



ACTUATE

Pokročilý výcvik a výuka
bezpečné a hospodárné
jízdy vozidel na elektrický
pohon:

TROLEJBUS



Spolufinancováno programem
Intelligent Energy Europe Evropské unie.

actuate



Informace

Návrh a redakční štáb:

Ing. (DI) Christian Osterer, Ing. Markus Perberschlager, Richard Moltinger

Fotografie:

Ing. (DI) Christian Osterer, Archiv: Salzburg AG

Design:

Reklamní agentura INTOUCH, s podporou DECASA creative studio

Stav:

Červenec 2014

Tiskové chyby vyhrazeny.

Kontakty:

Rupprecht Consult - Forschung & Beratung GmbH

Dr. Wolfgang Backhaus

Clever Straße 13-15

50668 Cologne, Germany

Tel.: +49 / 221 / 606055-19

Mail: w.backhaus@rupprecht-consult.eu

Web: www.rupprecht-consult.eu

Salzburg AG

for energy, transport and telecommunication

SALZBURGER Lokalbahnen

Plainstraße 70

A-5020 Salzburg

Tel.: +43 / 662 / 4480-1500

Mail: salzburger_lokalbahnen@salzburg-ag.at

Web: www.slb.at

Autoři nesou plnou odpovědnost za obsah příručky. Uvedené názory se nemusí nutně slučovat s názory Evropské Unie. EASME ani Evropská Komise nenesou odpovědnost za použití informací, které jsou uvedeny dále.

ACTUATE

- projekt zaměřený na snižování spotřeby elektrické energie optimalizací výkonu řidiče

Výcvikové a výukové programy a obecná tréninková opatření vedoucí k hospodárné jízdě vozidel hromadné dopravy osob poháněných elektrickou energií, byly vyvinuty, testovány a úspěšně použity v rámci struktury projektu ACTUATE, který je spolufinancován Evropskou unií.



Zavedené zásady pokročilé hospodárné jízdy, potenciál úspory energie u vozidel na elektrický pohon jako jsou: tramvaje, hybridní autobusy a trolejbusy, může být dále prohlubován a upravován, čímž je možné zlepšit cenovou efektivitu těchto vozidel a jejich široká nabídka může být více podporována.

Projekt ACTUATE se zaměřuje zejména na řidiče jako na stěžejní prvek hospodárné jízdy. Doprovodné motivační programy také zajistí, aby řidiči používali dlouhodobě to, co se v lekcích pokročilé hospodárné jízdy naučili.

ACTUATE – projekt přizpůsobení chování řidiče ...

- vedoucí k bezpečné a hospodárné jízdě vozidel hromadné dopravy osob na elektrický pohon
- vedoucí k zlepšení cenové efektivity vozidel hromadné dopravy osob s elektrickým pohonem skrze:
- tvorbu a testování výukových programů pro bezpečnou a hospodárnou jízdu
- motivační kampaně pro řidiče tramvají, trolejbusů a hybridních autobusů

Tato školicí příručka byla vypracována pro vozidla typu trolejbus v rámci projektu ACTUATE.

OBSAH

1. Úvod	6
1.1 Úsporná jízda v linkové dopravě	6
1.2 Zdroje energie	7
1.3 Vysvětlivky pojmů	7
1.4 Jízdní odpory	8
1.5 Jízdní stavy	12
2. Systém „trolejbusové“ dopravy	14
2.1 Dodávání energie do sítě	14
2.2 Technický princip trolejbusu	16
2.3 Vozidla se superkapacity	20
3. Úsporná jízda trolejbusem	22
3.1 Základní aspekty	22
3.2 Vliv stylu jízdy	23
3.3 Energeticky úsporné brzdění pomocí elektrodynamické brzdy	25
3.4 Vědomé používání topení, klimatizace a větrání	26
3.5 Rozdíly oproti úsporné jízdě vozidla s dieselovým motorem	26
4. Bezpečnost	28
4.1 Správný postup v případě nehod	28
4.2 Postup v případě technických závad na trolejbusu	29
4.3 Odtah vozu	30
4.4 Postup v případě požáru	30
4.5 Postup v případě odpojení trolejových ramen	30
4.6 Poškození trolejového vedení	31
5. Průběh školicích kurzů	34



1. Úvod

1.1 Úsporná jízda v linkové dopravě

Úsporná jízda znamená řídit energeticky úsporně, bez opotřebení a ekologicky. Pro úspornou jízdu v linkové dopravě lze stanovit tři požadavky:

- **požadavek bezpečnosti**
Požadavku bezpečnosti jsou podřízeny všechny další požadavky.
- **požadavek včasnosti**
Včasnost je v linkové dopravě předpokladem, a znamená ani předčasný, ani pozdější odjezd ze zastávky.
- **požadavek úspornosti**
Úsporná jízda znamená minimalizaci spotřeby energie a šetrné zacházení s vozidlem za dodržení požadavků na bezpečnost a včasnost.

Při jízdě v linkové dopravě má bezpečnost přednost před včasností a včasnost před úsporností. V následujícím textu se předpokládá znalost zákonů, služebních předpisů a pravidel, které je třeba dodržovat pro bezpečnou jízdu v linkové dopravě.

Úsporná jízda rovněž přispívá k ochraně životního prostředí a k absolvování trasy jízdy bez stresu na straně cestujících a řidiče, omezením opotřebení pomáhá dopravnímu podniku snížit náklady na vozidlo a energii.

Výhody pro řidiče	Výhody pro cestující	Ochrana životního prostředí	Podnik
jízda bez stresu	přeprava bez stresu	aktivní přispění k ochraně životního prostředí	snížení nákladů na vozidlo
zajištění pracovního místa úsporou nákladů	plynulost jízdy		snížení nákladů na energii

Tabulka 1: výhody úsporné jízdy

V následujících oddílech jsou zeleně označeny faktory ovlivňující úspornou jízdu, na které má vliv řidič. Faktory, které řidič zpravidla ovlivnit nemůže, jsou označeny červeně.

1.2 Zdroje energie

Z důvodu vysokého stupně účinnosti elektromotorů získává elektrický pohon silničních vozidel stále více na významu. Je podporována nejen veřejná doprava s elektrickým pohonem, ale také vývoj v oblasti osobních automobilů poukazuje na zvýšené využívání alternativních pohonů. Vedle čistě elektrického pohonu, jaký je třeba v trolejbusích, mají stále větší význam hybridní pohony. Silnou stránkou alternativních systémů pohonu s využitím elektrické energie, je možnost rekupe-
race energie z brzdění zpět do trolejového vedení, popř. do mobilních zásobníků energie, jako jsou akumulátory nebo kondenzátory (tzv. supercaps). Kromě toho je výhodou elektrického pohonu již ve využívání primární energie. Spalovací motory jsou poháněny fosilními palivy, jako je benzín, nafta nebo zemní plyn, a vyžadují použití energie již při jejich přepravě ke spotřebiteli i v procesu rafinace k jejich přeměně na zdroj energie (sekundární energie).

Čistou elektrickou energii však lze vyrobit v elektrárně z vodní, solární nebo větrné energie bez emisí, a – odhlédneme-li od malých ztrát ve vedení – lze ji přímo ve vozidle přeměnit na mechanickou práci. Elektrická energie je lokálně vždy bez emisí. Moderní elektromotory mají stupeň účinnosti mezi 90 a 99 procenty, zatímco dieselové motory se při ideálních otáčkách dostanou na maximálně 35 procent.

1.3 Vysvětlivky pojmů

Pro pochopení technických procesů při přeměně sekundární energie na užitečnou energii, t.j. na mechanickou práci sloužící k pohybu vozidla, jsou napřed uvedeny vysvětlivky nejdůležitějších pojmů:

Počet otáček

Počet otáček lze definovat jako podíl počtu otáček součástky a času. Počet otáček například udává, jak často se otočí kliková hřídel spalovacího motoru za minutu. Jednotkou počtu otáček je 1/min.

Točivý moment

Točivý moment (moment rotační síly) je fyzikální veličina, která působí při rotačním pohybu. Točivý moment závisí na působící síle a vzdálenosti mezi středem otáčení a působišťem síly (točivý moment = síla * délka ramena). Jednotkou točivého momentu je jeden newtonmeter (značka: Nm).



Výkon

Pro výkon spalovacího motoru je rozhodující velikost točivého momentu a příslušný počet otáček. Výkon je výsledkem počtu otáček a točivého momentu. U elektromotorů se výkon také vypočítá jako výsledek proudu a napětí (výkon = proud * napětí). Výkon se uvádí ve wattech (u větších motorů také v kilowattech) (značka: W popř. kW).

Výkon pomocných pohonů (PP)

Výkon pomocných pohonů POffset je složka celkového výkonu, která neslouží k napájení pohonu. Slouží k zásobování pomocných agregátů, jako jsou ovládání, kompresor, osvětlení, atd. Výkon PP určuje spotřebu energie, ve fázích klidu a při jízdě setrvačností je téměř nulový, protože v této fázi jsou pomocná zařízení částečně zásobována energií z vlastního buzení motoru. Topný výkon trolejbusů se stanovuje jako rozdíl výkonů PP se zapnutým topením a bez zapnutého topení v klidovém stavu trolejbusu.

1.4 Jízdní odpory

Jízdní odpory trvale působí při pohybu vozidla. Výsledná síla přitom vždy působí ve směru opačném k pohybu a brzdí vozidlo. Hnací síla motoru nutná k překonání jízdních odporů má významný vliv na spotřebu energie. Úsporný provoz užitkových vozidel je možný pouze se znalostí parametrů ovlivňujících jízdní odpory. Z tohoto důvodu se vysvětlením jízdních odporů zabývá následující text.

Odpory a síly při jízdě

Odpor vzduchu

Odpor stoupání

Valivý odpor

Odpor zrychlení

Tabulka 2: jízdní odpory

Valivý odpor

Valivý odpor vzniká valivým pohybem pneumatik po povrchu vozovky. Závisí na hmotnosti vozidla a koeficientu valivého odporu, který zohledňuje vlastnosti dvojice materiálů (pneumatika a stav vozovky) a geometrie pneumatiky.

Při valivém pohybu pneumatiky dochází k její deformaci. Většina deformací je elastická beze ztrát a vrátí se zpět do původního tvaru bez opotřebení pneumatiky. Procesy, u kterých dochází ke ztrátám, jsou deformace bočnic pneumatiky, a podíl kluzného tření při valivém pohybu excentrických částí pneumatiky a při jízdě v zatáčkách, projevují se vznikem tepla a opotřebením pneumatiky.

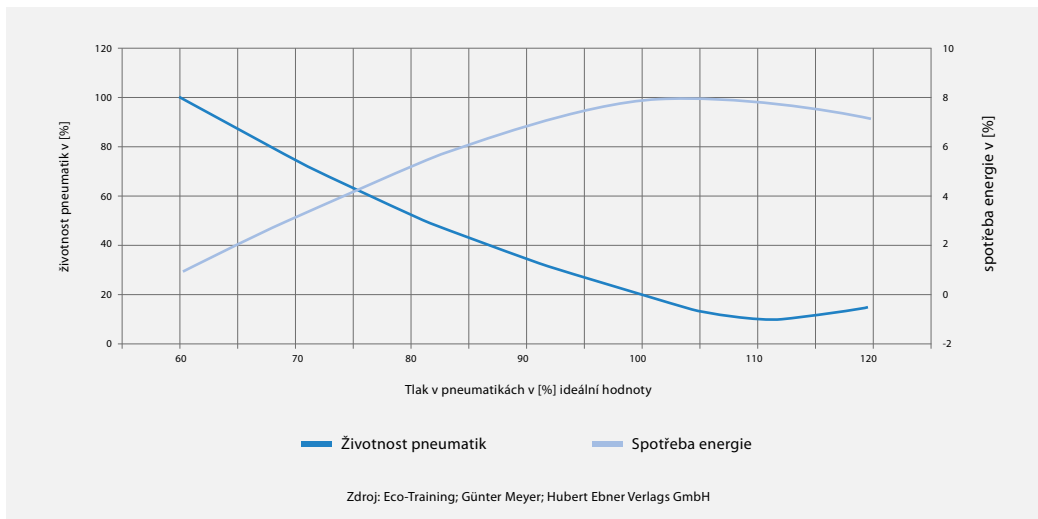


Obrázek 1: vlivy na valivý odpor

Normálová síla uvedená na obrázku 1 odpovídá poměru hmotnosti vozidla působící na jednu pneumatiku.

Přestože vyšší tlak v pneumatikách snižuje valivý odpor snížením deformací bočnic pneumatiky a snížením kontaktní plochy mezi pneumatikou a povrchem vozovky (kluzné tření), má právě proto negativní vlivy na přilnavost pneumatiky k vozovce a tím na jízdní komfort vozidla.

Příliš nízký tlak vzduchu vede k vyšší spotřebě energie v důsledku vyššího valivého odporu způsobeného deformací bočnic. Dále stoupá opotřebení pneumatiky a nebezpečí požáru pneumatiky. Při nahuštění pneumatiky na cca. 85 % ideálního tlaku vzduchu klesá životnost pneumatiky již o 20 %.

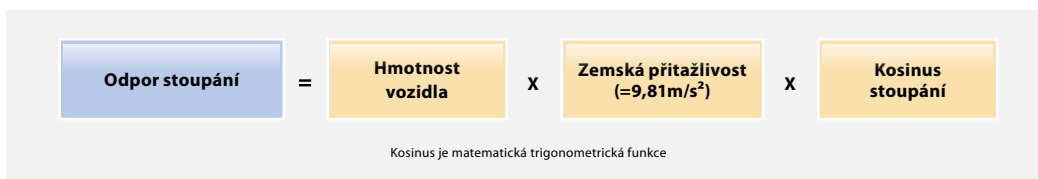


Obrázek 2: životnost pneumatik a spotřeba energie v závislosti na tlaku vzduchu

Hlavní rozdíl mezi letními a zimními pneumatikami v souvislosti s úsporným stylem jízdy je zvýšená spotřeba energie. Zimní pneumatiky mají z důvodu hlubšího vzorku vyšší valivý odpor a způsobují tak až o 10% vyšší spotřebu energie.

Odpor stoupání

Odpor stoupání je síla, která je potřebná k překonání výškového rozdílu při jízdě do svahu. Odpor stoupání se skládá z vlivů znázorněných na obrázku 3.

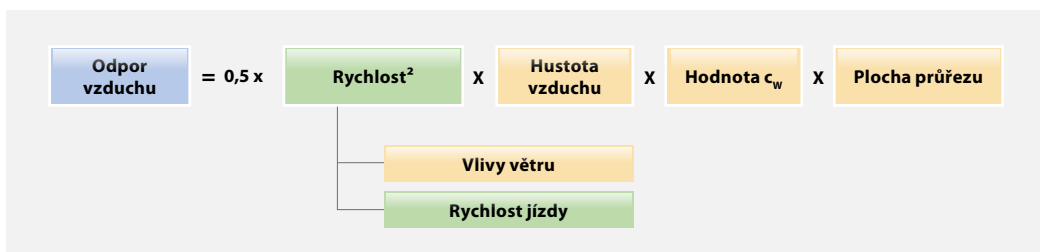


Obrázek 3: vlivy na odpor stoupání

Odpor vzduchu

Síla vynaložená k vytlačení vzduchu se označuje jako odpor vzduchu. Odpor vzduchu je kvadraticky závislý na rychlosti jízdy, což znamená, že zdvojnásobení rychlosti má za následek čtyřnásobný odpor vzduchu.

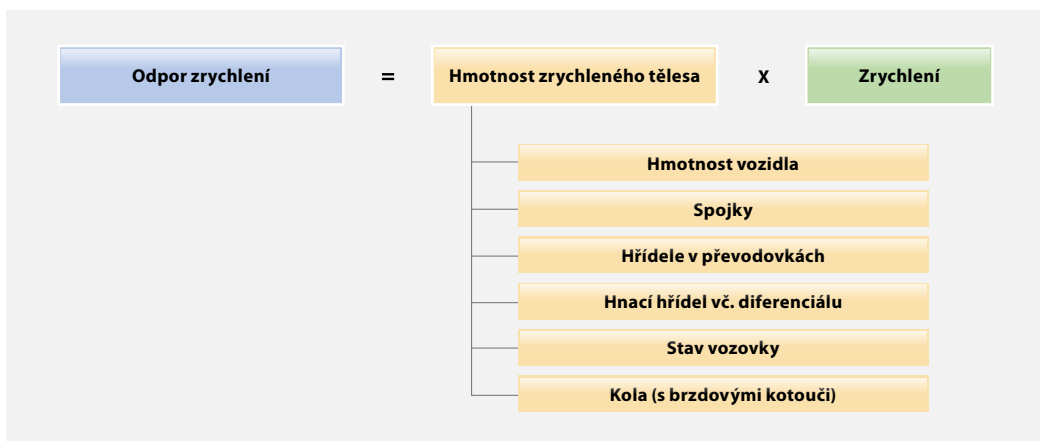
Dalšími ovlivňujícími faktory jsou plocha průřezu vozidla, součinitel odporu vzduchu (aerodynamický tvar) a hustota vzduchu.



Obrázek 4: vlivy na odpor vzduchu

Odpor zrychlení

Odpor zrychlení je způsoben setrvačností vozidla a pohyblivých dílů nainstalovaných ve vozidle. Fyzikální zákon setrvačnosti říká: jestliže na těleso nepůsobí žádné vnější síly nebo výslednice sil je nulová, pak těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. V technologii vozidel to znamená použití energie pro změnu rychlosti. U odporu zrychlení platí následující závislosti:



Obrázek 5: vlivy na odpor zrychlení



Ze souvislostí jednotlivých jízdních odporů tak vyplývá, že pro energeticky úsporný provoz užitkových vozidel jsou rozhodující dva významné faktory:

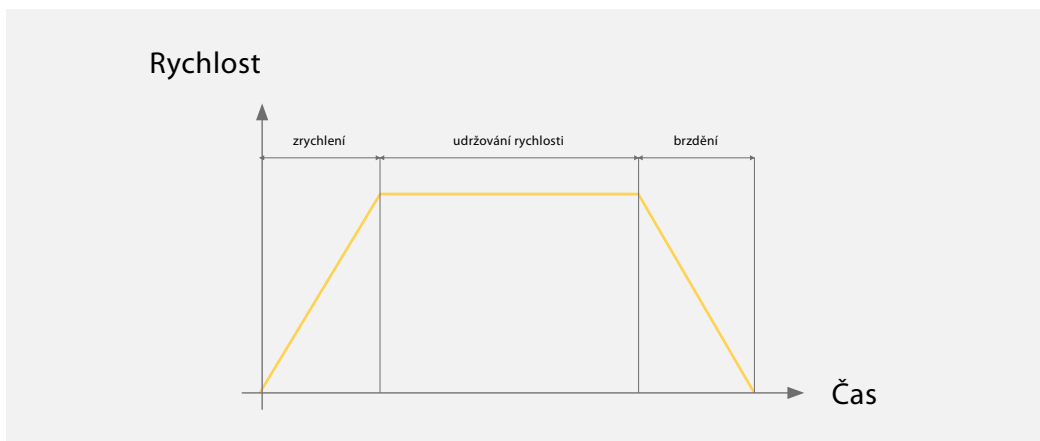
- **před zahájením jízdy**
kontrola stavu vozidla, zejména pneumatik
- **během jízdy**
vědomá volba rychlosti jízdy

1.5 Jízdní stavy

Při pohybu vozidel jsou možné různé jízdní stavy. Znalost jízdních stavů nabývá na velkém významu zejména v linkové dopravě s malými vzdálenostmi mezi zastávkami, protože je tím daná možnost bezprostředního vlivu na spotřebu energie a na tento vliv lze podstatně působit volbou stylu jízdy. Níže jsou popsány čtyři dosažitelné jízdní stavy vozidel:

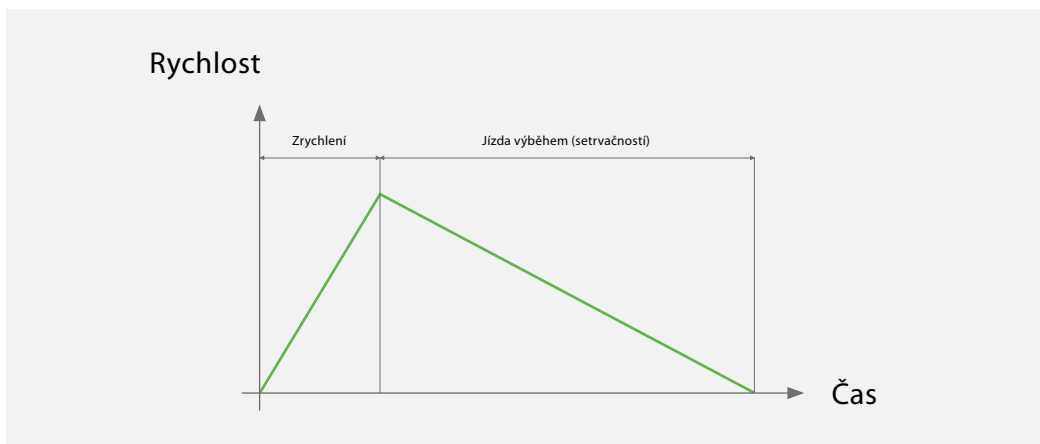
- **zrychlení**
Zrychlení znamená zvýšení rychlosti jízdy působením energie. Hnací síla vozidla musí být přitom větší, než jízdní odpory působící proti směru jízdy.
- **udržování rychlosti**
Udržování rychlosti znamená udržování rychlosti jízdy na konstantní úrovni. Vynaložená energie musí přesně odpovídat jízdním odporům působícím proti směru pohybu. Udržování rychlosti je vhodné při jízdě do kopce, protože každé zvyšování rychlosti znamená podstatné zvýšení odběru energie. Po dosažení optimální rychlosti je vhodné ji udržovat, případně mírně zpomalovat.
- **jízda setrvačností**
Při jízdě setrvačností klesá rychlost jízdy. To je způsobeno jízdními odpory, které působí proti směru pohybu vozidla. Při jízdě setrvačností není vynakládána žádná energie k pohybu vozidla směrem dopředu. Jízda setrvačností je vhodná pro jízdu na rovině a ze svahu.
- **brzdění**
Brzdění znamená snížení rychlosti jízdy. U trolejbusu se k brzdění zpravidla používá elektrodynamická brzda, která umožňuje vrácení části energie zpět do sítě. Při brzdění mechanickou brzdou se celková brzdná energie přemění při tření mezi brzdovým kotoučem a brzdovým obložím na teplo a uvolní se do okolí.

Jízdní stavy lze idealizovaně znázornit formou grafu rychlost – čas. U každého cyklu s udržováním konstantní rychlosti se ukazuje průběh rychlosti ve tvaru lichoběžníku (viz Obrázek 6).



Obrázek 6: idealizovaný cyklus jízdy s udržováním konstantní rychlosti

Obrázek 7 ukazuje idealizovaný cyklus jízdy s maximálním podílem jízdy setrvačností. Protože při jízdě setrvačností se nemusí vynakládat žádná energie k pohybu vozidla, je tento cyklus považován za cyklus s nejnižší spotřebou energie. V grafu rychlosti a času (v-t graf) lze tento cyklus jízdy znázornit jako trojúhelník.



Obrázek 7: idealizovaný cyklus jízdy výběhem s dojetím až do zastavení

Ukazuje se tedy, že energeticky nejúčinnější jsou jízdni cykly s vysokým podílem jízdy setrvačností. Ve skutečnosti připomíná tvar jízdniho cyklu ve většině případů spíše čtyřúhelník, protože je většinou potřeba přibrzdit před další zastávkou. Jízdni stavy udržování konstantní rychlosti a brzdění by se však každém případě měly snížit na minimum.

2. Systém „trolejbusové“ dopravy

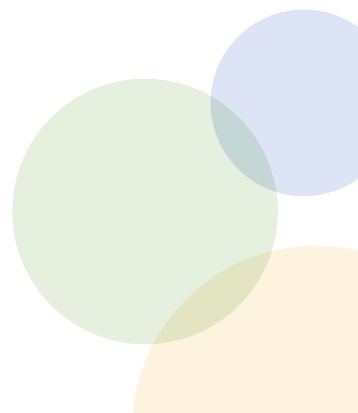
Systém trolejbusové dopravy se vyznačuje téměř bezhlučným provozem bez lokálních emisí. Následující oddíl pojednává o systému včetně jeho charakteristik.

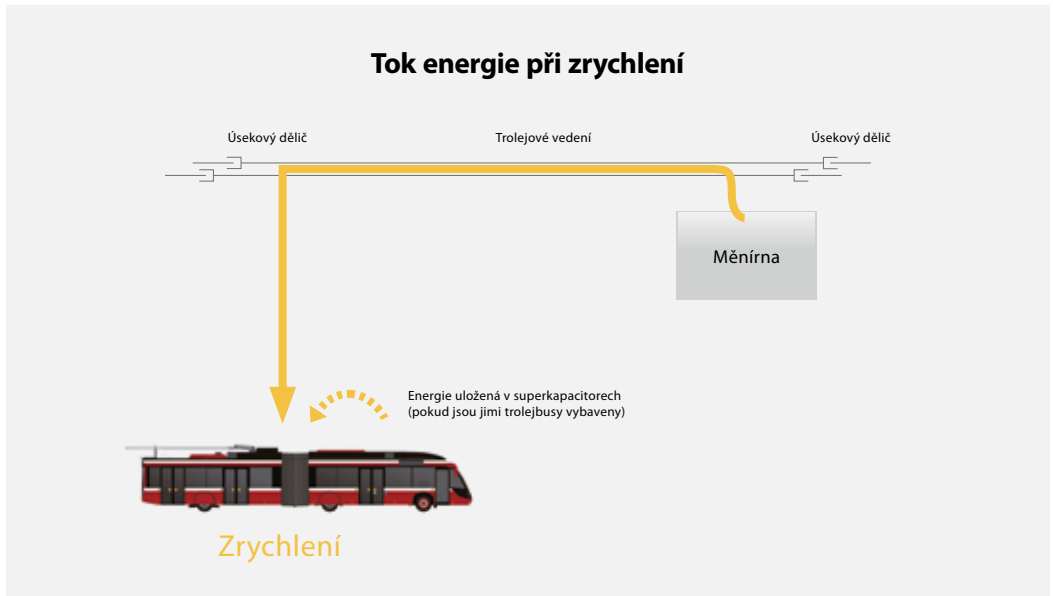
2.1 Dodávání energie do sítě

Dodávání energie potřebné pro pohon vozidla a pohon pomocných zařízení je zajištěno vrchním trolejovým vedením. Proud dodávaný z rozvodné soustavy se v měnících přeměňuje na stejnosměrné napětí, které je dodáváno do trolejové sítě.

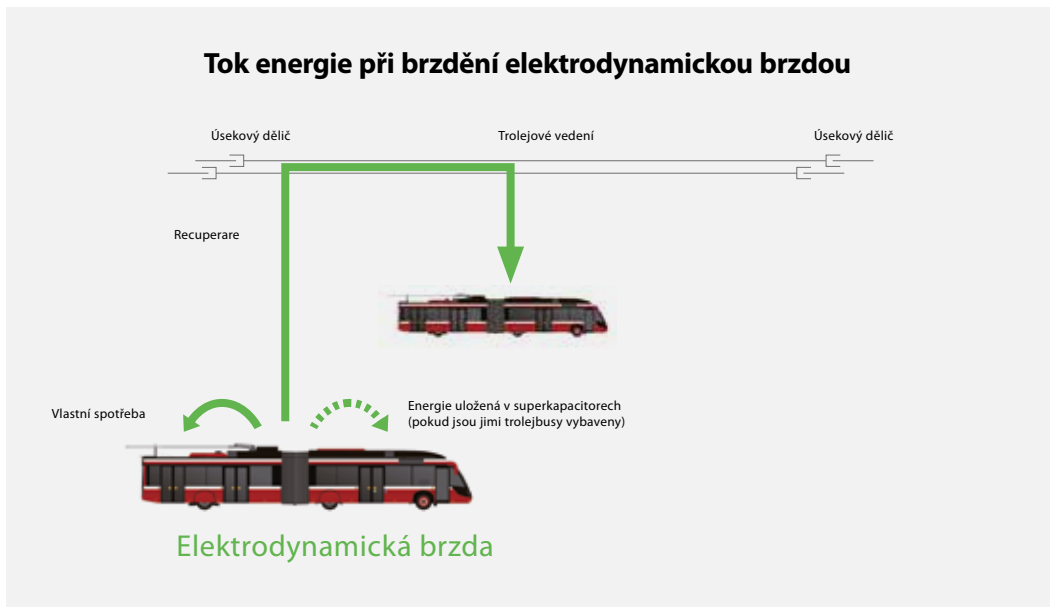
Úseky napájené z různých měníren jsou od sebe odděleny izolovanými úsekovými děliči. Děliče staršího typu fungují na principu jednoduché izolační lišty, proto na těchto místech nelze odebrat proud z trolejového vedení. Moderní děliče jsou provedeny jako diodové, na kterých není přerušeno napájení vozidla proudem. Pro vyloučení omezení komfortu a pro šetrné zacházení s používanou technikou (jak s vozidlem, tak i trolejovým vedením) se také u těchto děličů doporučuje přejíždění pokud možno v běhu.

Trolejové vedení však neslouží pouze k napájení – dodávání energie do trolejbusů, nýbrž dokáže také vracet energii z brzdění zpět do sítě a využít ji tak k napájení jiných vozidel v rámci stejného napájecího úseku. Tento proces se nazývá rekuperační a umožňuje zpětné získání energie z brzdění elektrodynamickou brzdou. Takto zpět získaná energie se nejprve využívá k pokrytí vlastní spotřeby pro pomocná zařízení trolejbusu a přebytečná energie se vrací do trolejového vedení (viz Obrázek 9). Teprve pokud není trolejové vedení schopno energii přijmout, přebytečná energie se v brzdových odporcích na střeše vozidla přeměňuje na teplo a uvolní se do okolí.





Obrázek 8: tok energie při zrychlení

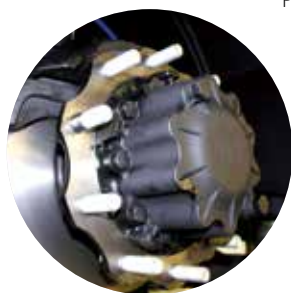


Obrázek 9: tok energie při brzdění elektrodynamickou brzdou s přebytečnou energií

V důsledku spotřeby proudu vede každé zrychlení trolejbusu k poklesu napětí v trolejovém vedení a každé brzdění elektrodynamickou brzdou vede k nárůstu napětí v trolejovém vedení.

Trolejbusy vybavené superkapacity uchovávají část své rekuperované energie uvolněné při brzdění právě v těchto superkapacitorech a následně ji využívají při zrychlení, při rozjezdu nebo při nízkých rychlostech. Tento způsob hospodaření s energií přímo ve voze pomáhá snižovat velikost infrastruktury trolejového vedení, neboť dochází ke snižování vlivů poklesu nebo zvýšení napětí v trolejovém vedení při zrychlování nebo naopak zpomalování vozu.

2.2 Technický princip trolejbusu



Proud z trolejového vedení je odebírán pomocí sběrače proudu a dále veden přes vstupní filtr, přepětovou pojistku a hlavní spínač do elektronických ovládacích systémů (viz obrázek 10). Vstupní filtr se používá k usměrňování proudu, který může odrážet výkyvy napětí způsobené různými externími vlivy.

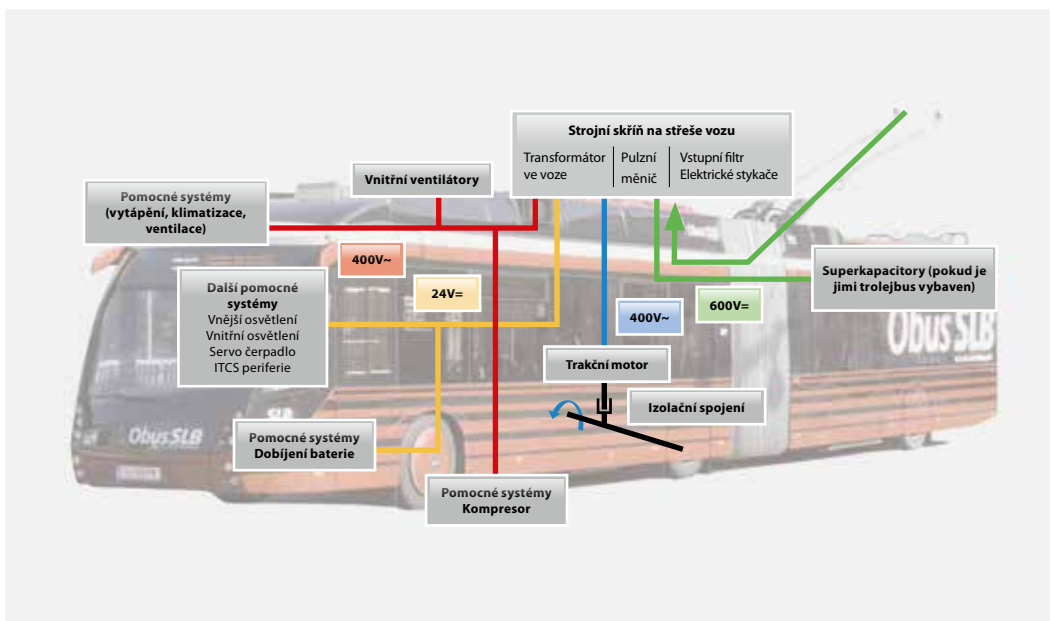
Přepětová pojistka (katodová pojistka proti poklesu napětí) se používá jako ochranný štít umístěný přímo ve voze určený k ochraně před přepětím v trolejovém vedení, jež může být do určité míry natolik vysoké, že by mohlo způsobit poškození některých technických částí trolejbusu. Přepětí může být způsobeno přímým nebo blízkým zásahem blesku, elektromagnetickými impulsy nebo spínacími procesy v hlavním vedení. Hlavní spínač dokáže galvanicky oddělit trolejbus od trolejového vedení.



Jednotlivé napájecí a ovládací elektronické součásti jsou u moderních nízkopodlažních trolejbusů instalovány ve strojních skříních umístěných na střeše trolejbusu. Mezi tyto součásti patří pulzní měnič stejnosměrného proudu (DPI), který zajišťuje napájení trakčních motorů a také statických transformátorů napájecích pomocné elektrické systémy trolejbusu. Obecně bývají vstupní filtry a elektrické stykače umístěny ve strojní skříně na střeše trolejbusu. Strojní skříň umístěná na střeše a propojená na vstupu s trolejovým vedením tvoří kompaktní jednotku na střeše trolejbusu. Pasivní ochrana proti nehodám je zajištěna umístěním skříně mimo oblast nárazníků. U trolejbusů je důležitá dvojité izolace částí, jimiž prochází vysoké napětí, která je integrována do strojní skříně umístěné na střeše.

Pulzní měnič (DPI) používaný k elektrickému ovládání trakčního motoru je napájen přímo z trolejového vedení přes vstupní filtr a generuje bloky napětí o variabilní šířce, které se používají k napájení trakčního motoru.

Prostřednictvím tohoto procesu, který se popisuje jako modulace šířky impulsů, je možno generovat třífázový systém variabilního proudu a frekvence, který dokáže přenášet energii oběma směry. Jako přepínací prvky se používají bipolární tranzistory s izolovaným hradlem (anglicky: Insulated Gate Bipolar Transistor - IGBT), charakteristické vysokou pulzní frekvencí a nízkými ztrátami. Díky této moderní technologii je možné brzdit pomocí elektrodynamické brzdy téměř až do úplného zastavení s využitím odpovídajících ovládacích prvků, takže je možno dosáhnout maximální rekuperace energie.



Obrázek 10: Součásti zajišťující provoz a ovládání trolejbusu

Ze stanoviště řidiče je možné přepínat směr pomocí tlačítek D, N a R; tento systém se však může lišit v závislosti na konkrétním typu vozidla.



Statický transformátor napájí pomocné systémy a zařízení. Ve většině trolejbusů se používá přímé napájení napětím 24 V a napájení třífázovým napětím 400 V. Pohon kompresoru je napájen třífázovým napětím 400 V a dobíjení baterie a další pomocné systémy a zařízení, jako např. vnitřní a venkovní osvětlení, servo čerpadla nebo periferie ITCS, využívají přímé napájení napětím 24 V (viz také obrázek 10). Z důvodu bezpečnosti jsou veškeré výstupy galvanicky dvojité odděleny od napětí z trolejového vedení přímo připojeného ke vstupu.

Přeměna elektrické energie z trolejového vedení na mechanickou kinetickou energii probíhá působením magnetického pole v elektromotorech. Elektromotor funguje jednodušeji a účinněji než spalovací motor. Skládá se z (externího) statoru a (interního) rotoru. Rotor je pohyblivý a je vybaven permanentními magnety, které mají severní a jižní pól. Díky tomu, že trakční motor je ovládán elektricky pomocí pulzního měniče, nepotřebuje trolejbus k přenosu tohoto rotačního pohybu převodovku. Ze stanoviště řidiče je možné přepínat směr pomocí tlačítek D, N a R; tento systém se však může lišit v závislosti na konkrétním typu vozidla.

U moderních trolejbusů se používají asynchronní motory. Při nákupu vozidel je zejména důležitá volba správného počtu pólů, neboť 6pólové motory jsou obvykle dražší, ale 4pólové motory mají vyšší spotřebu energie z důvodu neustálého toku proudu vyžadovaného k určení směru rotace motoru. Obecně však 4pólové motory mívají při stejném výkonu menší průměr.

Trakční motor je napojen na hnací hřídel pomocí izolační spojky s kladnou polaritou, kde je na jedné straně zajištěna elektroizolace pomocí vysokonapěťových prvků a mechanické části motoru a na druhé straně je možno trakční sílu motoru přenášet téměř bez jakýchkoli ztrát.

Přebytečná energie uvolněná při brzdění pomocí elektrodynamické brzdy, která není nutná pro samotné vozidlo a kterou nelze vrátit zpět do trolejového vedení z důvodu nedostatku odběratelů, musí být převedena na teplo v tzv. odporníku elektrické brzdy. Kromě toho odporník elektrické brzdy spolu s trakčním motorem, který funguje jako generátor, splňují příslušné právní požadavky vztahující se na permanentní brzdy. Brzdový odporník je ovládán brzdovým frekvenčním měničem, který je integrován v pulzním měniči. Elektrodynamická brzda je bezúdržbová.

Elektrodynamickou brzdou je možno brzdít až do úplného zastavení vozidla. Trakční motor funguje jako generátor. Díky tomu je jen zřídka nutné použít k brzdění mechanickou brzdou, takže se výrazně snižuje opotřebení brzdových destiček. Zkracuje se tím také doba odstavení vozidla, čímž se zvyšuje jeho připravenost k jízdě.



2.3 Vozidla se superkapacity

Superkapacity neboli superkondenzátory, technicky označované jako elektrické dvouvrstvé kondenzátory, jsou elektrochemické kondenzátory, v nichž je hustota energie několikasetnásobkem hustoty v běžných elektrolytických kondenzátorech. Superkapacity se používají k uchování energie v různých zařízeních, jako jsou např. vozidla, zdravotnická a nízkoeenergetická zařízení, zařízení využívající alternativní zdroje energie, nebo jako doplněk k bateriím. V oblasti veřejné dopravy se tento způsob uchování energie používá u trolejbusů, hybridních autobusů a elektrobuseů a také u lehkých i těžkých kolejových vozidel. Moduly používané v trolejbusích bývají obvykle umístěny na střeše vozu, nicméně jejich umístění může záviset na konkrétním typu vozu.

Superkapacity jsou tvořeny dvěma vrstvami téhož materiálu (obvykle aktivovaného uhlíku), které jsou propojeny elektrodou a odděleny tenkým separátorem. Porézní struktura materiálu umožňuje uložení velkého množství elektrického náboje v malém objemu.

Provozními výhodami trolejbusů vybavených superkapacity jsou velmi vysoký poměr rekuperované energie (až 90 %) během brzdění pomocí elektrodynamické



brzdy a také celková až 25% úspora energie při provozu v závislosti na topografii trasy a na trolejovém vedení. Kromě toho je možno snížit přetížení rozvodu a také riziko vzniku elektrického oblouku mezi trolejovým vedením a sběrači proudu. Zařízení instalovaná přímo ve vozech mají také vyšší spolehlivost.

Aby bylo možno v co nejvyšší míře využít výhod systému superkapacitorů, je nutno tento systém správně dimenzovat s ohledem na parametry trolejbusové sítě, v níž má být daný trolejbus provozován. Vždy existuje určitý počet modulů, který představuje nejefektivnější řešení. Počet modulů, který umožňuje maximální využití výhod tohoto systému, závisí na zatáčkách, svažitosti terénu a také na rychlosti jízdy na každé konkrétní trase trolejbusové linky, neboť více modulů sice znamená vyšší úsporu energie, ale na druhé straně také vyšší spotřebu v důsledku vyšší hmotnosti.



Obrázek 11: Vliv počtu modulů superkapacitorů



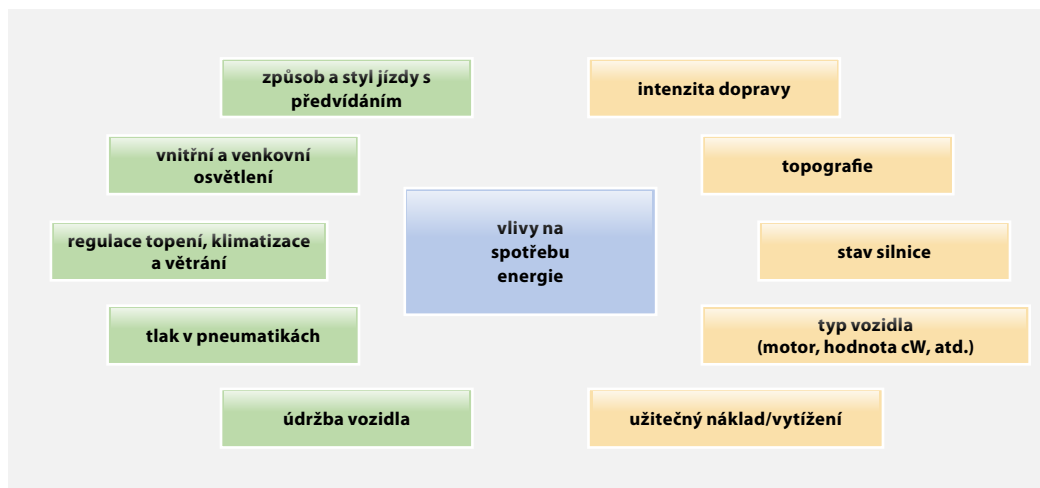
3. Úsporná jízda trolejbusem

3.1 Základní aspekty

Úsporná jízda znamená řídit ekologicky, pokud možno s co nejnížší spotřebou a s co nejnížším opotřebením. V podstatě závisí na následujících aspektech:

- na technickém stupni vývoje trolejbusu
- na stavu vozidla a pravidelné údržbě trolejbusu
- na trase linky, hustotě provozu a zatížení trolejbusu
- na způsobu jízdy daného řidiče, zejména pokud umí předvídat
- na vědomém používání topení, klimatizace a větrání

V linkové dopravě nemůže řidič ovlivnit intenzitu provozu, trasu linky (stav silnice a topografii), zatížení trolejbusu ani typ vozidla (viz Obrázek 12, znázorněno červeně). O to větší význam mají faktory, které řidič ovlivnit může, a to styl jízdy, způsob jízdy s předvídáním a regulace topení, klimatizace a větrání.



Obrázek 12: vlivy na spotřebu energie

Řidič (popř. dílny) dále může vizuálně zkontrolovat tlak v pneumatikách a stav vozidla. Úzká spolupráce s dispečinkem a dílnami při přesném vysvětlení případně vzniklých závad na vozidle je stejně důležitá, jako dodržování návodu k obsluze.

3.2 Vliv stylu jízdy

Úspornost provozu trolejbusů do značné míry závisí na stylu jízdy konkrétního řidiče. Je na řidiči, aby zajistil, že cestující budou přepraveni nejen bezpečně a včas, ale také s efektivním využitím energie.

Během zkušební jízdy se zjišťovaly a testovaly vlivy jízdních podmínek (viz také bod 1.5 výše) na spotřebu energie a napětí v trolejovém vedení. Výsledky měření získané při zkušební jízdě jsou znázorněny na obrázku 14. Oba grafy nahoře znázorňují křivku rychlosti a zrychlení v čase. Dále je pak znázorněna hodnota proudu a jemu odpovídající výkon (kde výkon = napětí x proud, viz bod 1.3 výše).

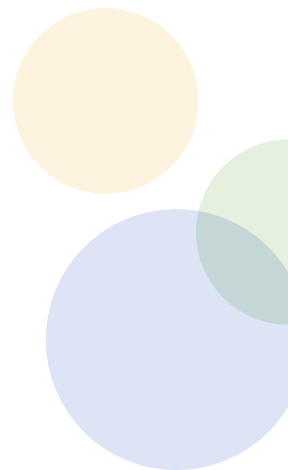


Na základě různých jízdních cyklů při zkušební jízdě bylo konstatováno, že:

- zrychlování by mělo probíhat rychle,
- k udržování konstantní rychlosti by vůbec nemělo docházet,
- jízda setrvačností (s využitím valivého odporu) by se měla při dodržení jízdního řádu využívat co možná nejvíce,
- nemělo by docházet ke zbytečnému brzdění a rekuperace energie by v ideálním případě měla probíhat pouze s využitím elektrodynamických brzd nepodléhajících opotřebení.

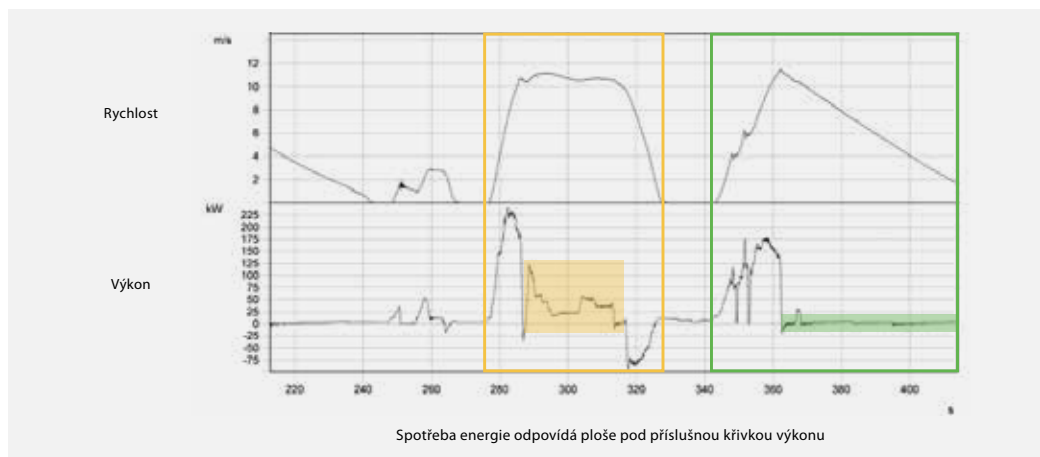
Nemělo by docházet k častému a pouze mírnému zrychlování, neboť při pohybu vozidla dochází k automatickému napájení pomocných zařízení. Každé spuštění trakčního spínače tedy způsobuje zvýšení vyrovnávací energie, což vede ke zvýšení celkové spotřeby energie. Při každém zrychlení by mělo být dosaženo požadované rychlosti při dodržení maximální povolené rychlosti jízdy, aby bylo možno následně dosáhnout dlouhotrvající jízdy setrvačností s využitím valivého odporu.

***Vědomá volba
stylu jízdy a jízda s
předvídáním jsou
základem úspory
energie při provozu.***





Vysoká míra využití valivého odporu při jízdě setrvačností je možná pouze při jízdě s předvídáním a při správném odhadu vzdálenosti od vozidla jedoucího vpředu. Tento způsob jízdy pak nejen vede k úspoře energie, ale také zvyšuje komfort jízdy. Jízdou s předvídáním se rozumí způsob jízdy, kdy nedochází ke zbytečnému zrychlování nebo brzdění. Jízda s předvídáním také umožňuje předcházet zbytečnému rozjíždění (např. při častém popojíždění v dopravní zácpě nebo při přibližování se ke světelné signalizaci prikazující zastavení).



Obrázek 13: Skutečné jízdní podmínky při udržování konstantní rychlosti (žlutá) a při jízdě setrvačností (zelená)

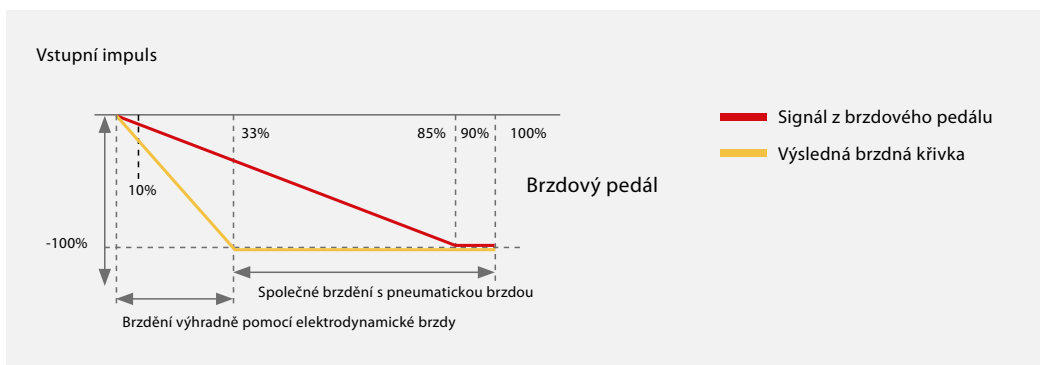
Aby bylo možno při dodržení jízdního řádu co nejvíce využít jízdu setrvačností, je třeba dbát na to, aby doba zastávek byla co nejkratší.

Přestože při brzdění pomocí elektrodynamické brzdy dochází k rekuperaci energie, je vhodné zvolit rychlost jízdy na základě předvídání tak, aby brzdění bylo omezeno na minimum.

3.3 Energeticky úsporné brzdění pomocí elektrodynamické brzdy

U brzdových systémů používaných v trolejbusech se vedle aspektu bezpečnosti klade důraz také na co nejúčinnější způsob rekuperace brzdné energie. Při sešlápnutí brzdového pedálu funguje trakční motor jako generátor, což znamená, že je možné provést rekuperaci brzdné energie. Systém elektrodynamické brzdy je regulován brzdovým pedálem, do něhož je integrována také mechanická brzda, která ke svému fungování používá stlačený vzduch.

U většiny v současné době používaných trolejbusů je při použití brzdového pedálu, jak je znázorněno na obrázku 14 červenou křivkou, aktivní pouze elektrodynamická brzda. Při delším sešlápnutí brzdového pedálu pak dochází ke zvýšení brzdné síly (žlutá křivka) až na 100% účinek. Po sešlápnutí brzdového pedálu přibližně za dvě třetiny jeho dráhy (v závislosti na konkrétním typu vozu) zůstává působení elektrodynamické brzdy na konstantní úrovni odpovídající 100% účinku a při silnějším sešlápnutí se současně zvyšuje účinek mechanické brzdy. Výsledný účinek sešlápnutí brzdového pedálu je tedy lineární a rychlý, bez jakýchkoli náhlých náporů vzduchu nebo změn brzdné síly.



Obrázek 14: Interakce mezi elektrodynamickou brzdou a hydraulickou brzdou

Z hlediska brzdné reakce to znamená, že brzdový pedál se nikdy nesešlapuje na doraz, nýbrž nejvýše do dvou třetin, aby docházelo k rekuperaci co nejvyššího množství energie uvolňované při brzdění a také za účelem ochrany mechanických brzd před opotřebením. Prioritou však vždy musí být bezpečnost.

3.4 Vědomé používání topení, klimatizace a větrání

Vědomým používáním topení, klimatizace a větrání může řidič dále významně přispět ke snížení spotřeby energie. V případě jízdy s otevřenými okny pokud možno nepoužívejte topení ani chlazení.

3.5 Rozdíly oproti úsporné jízdě vozidly s dieselovým motorem

Vozidla poháněná elektromotory a vozidla poháněná spalovacími motory se podstatně liší ve způsobu úsporné jízdy. Pro stupeň účinnosti celého vozidla je v neposlední řadě rozhodující převodovka potřebná pro přenos síly mezi motorem a koly.

Protože spalovací motory předávají dostatečný točivý moment pouze v omezeném rozsahu otáček, je nutné do hnacího ústrojí mezi motor a hnanou nápravu zařadit převodovku. Pomocí převodovky lze měnit poměr počtu otáček, popř. poměr točivého momentu mezi motorem a hnanou nápravou. Rozlišujeme (manuální) mechanické převodovky a automatické převodovky.

Z důvodu ozubeného převodu spojení má mechanická převodovka vyšší účinnost než automatická převodovka se silovým spojením. Přesto jsou autobusy v městské hromadné dopravě většinou vybaveny čtyř až šestistupňovou automatickou převodovkou pro zvýšení jízdního komfortu. Převodovky s ozubeným převodem vyžadují při řazení přerušení hnacího ústrojí (rozpojení spojky), u automatických převodovek je osazen hydraulický měnič, takže k přerušení nedochází.

Pro dosažení různých rychlostí v co nejvýhodnějším rozsahu otáček je nutné řazení různých rychlostních stupňů. To umožňují moderní vícestupňové převodovky s předřazením a redukcí. V dálkových autobusech jsou navíc nainstalovány posilovače řazení, jako je automatická předvolba (SVS, AS Tronic) a elektropneumatické řazení (EPS).





Řazení automatické převodovky se ovládá plynovým pedálem. Pokud řidič včas povolí plynový pedál, převodovka přeřadí na nejbližší rychlostní stupeň.

Pro zvýšení stupně účinnosti dochází k určité rychlosti jízdy k přemostění měniče točivého momentu. To se děje v závislosti na rychlosti a zatížení vozidla a pohybuje se přibližně v rozmezí od 5 do 35 km/h.

Až do okamžiku tohoto řazení by se mělo zrychlovat pouze na plný plyn pro snížení ztráty v důsledku prokluzování.

U spalovacích motorů hrají důležitou úlohu také emise. Emise lze na jedné straně snížit úsporným způsobem jízdy a s tím souvisejícím snížením spotřeby paliva, na druhé straně také zavedením různých postupů úpravy výfukových plynů, které se zavedením emisních norem Euro od roku 1990 získávají stále větší význam. Požadovaných maximálních hodnot výfukových plynů od zavedení emisní normy Euro 4 v roce 2006 již nelze dosáhnout bez další úpravy výfukových plynů.

Limity Euro 5 povolují maximální emise oxidů dusíku (NOx) pouze 2 g/kW a emise pevných částic maximálně 0,02 g/kWh.

Během recirkulace výfukových plynů je část výfukových plynů odvedena ventilem zpět do sání vzduchu, kde dochází ke směšování s čerstvým vzduchem. Směs čerstvého vzduchu a výfukových plynů má nižší obsah kyslíku (O₂) a tím přispívá ke snížení teploty spalování ve spalovací komoře. Nižší teploty spalování vedou ke snížení obsahu jedovatých oxidů dusíku (NOx). Proti nárůstu vytváření sazí a oxidu uhelnatého (CO) působí katalyzátor.

Dalšího snížení hodnot ve výfukových plynech je dosaženo použitím SCR katalyzátoru (selektivní katalytická redukce). Princip funkce SCR katalyzátoru spočívá ve vstřikování amoniaku (NH₃) ve formě 32,5%ního vodného roztoku močoviny. Toto aditivum se nazývá AdBlue. Při chemických reakcích (hydrolytických reakcích) tak vzniká amoniak a voda (H₂O). Amoniak v SCR katalyzátoru reaguje s oxidy dusíku z výfukových plynů, čímž se snižuje množství emisí NOx. Výhodou úpravy výfukových plynů v SCR katalyzátoru je, že nedochází ke snížení výkonu ani ke zvýšení spotřeby paliva.

4. Bezpečnost

Požadavek bezpečnosti stojí vždy na prvním místě a všechny ostatní požadavky jsou mu podřízeny. Styl jízdy s předvídáním přispívá k bezpečnosti a snižuje riziko pro řidiče i cestující na minimum. Správný postup v případě závad nebo nehod je však také klíčový a je popsán v následujících bodech. Cílem je omezit škody na minimum, zabránit vzniku dalších škod a minimalizovat riziko pro třetí strany.

4.1 Správný postup v případě nehod

Pokud byla závada způsobena při nehodě, musí řidič uvážené a rozumně využít veškeré dostupné zdroje k odstranění závady, zmírnění škod a zabránění dalším škodám. Pokud určité riziko nelze odstranit okamžitě, je třeba nebezpečnou oblast zabezpečit.

K tomu je nutné vozidlo zastavit, zapnout výstražnou světelnou signalizaci a zajistit trolejbus tak, aby jej žádná nepovolaná osoba nemohla nastartovat a rozjet. Pokud řidič opouští vozidlo, musí vypnout hlavní spínač a v případě potřeby musí též odpojit sběrače proudu.

Z důvodu osobní bezpečnosti musí mít řidič na sobě reflexní vestu, pokud vystoupí z trolejbusu. Použití reflexní vesty při opuštění vozidla na silnicích, rychlostních silnicích a dálnicích je předepsáno příslušnými právními předpisy.

Pokud řidič opustí vozidlo, je třeba zabezpečit místo nehody a v souladu s platnou národní legislativou je opatřit výstražným trojúhelníkem, který je součástí výbavy vozidla.

Tepre potom mohou na místo nehody vstupovat osoby poskytující první pomoc a další účastníci nehody.



Jakmile již účastníkům nehody a osobám poskytujícím první pomoc nehrozí riziko ze strany třetích osob, je nutno poskytnout první pomoc a přivolat další pomoc. Společná evropská linka tísňového volání, která se standardně používá také v mobilních sítích GSM, je 112 (podle směrnice č. 2002/22/ES o univerzální službě). Linka 112 se používá v Rakousku, Belgii, Bulharsku, Chorvatsku, na Kypru, v České republice, Dánsku, Estonsku, Finsku, Francii, Gruzii, Německu, Řecku, Maďarsku, na Islandu, v Irsku, Itálii, Lotyšsku, Lichtenštejnsku, Litvě, Lucembursku, Makedonské republice, na Maltě, v Černé hoře, Nizozemsku, Norsku, Polsku, Portugalsku, Rumunsku, Srbsku, na Slovensku, ve Slovinsku, Španělsku, Švédsku, Švýcarsku, Turecku, na Ukrajině a ve Spojeném království vedle jejich dalších linek tísňového volání. Při volání na tísňovou linku je důležité uvést co nejpresnější popis situace po nehodě.

Svědky a účastníky nehody je třeba požádat, aby vyčkali na sepsání protokolu o nehodě, a také je třeba zaznamenat jejich osobní údaje (jméno, adresa, kontaktní údaje). Je nutno sepsat protokol a/nebo zprávu o nehodě obsahující popis toho, jak k nehodě došlo; pro zachování důkazů mohou být užitečné také fotografie z místa nehody. Účastníci nehody si musí vyměnit informace o pojištění (pojišťovna, číslo pojistky, kartačka pojištěnce).

4.2 Postup v případě technických závad na trolejbusu

Závady na trolejbusu mohou mít celou řadu různých příčin a mohou vyžadovat různý postup. Pokud je nutno trolejbus odstavit na trase linky, musí řidič vozidlo zabezpečit a sledovat. Trolejbus je možno po vypnutí spínače zajistit proti rozjezdu pomocí ruční brzdy a v případě, že pružinová brzda ve vozidle není nebo je poškozena, je nutno vozidlo zajistit pomocí klínů. Kromě toho je nutno vypnout hlavní spínač a v případě potřeby též odpojit sběrače proudy. Klíč od vozidla si řidič musí ponechat u sebe.

V případě závad na izolaci trolejbusu je nutno vypnout hlavní spínač v okamžiku, kdy jsou dveře vozu ještě zavřené. Řidič musí v takovém případě odpojit sběrače proudy. V případě podezření, že po nehodě došlo k poškození elektrických zařízení, se řidič nesmí pokoušet uvést vozidlo znovu do provozu. Je třeba informovat dispečink.

Dispečink odpovídá za informování příslušných složek záchranného systému a přivolání pomoci v případě nehody a za účelem zabránění nebezpečí.

Řidič trolejbusu, u něhož došlo k nehodě a/nebo u něhož se projevila závada, případně řidič, jemuž bylo jako prvnímu znemožněno pokračování v jízdě, je povinen informovat o vzniklé situaci dispečink.

4.3 Odtah vozu

Při odtahu trolejbusu je nutno postupovat podle zvláštních bezpečnostních zásad. V odtahovaném vozidle nesmí být přepravováni žádní cestující. Rychlost odtahu nesmí překročit 30 km/h. Na zadní části taženého trolejbusu musí být umístěno výstražné označení („tažené vozidlo“).

4.4 Postup v případě požáru

Při zjištění požáru na palubě trolejbusu je nutno trolejbus odstavit a zajistit na vhodném místě (pokud možno ne uvnitř tunelu nebo podjezdu). Je nutno vypnout hlavní spínač, avšak trolejbus se za žádných okolností nesmí zavřít ani se nesmí odpojit hlavní napájení (z baterie), neboť v takovém případě by nebylo možné automaticky otevřít dveře. Je možno uvolnit dveře a nechat cestující vystoupit z vozidla. Je nutno zjistit, zda došlo ke zranění osob a ty pak odvést nebo odnést z místa nebezpečí. Informováním dispečinku dochází zároveň k přivolání záchranných složek.

Řidič je povinen odpojit sběrače proudu a může se pokusit požár uhasit pomocí hasicích přístrojů v závislosti na tom, nakolik je takový postup proveditelný a smysluplný.

4.5 Postup v případě odpojení trolejových ramen

V případě zjištění odpojení trolejových ramen je nutno okamžitě zastavit vozidlo s ohledem na cestující a okolní dopravu.

Řidič provede vizuální kontrolu trolejových ramen, trolejových hlavic a trolejového vedení v místě, kde došlo k odpojení (spadnutí). Je zakázáno dotýkat se trolejových ramen, pokud jsou některá další trolejová ramena dosud připojena k trolejovému systému. Rovněž je zakázáno odkrývat střechu nebo se dotýkat součástí vozidla pod proudem nebo trolejového vedení.

Před nasazováním a/nebo odpojováním trolejových ramen je nutno vypnout hlavní spínač. V trolejbusích, kde je tyč určená k nasazení sběračů umístěna v části pro cestující, není vhodné používat systém uvolnění dveří. Příslušné dveře se musí otevřít pomocí ventilu pro nouzové otevření. Díky tomu je možno zabránit předčasnému uvolnění dveří určených pro rychlý nástup a výstup.

Na veřejných silnicích platí povinnost mít na sobě reflexní vestu.

Trolejová ramena je možno nasazovat na trolejové vedení pouze pomocí k tomu určené tyče k nasazení sběračů proudu.

Každý případ odpojení trolejových ramen je nutno ihned hlásit na dispečink a zaznamenat do jízdního deníku příslušného vozidla. V případě zjištění poškození trolejbusu, trolejového vedení nebo třetích stran je nutno dispečink po okamžitém nahlášení případu ještě informovat písemně. Sběrače proudu s poškozenými botkami se nesmí znovu použít. Před pokračováním v jízdě je řidič povinen vyčkat na pokyny z dispečinku.

4.6 Poškození trolejového vedení

Se zvláštní opatrností je třeba postupovat v případech, kdy z trolejového vedení visí volné části, neboť mezi oběma trolejemi (s kladnou a zápornou polaritou) dosud může být plné provozní napětí. V případě rizika, že by se další účastníci silničního provozu mohli dostat do kontaktu se volně visícími kabely, je řidič trolejbusu, který na místo přijel jako první, povinen vhodným způsobem zajistit místo nebezpečí. Je zakázáno přibližovat se k volně visícím částem trolejového a napájecího vedení nebo k dalším k nim připojeným kabelům a dotýkat se jich bez ochranných pomůcek.

Pokud je vozidlo v kontaktu s volně visícími částmi vedení, je nutno zajistit, aby cestující zachovali klid a zůstali ve vozidle až do příjezdu techniků. Pokud však zároveň vypukne požár, musí dispečink provést nouzové odpojení trolejového vedení. Pokud to není možné, musí cestující urychleně z trolejbusu vyskočit, aby nedošlo ke vzniku elektrických oblouků (krokové napětí!), přičemž je nutno zajistit, aby vozovka, kam cestující vyskakují, byla izolována vhodným materiálem (např. suchým oblečením).



Pokud se osoba dostane do kontaktu s vedením, které je pod proudem, je možno takovou osobu zachraňovat pouze s použitím nevodivých předmětů. Osobu je nutno od vodiče odtáhnout pouze držením za oblečení. Osoba poskytující v takovém případě pomoc se nejprve musí postavit na dostatečně účinnou izolační vrstvu, např. na izolační podložku, na kus dřeva nebo na dostatečně silnou vrstvu suchého materiálu. Vodiče pod proudem lze odstranit také pomocí tyčí určených k nasazování sběračů proudu na trolejové vedení nebo pomocí záchranných háků z nevodivého materiálu, pokud jsou k dispozici.



Pokud dojde k přerušení další jízdy v důsledku poruchy napájení, doporučuje se pokud možno využít setrvačnosti a odstavit trolejbus tak, aby nebyl podstatným způsobem narušen okolní provoz. Je-li to žádoucí, je třeba odpojit sběrače proudu. Trolejbusy vybavené pomocným pohonem mohou v jízdě pokračovat s využitím alternativního pohonu.

V případě opakovaného přerušení dodávky energie v krátkém časovém úseku je třeba předpokládat přetížení sítě. V takovém případě je třeba věnovat zvláštní pozornost jízdě při nižší rychlosti a je nutno zabránit současnému startování několika vozidel. V případě potřeby může dispečink určit pořadí odjezdů jednotlivých vozů, aby nedocházelo k současnému startování několika vozidel. Pokud je to možné, je třeba vypnout vytápění, klimatizaci, ventilaci a veškeré další pomocné systémy a zařízení.

Pokud na trase trolejbusového systému stojí vozidlo z trolejbusového vozového parku s blikajícími žlutými světly, je nutno trolejbus zastavit v dostatečné vzdálenosti od vozidla údržby. Řidič trolejbusu musí v takovém případě navázat oční kontakt s posádkou vozidla údržby a následně může pokračovat v jízdě pouze za předpokladu, že od posádky vozidla údržby, od přítomných vedoucích pracovníků nebo od dispečinku obdrží signál, že může pokračovat. Při jízdě kolem místa nebezpečí je nutno postupovat s mimořádnou obezřetností. Rychlost je možno zvýšit teprve poté, kdy sběrače proudu opustily zónu nebezpečí a pozice kontaktního kabelu to umožňuje.



5. Průběh školicích kurzů

Školicí kurzy jsou rozděleny do pěti fází. Cílem každé části školení je rozvíjet úsporný styl jízdy a zavádět nabyté znalosti a dovednosti do každodenní praxe v provozu veřejné dopravy.

- **Úvod a systém fungování „trolejbusového“ systému**
- **Praktická jízda**
- **Úsporný způsob řízení trolejbusu**
- **Praktická jízda s využitím znalostí týkajících se úsporného stylu jízdy**
- **Aspekty bezpečnosti při řízení trolejbusu**

Školení trvá celkem 7 hodin.

Při praktických částech školení se pomocí speciálního softwaru měří spotřeba energie, která se následně zaznamenává do jízdního deníku. Kromě údajů o jízdě (délka, doba trvání, průměrná rychlost) lze z tohoto jízdního deníku vyčíst také údaje o spotřebě energie.

Klíčovými hodnotami z hlediska úspornosti jízdy s ohledem na spotřebu energie jsou hodnoty celkové spotřeby energie na jeden ujetý kilometr a hodnoty spotřeby trakčního motoru na jeden ujetý kilometr.

Pokud by se spotřeba díky úspornějšímu stylu jízdy řidiče snížila o 0,10 kWh, znamenalo by to při 5 miliónech ujetých kilometrů roční úsporu energie ve výši 500 000 kWh.

Jméno Muster
Číslo vozidla 308
Datum 01.06.2012

Parametry	Hodnoty
Doba měření	0,22 hodin
Ujetá vzdálenost	5,83 km
Průměrná rychlost (za dobu, kdy rychlost nebyla nulová)	30,74 km/h
Odebraná energie (elektrická práce) z trolejového vedení	10,74 kWh
Rekuperovaná energie (elektrická práce) uložena zpět do trolejového vedení	2,07 kWh
Odebraná energie minus rekuperovaná energie	8,67 kWh
Energie spotřebovaná trakčním pohonem	10,07 kWh
Energie vytvořená trakčním pohonem	3,58 kWh
Energie spotřebovaná dalšími pomocnými systémy	1,18 kWh
(servo čerpadlo, kompresor, dobíjení baterie)	
Energie spotřebovaná na vytápění	0,00 kWh
Odebraná energie na jeden kilometr	1,84 kWh/km
Rekuperovaná energie na jeden kilometr	0,36 kWh/km
Odebraná energie na 1 km minus rekuperovaná energie na 1 km	1,49 kWh/km
Spotřeba energie na 1 km	1,11 kWh/km

Drücken: 03.02.2015

Podpis _____

Obrázek 15: Vzor zápisu ze zkušební jízdy zaznamenávajícího výsledky měření spotřeby energie při praktické části školení



Partneři projektu ACTUATE

Konsorcium projektu ACTUATE tvoří pět evropských dopravních podniků, které provozují elektrickou trakci - **Salzburg** (Rakousko), **Lipsko** (Německo), **Eberswalde** (Německo), **Brno** (Česká republika), Parma (Itálie), dalšími členy jsou autoškola **LAB** (Lipsko), belgický výrobce trolejbusů **Van Hool** a sdružení pro podporu trolejbusové dopravy **Trolley Motion** (Rakousko). Koordinátorem projektu je poradenská společnost **Rupprecht Consult** (Německo).



Spolufinancováno programem
Intelligent Energy Europe Evropské unie.

actuate



Úsporná jízda v linkové dopravě

3 požadavky na jízdu v linkové dopravě

Požadavek bezpečnosti

Požadavku bezpečnosti jsou podřízeny všechny další požadavky.

Požadavek včasnosti a komfortu cestujících

Včasnost je v linkové dopravě předpokladem, a znamená ani předčasný, ani pozdější odjezd ze zastávky. Eliminovat vliv dynamických účinků jízdy na cestující.

Požadavek úspornosti

Úsporná jízda znamená minimalizaci spotřeby energie a šetrné zacházení s vozidlem za dodržení požadavků na bezpečnost a včasnost.

Při jízdě v linkové dopravě má bezpečnost přednost před včasností a včasnost před úsporností.



5 zlatých pravidel energeticky efektivní jízdy

- akcelerace by se měla provádět plynule a s ohledem na dění kolem vozu,
- zcela zamezit udržování konstantní rychlosti pedálem jízdy,
- pokud možno co nejvyšší podíl jízdy setrvačností za dodržení jízdního řádu,
- zamezit zbytečnému brzdění a ideálně brzdit pouze elektrodynamickou brzdou bez opotřebení pro rekuperaci energie,
- vědomé používání topení, klimatizace a větrání, pokud již nejsou regulovány automaticky.

Bezpečnost

Správný postup v případě nehod

Pokud byla závada způsobena při nehodě, musí řidič uváženě a rozumně využít veškeré dostupné zdroje za účelem odstranění závady, zmírnění škod a zabránění dalším škodám.

- Zastavit vozidlo a zapnout výstražnou světelnou signalizaci
- Zajistit vozidlo proti nastartování nebo použití neoprávněnými osobami
- Zajistit vozidlo ruční brzdou proti samovolnému rozjezdu
- V případě potřeby odpojit sběrače proudu
- V zájmu osobní bezpečnosti opustit vozidlo pouze v reflexní vestě
- Zajistit místo nehody / místo vzniku závady
- Odvést nebo odnést účastníky nehody z oblasti nebezpečí
- Poskytnout první pomoc a přivolat další pomoc
- Zpráva o nehodě, zdržení svědků a výměna informací / údajů

Dispečink odpovídá za informování příslušných složek záchranného systému a přivolání pomoci v případě nehody a za účelem zabránění nebezpečí.

Řidič trolejbusu, u něhož došlo k nehodě a/nebo u něhož se projevila závada, případně řidič, jemuž bylo jako prvnímu znemožněno pokračování v jízdě, je povinen informovat o vzniklé situaci dispečink.



Spolufinancováno programem
Intelligent Energy Europe Evropské unie.