *Z1, Předpis pro obsluhu staničních a traťových zabezpečovacích zařízení*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 2007
- [8] <http://modelyh0.com/tema/prestav/prestav.htm>; [1. 5. 2013]
- [9] http://lokopin.wz.cz/ruzne/zaklady_elektroniky.htm; [1. 5. 2013]
- [10] <http://svetelektro.com/clanky/programujeme-avr-v-jazyku-c-5-cast-456.html>; [1. 5. 2003]
- [11] <http://www.zzb.cz/vyhybkove-prestavniky/2476-vyhybkovy-prestavnik-rucni.html>; [1. 5. 2003]
- [12] Datasheet ATmega8A-PU dostupný na <http://www.gme.cz/dokumentace/432/432-027/dsh.432-027.1.pdf>; [1. 5. 2013]
- [13] Datasheet L293D dostupný na <http://www.gme.cz/dokumentace/399/399-017/dsh.399-017.1.pdf>; [1. 5. 2013]

Příloha A – Program

```

//pouzit vnitřní OSC 1MHz vychozí nastavení
//vyměna 1 jako referenční pro rychlost obou výstupů
//pro AD převodníky použita vnitřní reference
//při zapojení:
//uzemnění spinace bráno jako požadavek na minusovou polohu výměny-odbočení
//nutno dodržet pořadí připojení jazyků dle planku
//motory potřeba ozkoušet na směr podle montáže, serva bez elektroniky

#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

//funkce pro vycitání stavu výměny z AD převodníku, připojených k jazykům
//


---


unsigned int Stav_Vymeny(unsigned int AD1, unsigned int AD2){

    //deklarace proměných funkce
    unsigned int pomJazyk1 = 0;
    unsigned int pomJazyk2 = 0;
    unsigned int Jazyk1 = 0;
    unsigned int Jazyk2 = 0;
    unsigned char i = 30;
    unsigned char stav_vymeny = 0;

    //měření jazyků
    while(i--){

        //nastavení AD převodu pro jazyk1 výměny1
        ADMUX = AD1;
        //reference AVCC (kondik na AREF), zvolen ADC jazyk 1

        ADCSRA = (1<<ADEN) | (1<<ADPS0);
        //zapnutí AD, zarovnání doleva

        //samotné měření jazyku 1
        ADCSRA |= (1<<ADSC); //spuštění převodu
        while (ADCSRA & (1<<ADSC));
        pomJazyk1 = pomJazyk1 + ADCH - Jazyk1; //přičtení k předeslým
        Jazyk1 = (pomJazyk1 / 4); //průměrování

        //nastavení AD převodu pro jazyk2
        ADMUX = AD2;
        //reference AVCC (kondik na AREF), zvolen ADC0
        ADCSRA = (1<<ADEN) | (1<<ADPS0);
        //zapnutí AD, zarovnání doleva

        //samotné měření jazyku 2
        ADCSRA |= (1<<ADSC); //spuštění převodu
        while (ADCSRA & (1<<ADSC));
        pomJazyk2 = pomJazyk2 + ADCH - Jazyk2; //přičtení k předeslým
        Jazyk2 = (pomJazyk2 / 4); //průměrování

        _delay_ms(1); //prodleva mezi měřeními
    }
}

```

```
//vyhodnoceni stavu vymeny
    if ((Jazyk1>120)&&(Jazyk1<140))
        if ((Jazyk2>120)&&(Jazyk2<140))
            stav_vymeny=0;
    //neurcena poloha nebo rozrez (oba jazyky "ve vzduchu")
    else
        stav_vymeny=2;
    //vymena do zatacky
    else
        if ((Jazyk2>120)&&(Jazyk2<140))
            stav_vymeny=1;
    //vymena rovne
    else
        stav_vymeny=0;
    //neurcena poloha spise rozrez a na vymene neco stoji

    return stav_vymeny;
}

//_____

//HLAVNI PROGRAM
//_____

int main(void)
{
    //nastaveni portu
    DDRD = 0xFC;      //porty D0 a D1 nastaveny na vstup od prepince,
                    //zbytek vystupy na diody
    PORTD = 0x03;    //zapnuty pull up na vstupnich portech

    DDRB = 0xFF;    //porty B nastaveny jako vystup
    PORTB = 0x00;    //vypnuty pull up

    // REZIM 5 - Fast PWM 8bit,
    TCCR1A |= (1 << COM1A1) | (1 << WGM10);
    TCCR1B |= (1 << WGM12) | (0 << CS12) | (1 << CS11) | (1 << CS10);

    sei(); // povol globalni preruseni

    //blok promennych

    unsigned char poloha1 = 0;
    unsigned char vstup1 = 0;
    unsigned char pomocna1 = 0;
    unsigned char zmena1 = 1;
    unsigned char cas = 0;
    unsigned char cas1 = 0;
    unsigned char strida= 40;

    //pro druhou vymenu
    unsigned char poloha2 = 0;
    unsigned char vstup2 = 0;
    unsigned char pomocna2 = 0;
    unsigned char zmena2 = 1;
    unsigned char cas2 = 0;
    unsigned char cas12 = 0;
```

```

while(1)
{
//blok zjistišení stavu vymen
  poloha1 = Stav_Vymeny(0x60,0x61); //nacteni stavu prvni vymeny
  poloha2 = Stav_Vymeny(0x62,0x63); //nacteni stavu druhe vymeny

//blok ovladaciho panelu na portu D

  //vymena 1
  if (poloha1==1) PORTD |= (1<<PD2); else PORTD &=~(1<<PD2); //rovne
  if (poloha1==0) PORTD |= (1<<PD3); else PORTD &=~(1<<PD3); //neurceno
  if (poloha1==2) PORTD |= (1<<PD4); else PORTD &=~(1<<PD4); //odboc

  if (bit_is_set(PIND,0)) vstup1 = 1;
    //pokud je vstup v "1", pozadavek na rovne
  else vstup1 = 2;
    //pokud je vstup uzemnen, pozadavek na odboc

  //vymena 2
  if (poloha2==1) PORTD |= (1<<PD5); else PORTD &=~(1<<PD5); //rovne
  if (poloha2==0) PORTD |= (1<<PD6); else PORTD &=~(1<<PD6); //neurceno
  if (poloha2==2) PORTD |= (1<<PD7); else PORTD &=~(1<<PD7); //odboc
  if (bit_is_set(PIND,1)) vstup2 = 1;
    //pokud je vstup v "1", pozadavek na rovne
  else vstup2 = 2;
    //pokud je vstup uzemnen, pozadavek na odboc

//blok ovladani RELE srdcovky
  //vymena1
  if (vstup1==1) PORTB &=~(1<<PB0); else PORTB |= (1<<PB0);
    //rele pritahne pokud je zadano odboceni

  //vymena2
  if (vstup2==1) PORTB &=~(1<<PB3); else PORTB |= (1<<PB3);
    //rele pritahne pokud je zadano odboceni

//blok motoru
  //vymena1

  OCR1A=strida; //nastaveni rychlosti motoru
  if (vstup1!=pomocnal) {zmenal=1; pomocnal=vstup1;}
    //rozbehnutí vymeny pri prestaveni volice polohy

  if ((vstup1==1)&&(zmenal==1)&&((poloha1==2)|| (poloha1==0)))
    PORTB |= (1<<PB4);
  else PORTB &=~(1<<PB4);
    //zapne pozadova smer, pokud je splnena poloha

  if ((vstup1==2)&&(zmenal==1)&&((poloha1==1)|| (poloha1==0)))
    PORTB |= (1<<PB7);
  else PORTB &=~(1<<PB7);
    //zapne pozadova smer, pokud je splnena poloha

  if (vstup1==poloha1) { zmenal=0;}
    //ukonceni behu pri dokonceni prestaveni

  _delay_ms(10);
    //zpozdeni zavedene pri mereni doby jednoho cyklu

```



```

    if (zmena1==1) //pokud je vymena prestavovana
    {
        cas1++;
        if (cas1>11) {cas1=0; cas++;}
//cca pul vterinovy takt odmeren testovanim (druha je u druhe vymeny)

        if (cas==4) {zmena1=0;}
//udava maximalni povolenou dobu chodu motoru
    }

    if ((zmena1==0)&&(cas!=0)) {
//po vypnuti motoru vyhodnocuje rychlost pro optimalizaci chodu na 3s

        if ((cas>3)&&(strida<100)) strida=strida+3;//uprava rychlosti
        if ((cas<3)&&(strida>30)) strida=strida-2; //uprava rychlosti
        cas1=0; //nulovani mereni
        cas=0;
    }

//vymena2
    if (vstup2!=pomocna2) {zmena2=1; pomocna2=vstup2;}
    if ((vstup2==1)&&(zmena2==1)&&((poloha2==2)|| (poloha2==0))) PORTB
|= (1<<PB5); else PORTB &=~(1<<PB5);
    if ((vstup2==2)&&(zmena2==1)&&((poloha2==1)|| (poloha2==0))) PORTB
|= (1<<PB6); else PORTB &=~(1<<PB6);
    if (vstup2==poloha2) { zmena2=0;}

        _delay_ms(10);

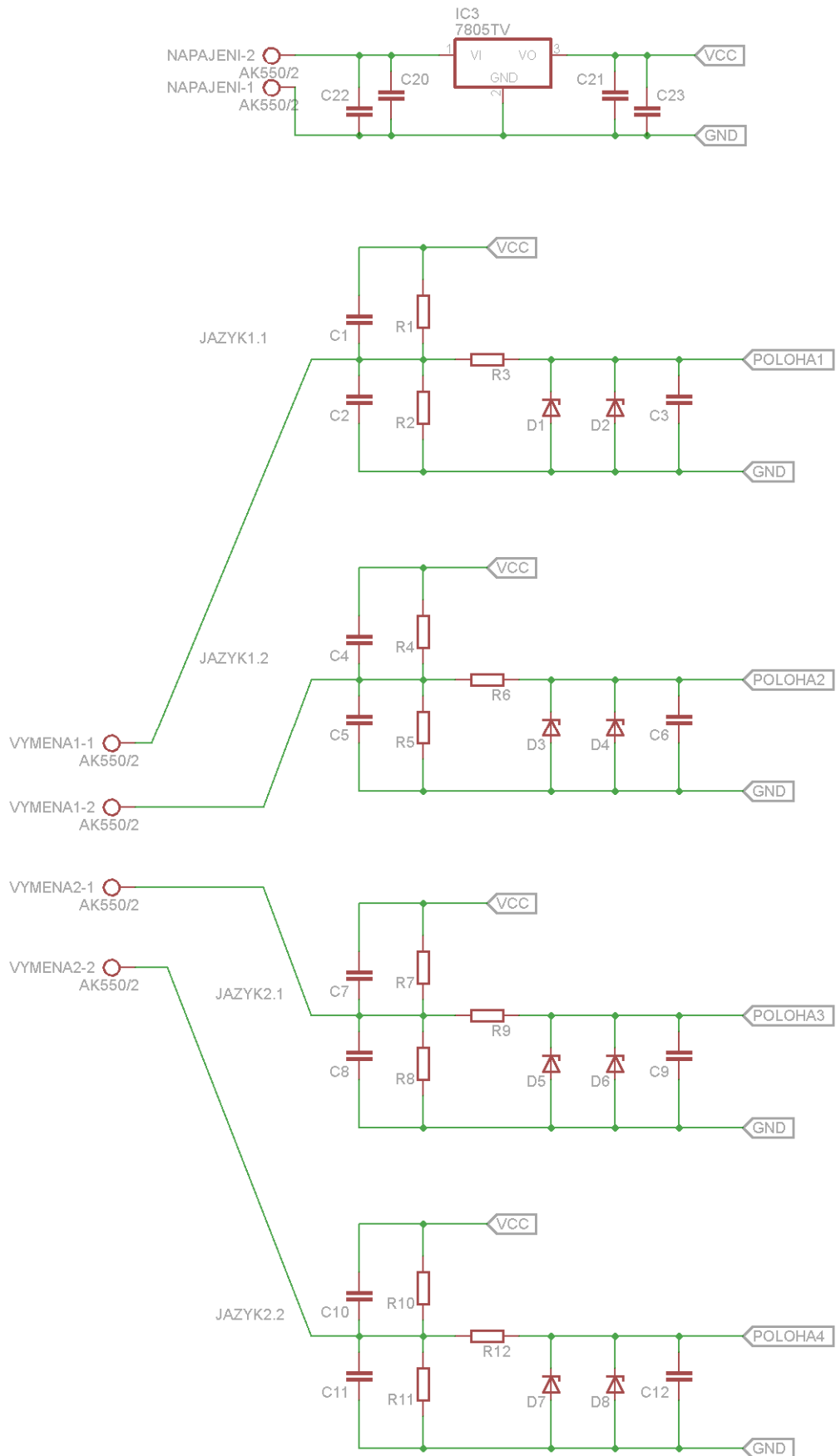
    if (zmena2==1)
    {
        cas12++;
        if (cas12>11) {cas12=0; cas2++;}
        if (cas2==4) {zmena2=0;}
    }
    if ((zmena2==0)&&(cas!=0)) {

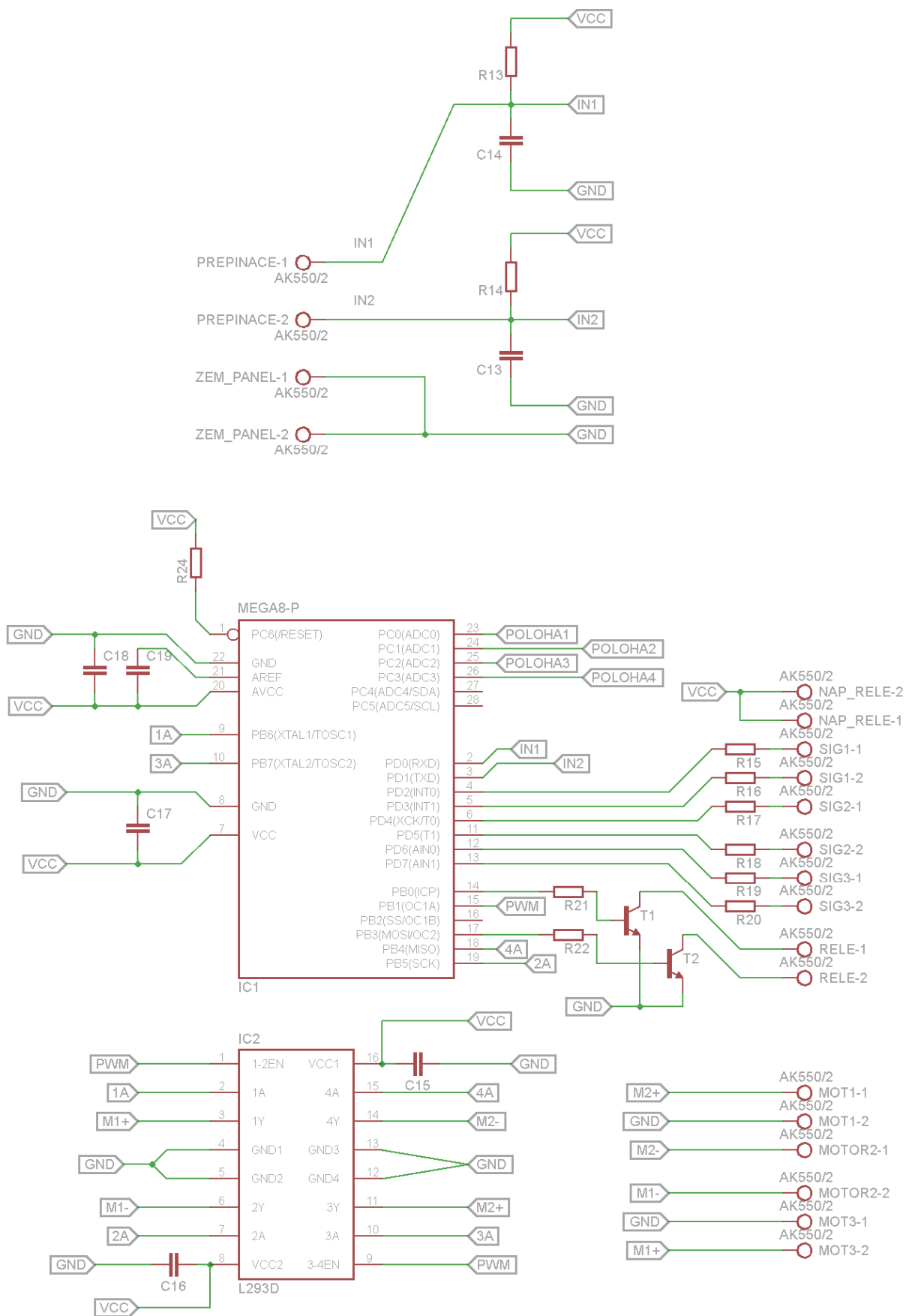
        cas12=0;
        cas2=0;
    }

}
}

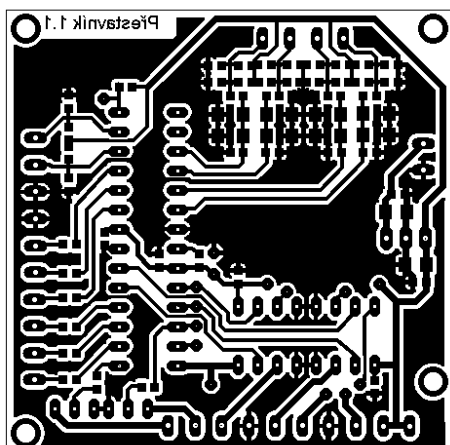
```

Příloha B – Schéma zapojení



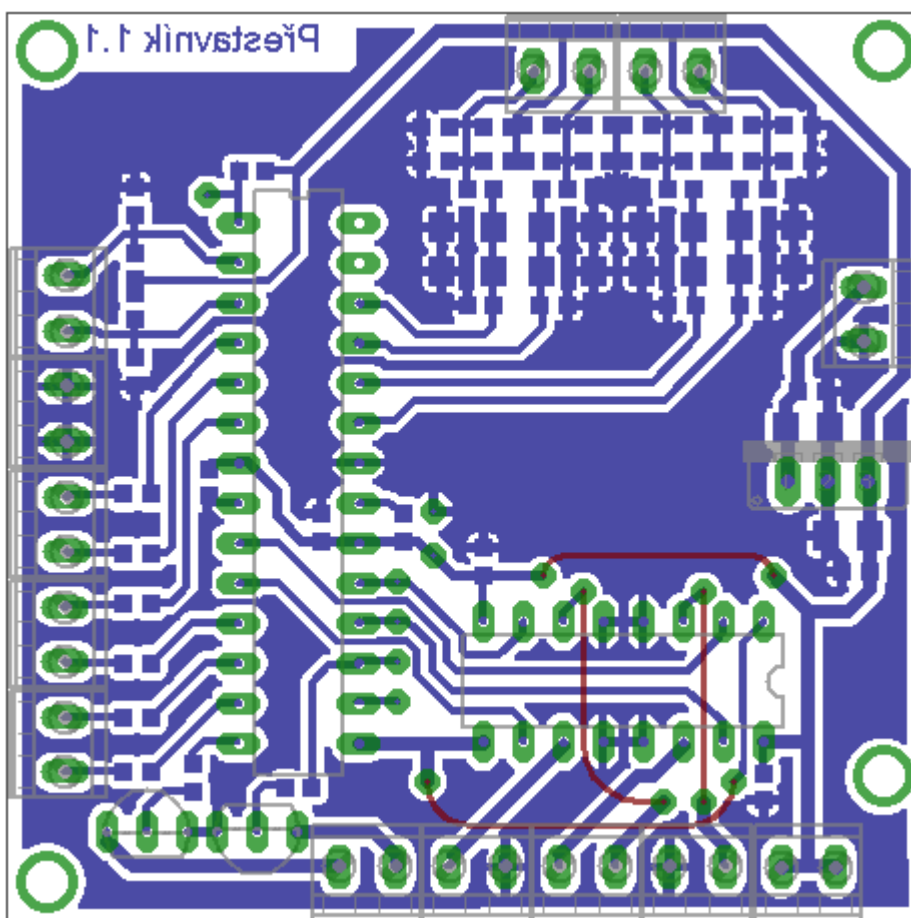


Příloha C – Deska plošného spoje

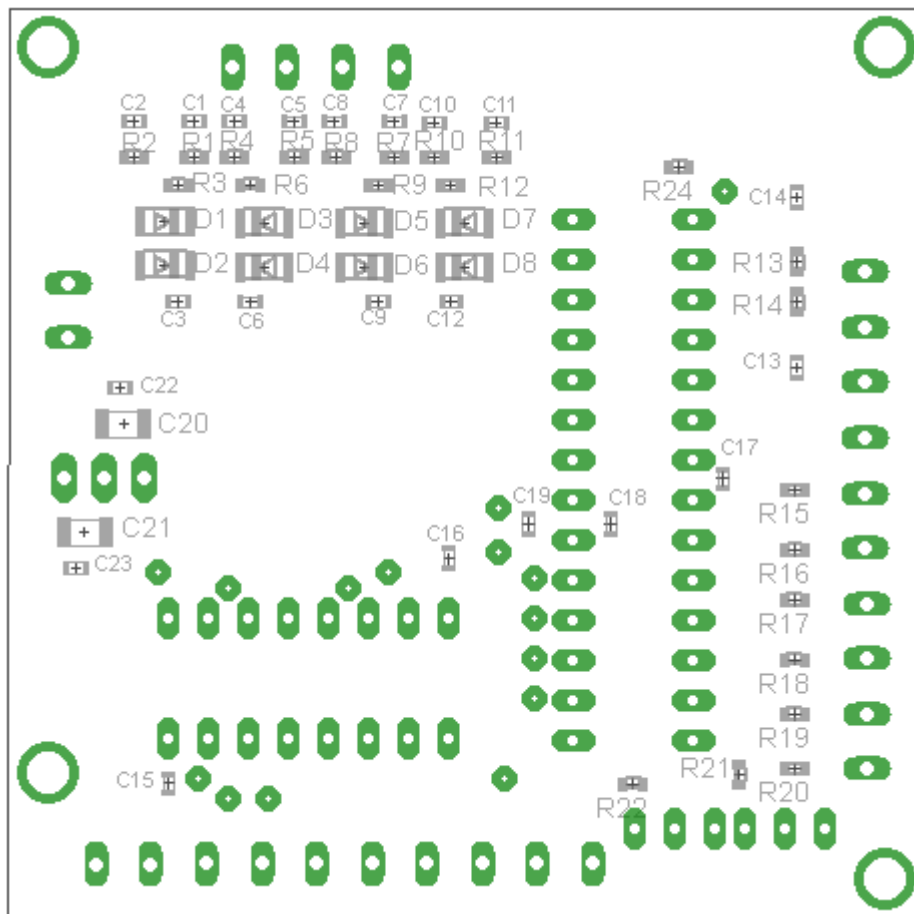


Skutečná velikost motivu 58 x 58 milimetrů

Osazení ze strany THT součástek:



Osazení ze strany SMD součástek:



Příloha D – Seznam součástek

DPS	Název	Pouzdro	Celkem kusů
IC 1	ATmega8A - PU	DIP 28	1
IC 2	Budič L293D	DIL 16	1
IC 3	Stabilizátor 7805	TO 220	1
T1, T2	Tranzistor BC 337	TO 92	2
C1- C19, C22,C23	Kondenzátor 100nF	0603	21
C20	Kondenzátor 0,33uF	1206	1
C21	Kondenzátor 100nF	1206	1
D1, D3, D5, D7	Zenerova dioda 5V	SOD80	4
D2, D4, D6, D8	Schottkyho dioda 0,3V	SOD80	4
R1, R2, R4, R5, R7, R8, R10, R11, R13, R14,	Rezistor 10k Ω	0603	10
R3, R6, R9, R12, R15 – R24	Rezistor 1k Ω	0603	14
Externí součástky			
Přepínač	ON / OFF (ON / ON)	----	2
LED 5mm	Červená 2x	Zelená 2x	Žlutá 2x
Relé	DC 5V	----	2
Dioda	1N4007	THT	2
Kondenzátor	100nF	THT	2
Kondenzátor	47nF	THT	4