



STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA DOPRAVNÁ

Hlavná 113, 040 01 Košice

Sút'áž strojar inovator

MODEL LOKOMOTÍVY RADU 721

2022
Košice

KSK

riešiteľ
Daniel Antalík
4.ročník



STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA DOPRAVNÁ

Hlavná 113, 040 01 Košice

Súťaž strojar inovator

MODEL LOKOMOTÍVY RADU 721

2022
Košice

KSK

riešiteľ
Daniel Antalík
4.ročník

Konzultant:
Konzultant: Ing. Ján Holečko

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že prácu na tému: „Ako môže byť prevádzka železnice ekologickejšia “ som vypracoval samostatne, s použitím uvedených zdrojov. Prácu som neprezentoval v žiadnej súťaži, ktorá je pod gestomom MŠVVaŠ SR. Som si vedomý dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

Košice, 2022

.....
vlastnoručný podpis

Pod'akovanie:

Chcel by som pod'akovať:

1. Pani učiteľke Ing. Tatiane Hoffmannovej za odbornú a metodickú pomoc pri prácach na projekte
2. Pánovi učiteľovi Ing. Jánovi Holečkovi za pomoc pri výbere motora a konzultáciách
3. Bc. Damianovi Čambalovi za pomoc s výrobou, diagnostikou a úpravou schémy regulácie
4. Pánovi inštruktorovi Kyselovi za sprístupnenie rušňa v Košickom depe
5. Svojmu dedkovi Stanislavovi Antalíkovi za pomoc s kreslením výkresov v autocade a prepočtami na mierku 1:20
6. Svojmu ockovi Stanislavovi Antalíkovi za pomoc pri lakovaní modelu

Abstrakt

Projekt je zameraný na tvorbu reálnych modelov rušňov, u ktorých je možné uplatniť rekuperáciu ale aj jazdu na batérie. Výsledkom je model rušňa Ťapka, ktorý sa používa hlavne na posun. Je tretím v rade modelov, ktoré autor skonštruoval.

Autor sa zaoberá možnosťami ako urobiť dopravu na železnici ekologickou, najmä v oblastiach, kde neprebehla elektrifikácia tratí.

Abstract

The project is focused on the creation of real models of locomotives, for which it is possible to apply recuperation as well as battery driving. The result is the Ťapka locomotive model, which is mainly used for shifting. It is the third in a series of models that the author has designed.

The author deals with the possibilities of making rail transport ecological, especially in areas where there has been no electrification of lines.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 7 |
| 1 Problematika a prehľad literatúry (Teoretické východiská) | 9 |
| 2 Ciele práce | 10 |
| 3 Materiál a metodika | 10 |
| 4 Výsledky práce | 12 |
| 5 Výsledky praktickej časti projektu | 14 |
| 6 Diskusia | 17 |
| 7 Závery práce | 19 |
| 8 Zhrnutie | 21 |
| 9 Zoznam použitej literatúry | 23 |
| 10 Prílohy | 24 |

Úvod

V každom odvetví činnosti, kde je potrebná energia na pohon a konanie práce, sa dnes zaoberajú vedci a technici nielen jej úsporami ale hlavne náhradou fosílnych zdrojov obnoviteľnými zdrojmi energie. Hlavným cieľom je ochrana životného prostredia a klímy. Mala by k tomu prispieť aj ekologická, bezpečná, úsporná, moderná a hlavne bezemisná železnica.

Uplynulý rok 2021 bol Európskym rokom železničnej dopravy, kde sa hodnoteniu súčasného stavu a hlavne úlohám ako ďalej, venovala zvýšená pozornosť, že sa niektoré ciele dostali aj do plánu obnovy. Zaujalo nás 100 odpovedí ministra dopravy SR ako vidí riešenie problémov na železnici. Nás ako budúcich železničiarov však mrzí, že úlohy sa netýkajú rovnomerne celého Slovenska, najmä východného, a aj preto sme pracovali na tomto projekte.

Ako študentov SPŠ dopravnej v Košiciach po štvorročnom štúdiu pred nástupom do praxe nás zaujíma všetko, čo sa deje na železnici. Nie je nám to ľahostajné. Ved' preto sme sa postupne od záľuby pre vláčiky, dostali až k rekonštrukcii a záchrane historických železničných vozidiel, výrobe funkčných modelov a vybrali si aj svoje budúce povolanie.

Keďže ako svoju záľubu ale aj budúce povolanie si autor vybral železnicu, veľa sa o jednotlivých pohonoch naučil v škole, pri konštrukcii modelov rušňov, ale aj pri práci v Popradskom klube železničných historických vozidiel na rekonštrukcii a záchrane historických lokomotív. Každý rok skonštruoval a vyrobil funkčný model rušňa. Doteraz to boli elektrický rušeň radu 425.95(Baronka), a parný rušeň radu 477.0(Papagáj).

Vyrobené modely boli doplnené popisom konštrukcie a históriou rušňa, ktorá ho pripomína. Teda okrem modelu aj popis a vlastnosti reálneho rušňa. Týmto projektom na záver štúdia nadväzuje na aktivity v Klube železničných historických vozidiel Poprad a reaguje na možnosti úpravy dieselelektrických rušňov využitím rekuperácie a batérií. Teda ako urobiť aj stávajúce rušne prevádzkované na železnici ekologickejšími.



Na príklade vyrobeného zatiaľ posledného modelu manipulačného dieselového rušňa radu 721 (Ťapka), sú v projekte rozobrané možnosti modernizácie a uplatnenia na tratiach železníc Slovenska. Osobitne je v modeli navrhnutý systém rekuperácie a využitia batérií pre rušne určené pre zvlnené traťové terény a manipulačné práce na železnici. Teda je to model rušňa, v ktorom by boli kombinované ako pohon diesel, elektrina i batérie. Parametre sú spracované v prílohe č.2



Výsledný model

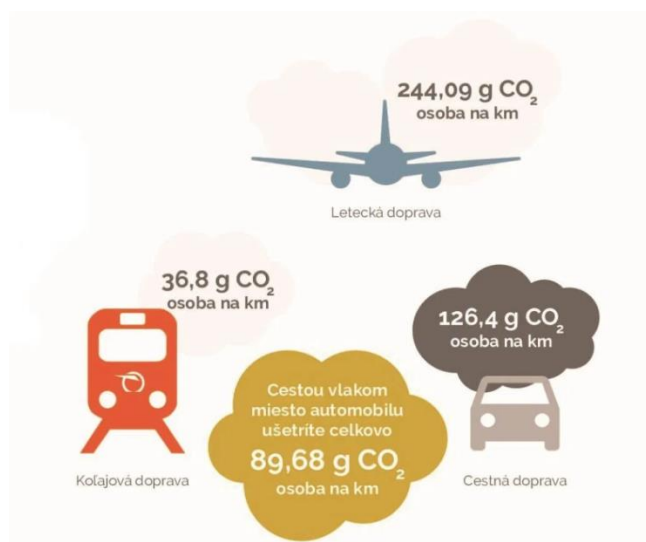


1 Problematika a prehľad literatúry (Teoretické východiská)

Elektrická energia, biopalivá, perspektívne vodík a niekde aj solárna energia. To sú zatiaľ možnosti využitia obnoviteľných zdrojov. Ide však aj o to, odkiaľ je vyrobená elektrická energia využívaná v železničnej doprave. Teda, či z fosílnych alebo obnoviteľných zdrojov.

Na železnici možno dosiahnuť stanovené ciele pre zníženie škodlivých emisií zo spaľovania fosílnych palív(nafty) nahradením neekologických motorových vozidiel s vysokou ekologickou záťažou modernými koľajovými vozidlami využívajúcimi alternatívne pohony tam, kde to dostupná technika a stav infraštruktúry dovoľuje. Motiváciou pre odborníkov na železnici nie je len zastavenie klimatických zmien ale predovšetkým bezpečnosť dopravy, spokojnosť zákazníkov a aj úspora nákladov na energie.

Možno tvrdiť, že železničná doprava je environmentálne výhodným druhom dopravy, pretože veľké objemy sú prepravované na veľké vzdialenosti, nie len rýchlo a bezpečne, ale aj s minimálnym dopadom na životné prostredie. Zníženie vplyvu železničnej dopravy na životné prostredie vyplýva hlavne z vyradenia parných rušňov a postupnej elektrifikácie sietí železníc. Táto elektrifikácia si vyžaduje vyššie náklady na vybudovanie, avšak investície sa vracajú v podobe nižších prevádzkových nákladov.



Obr.č.1 Porovnanie jednotlivých druhov dopravy vzhľadom na emisie

Možno však konštatovať, že železničná doprava zaznamenáva pokles dopytu po tomto druhu dopravy. Ukazujú to dlhé kolóny kamiónov na našich cestách, ktoré prepravujú tovar, ktorý kedysi prepravovali vlaky. Medzi negatívne faktory železničnej dopravy možno zaradiť aj problematickú kvalitu niektorých poskytovaných služieb a nedostatočnú infraštruktúru, ktorá nepokrýva celé územie Slovenskej republiky. To si ako budúci železničari uvedomujeme.

V posledných rokoch v rámci Slovenskej republiky dochádza čiastočne k modernizácii železničných tratí, čo by mohlo ďalej znížiť objem vyprodukovaných emisií. Toto zníženie by viedlo k vyššej kvalite prepravných služieb a malo by sa tak stať cieľom štátnej dopravnej politiky a nie sa vyhovárať, že nie sú financie. Nevyhnutným krokom na zvýšenie pomeru vlakovej dopravy a jej priaznivého dopadu na ekológiu krajiny je pokračovanie v elektrifikácii jednotlivých tratí a modernizácii koridorov s celoeurópskym významom v takej

miere, aby bolo pre objednávateľov prepravných služieb výhodné využívať vlakovú nákladnú prepravu a aby pre cestujúcu verejnosť bolo cestovanie vlakom voľbou číslo jedna.

2 Ciele práce

Železničná doprava so závislou elektrickou trakciou podľa oficiálnych štatistík je najekologickejšim a najúspornejším možným druhom veľkokapacitnej dopravy či už osôb alebo nákladu, vzhľadom k nízkym jazdným odporom a využitiu hospodárnej spotreby elektrickej energie, ktorá môže byť modernými koľajovými vozidlami do siete aj spätne rekuperovaná. Budúcnosť železnice je v elektrických a dieselových (presnejšie v hybridných) rušňoch a práve tým je venovaný tento projekt:

Pri výrobe funkčných modelov rušňov cieľom projektu je analýza vlastností reálnych rušňov, ich konštrukčné a prevádzkové pomery a samozrejme aj ich vplyv na životné prostredie.

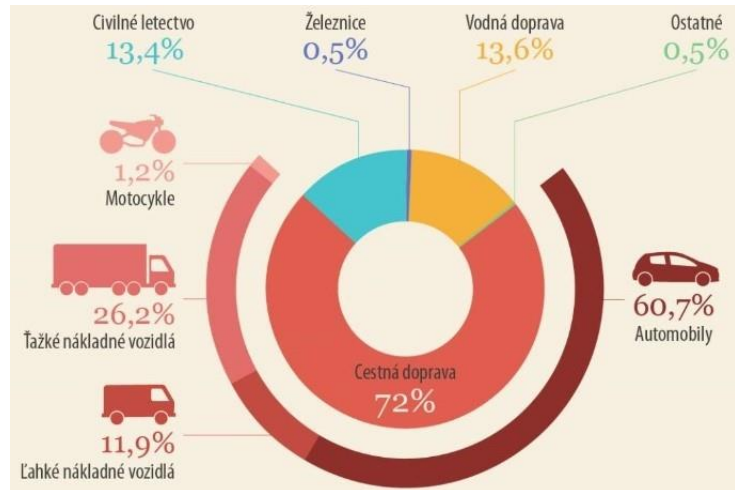
Pre žiakov našej školy ale aj voľbu budúceho povolania žiakov SŠ, bolo ďalším cieľom projektu vyrobiť funkčné modely, na ktorých možno dokumentovať konštrukciu a funkciu jednotlivých typov rušňov a teda propagovať nielen techniku ale aj povolanie rušňovodcu, keďže autor je už štvrtou generáciou v rodine železničiarov ale aj absolventov SPŠ dopravnej v Košiciach. Práve preto cieľom bolo vyrábať postupne modely zástupcov jednotlivých typov rušňov podľa pohonu, teda parný i elektrický rušeň a porovnať ich. Aj keď medzi prvými modelmi bol parný rušeň radu 477.0(Papagáj)a v Popradskom klube historických železničných vozidiel sa autor podieľal práve na záchrane reálneho parného rušňa radu 477.0 Papagáj, bolo zrejmé, že parné rušne patria už do histórie.

Na príklade vyrobeného modelu elektrického rušňa radu 425.95(Baronka), a manipulačného dieselového rušňa radu721(Ťapka),sú v projekte rozobrané možnosti ich modernizácie a uplatnenia na tratiach železníc Slovenska. Osobitne je v novo vyrobenom modeli dieselového motorového rušňa Ťapka navrhnutý systém rekuperácie a využitia batérií pre rušne určené pre zvlnené traťové terény a manipulačné práce na železnici. Teda je to model rušňa, v ktorom by boli kombinované ako pohon diesel, elektrina i batérie. Cieľom projektu bola práve modernizácia dieselelektrických rušňov a ich ekologické využitie ale samozrejme aj postupná náhrada elektrickými rušňami.

3 Materiál a metodika

Emisie v železničnej doprave sú najmä výsledkom spaľovania pohonných látok v spaľovacích motoroch rušňov. Tieto emisie unikajú spolu s ostatnými plynnými a tuhými škodlivinami z prevádzky a znečisťujú ovzdušie.

Zo štatistiky o emisiách zverejnenej na stránke Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, obr.č.2 však vyplýva, že železničná doprava je ekologická a udržateľná.



Obr.č.2 Emisie

Železničná doprava, kde už sú trate elektrifikované, má emisie CO₂ oveľa nižšie ako pri porovnateľnej cestnej či leteckej doprave. Navyše je to jediný dopravný prostriedok, ktorý postupne znižuje emisie a spotrebu zdrojov energie, pričom čoraz viac využíva obnoviteľné zdroje energie. Je environmentálne i energeticky výhodná. Rozhodujúcou je však zatiaľ na Slovensku reálna zastaranosť železničnej infraštruktúry a tempo jej modernizácie.

V železničnej doprave dnes ako palivo dominujú elektrina a nafta. Žiadne iné palivá zatiaľ nie sú schopné konkurencie. Pri rastúcom počte elektrifikovaných tratí a možnosti vyrábať elektrinu z obnoviteľných zdrojov energií, nemajú iné palivá ani význam. Parné lokomotívy, ktoré boli jedinou alternatívou v minulosti, sú dnes skôr raritou, využívajú sa ako turistické atrakcie. Tak ako postupuje elektrifikácia tratí, aj naftou poháňané lokomotívy sa vo svete stávajú stále menej používanými. Súvisí to s tým, že elektrické lokomotívy sú výhodnejšie tak z hľadiska ceny ako aj z hľadiska záťaže životného prostredia emisiami. Vyššie náklady na vybudovanie elektrifikovanej trate sú vyvážené nižšími prevádzkovými nákladmi. Ich výstavba je však stále zdĺhavá, drahá a ani nie je efektívna, hlavne na tratiach s nízkou frekvenciou prevádzky. Preto treba reálne zvažovať ako na to. O tom je tento projekt.

Kvalita železničnej infraštruktúry, jej elektrifikácia a vybavenie modernými zabezpečovacími zariadeniami sú predpokladom efektívnejšieho využívania prírodných obnoviteľných zdrojov. Ekologická záťaž je prenášaná do miesta výroby elektrickej energie a do miesta výroby batérií. Teda tieto environmentálne záťaže nie sú v kompetencii železníc ale ekologickej politiky vo výrobe energií.

Batériový pohon umožňuje vlakom prístup do oblastí, ktoré sú pre naftové vlaky zakázané, vrátane tunelov a centier miest. Na dopravne viac zaťažených tratiach sa vyplatí líniová elektrifikácia, na menej vyťažených sú riešením akumulátory, ktoré sa za jazdy alebo počas státia nabíjajú z trakčného vedenia. Teda líniová elektrifikácia slúži aj tým, čo jazdia pod trolejmi a aj tým, čo sa z vedľajších tratí prídu len nabiť. Podľa nás to je súčasný trend.

4 Výsledky práce

Základným rozdielom medzi jednotlivými koncepciami pohonu na železnici je to, či na pohon hnacieho dvojkolesia vozidla sa využíva dieselový motor alebo elektromotor. Ďalšou možnosťou je využitie rôznych zdrojov energie ako sú napríklad kombinácie diesla a elektriny alebo vodíka a elektriny...

Dieselová trakcia sa rozšírila až v druhej polovici 20. storočia. Je to nezávislý druh trakcie, ako palivo sa u lokomotív, motorových vozov a ucelených jednotiek (DMU (diesel multiple unit) používa motorová nafta. Pohon dvojkolesia priamo spaľovacím motorom je nevhodný, preto sa vloží medzičlánok medzi výstupnú hriadeľ spaľovacieho motora a nápravovú prevodovku dvojkolesia, ktorá zaisťuje prenos výkonu. Ucelené jednotky a motorové vozy sa podľa prenosu výkonu dajú rozdeliť na diesel-mechanické, diesel-hydraulické a diesel-elektrické.

Pre železnici sú perspektívne nové technológie uchovávanie elektrickej energie v moderných batériách nazývané aj („BEMU“ (battery electric multiple unit). Boli vyvinuté jednotky vybavené elektromotorom s možnosťou napájania z horného trakčného vedenia a jazdy na batériu mimo elektrifikovaný úsek. Mohla by sa tak dosiahnuť vyššia efektívnosť elektrického pohonu a zníženie nepriaznivých environmentálnych dopadov na okolie. Odpadla by tak aj nutnosť drahej výstavby elektrického trakčného vedenia na celej sieti.

Elektrická trakcia sa rozšírila na železnici až v 50. rokoch 20. storočia. Štandardne sa energia privádza pomocou trakčného vedenia, alebo z tretej koľajnice. Už na konci 19. storočia sa robili pokusy aj s batériami. Vozidlá majú prívod elektrického prúdu cez zberač prúdu z trakčného vedenia do elektromotoru cez transformátor (v prípade striedavej napájacej sústavy) a trakčný menič. Je to závislá trakcia. Bez stáleho kontaktu s napájacou sústavou lokomotíva nefunguje. Dôležitým parametrom je napájacia trakčná sústava, preto musia byť pri prechode medzi nimi použité zložitejšie viacsystémové vozidlá. Trakčný elektromotor môže byť jednosmerný alebo striedavý (synchronný alebo asynchronný). Problémy so zdĺhavými preprahmi na styku dvoch napájacích sústav vyriešili tzv. dvojsystémové resp. viacsystémové rušne, použiteľné na oboch resp. dnes už aj na viacerých trakčných sústavách.

S postupnou modernizáciou tratí ŽSR patriacich do medzinárodných koridorov IV, V a VI (v súlade s dohodami AGC/ACTC) prebieha aj rekonštrukcia resp. novobudovanie trakčného vedenia zostavy J/S pre rýchlosť 160 km/hod. Táto zostava s doplnkami vyhovuje pre rýchlosť až do 200 km/h. Súčasťou modernizácie koridorových tratí je aj zmena z jednosmernej trakčnej prúdovej sústavy 3 kV na striedavú sústavu 25 kV, 50 Hz, čím by sa mala postupne zjednotiť trakčná sústava používaná na tratiach ŽSR. Takýto systém zmeny sústavy sa už aplikuje na modernizovaných úsekoch, kde doteraz bola jednosmerná sústava a to použitím komponentov vyhovujúcich pre DC i AC sústavu a jej následne prepnutie z 3 kV na 25 kV, 50 Hz. Napríklad izolátory na takomto trakčnom vedení jednosmernej sústavy 3 kV vyhovujú napäťovej hladine striedavej sústavy 25 kV.

Alternatívne pohony sa v súčasnosti overujú. Sú to pohony s využitím vodíka, kombináciou elektrickej trakcie s napájaním z trakčného vedenia a batérií, alebo rôzne

kombinácie so spaľovacím motorom. Mali by znížiť ekologickú záťaž a zvýšiť komfort cestujúcich.

Alternatívou k prevádzke neekologických dieselových rušňov je teda využitie ekologických alternatívnych zdrojov energie (napr. vodík, slnko). Použitie batériových rušňov na dlhšie vzdialenosti zatiaľ nie je v najbližšej dobe realistické a preto ako vhodná alternatíva sa javí použitie rušňov s pohonom palivovými článkami, ktoré používajú ako palivo vodík a ich najväčšou výhodou je absencia odpadu.

Rušne na vodík HMU (hydrogen multiple unit) alebo FCMU (fuel cell multiple unit), prípadne FCEMU (fuel cell electric multiple unit) sa najviac podobajú na dieselelektrické jednotky s batériou, kde je dieselový generátor nahradený palivovými článkami, v ktorých je v tlakových nádržiach uložený plynný vodík. Chemickou reakciou vodíka s atmosférickým kyslíkom vzniká elektrická energia a vedľajším produktom je vodná para(voda). Elektrická energia poháňa trakčný elektromotor. Prebytočná energia sa ukladá do Lion batérií a využíva sa pri pokrytí špičiek pre zrýchlenie za jazdy. Do batérií sa ukladá aj energia získaná pri rekuperácii. Vlaky na vodík sú výhodné, keď je čo najbližšie výroba vodíka a ak je v sieti prebytok energie, energia je vyrobená z obnoviteľných zdrojov(solárne, veterné elektrárne) a je nízka spotreba.

Ukladanie energie je možné do batérií, alebo do superkondenzátorov pri státi, či jazde pod trolejovým vedením a spotrebovať ju možno pri jazde na neelektrifikovanom úseku.

Ďalšia možnosť je kúpiť elektrické pohonné vozidlá pre elektrifikované trate s pomocným dieselovým pohonom pre neelektrifikované regionálne trate, aby nejazdili pod elektrifikovanými traťami dieselové rušne.

Z hľadiska ozdravenia životného prostredia však majú význam aj hybridné dopravné prostriedky. Uvažuje sa ich využitím vo vysokohorskom teréne pri veľkom stúpaní.

Nahradiť naftu elektrinou môžeme už aj pomocou moderných lítiových akumulátorov aj na tratiach bez trakčného vedenia.

Ďalším modernejším, rýchlejšim druhom železničnej dopravy je magnetická levitácia. Výstavba tratí je však investične náročná, z bezpečnostných dôvodov trať je vedená po mostoch alebo v tuneloch, avšak prevádzkové náklady sú nízke. Vlaková súprava sa pohybuje na vankúši magnetického poľa, ktoré je vytvárané sústavou supravodivých magnetov, zabudovaných v trati i v súprave. Táto vlaková súprava má namiesto kolies špeciálny systém magnetov, vrátane lineárnych motorov a pohybuje sa asi 1,2 cm nad koľajnicami.

Alternatívne pohonné hmoty využívajú napr. švédske železnice.

V roku 2005 pre pohon svojich vlakov začali používať bioplyn, ktorý získavajú z čistiarenských kalov. Vlaková súprava je vybavená 11 kanistrami obsahujúcimi dostatočné množstvo bioplynu, ktorý mu vystačí na jazdu 600 kilometrov pri maximálnej rýchlosti 130 km/h. Súprava je modernizovaná z pôvodnej staršej súpravy značky Fiat, ktorej dieselové motory nahradili dva plynové motory značky Volvo.

5 Výsledky praktickej časti projektu

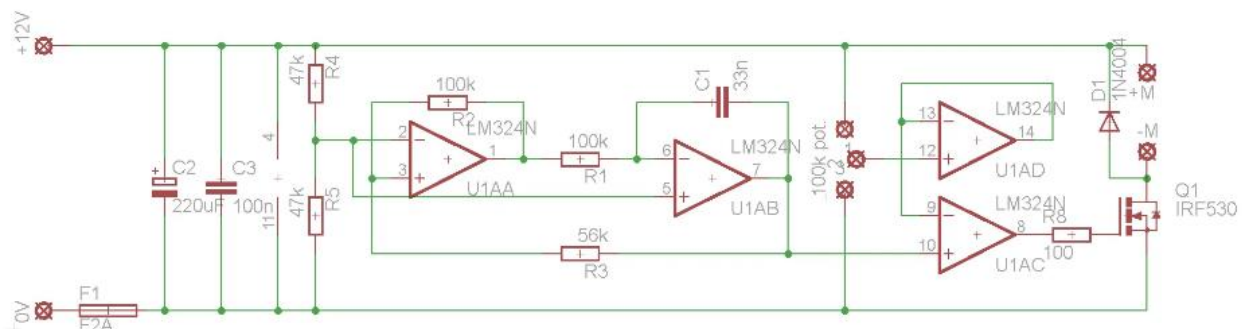
Hlavným cieľom tejto práce bolo vyrobiť model rušňa, ktorý môže využiť rekuperáciu, teda návrat časti elektrickej energie späť do napájacej sústavy.

Schému zapojenia, plošný spoj, uloženie motora v podvozku ako aj prácu pri výrobe plošného spoja a ovládania sme dali do prílohy č. 1 až 2 ako aj s fotografiami z výroby.

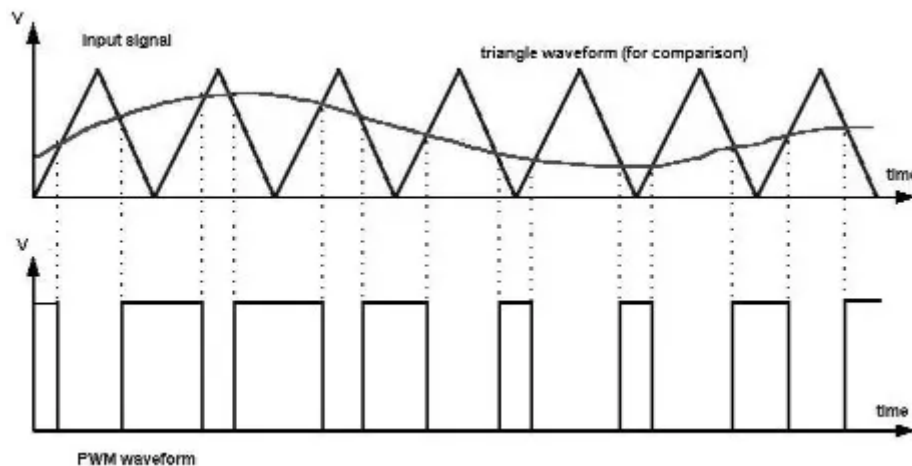
System regulácie použitý v modeli

Ide o klasickú PWM reguláciu, ktorá spočíva v periodickom zapínaní a vypínaní tranzistora, kde sa mení pomerná doba zapnutia tranzistora, keď otáčame potenciometrom

V schéme ovládania



dva operačné zosilňovače tvoria generátor píloveho signálu, ktorý sa porovnáva s napätím od potenciometra cez ďalší operačný zosilňovač v úlohe komparátora



Výhodou hybridného pohonu je rekuperácia. V súvislosti s tým treba v praxi riešiť elektrifikáciu tratí a nahradiť naftový pohon napríklad elektrickým plus efektom brzdovej rekuperácie energie. Jedným z príkladov rekuperácie je proces premeny časti kinetickej energie pohonu dopravného prostriedku naspäť na využiteľnú energiu pri brzdení. Pri elektrodynamickom brzdení sa táto energia buď ukladá do akumulátorov priamo v lokomotive alebo sa vracia do napájacej sústavy - na rozdiel od elektrodynamického brzdenia bez rekuperácie, kedy sa získaná energia premieňa na teplo v odporníkoch.

Výhodou rekuperácie je úspora energie a zníženie strát, pretože energia spotrebovaná na uvedenie elektrického vozidla do pohybu sa čiastočne získava späť. Úspora sa prejavuje v mestskej a prímestskej doprave, alebo pri posune na železnici, kedy dochádza často k

zastaveniu a rozbehu vozidla a okrem toho je jednoduché získanú energiu okamžite využiť. Rekuperácia sa používa hlavne pri koľajových vozidlách s elektrickou trakciou, ako napríklad električky, metro, elektrické jednotky a elektrické lokomotívy, ale je možné sa s ňou stretnúť aj pri cestných vozidlách alebo v elektromobiloch a automobiloch s hybridným pohonom.

Problémom je potreba získanú energiu uložiť alebo okamžite spracovať ďalej. Pri rekuperácii je z prevádzkového hľadiska najjednoduchšie energiu uložiť do akumulátorov a potom ju použiť napríklad pri opätovnom rozbehu. Toto riešenie je možné pri elektrických vozidlách s akumulátorom, čím sa však výrazne zvyšuje hmotnosť vozidla a majú obmedzenú kapacitu.

Pri vozidlách napájaných z trakčnej siete je energia rekuperovaná naspäť do trakčnej siete. To vyžaduje, aby bol v danom napájacom obvode prítomný iný dopravný prostriedok, ktorý túto energiu spotrebuje.

Pri striedavých motoroch je ako akčný člen použitý striedač, ktorý energiu vznikajúcu pri decelerácii pomerne jednoducho rekuperuje do akumulátorov alebo do jednosmernej sústavy trolejového napájania.

Pri jednosmerných motoroch umožňuje rekuperáciu energie do jednosmernej sústavy buď riadený tyristorový „invertorový“ usmerňovač alebo tranzistorový usmerňovač v „H“ zapojení.

Pri elektrických pohonoch napájaných z 3 fázovej elektrickej rozvodnej siete je možné energiu vracať do rozvodnej siete prostredníctvom rekuperačných meničov frekvencie. Štandardný menič frekvencie má na vstupe diódový neriadený usmerňovač, rekuperačný menič frekvencie má na vstupe riadený usmerňovač s aktívnym filtrom vyšších harmonických prúdov. Riadený usmerňovač obsahuje IGBT tranzistory, ktoré sú riadené na základe špeciálnych algoritmov a umožňujú chod energie obidvomi smermi.

K najvýhodnejšiemu využitiu patria prevádzky, kde v priebehu činnosti pohonu dochádza k pomerne častému a energeticky výraznému generátorickému chodu pohonu. Je to napríklad u nás v Tatrách pri častej zmene terénu. Oproti štandardnému meniču, ktorý energiu vzniknutú pri generátorickom chode mení na teplo v pripojenom odporníku, rekuperačný frekvenčný menič sa správa neporovnateľne ekonomickejšie.

I v prípade, že je rušeň vybavený rekuperačnou brzdou, je na rušni nutná i nevhodná elektrodynamická brzda, ktorá zaisťuje brzdenie v prípade, kedy zberač prúdu stratil kontakt s trolejom, alebo keď trakčné vedenie nie je schopné prijať rekuperovaný výkon. Zavedením rekuperácie je možné využiť kinetickú energiu, ktorá sa ináč míňa v brzdových odporníkoch. Premenená kinetická energia sa pri brzdení vracia do siete.

Premena elektrickej energie v strojoch a v meničoch vrátane vedení sa deje so stratami, preto sú reálne úspory zatiaľ malé. Rekuperácia má najväčší význam pri sklonovo náročných tratiach. V každom prípade však elektrické brzdenie, ako rekuperačné tak elektrodynamické, má pozitívny vplyv na životnosť mechanických brzd.

Rekuperácia je proces premeny časti kinetickej energie dopravného prostriedku naspäť na využiteľnú energiu pri brzdení. Táto energia by bola inak stratená vo forme tepla.

Výhody sa uplatnia pri bežných osobných, ale hlavne nákladných vlakoch, ktoré majú hmotnosť rádovo tisíce ton a pri ich brzdení je možné získať relatívne najviac energie späť.

Elektrodynamicky sú brzdené iba hnané nápravy spojené s trakčným elektromotorom, napríklad lokomotívy. Takto sú brzdené aj mnohé piestové motorové lokomotívy na fosílné palivá s elektrodynamickým prenosom výkonu, energia však nie je vracaná do siete, ale je likvidovaná v tepelných odporníkoch na streche lokomotívy.

Na tratiach ŽSR nebola v minulosti rekuperácia dovolená.

V časti Dopravcovia/Infraštruktúra/Podmienky používania železničnej siete pre GVD 2021/2022 sú zverejnené "Podmienky používania železničnej siete pre GVD 2021/2022" s prílohami. V nich sme našli: Informáciu k zavedeniu skúšobnej prevádzky rekuperácie elektrických HKV na striedavej trakčnej sieti 25 kV, 50 Hz. Dali sme ju do prílohy č.3

Problémom je nutnosť získanú energiu uložiť alebo okamžite spracovať ďalej. Z prevádzkového hľadiska je najjednoduchšie energiu uložiť do akumulátorov a potom ju použiť napríklad pri opätovnom rozbehu, toto riešenie však vyžaduje akumulátorové batérie, ktoré výrazne zvyšujú hmotnosť vozidla a majú obmedzenú kapacitu. Ďalším riešením je energiu vrátiť späť do trakčnej siete prostredníctvom trolejového vedenia alebo prostredníctvom napájacej koľajnice. V danom napájacom obvode však musí byť prítomný iný dopravný prostriedok, ktorý túto energiu spotrebuje, alebo aby trakčná sieť bola schopná energiu akumulovať, napríklad pomocou akumulátorovej batérie alebo pomocou zotrvačníka. V určitých prípadoch sa táto energia vracia do elektrickej rozvodnej siete prostredníctvom polovodičových meničov, avšak iba v prípade, že je to ekonomicky výhodné.

Rekuperácia je spôsob znižovania alebo udržiavania rýchlosti vlakov premenou pohybovej energie na elektrickú energiu. Táto energia potom môže byť vrátená do trakčnej a energetickej siete alebo uskladnená v batériách vo vlakoch alebo na napájacích stanicích. Rekuperácia nesmie byť zamieňaná s dynamickým brzdením, kedy sa elektrina mení na teplo a tak je menej energeticky účinná. Využíva to, že motor môže pracovať aj v generátorovom režime počas brzdenia, a tak dodávať elektrický prúd. Pre jednosmernú trakciu je potrebné riadiť napätia pri rekuperácii, na striedavej trakcii okrem napätia aj frekvenciu a to sa deje s využitím výkonovej elektroniky. V praxi môže dôjsť až k 30 % úspore trakčnej spotreby vlakov.

Využitie rekuperácie je teda možné pri brzdení, znižovaní rýchlosti alebo udržiavaní rýchlosti na spáde. Rekuperovaná energia môže byť využitá inými vlakmi, ktoré sú v napájanom úseku, spotrebičmi napájanými z trakčnej siete alebo prenesená do nadradenej energetickej sústavy. Na jednosmernej trakcii by však museli byť namiesto usmerňovačov invertory, aby elektrina mohla byť prenesená do striedavého systému.

Uvedený spôsob brzdenia znižuje produkciu emisií CO₂, znižuje náklady na brzdové klátiky a s tým súvisiace vedľajšie náklady.

Umožnenie rekuperácie je jednou z podmienok TSI pre subsystém Energia pre interoperabilné trate konvenčného a vysokorýchlostného systému.

6 Diskusia

V súčasnosti ŽSR spravujú 3 623 kilometrov (km) tratí, t. j. 6 881 km koľají normálneho, širokého a úzkeho rozchodu tratí a 1 923 km tratí so zabezpečovacím zariadením rôznych kategórií. ŽSR prevádzkujú celkovo 1537 km elektrifikovaných tratí. Ďalej majú v správe 8 767 výhybiek, 76 tunelov s dĺžkou 43,375 km, 2 283 mostov s dĺžkou 46,762 km a 2 333 železničných priecestí, z toho 1 160 zabezpečených. Portfólio objektov, ktoré ŽSR spravujú, tvorí aj 3 776 budov.

Železničné koľajové vozidlá je možné rozdeliť do dvoch skupín.

Prvou sú vozne **ťahané**, ktoré nie sú schopné aktívne vyvodzovať hnaciu silu, ktoré sa ďalej delia na osobné a nákladné.

Druhou skupinou sú vozidlá **hnacie**, ktoré sú schopné vyvodzovať hnaciu silu. Tie sa delia do rôznych skupín.

Podľa prívodu energie na:

Vozidlá závislej trakcie. Energia (elektrická) je privádzaná z pevných trakčných zariadení, buď cez trolejové vedenie umiestnené nad koľajou, alebo prostredníctvom napájacej koľajnice. Do tejto kategórie patria najvýkonnejšie elektrické rušne.

Vozidlá nezávislej trakcie. Priamo na vozidle je umiestnený zásobník energie.

Podľa spôsobu trakcie na:

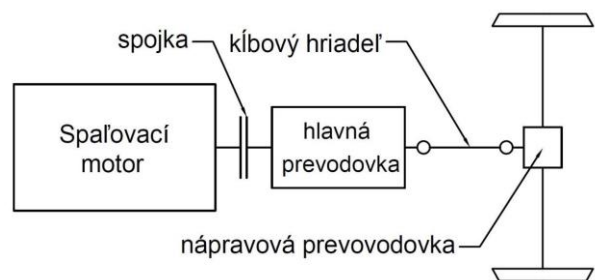
Parné vozidlá. Historické riešenie. Parný stroj poháňa dvojkolesia.

Elektrické vozidlá. Elektromotor bezprostredne poháňa dvojkolesia. (akumulátorové vozidlá alebo vozidlá závislej trakcie).

Motorové vozidlá. Vybavené spaľovacím motorom, ktorý je zdrojom energie pre pohon dvojkolesia. Hnací agregát zaberá časť priestoru skrine vozidla, alebo je uložený pod podlahou. Motorové vozne nachádzajú uplatnenie hlavne na tratiach s menším prepravným výkonom, ktoré sa neoplatí elektrifikovať. Motorový vozeň je schopný ťahať ďalšie prípojné vozne.

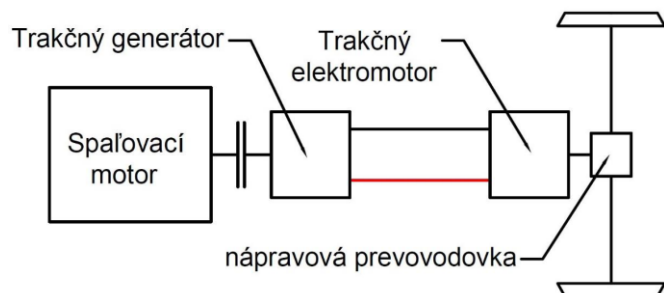
Mechanický prenos výkonu

Je to najstarší typ prenosu výkonu. Mechanická energia sa nepremieňa na inú formu, ale ide o jej priamy prenos na hnaciu nápravu.



Elektrický prenos výkonu

Spaľovací motor poháňa trakčný generátor, v ktorom dochádza k premene mechanickej energie na energiu elektrickú. Tá p putuje ku trakčným elektromotorom, ktoré ju prevedú späť na energiu mechanicú. Mechanická energia cez nápravové prevodovky poháňa kolesá hnacej nápravy.



Podľa prúdového systému použitých elektrických strojov delíme elektrické prenosy výkonu na
jednosmerný prenos výkonu
zmiešaný prenos výkonu
striedavý prenos výkonu

Jednosmerný prenos využíva ako generátor trakčné dynamo, ktoré indukuje jednosmerný prúd. Tým je napájaný trakčný elektromotor, alebo viaceré elektromotory. Využitie tohto prenosu je pre hnacie vozidlá s nižším výkonom (do 200 kW na nápravu), keďže pre vyššie výkony výrazne stúpa veľkosť dynamo. Jedná sa o najstarší typ elektrického prenosu výkonu, ktorý dnes už nie je využívaný.

Zmiešaný prenos výkonu privádza k trakčným elektromotorom taktiež jednosmerný prúd. Rozdiel oproti jednosmernému prenosu je v tom, že spaľovací motor poháňa trakčný alternátor, ktorý indukuje striedavý prúd. Tento indukovaný prúd je usmernený v usmerňovači na jednosmerný prúd a ďalej privedený k trakčným elektromotorom. Použitie alternátora umožňuje zvýšiť výkon hnačieho vozidla, pretože rovnako veľký alternátor má vyšší využiteľný výkon ako trakčné dynamo.

Najmodernejšou technológiou je striedavý prenos výkonu. Ako generátor je použitý viacfázový alternátor, ktorý vyrába striedavý prúd. Prúd je vo frekvenčnom meniči upravený na požadovaný kmitočet a dodávaný k trakčným trojfázovým asynchrónnym elektromotorom. Medzi hlavné výhody elektrického prenosu výkonu patrí mäkká otáčková charakteristika jednosmerného elektromotora, ktorá sa približuje ideálnej trakčnej hyperbole (spojitý priebeh, pri rozjazde sa dosahuje vysokého krútiaceho momentu).

Zmenu smeru jazdy vozidla je možné robiť zmenou zmyslu otáčania elektromotora. Netreba použiť reverzačnú prevodovku. Na jednosmernom elektromotore sa to robí prehodením prívodu k budiacemu vinutiu alebo prívodu ku kotve motora. Rozvod elektrickej energie je jednoduchý oproti nutnosti použitia hriadel'ov a prevodoviek pri prenose mechanickej energie.

Výhodou je možnosť rekuperačného brzdienia, kde elektromotor pracuje v generátorovom režime a premieňa kinetickú energiu pri brzdení na opäť využiteľnú energiu elektrickú.

K nevýhodám patrí nižšia účinnosť, relatívne vysoká hmotnosť elektrických motorov a náročnejšia údržba.

Hydraulický prenos výkonu

Tento prenos výkonu transformuje výstupnú mechanickú energiu spaľovacieho motora na energiu kvapaliny a naspäť na energiu mechanickú pre pohon nápravových prevodoviek. Podľa druhu energie kvapaliny rozlišujeme hydrostatický a hydrodynamický prenos výkonu.

Hydrodynamický prenos výkonu premieňa mechanickú energiu od spaľovacieho motora na kinetickú (pohybovú) energiu kvapaliny a späť na mechanickú energiu pre pohon nápravovej prevodovky. Hydrodynamický prenos umožňuje prenášať väčšie výkony ako prenos mechanický. Využíva sa v ťažších lokomotívach s pohonom viacerých dvojkolies, výkonovo 200kW÷2MW. Spaľovací motor poháňa hriadel' odstredivého čerpadla. Kvapalina je nasávaná čerpadlom z nádrže, kde získa kinetickú energiu pri nízkom tlaku ale vysokej rýchlosti. Kvapalina odovzdá túto energiu v turbíne a vracia sa späť do nádrže. Cyklus sa

opakuje. Ako hydrodynamické zariadenie sa využíva hydrodynamická spojka, menič alebo kombinácia týchto zariadení.

Pri **hydrostatickom prenose výkonu** premieňa hydrogenerátor mechanickú energiu od spaľovacieho motora na tlakovú energiu kvapaliny. Natlakovaná kvapalina je vedená sústavou trubiek a hadíc k hydromotoru (alebo hydromotorom), kde je jej energia premenená naspäť na mechanickú energiu. Výstupný hriadel hydromotora je spojený s nápravovou prevodovkou, cez ktorú sú poháňané kolesá. Po odovzdaní energie prúdi kvapalina naspäť do hydrogenerátora a takto sa cyklus opakuje.

7 Závery práce

Železničná doprava so závislou elektrickou trakciou je zatiaľ najekologickejším a najúspornejším druhom veľkokapacitnej dopravy či už osôb alebo nákladu vzhľadom k nízkym jazdným odporom a využitiu spotreby elektrickej energie, ktorá môže byť modernými koľajovými vozidlami do siete aj spätne rekuperovaná.

Železničné vozidlá tak ako ich poznáme už desaťročia využívajú dva koncepty pohonu resp. energetického napájania, a to závislú alebo nezávislú trakciu.

Pod **závislou** rozumieme elektrickú trakciu, ktorá využíva pevné trakčné zariadenia. Samostatné vozidlo bez napätia z trakčného vedenia nie je schopné pohybu. Takéto vozidlo má voči svojmu okoliu lokálne nulové exhaláty a dokáže mať vysokú energetickú účinnosť dosahujúcu približne 80%.

Vozidlá s **nezávislou** trakciou využívajú zväčša spaľovacie motory na fosílnu palivú (naftu). Spaľovacie motory majú nízku účinnosť, približne 2/3 energie sa menia na stratové teplo a pri spaľovaní sa dostávajú do ovzdušia škodlivé nechcené exhaláty. K nezávislej trakcii patria aj motory na zemný plyn, no v železničnej prevádzke sa takmer nevyužívajú, pretože ich účinnosť je ešte nižšia.

Porovnaním prevádzkových nákladov a ekológie týchto dvoch traktív vybrali by sme si určite efektívnu závislú elektrickú dopravu.

Vzhľadom na vysoké náklady počiatocnej investície do elektrifikácie trati je však ekonomická návratnosť nepriaznivá pre trate s nízkou intenzitou železničnej dopravy. Teda tu treba využiť dostupnosť výkonných akumulátorov, ktoré dokážu uložiť trakčnú energiu a majú slušnú životnosť a dostatočný výkon. Pre použitie napr. v osobnej železničnej doprave má veľký význam aj rýchlosť nabíjania akumulátora a možnosť ho niekoľkokrát denne nabíjať a vybíjať.

Tieto akumulátory môžu slúžiť aj ako alternatívny pohon elektrického vozidla, ktoré by bolo polozávislé od napájacej sústavy.

Tretím druhom pohonu je tzv. alternatívny pohon, ktorý využíva elektrický pohon a možnosť mať zásobník energie na určitý výkon so sebou bez nutnosti byť neustále pod napájacou sústavou. K prevádzke potrebuje vozidlo možnosť sa nabíjať či už staticky (v staniach) alebo dynamicky (na trati z pevného trakčného zariadenia).

Takýto druh pohonu nazývame **polozávislou elektrickou trakciou**.

Cieľom projektu bolo odpovedať aj na otázku:

Ako skvalitňovať a modernizovať prevádzku na železnici.

Je niekoľko možností :

Tou obvyklou je generálna oprava bez technického a finančného zhodnotenia.

Druhou možnosťou je modernizácia časti alebo celého vozidla.

Treťou možnosťou je obstaranie si nového vozidla.

V súčasnosti sa modernizácia týka najmä elektrických a motorových rušňov s elektrickým prenosom výkonu a elektrických jednotiek. Rušne s hydrodynamickým alebo hydromechanickým prevodom boli u štátneho dopravcu už dávnejšie vyradené a posledné kusy, ktoré prevádzkujú niektorí súkromní dopravcovia, sú už prakticky vozidlami so štatútom vozidiel múzejných, či historických.

Generálna oprava

Je uvedenie vozidla do pôvodného technického stavu opravou alebo výmenou originálnych dielov jednotlivých komponentov vozidla. Opravou sa účtovná hodnota vozidla nezvyšuje, rovnako ani hodnota technická. Zostávajú prakticky všetky technické atribúty dané výrobcom vozidla v čase výroby, takmer sa nemenia predpisy prevádzky a ani spôsob a rozsah údržby. Stálícami v nákladnej doprave na Slovensku sú viac ako polstoročné „Bardotky“ radov 751 a 752, a Ťapky radu 721, ktoré sú aj vyrobeným modelom tohto projektu.

Modernizácia

Je to vlastne náhrada komponentov, ktoré sú už neopraviteľné, či z dôvodu nedostupnosti náhradných dielov alebo ekonomickej neúnosnosti ich ďalšej údržby a prevádzky, komponentmi novými. Môže byť komplexná, kedy sa všetky rozhodujúce komponenty nahradia novými, alebo čiastočná, pri ktorej sú nahradzované len niektoré. Modernizáciou sa zvyšuje účtovná hodnota vozidla v rozsahu modernizácie (materiál plus práca) a primerane sa menia spôsob a podmienky údržby a opráv. Modernizáciou, najmä tou čiastočnou, sa však na druhej strane „konzervujú“ technické riešenia z rokov vývoja a výroby týchto vozidiel vrátane spôsobu (technológie) údržby na dobu ďalších najmenej 20 rokov. Myslíme si, že zatiaľ na Železničiach Slovenska prevláda.

Modernizácie elektrických rušňov

Je zameraná okrem konštrukčných prvkov na zmenu z jednosystémových rušňov na dvojsystémové. Základnou časťou modernizácie je dosadenie zariadenia potrebného pre prevádzku na striedavom systéme 25 kV, 50 Hz, čo je i prakticky spoločná časť rekonštrukcie, no vlastné vyhotovenie je už závislé od technického riešenia a dodávateľa potrebnej elektrickej výzbroje, údržba podvozkov (trakčné motory, brzdové ústrojenstvo) ako u modernizovaných motorových rušňov.

Nové rušne

Sú konštruované a vyrobené na základe najnovších poznatkov techniky. Na pracovisko rušňovodiča a najmä jeho bezpečnosť sú využité ergonomické poznatky. V kabíne je použitá sú moderná zabezpečovacia a oznamovacia technika. Prenos všetkých povelov, nameraných prevádzkových veličín, kontrolných údajov ako aj riadiacich povelov, sa deje cez CAN zbernice po ethernet, ovládanie a riadenie rušňa je realizované prostredníctvom počítačov pri akceptovaní všetkých prevádzkových podmienok.

Vozidlá (motorové i elektrické rušne, elektrické jednotky) sú vybavené novými trakčnými asynchrónnymi motormi, samozrejmosťou je vybavenie všetkých pomocných pohonov rušňov tiež striedavými trojfázovými motormi, motorové zasa modernými spaľovacími motormi, ktoré spĺňajú predpísané emisné limity, prenos výkonu je AC/AC. Moderné rušne sú riešené aj s ohľadom, na čo možno najmenšie nároky na údržbu, s cieľom výrazných úspor pracovnej sily a materiálových nákladov.

8 Zhrnutie

Na neelektrifikovateľných tratiach hľadajú železničné spoločnosti ekologickejšie alternatívy k naftovej trakcii. Batériová technológia Bombardier je jedným z riešení pre elektromobilitu na neelektrifikovaných tratiach, ktorá nahrádza dieselové vlaky vozidlami poháňanými batériami. Batéria neobsahuje emisie a stanovuje štandardy pre inteligentnú mobilitu s vysoko účinným pohonným systémom a vysokým stupňom recyklovateľnosti. Pri prevádzke na batérie nie je potrebná nákladná infraštruktúra. Existujúce neelektrifikované trasy sú dostupné, pričom sa znižuje uhlíková stopa a šetrí životné prostredie. Železničný trh chce perspektívne hybridné rušne, teda malý dieselový motor s batériou alebo malý dieselový motor so zberačom elektrickej energie.

Budúcnosť regionálnych tratí

Bez štandardnej elektrifikácie je to obslužnosť pomocou dvojzdrojových alebo batériových vlakov s vysokým kilometrickým dojazdom bez potreby napájania počas jazdy. Tieto jednotky sú technológiami veľmi podobné elektrickým jednotkám (EMU), ktoré sú navyše doplnené o batérie pre uchovanie elektrickej energie. Trendom v súčasnosti je využitie moderných ľahkých elektrických jednotiek, ktoré poskytujú dostatočný komfort. Sú nízkopodlažné, majú rýchlu akceleráciu, dostatočný výkon a sú obojsmerné. Možnosť pre využitie takýchto BEMU (Elektrická jednotka trolej/akumulátor) je zaistenie prevádzky na takých tratiach kde by plná elektrizácia znamenala neúmerne vysoké investičné alebo prevádzkové náklady.

Za najväčší technický rozdiel oproti bežným motorovým alebo elektrickým jednotkám sú tieto BEMU jednotky oveľa ťažšie a vyznačujú sa vysokou záťažou na nápravy a to približne o 10% vyššou, dôvodom sú ťažké batérie, ktorými vozidlo disponuje a ďalej sú to elektrické súčasti ako transformátor a trakčný menič. Odlahčené verzie BEMU majú potom nižšiu kapacitu batérií, a tým aj menší dojazd.

Maximálna rýchlosť je takmer porovnateľná ako u klasických jednotiek DMU/EMU, prípadne niektoré vozidlá majú pri využití batérií zníženú rýchlosť na (100-140 km/h) oproti bežnej rýchlosti pri jazde na elektrickú energiu dodávanú z troleja na elektrifikovaných úsekoch (140-160 km/h).

Akcelerácia je taktiež rozdielna v dvoch režimoch napájania. V čisto elektrickom režime dosahujú tieto jednotky zrýchlenia približne 1,0 až 1,5 m/s² zatiaľ čo v režime na batérie je to o približne o 20 až 30% nižšie zrýchlenie.

V porovnaní s DMU majú všetky tieto jednotky k dispozícii účinnú a efektívnu rekuperáciu, kedy pri brzdení vedia uložiť späť do batérií veľkú časť energie, čo pri vlakoch v regionálnej doprave s častým zastavovaním, dokáže znížiť celkovú spotrebu energie.

Čo sa týka komfortu pre cestujúcich sa príliš takéto BEMU neodlišujú od štandardných vozidiel ale oproti dieslovým jednotkám majú kvôli absencii hlučného spaľovacieho motora oveľa tichší chod.

Kapacita týchto jednotiek sa pohybuje medzi 120 až 240 miestami na sedenie. Nižší počet miest na sedenie by nebol efektívny z pohľadu váhy batérií a hmotnosti vozidla.

Životnosť batérií resp. batériových článkov sa pohybuje pre využitie v BEMU zhruba 8-15 rokov, a je potrebné rátať počas životnosti s poklesom účinnosti skladovania energie v batériách, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 80-90%.

Dojazd vozidiel BEMU na jedno nabitie závisí od kapacity použitých batérií, ktorá sa líši podľa požiadaviek zákazníkov. **Aktuálny dostupný dojazd na jedno nabitie sa pohybuje od 60 do 150 km** (pri ideálnych podmienkach). Do spotreby elektrickej energie vstupuje veľa faktorov, ako výškové a smerové vedenie trati, poveternostné podmienky, či sa jedná o vlak s častým zastavovaním alebo o vlaky vyššej kategórie s menej nácestnými zastávkami. Dojazd vozidiel taktiež môže ovplyvniť zapnutá klimatizácia/kúrenie a osvetlenie priestoru pre cestujúcich.

Pri určitých mimoriadnostiach majú tieto BEMU jednu nevýhodu, a to možnosť pri napájaní z batérií sa úplne vybiť na izolovanom úseku bez elektrifikácie a potom už nie sú schopné ďalšej prevádzky. Museli by byť stiahnuté z trati pomocou ďalšieho vozidla.

V pláne obnovy SR sú vytypované najmä tieto úlohy :

elektrifikácia železničných tratí, znižovanie bezpečnostných rizík v železničnej doprave (napríklad odstraňovanie úrovňových križovaní s cestnou infraštruktúrou, modernizácia železničných priecestí), výstavba a modernizácia prestupných terminálov železničnej osobnej dopravy a ich napojenie na cestnú sieť, výstavba nových železničných zastávok, zavádzanie štandardov tratí a staníc, optimalizácia grafikonu vlakovej dopravy, vybudovanie a modernizácia technickej základne na opravu a údržbu vozového parku železničnej osobnej dopravy, modernizácia železničnej infraštruktúry v súvislosti so zabezpečením efektívneho colného konania a implementácia systémov ETCS a GSM-R, TSI TAF/TAP.

Tieto ciele však už budeme realizovať aj my v praxi po maturite..

9 Zoznam použitej literatúry

www.zeleznicne.info

www.zsr.sk

www.vlaky.net

www.wonsch.sk

www.atlaslokomotiv.net

vlastné pozorovania, údržba, práce a merania na lokomotívach

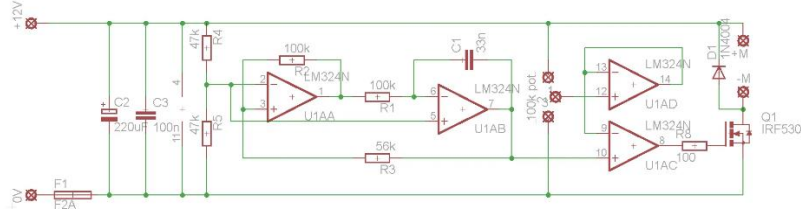
Plán obnovy: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR

Bibiána BUKOVÁ, Eva BRUMERČÍKOVÁ Ekologický pohon hybridnej dopravy

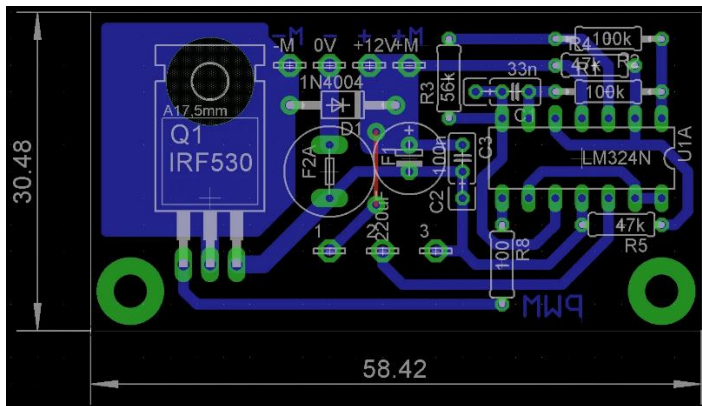
10 Prílohy

Príloha č.1 Výsledky praktickej časti projektu

Schéma zapojenia:



Doska plošného spoja:

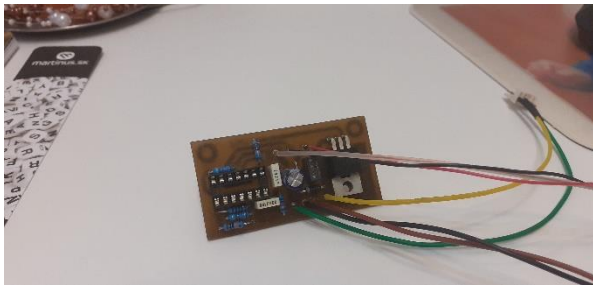
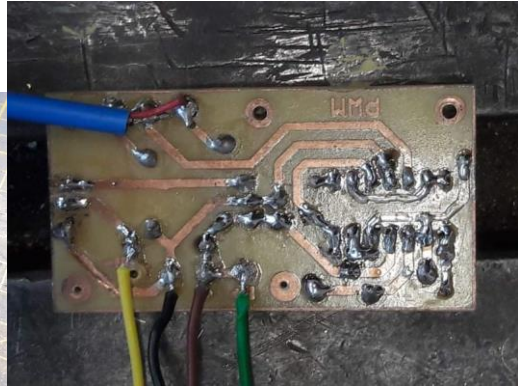
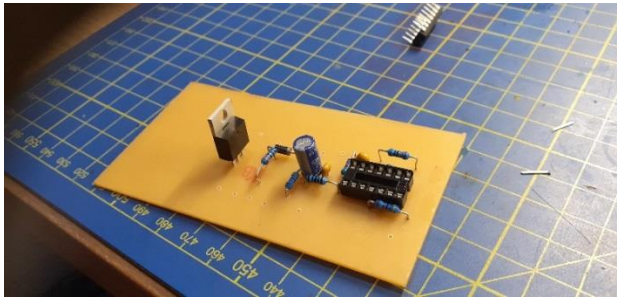


Uloženie motora v podvozku



Výmena plošného spoja a úpravy na plošnom spoji po skrate a zahorení

Na prvom obrázku je možné vidieť originálny plošný spoj, ktorý bol zapojený v modeli, Lenže kvôli chybe pri manipulácii s modelom, vyskratovaniu obvodu, sme daný plošný spoj poškodili a tak pri tvorbe druhého plošného spoja sme do obvodu dali poistky aby sa nám táto situácia nezopakovala



Fotografie z výroby a konstrukce modelu





Výsledný model

Príloha č.2

Parametre rušňa, podľa ktorého bol model vyrobený rad 721 (do roku 1988 T 458.1)

Je to dieselová lokomotíva s elektrickým prenosom výkonu určená pre posun a ľahšiu traťovú službu. Vyrábaná bola v rokoch 1962 - 1972 .Je odvodená od radu ČME2 určená pre export do ZSSR, koncepcia vychádza z radu T 435.0 (neskôr označená radom 720). Podobne ako starší rad 720, aj tieto lokomotívy sú najčastejšie prezývané *Hektor* (pre odlišenie i s prídomkom *velký*), menej obyčajne aj *buchar kladivo* či na slovenskom trhu *Ľapka*

- Hnací agregát (typ 6 S 310 DR) zodpovedá pôvodnému radu T 435.0, aj výkon je zhodný.
- Stroj má dlhší rám (dĺžka cez nárazníky je 13,28 m, celkový rázvor 9,1 rázvor náprav v podvozku 2,4 m), kývačkové podvozky s plochou batohom novej konštrukcie (prvýkrát odskúšané na stroji T 435.087; u prvých strojov na široký rozchod boli ešte použité staršie pensylvánske) a väčšiu palivovú nádrž (4000 l). Prevodový pomer trakčných elektromotorov (TM) na nápravách bol zmenený a zmenil sa aj priemer kolies (z 1000 na 1050 mm, zhodný so strojmi pre sovietskeho zákazníka).
- Max. rýchlosť vzrástla na 80 km /h, úpravy trakčných motorov typu TE 004 priniesli zvýšenie trvalej ťažnej sily na 12 t (séria 720 - 10,4 t). Kompresor K 2 lok-1 dáva 160 m³ vzduchu / hod. Hmotnosť lokomotívy je 74 t a nápravový tlak sa zvýšil na 18,5 t.
- V kabíne je len jeden riadiaci pult - na pravej strane (jazda kapotou vpred). Pre zníženie nadmernej hlučnosti bol dosadený nový a účinnejší tlmič výfuku.

Príloha č.3

Od 01.09.2017 do odvolania, je na vybraných úsekoch povolená skúšobná prevádzka rekuperácie na striedavej trakčnej sieti 25 kV, 50 Hz za podmienok:

1. Úseky tratí s rekuperáciou dovoľenou/zakázanou musia byť označené v zmysle predpisu ŽSR Z1 návestidlami pre elektrickú prevádzku.
2. Počas skúšobnej prevádzky je povolenie rekuperácie podmienené splnením týchto podmienok:
 - a) elektrické HKV musí byť vybavené zariadením schopným zisťovať hodnotu napätia v TV,
 - b) najväčšie napätie na zberači rekuperujúceho HKV nesmie prekročiť hodnotu 29 kV,
 - c) maximálny rekuperačný prúd vlaku nesmie prekročiť 300 A,
 - d) v prípade straty a znovuoobnovenia napätia v trolejovom vedení, môže rušňovodič opätovne použiť rekuperáciu až po 5 minútach,
 - e) rušňovodičovi môže byť rekuperácia operatívne zakázaná dispečerským aparátom v súlade s predpisom ŽSR Z1.