



ACTUATE

Zaawansowany program
szkoleniowy na rzecz
bezpiecznej i ekonomicznej
jazdy elektrycznymi
pojazdami drogowymi

TROLEJBUS



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Stopka redakcyjna

Pomysł i edycja:

DI Christian Osterer, inż. Markus Perberschlager, Richard Moltinger

Zdjęcia:

DI Christian Osterer; archiwum: Salzburg AG

Projekt:

Agencja reklamowa INTOUCH ze wsparciem Studia kreatywnego DECASA

Stan:

czerwiec 2014 r.

Nie ponosimy odpowiedzialności za ewentualne błędy w druku.

Kontakt:

Rupprecht Consult - Forschung & Beratung GmbH

Dr. Wolfgang Backhaus

Clever Straße 13-15

50668 Kolonia / Niemcy

Tel.: +49 / 221 / 606055-19

E-mail: w.backhaus@rupprecht-consult.eu

Witryna internetowa: www.rupprecht-consult.eu

Salzburg AG

für Energie, Verkehr und Telekommunikation

SALZBURGER Lokalbahnen

DI Christian Osterer

Plainstraße 70

5020 Salzburg / Austria

Tel.: +43 / 662 / 4480-1500

E-mail: salzburger_lokalbahnen@salzburg-ag.at

Witryna internetowa: www.slb.at

Za treść niniejszej publikacji odpowiadają wyłącznie jej autorzy. Nie musi ona odzwierciedlać stanowiska Unii Europejskiej. Ani EASME ani Komisja Europejska nie ponoszą odpowiedzialności za wykorzystanie informacji w niej zawartych.

ACTUATE

- projekt optymalizacji jazdy w celu ograniczenia zużycia energii

Opracowano, przetestowano i pomyślnie wprowadzono programy szkoleniowe i ogólne metody szkoleń zwiększające ekonomiczność prowadzenia elektrycznych pojazdów drogowych w transporcie publicznym w ramach projektu współfinansowanego ze środków unijnych – ACTUATE.



Dzięki wprowadzeniu zaawansowanych szkoleń na temat ekonomicznej jazdy, energooszczędny potencjał elektrycznych pojazdów drogowych takich jak tramwaje, autobusy hybrydowe i trolejbusy może ulegać dalszej optymalizacji, a co za tym idzie wpływać na oszczędność kosztów oraz szerokie rozpowszechnienie tego rodzaju pojazdów.

Projekt ACTUATE kładzie szczególny nacisk na kierowcę, traktując go jako kluczowy element ekonomicznej jazdy. Towarzyszące kampanie motywujące pozwalają również upewnić się, że kierowcy w dłuższym okresie czasu stosują wiedzę, którą nabyli podczas zaawansowanych szkoleń.

ACTUATE – projekt optymalizacji zachowań kierowców...

- na rzecz ekonomicznej jazdy elektrycznymi pojazdami drogowymi w transporcie publicznym;
- aby zwiększyć energooszczędność elektrycznych pojazdów drogowych w całym transporcie publicznym;
- aby opracować i przetestować programy szkoleniowe wspomagające bezpieczną i ekonomiczną jazdę;
- kampanie motywacyjne dla kierowców tramwajów, trolejbusów i autobusów hybrydowych.

Niniejsza broszura szkoleniowa została opracowana z myślą o trolejbusach w ramach projektu ACTUATE.

Treść

1. WSTĘP	6
1.1 Ekonomiczna jazda w transporcie publicznym	6
1.2 Nośnik energii	7
1.3 Definicje	7
1.4 Opory ruchu	8
1.5 Styl / rodzaj jazdy	12
2. System „trolejbus”	14
2.1 Zaopatrzenie w energię	14
2.2 Technologia pojazdu	16
2.3 Pojazdy z superkondensatorami	20
3. Ekonomiczna jazda trolejbusami	22
3.1 Podstawowe aspekty	22
3.2 Wpływ stylu jazdy na zużycie energii	23
3.3 Energooszczędne hamowanie elektrycznym hamulcem	25
3.4 Świadome używanie ogrzewania i klimatyzacji	26
3.5 Różnice w jeździe ekonomicznej w porównaniu z pojazdami z silnikiem o zapłonie samoczynnym (Diesel)	26
4. Bezpieczeństwo	28
4.1 Odpowiednie zachowanie w razie wypadku	28
4.2 Zachowanie w razie awarii pojazdu	29
4.3 Holowanie	30
4.4 Zachowanie w razie pożaru	30
4.5 Zachowanie w razie zsunięcia pantografu z sieci trakcyjnej	30
4.6 Awaria (linii) sieci trakcyjnej	31
5. Realizacja szkolenia	34



1. WSTĘP

1.1 Ekonomiczna jazda w transporcie publicznym

Ekonomiczna jazda w transporcie publicznym oznacza jazdę energooszczędną, z małym zużyciem (ściernym) materiału i ekologiczną. Dla jazdy ekonomicznej w transporcie publicznym można definiować trzy nakazy:

- **Nakaz bezpieczeństwa**
Temu nakazowi muszą podporządkować się wszystkie inne
- **Nakaz punktualności**
Punktualność w transporcie publicznym to podstawa i oznacza, że odjazd z przystanku nie jest ani przedwczesny, ani opóźniony
- **Nakaz ekonomii**
Ekonomiczna jazda oznacza minimalizację zużycia energii i „oszczędzanie” pojazdu zgodnie z nakazami bezpieczeństwa i punktualności

Podczas jazdy w transporcie publicznym na pierwszym miejscu stoi bezpieczeństwo – przed punktualnością, a punktualność przed opłacalnością. Zakłada się tutaj, że przepisy ustawowe, regulaminy i zasady usług, które muszą być przestrzegane, aby bezpiecznie poruszać się w sektorze transportu publicznego, są znane.

Ekonomiczna jazda przyczynia się tym samym do ochrony środowiska naturalnego i bezstresowej podróży zarówno dla pasażerów, jak i dla kierowcy, a także pomaga przedsiębiorstwom obniżyć koszty użytkowania pojazdów i energii poprzez zmniejszenie zużycia.

Zalety dla kierowcy	Zalety dla pasażera	Ochrona środowiska	Przedsiębiorstwo
beztresowa jazda	beztresowa podróż	aktywny wkład w ochronę środowiska	zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdów
pewność zatrudnienia przez oszczędność kosztów			redukcja kosztów energii

Tabela 1: Korzyści wynikające z ekonomicznej jazdy

Czynniki ekonomicznego stylu jazdy, na które kierowca ma wpływ, będą przedstawione w kolorze zielonym, a czynniki, które zwykle nie mogą być kontrolowane przez kierowcę – w kolorze czerwonym.

1.2 Nośnik energii

Znaczenie elektrycznych pojazdów drogowych rośnie coraz bardziej ze względu na wysoką wydajność silników elektrycznych. Promowany jest nie tylko elektryczny transport publiczny. Również zmiany w sektorze samochodów osobowych wskazują na zwiększone wykorzystanie alternatywnych paliw. Poza napędem elektrycznym, takim jak w trolejbusach, na znaczeniu zyskują napędy hybrydowe. Zaletą alternatywnych układów napędowych z wykorzystaniem energii elektrycznej jest możliwość odzysku energii (podczas hamowania) do sieci trakcyjnej lub stosowania mobilnych magazynów energii, takich jak akumulatory czy superkondensatory. Ponadto korzyść z napędu elektrycznego wynika już z użytku energii pierwotnej. Silniki spalinowe działają głównie przy użyciu paliw kopalnych, takich jak benzyna, olej napędowy lub gaz ziemny. Wymagają one wykorzystania energii już na transport energii pierwotnej do konsumenta, a także w procesie rafinacji, aby przetworzyć energię pierwotną na energię wtórną.

Czysta energia elektryczna może być produkowana w elektrowniach (o zerowej emisji) z wody, energii słonecznej lub wiatrowej, oraz – poza niskimi stratami przewodzenia – przekształcana bezpośrednio w pojeździe na pracę mechaniczną. Energia elektryczna w skali lokalnej zawsze jest wolna od emisji. Stopień wydajności silników elektrycznych może wynosić między 90 a 99%, a w silnikach o zapłonie samoczynnym (Diesel) w obszarze idealnej prędkości obrotowej tylko do 35%.

1.3 Definicje

Aby zrozumieć techniczne procesy, które zachodzą w trakcie przekształcania energii wtórnej w energię użytkową, tj. w pracę mechaniczną napędzającą pojazd, najważniejsze terminy zostaną wyjaśnione następująco:

Prędkość obrotowa

Jako prędkość obrotową rozumie się stosunek liczby obrotów danego ciała do jednostki czasu. Prędkość obrotowa daje np. informacje o liczbie obrotów wału korbowego silnika spalinowego w ciągu jednej minuty. Jednostką prędkości obrotowej jest 1/min (Obr./min).





Moment siły (moment obrotowy)

Moment obrotowy (siła rotacyjna) to wielkość fizyczna działająca przy zmianie ruchu obrotowego. Moment obrotowy jest zależny od działającej siły i odległości między punktem obrotu a punktem przyłożenia siły (moment obrotowy = siła * odstęp normalny). Jednostka momentu siły to niutonometr (symbol jednostki: Nm).

Moc

Zarówno wartość momentu obrotowego, jak i związana z nim prędkość obrotowa mają decydujące znaczenie dla wydajności silnika spalinowego, ponieważ moc jest iloczynem prędkości obrotowej i momentu obrotowego. W silnikach elektrycznych moc jest również obliczana jako iloczyn prądu i napięcia (moc = prąd * napięcie). Wydajność jest mierzona w watach, w przypadku większych silników – w kilowatach (symbol jednostki: W lub kW).

Wydajność „Offset”

Wydajność „Offset” (POffset) jest częścią wydajności „całkowitej”, która nie służy do napędu. Używana jest do zasilania urządzeń pomocniczych, takich jak system sterowania, sprzężarka, oświetlenie itp. Wydajność „Offset” określa zużycie energii w okresach bezczynności i przy toczeniu wynosi niemal zero, ponieważ wyposażenia pomocnicze są zasilane przez energię z samowzbudzenia silnika. Moc grzewczą rozpatruje się niezależnie od wydajności „Offset”.

1.4 Opory ruchu

Opory ruchu działają stale podczas ruchu pojazdu. Wynikająca siła działa w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu i hamuje pojazd. Wymagana do pokonania oporów ruchu moc silnika ma istotny wpływ na zużycie energii. Ekonomiczna eksploatacja pojazdów jest możliwa tylko z wiedzą o parametrach wpływających na opór jazdy. Z tego powodu opory ruchu i siły działające podczas jazdy można wyjaśnić następująco:

Opory i siły działające podczas jazdy

Opór toczenia

Opór wzniesienia

Opór powietrza

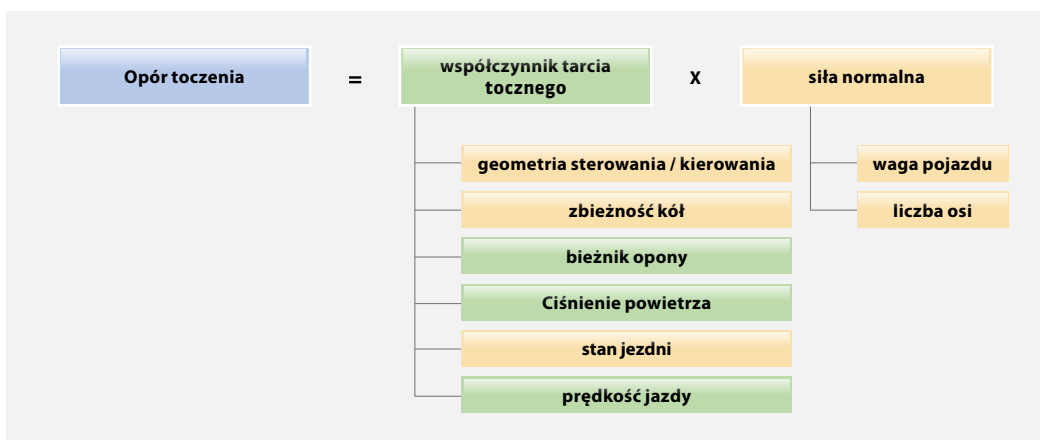
Opór przyspieszenia

Tabela 2: Opory ruchu

Tarcie toczne (opór toczenia)

Tarcie toczne (lub opór toczenia) to opór, który powstaje przy toczeniu opon po jezdni. Jest on zależny od masy pojazdu i współczynnika tarcia tocznego, zależnego od właściwości materiału (stan opony i nawierzchnia jezdni) i geometrii opony.

Podczas jazdy opona się deformuje. Większa część deformacji odbywa się elastycznie (bez strat) i formuje się w stan wyjścia. Stratne procesy deformacyjne zachodzą w gumie opony (w zewnętrznych jej częściach) podczas tarcia ślizgowego i tarcia tocznego przy jeździe na zakrętach. Przejawia się to wytwarzaniem ciepła.

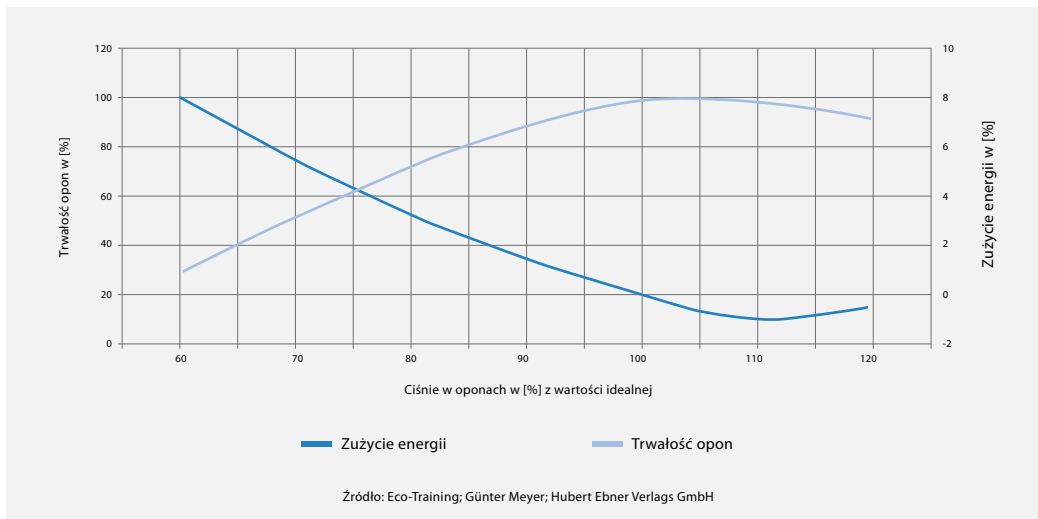


Rys. 1: Czynniki wpływające na opór toczenia

Siła normalna, o której mowa w rys. 1., odpowiada masie pojazdu proporcjonalnie przełożonej na jedno koło.

Zwiększone ciśnienie w oponach zmniejsza co prawda opór toczenia przez zmniejszenie procesu folowania gumy opony i obszaru styku między oponą a powierzchnią jezdni (tarcie ślizgowe), ale ma także negatywny wpływ na przyczepność opony do drogi i komfort jazdy.

Zbyt niskie ciśnienie w oponach prowadzi do większego zużycia energii ze względu na większy opór toczenia przez efekt deformacji opon. Ponadto wzrasta w ten sposób zużycie opon i ryzyko zapalenia się jej. Przy około 85% idealnego ciśnienia powietrza trwałość opony zmniejsza się o 20%.



Rys. 2: Wpływ ciśnienia powietrza w oponach na zużycie energii oraz trwałość opon

Główna różnica między oponami letnimi a zimowymi, związana z ekonomiczną jazdą, to zwiększone zużycie energii. Opony zimowe ze względu na głębszy profil mają większy opór toczenia i zwiększają zużycie energii (aż do 10%).

Opór wzniesienia

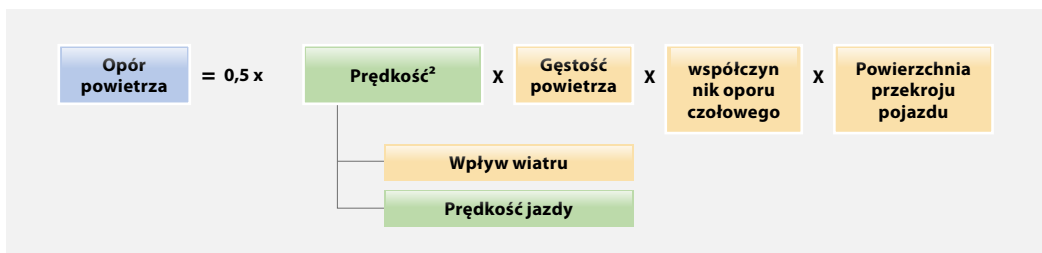
Opór wzniesienia to siła, która występuje, gdy pojazd wznosi się po płaszczyźnie. Na opór wzniesienia mają wpływ czynniki pokazane w Rys. 3.



Rys. 3: Czynniki wpływające na opór wzniesienia

Opór powietrza (opór aerodynamiczny)

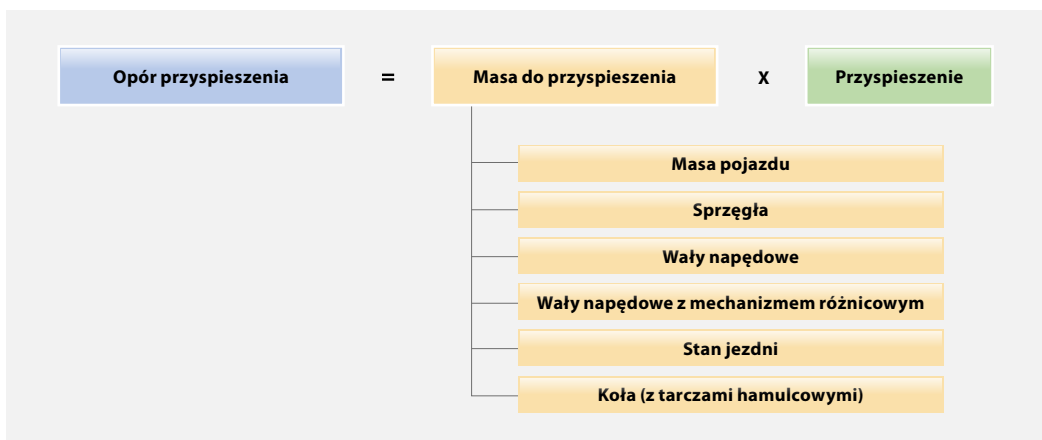
Siła, która potrzebna jest do wyparcia powietrza, jest zwana oporem powietrza lub oporem aerodynamicznym. Opór powietrza odnosi się proporcjonalnie do kwadratu prędkości, to znaczy: dwukrotny wzrost prędkości powoduje czterokrotny wzrost oporu powietrza. Inne czynniki mające wpływ na opór powietrza to powierzchnia przekroju pojazdu, współczynnik oporu powietrza (aerodynamiczny kształt) i gęstość powietrza.



Rys. 4: Czynniki wpływające na opór powietrza

Opór przyspieszenia

Bezwładność pojazdu i zainstalowanych w nim ruchomych części powoduje opór przyspieszenia. Fizyczna zasada bezwładności mówi, że jeden element trwa w swym stanie aż do momentu, gdy wpłynie na niego inna siła. W inżynierii pojazdów oznacza to korzystanie z energii, aby zmienić prędkość. Z oporu przyspieszenia wynikają następujące zależności:



Rys. 5: Czynniki wpływające na opór przyspieszenia



Z kontekstu poszczególnych oporów jazdy wynikają dwa ważne czynniki eksploatacji energooszczędnej:

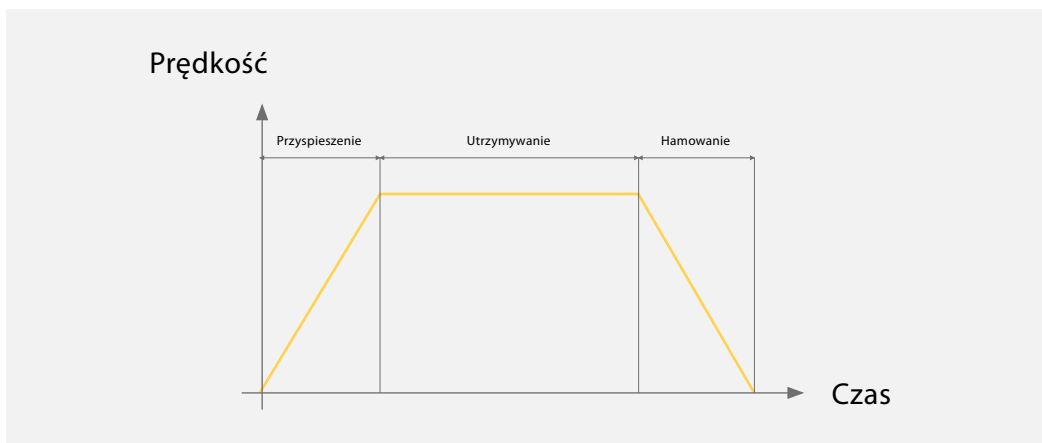
- **przed jazdą:**
kontrola stanu pojazdu, szczególnie opon;
- **w trakcie jazdy:**
świadomy wybór prędkości jazdy.

1.5 Styl / rodzaj jazdy

Podczas ruchu pojazdów są możliwe różne style jazdy. Szczególnie w transporcie publicznym z krótkimi odległościami między przystankami wiedza na ten temat ma duże znaczenie, ponieważ wybór odpowiedniego stylu jazdy ma tutaj bezpośredni wpływ na zużycie energii. Istnieją cztery osiągalne style jazdy:

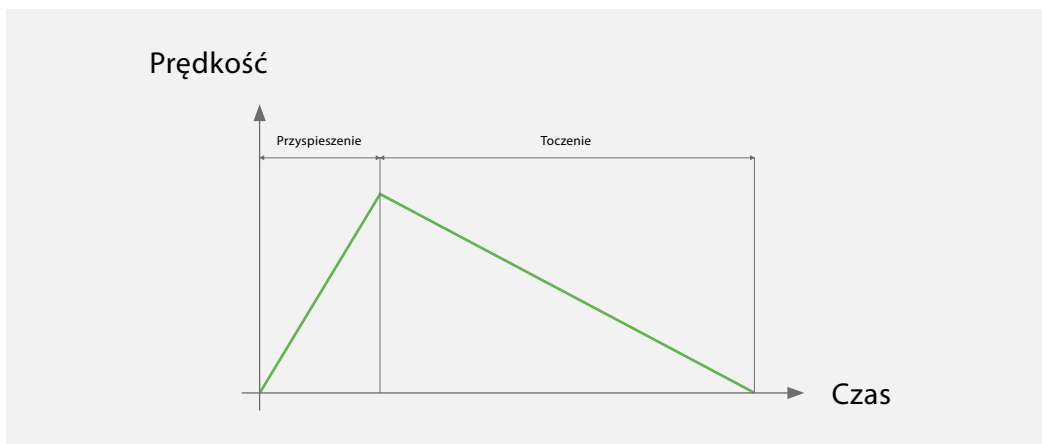
- **Przyspieszanie:**
Przyspieszanie to zwiększenie szybkości przez zastosowanie energii. Siła napędowa pojazdu musi być większa niż siły działające w kierunku przeciwnym do kierunku jazdy.
- **Utrzymywanie:**
Utrzymywanie to stałe utrzymywanie prędkości. Trzeba zatem stosować dokładnie tę energię, która odpowiada oporom działającym w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu.
- **Toczenie:**
W trakcie toczenia zmniejsza się prędkość jazdy. Powodowane jest to przez opory jazdy, które przeciwdziałają ruchowi pojazdu. Przy toczeniu nie używa się energii, aby przemieszczać się do przodu.
- **Hamowanie:**
Hamowanie oznacza zmniejszenie prędkości. W trolejbusach jest to zwykle wywołane przy użyciu hamulca elektrycznego przez hamulec elektryczny, za pomocą którego można odzyskać część energii. Podczas hamowania hamulcem pneumatycznym cała energia hamowania pomiędzy tarczą hamulcową i klockami hamulcowymi przekształca się w ciepło i znika.

Style jazdy mogą być wykazane w wyidealizowanym wykresie „prędkość – czas”. Tutaj widać, że przy każdym cyklu jazdy powstaje z udziałem utrzymywania prędkości trapezowy profil prędkości (patrz Rys. 6).



Rys. 6: Wyidealizowany cykl jazdy z udziałem utrzymywania prędkości

Rys. 7 wskazuje wyidealizowany cykl jazdy z maksymalną częścią toczenia. Ponieważ w trakcie toczenia nie ma energii stosowanej w ruch pojazdu, ten styl jazdy jest uznawany jako zużywający najmniej energii. W wykresie „prędkość – czas” ten styl jest przedstawiony w formie trójkąta



Rys. 7: Wyidealizowany cykl jazdy z toczeniem aż do bezruchu

Pokazano, że cykle jazdy z dużym udziałem toczenia są najbardziej energooszczędne. W rzeczywistości kształt cyklu jazdy w większości przypadków przypomina prostokąt, gdyż wymaga zahamowania przy następnym przystanku. Style jazdy „utrzymywanie” i „hamowanie” powinny być – jeśli jest to możliwe – ograniczone do minimum.

2. System „trolejbus”

System „Trolejbus” jest scharakteryzowany przez eksploatację bezemisijną (na poziomie lokalnym) i prawie bezgłośną. System, a także jego charakterystyka będą przedstawione w kolejnych podrozdziałach.

2.1 Zaopatrzenie w energię

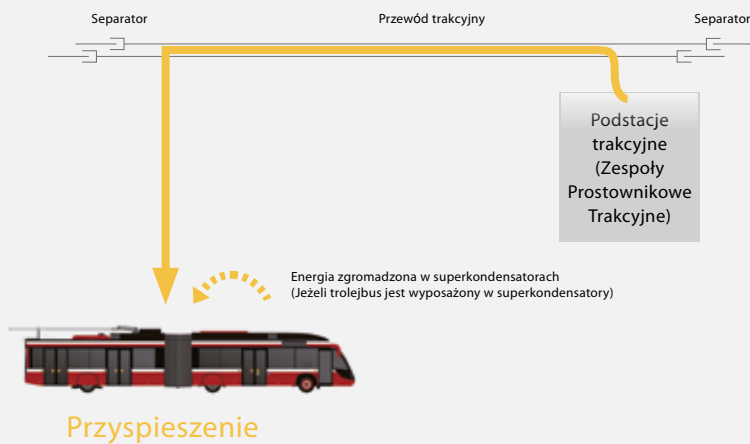
Zaopatrzenie w energię (zasilanie) pojazdu jak i urządzeń pomocniczych zapewniają przewody trakcyjne. Energia dostarczona przez przedsiębiorstwa energetyczne zostaje zamieniana w podstacjach trakcyjnych na prąd stały i zasila sieć trakcyjną.

Rozdzielenie poszczególnych sekcji zasilania (sektory) odbywa się za pomocą izolowanych prześel naprężenia („separator”). Separatory starszego typu działają przy użyciu prostych odcinków izolacyjnych. Z tego względu nie ma możliwości pobierania prądu z sieci trakcyjnej w tych miejscach i przejazd trolejbusem musi odbyć się z wyłączonym przełącznikiem kierunku jazdy. Nowoczesne separatory są zaprojektowane jako separator diodowy, na których zasilanie pojazdu zazwyczaj jest zapewnione. Aby zapobiec zakłóceniom komfortu i oszczędzać urządzenia (zarówno w pojazdach, jak i w sieci trakcyjnej), również te separatory powinny być przejeżdżane – w miarę możliwości – bez poboru prądu, tj. z wyłączonym przełącznikiem kierunku jazdy.

Linia trakcyjna nie jest przeznaczona jedynie do zasilania energią trolejbusów. Istnieje również możliwość odzyskania energii podczas hamowania i przeznaczenia jej do zasilania innych pojazdów aktywnych w tej samej sekcji zasilania. Ten proces, zwany rekuperacją, umożliwia przy hamowaniu elektrycznym hamulcem odzyskanie aż do 25% energii kinetycznej trolejbusu, jaką miał on w chwili rozpoczęcia hamowania. Odzyskana energia jest wykorzystywana w pierwszej kolejności do własnego użytku wyposażenia pomocniczego w trolejbusie, a nadmiar energii jest odprowadzany z powrotem do sieci trakcyjnej (patrz Rys. 9). Dopiero wtedy, gdy sieć nie ma potrzebnej pojemności, nadmiar energii hamowania przekształca się w oporach dachowych w ciepło i znika.

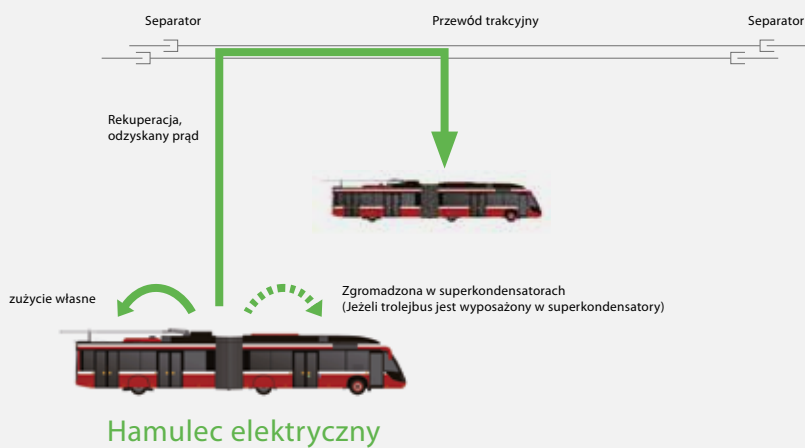


Przepływ energii podczas przyspieszania



Rys. 8: Przepływ energii podczas przyspieszania

Przepływ energii podczas hamowania elektrycznego



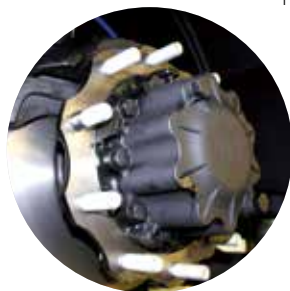
Rys. 9: Przepływ energii podczas hamowania elektrycznego

W rezultacie zapotrzebowania na energię elektryczną każde przyspieszanie autobusu prowadzi do zmniejszenia napięcia w sieci trakcyjnej, a każde hamowanie hamulcem elektrycznym prowadzi do wzrostu napięcia trakcyjnego przy trolejbusie.

Trolejbusy z superkondensatorami przechowują w superkondensatorach część energii odzyskanej podczas hamowania i wykorzystują ją do przyspieszenia z pozycji zatrzymania lub niskiej prędkości. Ten rodzaj zarządzania energią w trolejbusie pozwala zmniejszyć infrastrukturę sieci trakcyjnej, dzięki redukcji wahań napięcia w sieci trakcyjnej podczas przyspieszenia i zwalniania.

2.2 Technologia pojazdu

Prąd z sieci trakcyjnej jest pobierany za pomocą pantografu i przeprowadzany przez filtr wejściowy, ogranicznik przepięć i wyłącznik główny do elektroniki sterującej (patrz Rys. 10). Filtr wejściowy służy do „wygładzania” prądu, który może wykazywać (z różnych powodów) nieregularności w napięciu.



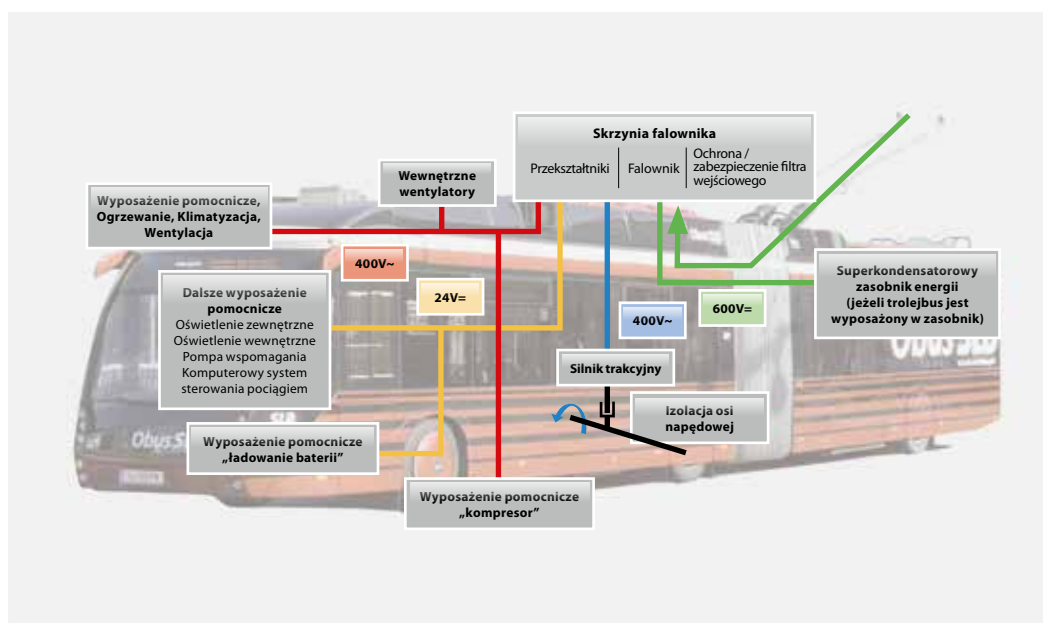
Ogranicznik przepięć służy jako zabezpieczenie (zintegrowane w pojeździe) przed przepięciami w przewodzie trakcyjnym, który w pewnym, zakresie posiada znaczną energię i mógłby doprowadzić do zniszczenia części elektroniki pojazdu. Przepięcia są powodowane przez uderzenie pioruna, bezpośrednio lub w bliskiej odległości, elektromagnetyczne impulsy lub procesy przełączenia w sieci. Główny przełącznik posiada funkcję do galwanicznego odłączenia trolejbusu od przewodu trakcyjnego.



Składniki energoelektroniki i elektroniki sterującej są umieszczone w nowoczesnych niskopodłogowych trolejbusach w skrzyni dachowej. Należy do nich falownik do sterowania silników trakcyjnych i przekształtnik do dostawy energii do elektrycznych urządzeń pomocniczych trolejbusu. W skrzyni dachowej umieszczone są z reguły również filtr wejściowy i stycznik elektryczny. Skrzynia dachowa, która połączona jest z siecią trakcyjną, stanowi zwartą całość na dachu trolejbusu. Przez umiejscowienie poza obszarem zderzenia gwarantowana jest bierna ochrona w razie wypadku. Ważna dla trolejbusów podwójna izolacja części prowadzących wysokie napięcie jest zintegrowana w skrzyni dachowej.

Falownik służący do elektrycznej aktywacji / sterowania silnika trakcyjnego jest zasilany prądem bezpośrednio z sieci trakcyjnej przez filtr wejściowy i generuje bloki napięcia o zmiennej szerokości do zasilania silnika napędowego.

Za pomocą tego sposobu, o którym jest mowa przy modulacji szerokości impulsów, może być generowany trójfazowy system o zmiennym napięciu i częstotliwości, mogący przesyłać energię w obu kierunkach. Jako elementy przełączające używane są IGBT (tranzystory bipolarnie z izolowaną bramką), które charakteryzują się wysoką częstotliwością przełączania i niskimi stratami. Poprzez odpowiednie sterowanie można za pomocą tej nowoczesnej technologii hamować elektrycznie aż do postoju i w ten sposób osiągnąć maksymalny odzysk energii.



Rys. 10: Komponenty związane z działaniem i sterowaniem trolejbusu

“Zmiana kierunku odbywa się za pomocą przycisków D, N i R na stanowisku kierowcy.”



Przekształtnik zapewnia zasilanie urządzeń pomocniczych. W większości trolejbusów stosowane jest zasilanie prądem stałym 24 V i trójfazowe zasilanie 400 V. Podczas gdy zasilanie kompresora odbywa się przez 400 V wyjście układu trójfazowego, ładowanie akumulatora i zasilanie dodatkowych urządzeń pomocniczych, takich jak oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne, pompy wspomagania kierownicy i komputerowy system sterowania pojazdem, zapewniane jest przez wyjście prądu stałego 24 V (porównaj Rys. 10). Wszystkie wyjścia są – ze względu na bezpieczeństwo – podwójnie galwanicznie izolowane od wejścia podłączonego bezpośrednio do sieci trakcyjnej.

Przemiana energii elektrycznej z sieci trakcyjnej na mechaniczną energię kinetyczną odbywa się w silnikach elektrycznych za pomocą magnetyzmu. Działanie silnika elektrycznego jest dużo prostsze i wydajniejsze niż spalinowego. Składa się on z (zewnętrznego) stojana i (wewnętrznego) wirnika. Wirnik jest ruchomy i wyposażony na około w stałe magnesy, które na zmianę mają zmienne bieguny magnetyczne (północ i południe). Dzięki elektronicznej regulacji prędkości obrotów falownika trolejbus nie potrzebuje skrzyni biegów do transmisji tych obrotów. Kierunek można zmienić na stanowisku kierowcy za pomocą przycisków D, N i R. Ta opcja może zależeć od rodzaju pojazdu.

W nowoczesnych pojazdach stosowane są silniki asynchroniczne. Wybór odpowiedniej liczby biegunów jest decydujący zwłaszcza przy zakupie, ponieważ 6-biegunowe silniki są droższe, ale za to 4-biegunowe – ze względu na konieczność ciągłego dostarczania prądu sterującego w celu określenia kierunku obrotu twornika w silniku – zużywają więcej energii. Z reguły jednak przy tej samej mocy mają mniejszą średnicę.

Silnik napędowy i wał połączone są za pomocą złącza kształtowego izolacji osi napędowej. Zapewnia to izolację pomiędzy częściami przewodzącymi wysokie napięcie i mechanicznym elementem napędowym. Z drugiej strony umożliwia to przeniesienie momentu napędowego silnika prawie bez strat.

Nadmiar energii pojawiający się przy hamowaniu za pomocą elektrycznego hamulca, a który nie jest wymagany na własne potrzeby pojazdu i ze względu na brak odbiorców nie może być oddany z powrotem do sieci trakcyjnej, musi być zamieniony przez opór hamowania na ciepło. Ponadto elektryczne opory hamowania spełniają razem z silnikiem napędowym (jako generator napędowy) wymogi prawne stałego hamulca. Opór hamowania jest sterowany za pomocą przerywnika hamulca, zintegrowanego w falowniku. Hamulec elektryczny nie wymaga prac konserwacyjnych.

Hamowanie elektryczne może być prowadzone aż do zatrzymania. Silnik trakcyjny działa tutaj jako generator. Przez to hamulec mechaniczny jest rzadko potrzebny i znacznie zmniejsza się zużycie klocków hamulcowych. Oznacza to również skrócenie czasu przestoju, a tym samym zwiększenie dostępności pojazdu.



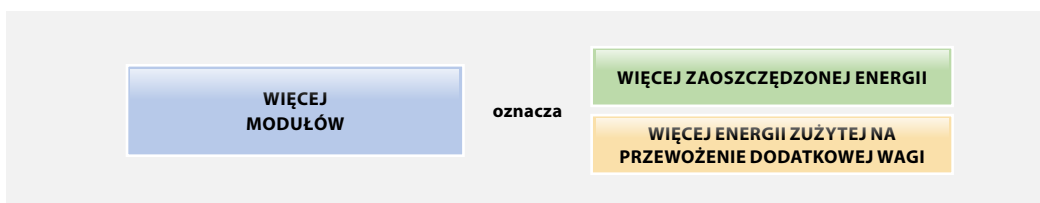
2.3 Pojazdy z superkondensatorami

Superkondensatory (angielski: supercaps) znane jako elektryczne kondensatory dwuwarstwowe są elektrochemicznymi kondensatorami o sto razy większej pojemności elektrycznej od kondensatorów elektrolitycznych. Superkondensatory umożliwiają przechowywanie energii w pojazdach, urządzeniach medycznych i wymagających niskiego zasilania, urządzeniach stosujących energię alternatywną oraz są stosowane jako uzupełnienie baterii. W transporcie publicznym ten rodzaj przechowywania energii instaluje się w trolejbusach, autobusach hybrydowych i elektrycznych oraz lekkich i ciężkich pojazdach szynowych. Moduły w trolejbusach umieszcza się zazwyczaj na dachu pojazdu, ale może się to różnić w zależności od pojazdu.

Superkondensatory składają się z dwóch warstw tego samego materiału (zazwyczaj węgla aktywnego) połączonych z elektrodą i oddzielonych cienkim separatorem. Porowatość materiału pozwala przechowywać dużą ilość ładunku przy niewielkiej pojemności.



Korzyści działania trolejbusów z superkondensatorami to bardzo wysoki stosunek odzyskanej energii (do 90%) podczas zmniejszania prędkości elektrycznym hamulcem oraz oszczędność całkowitej energii zużywanej na eksploatację do 25% w zależności od topografii i sieci trakcyjnej. Mogą one także zredukować przeciążenia podstacji oraz wyładowania łukowe pomiędzy liniami trakcyjnymi a pantografem. Urządzenia znajdujące się w pojeździe charakteryzuje też większa niezawodność. Aby jak najlepiej wykorzystać system superkondensatorów, musi on być dostosowany rozmiarem do charakterystyki sieci trolejbusów, w której ma działać dany trolejbus. Zawsze istnieje określona liczba modułów, która stanowi najwydajniejsze rozwiązanie. Liczba modułów przynosząca najlepsze efekty zależy od zakrętów, wzniesień i prędkości osiąganey na poszczególnych trasach trolejbusu, ponieważ większa liczba modułów oznacza większą oszczędność energii, lecz również większe zużycie energii z powodu dodatkowej masy.



Rys. 11: Wpływ liczby modułów superkondensatorów



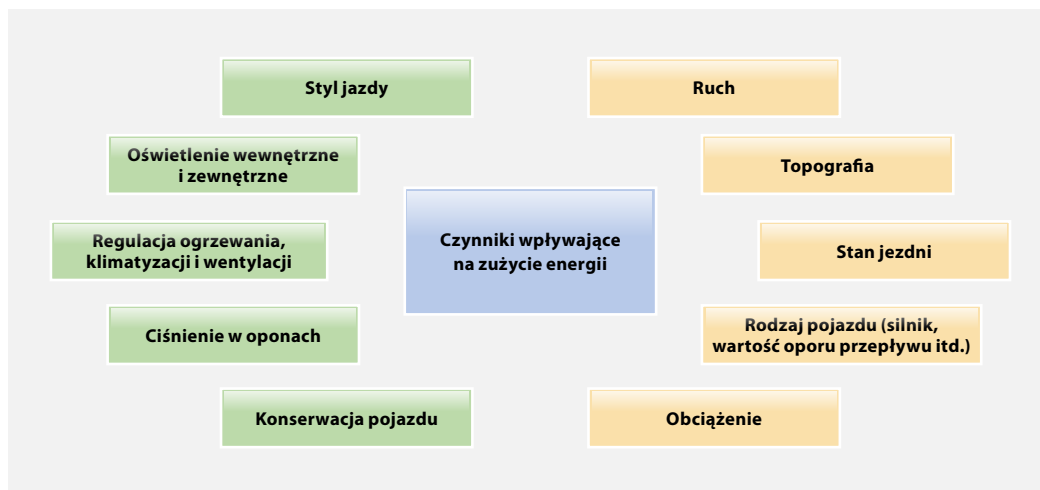
3. Ekonomiczna jazda trolejbusami

3.1 Podstawowe aspekty

Ekonomiczna jazda to jazda oszczędna, ekologiczna i z niskim zużyciem energii i materiału. Jest ona zależna od następujących aspektów:

- stan techniczny trolejbusu,
- stanu pojazdu i regularne inspekcje trolejbusu,
- linii, natężenia ruchu i wykorzystanie trolejbusu,
- stylu jazdy kierowcy, szczególnie przewidującego stylu jazdy,
- przemyślanego korzystania z ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji.

W transporcie publicznym kierowca nie ma wpływu na ruch, trasę (stan jezdni i topografię), obciążenie trolejbusu i typ pojazdu (w Rys. 13 zaznaczone kolorem czerwonym). W związku z tym czynniki, na które kierowca ma wpływ, jak (przewidujący) styl jazdy oraz regulacja ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji, zyskują na znaczeniu.



Rys. 12: Czynniki wpływające na zużycie energii

Ponadto kierowca (lub warsztat) wzrokowo może sprawdzić ciśnienie w oponach i stan pojazdu. Dobra współpraca z centrum kontroli i warsztatem przez dokładne wyjaśnienie ewentualnych usterek w pojeździe jest równie ważna jak przestrzeganie instrukcji obsługi.

3.2 Wpływ stylu jazdy na zużycie energii

Rentowność trolejbusu w znacznej mierze zależy od stylu jazdy kierowcy. To od niego zależy, czy transport pasażerów odbywa się bezpiecznie i punktualnie, ale również energooszczędnie.

W trakcie jazd testowych został udowodniony wpływ stylu jazdy (patrz podrozdział 1.5) na zużycie energii i napięcie sieci trakcyjnej. Rys. 13 przedstawia wyniki. Dwa górne wykresy pokazują profil prędkości i przyspieszenia w funkcji czasu. Następująco zostanie pokazany prąd i proporcjonalna do niego moc ($\text{moc} = \text{prąd} * \text{napięcie}$; porównaj podrozdział 1.3)



Na podstawie różnych cykli jazdy w trakcie jazdy pomiarowej stwierdzono, że:

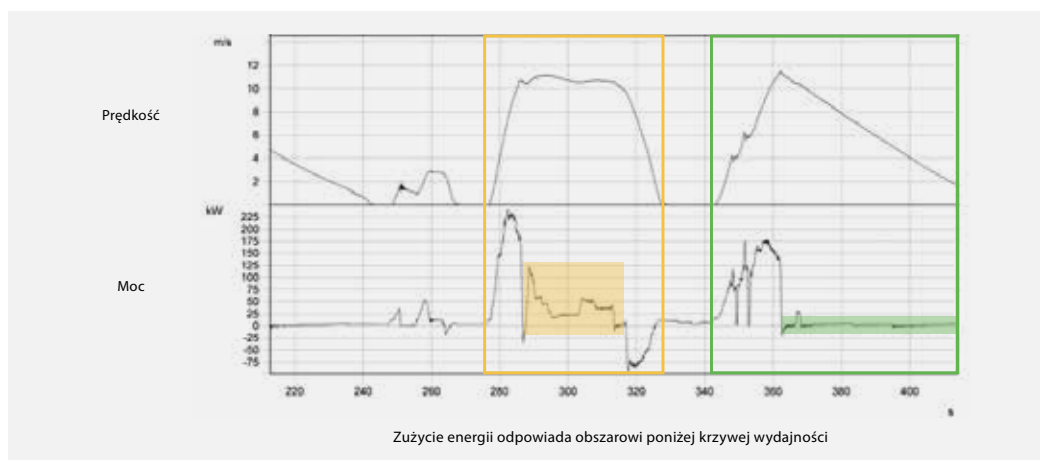
- przyspieszanie powinno odbyć się szybko,
- utrzymywanie powinno się całkowicie unikać,
- udział toczenia powinien być wysoki przy uwzględnieniu rozkładu jazdy,
- powinno się unikać niepotrzebnego hamowania, a w razie hamowania powinien zostać użyty hamulec elektryczny dla odzysku energii elektrycznej.

Ponieważ energetyczne zasilanie urządzeń pomocniczych odbywa się podczas toczenia za pomocą samowzbudzenia, częstego i bardzo zredukowanego przyspieszenia powinno się unikać. Każde uruchomienie przełącznika kierunku jazdy powoduje zwiększenie wydajności „Offset” i prowadzi do zwiększonego zużycia energii. Przy każdym procesie przyspieszania przy uwzględnieniu maksymalnej dopuszczalnej prędkości powinno się brać pod uwagę utrzymywanie jak najdłuższej fazy toczenia.

W energooszczędnej eksploatacji pojazdu na pierwszy plan wysuwa się świadomy wybór stylu jazdy i przewidujące prowadzenie pojazdu.



Wysokie jednostki toczenia są jedynie możliwe w przewidyjącym stylu jazdy i odpowiednio dopasowanym odstępie do pojazdu z przodu. W ten sposób umożliwiają nie tylko oszczędność energii, ale zwiększenie komfortu jazdy. Przewidyująca jazda oznacza jazdę bez zbędnego przyspieszania lub hamowania. Dzięki przewidywanej jeździe również można uniknąć niepotrzebnych podjazdów (np. w trakcie korków na drodze lub przy dojeżdżaniu do sygnalizacji świetlnej).



Rys. 13: Realne warunki jazdy z utrzymywaniem (czerwony) i toczeniem (zielony)

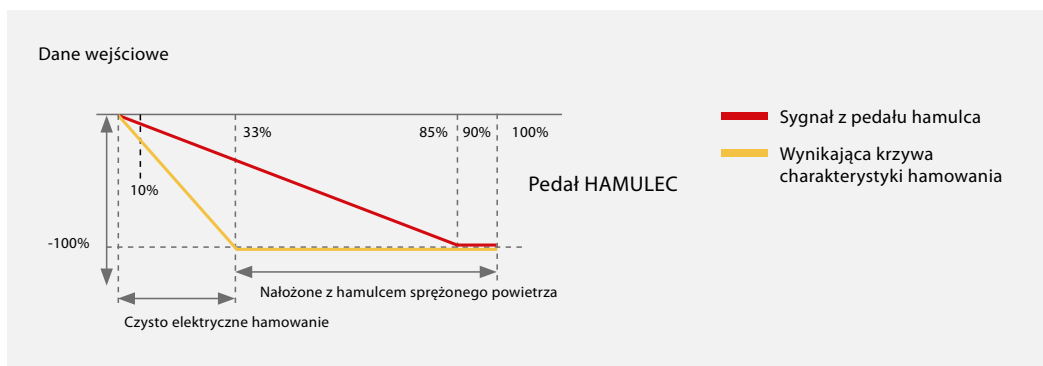
Możliwie krótkie postoje na przystankach sprawiają, że podczas jazdy częściej będzie można korzystać z toczenia.

Mimo że podczas hamowania hamulcem elektrycznym energia zostaje odzyskana, prędkość jazdy powinna być w przewidywanej jeździe tak dobrana, że hamowanie jest zredukowane do minimum.

3.3 Energooszczędne hamowanie elektrycznym hamulcem

W procesie hamowania w trolejbusach zaraz po bezpieczeństwie najważniejsze jest skuteczne odzyskanie energii hamowania. Przez naciśnięcie pedału hamulca silnik pracuje jako generator napędu, tak że regeneracja energii hamowania jest możliwa. Regulacja hamulca elektrycznego jest realizowana za pomocą pedału hamulca, w którym zintegrowany jest mechaniczny hamulec, aktywowany za pomocą sprężonego powietrza (hamulec pneumatyczny).

W większości trolejbusów najpierw zostaje uaktywniony – w razie użycia pedału hamulca (pokazany w Rys. 14 w postaci czerwonej krzywej) – tylko hamulec elektryczny. Moment hamowania (żółta krzywa) jest zwiększony przy dalszym użyciu pedału hamulca do 100%. Po jednej trzeciej przesuwu pedału hamulca działanie elektrycznego hamulca pozostaje niezmiennie. Wzrasta dodatkowo efekt hamulca mechanicznego przy dalszym użyciu pedału hamulca. Uzyskany efekt pedału hamulca jest w tym sensie liniowy i sprawny bez wstrząsów lub zmian momentu hamowania.



Dla charakterystyki hamowania oznacza to, że pedał hamulca nigdy nie jest wciśnięty więcej niż jedną trzecią w celu odzyskania maksymalnej ilości energii hamowania i ochrony mechanicznej hamulca. Pomimo tego: bezpieczeństwo musi być najważniejsze.

Rys. 14: Elektryczna charakterystyka hamowania trolejbusu Trollino 18AC firmy Solaris Bus & Coach S.A.

3.4 Świadome używanie ogrzewania i klimatyzacji

Kierowca ponadto może poprzez świadome używanie ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii. Należy unikać ogrzewania lub chłodzenia przy otwartych oknach pojazdów.

3.5 Różnice w jeździe ekonomicznej w porównaniu z pojazdami z silnikiem o zapłonie samoczynnym (Diesel)

Pojazdy z napędem elektrycznym i z silnikiem spalinowym bardzo się różnią, jeżeli chodzi o ekonomiczną jazdę. Ważną rolę odgrywa tutaj skrzynia biegów, która potrzebna jest do przenoszenia siły pomiędzy silnikiem a kołami. Ma to kluczowe znaczenie dla efektywności całego pojazdu.



Ponieważ silniki spalinowe wydzielają tylko w ograniczonym zakresie obrotów wystarczające momenty obrotowe, potrzebny jest układ przeniesienia napędu między silnikiem a mostem napędowym. Dzięki temu stosunek prędkości napędowej i momentu obrotowego między silnikiem a mostem napędowym może być zmienny. Rozróżnia się tutaj między ręczną i automatyczną skrzynią biegów.

Za pomocą połączenia kształtowego w ręcznej skrzyni biegów ma ono wyższą wydajność niż połączenie siłowe automatycznej skrzyni biegów. Pomimo tego w autobusach komunikacji miejskiej używane są zazwyczaj automatyczne skrzynie biegów z czterema lub pięcioma biegami w celu zwiększenia komfortu jazdy. Skrzynie biegów z połączeniami kształtowymi wymagają dla zmiany biegów przerwania układu przeniesienia napędu (wysprężglenie), podczas gdy automatyczne skrzynie biegów przez hydrauliczny konwerter nie muszą być przerwane w układzie napędowym.

W celu prowadzenia w różnych prędkościach z najbardziej korzystnym zakresem prędkości obrotowej konieczne jest przełączanie różnych biegów. Możliwe jest to w nowoczesnych skrzyniach biegów z przekładnią montowaną z przodu bądź z tyłu. W autokarach znajdują się dodatkowe środki pomocnicze, takie jak automatyczne, preselekcyjne wybieranie biegów (SVS, AS Tronic) i elektro-pneumatyczny układ (wspomaganie kierowcy).

Na sprzęganie automatycznej skrzyni biegów można wpływać za pomocą pedału gazu. Jeśli kierowca zmniejszy w odpowiednim momencie nacisk na pedał gazu, skrzynia biegów przełączy się na następny bieg.



Aby zwiększyć efektywność, przekładnia hydrokinetyczna jest mostkowana przy pewnej prędkości jazdy. Odbywa się to zależnie od prędkości i obciążenia i może wynosić między 5 i 35 km/h. Aby osiągnąć ten proces sprzęgania, powinno się przyspieszać tylko z częściowym gazem, by zmniejszyć straty spowodowane przez poślizg.

Przy silnikach spalinowych także emisje odgrywają ważną rolę. Mogą być zredukowane z jednej strony za pomocą energooszczędnego stylu jazdy, a tym samym za pomocą zmniejszenia zużycia paliwa, z drugiej strony przez różne metody oczyszczania gazów spalinowych, które zyskało na znaczeniu przez stopniowe wprowadzenie europejskich norm od 1990 r. Trzeba wziąć pod uwagę, że maksymalny dopuszczalny poziom emisji, który został wprowadzony w ramach europejskiego standardu emisji spalin EURO 4 w roku 2006, jest nieosiągalny bez oczyszczania gazów spalinowych.

Według standardów EURO 5 dopuszczalna jest maksymalna emisja tlenków azotu (NOx) do zaledwie 2 g/kWh i emisji cząstek stałych do 0,02 g/kWh.

W toku recyrkulacji gazów spalinowych (EGR – Exhaust Gas Recirculation) część gazów spalinowych jest doprowadzana przez zawór z powrotem do wlotu powietrza i zmieszana ze świeżym powietrzem. Mieszanina świeżego powietrza i gazów spalinowych ma mniejszą zawartość tlenu (O₂) i w ten sposób przyczynia się do obniżenia temperatury spalania w komorze spalania. Niższe temperatury spalania prowadzą do zmniejszenia szkodliwych tlenków azotu (NOx). Wzrostowi powstawania sadzy i tlenku węgla (CO) przeciwdziała katalizator.

Dalsza redukcja emisji spalin odbywa się tylko za pośrednictwem katalizatora SCR (selektywna redukcja katalityczna). Do gazów spalinowych wtryskuje się przed katalizatorem SCR amoniak (NH₃) w postaci 32,5-procentowego wodnego roztworu mocznika. Jest to znane jako AdBlue. Reakcje chemiczne (hydrolizy) wytwarzają amoniak i wodę (H₂O). Amoniak reaguje w katalizatorze SCR z tlenkami azotu w gazach spalinowych, tak że emisja NOx się zmniejsza. Zaletą oczyszczania gazów spalinowych przy użyciu katalizatora SCR jest to, że nie ma obniżenia wydajności i dodatkowego zużycia paliwa.

4. Bezpieczeństwo

Nakaz bezpieczeństwa jest najważniejszy. Temu nakazowi muszą podporządkować się wszystkie inne nakazy. Przewidująca jazda przyczynia się do bezpieczeństwa i zmniejsza do minimum ryzyko dla kierowców i pasażerów. Prawidłowe postępowanie w razie wypadków i kolizji jest wciąż konieczne i zostanie przywołane w kolejnych podrozdziałach. Celem jest utrzymanie szkód na jak najniższym poziomie, aby unikać dalszych szkód i zminimalizować ryzyko dla stron trzecich.

4.1 Odpowiednie zachowanie w razie wypadku

Jeśli usterka jest spowodowana przez wypadek, kierowca powinien, przy zachowaniu spokoju i rozsądku, zastosować wszystkie środki, aby usunąć zakłócenia, zmniejszyć szkody i zapobiec kolejnym. Jeżeli nie można od razu zlikwidować zagrożenia, trzeba zabezpieczyć miejsce wypadku.

Trzeba zatrzymać pojazd, włączyć światła awaryjne i zabezpieczyć pojazd przed nieuprawnionym użyciem, a także zaciągnąć hamulec sprężynowy postojowy, aby pojazd nie odjechał. Przy opuszczeniu trolejbusu trzeba wyłączyć główny wyłącznik i usunąć w razie potrzeby odbierak prądu.

Ze względu na własne bezpieczeństwo kierowca powinien opuścić pojazd wyłącznie z założoną kamizelką odblaskową. Na drogach poza terenem zabudowanym, drogach ekspresowych i autostradach kierowcy są prawnie zobowiązani nosić kamizelki odblaskowe przy opuszczaniu pojazdu.

Po opuszczeniu pojazdu trzeba zabezpieczyć miejsce wypadku. W tym celu ustawia się trójkąt ostrzegawczy (należący do wyposażenia pojazdu) zgodnie z przepisami.



Dopiero potem osoby udzielające pierwszej pomocy przechodzą do strefy niebezpieczeństwa (to znaczy strefy wypadku) i wyprowadzają osoby biorące udział w wypadku poza tę strefę.

Jeżeli nie ma już niebezpieczeństwa dla osób biorących udział w wypadku i pomocników, można udzielić pierwszej pomocy i wezwać odpowiednie służby (policja – 997, pogotowie ratunkowe – 998, straż pożarna – 999, europejski numer alarmowy – 112). Ważne jest tutaj szczegółowe przedstawienie sytuacji wypadku.

Do zapisu wypadku trzeba zatrzymać osoby związane z wypadkiem i świadków, aby zebrać ich dane osobowe (nazwisko, adres, kontakt). Ponadto musi być wypełniony raport z wypadku i, w razie potrzeby, narysowany szkic z wypadku. Zdjęcia z miejsca wypadku mogą być przydatne jako dowód. Należy podać dane ubezpieczeniowe od osób uczestniczących w wypadku (firma ubezpieczeniowa, numer ubezpieczenia, karta ubezpieczenia). Ustalanie winy nie jest częścią raportu.

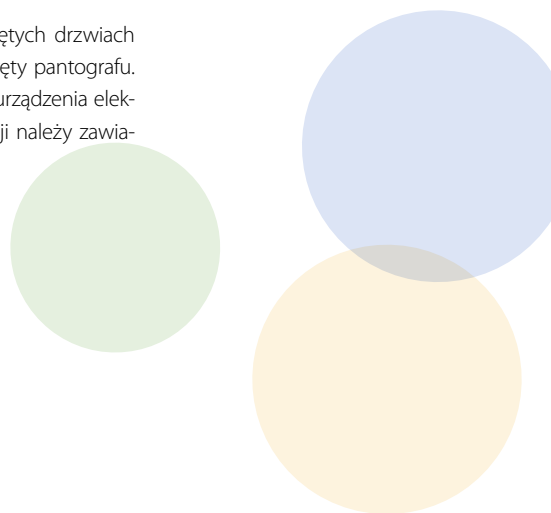
„Centrum kontroli odpowiada za poinformowanie właściwych służb o potrzebie udzielenia pomocy po wypadku lub konieczności usunięcia zagrożenia

Za poinformowanie centrum kontroli odpowiada kierowca trolejbusu, który prowadził pojazd, który uczestniczył w wypadku lub awarii, lub który pierwszy nie mógł kontynuować dalszej jazdy.”

4.2 Zachowanie w razie awarii pojazdu

Awaryje trolejbusu mogą mieć różne przyczyny i wymagać różnych środków. Jeżeli trolejbus musi zostać zatrzymany na trasie z powodu problemu technicznego, kierowca powinien zabezpieczyć pojazd i go pilnować. Trzeba zabezpieczyć trolejbus przed toczeniem za pomocą zaciągnięcia hamulca ręcznego, lub w razie awarii hamulca sprężynowego – przez podłożenie klinów. Ponadto trzeba wyłączyć główny wyłącznik i w razie potrzeby odłączyć pantograf. Kluczyki muszą być wyjęte i zatrzymane przez kierowcę.

W przypadku uszkodzenia izolacji trolejbusu trzeba przy zamkniętych drzwiach odłączyć główny wyłącznik. Następnie kierowca musi odłączyć pręty pantografu. Jeżeli podejrzewa się, że z powodu wypadku zostały uszkodzone urządzenia elektryczne, zabrania się podejmowania próby dalszej jazdy. O sytuacji należy zawiadomić centrum kontroli.



4.3 Holowanie

Holowanie powinno być realizowane ze szczególną ostrożnością. Nie wolno holować trolejbusu, w którym znajdują się pasażerowie. Na tyle holowanego trolejbusu powinien zostać zamontowany znak ostrzegawczy, wskazujący, że trolejbus jest holowany.

4.4 Zachowanie w razie pożaru

Gdy zauważy się pożar w trolejbusie, trzeba zatrzymać trolejbus w odpowiednim miejscu (w miarę możliwości poza tunelami) i go zabezpieczyć. Wyłączyć główny wyłącznik, jednak nie wolno wyłączyć systemu zasilania trolejbusu ani odłączyć zasilania akumulatorowego, gdyż uniemożliwiłoby to automatyczne otwarcie drzwi. Można wypuścić pasażerów zwalniając blokadę drzwi. Stwierdzić, czy są osoby ranne i wyprowadzić je ze strefy zagrożenia. Przez centrum kontroli zostaną przywołane służby ratunkowe.

Kierowca musi odłączyć pantograf i może – jeżeli to możliwe i rozsądne – podjąć próby gaszenia gaśnicami jeżeli jest to możliwe i może być skuteczne.

4.5 Zachowanie w razie zsunięcia pantografu z sieci trakcyjnej

Po stwierdzeniu zsunięcia pantografu z sieci trakcyjnej należy natychmiast się zatrzymać, uważając na pasażerów i ruch.

Pantograf, ślizgacze pantografu i sieć trakcyjna powinny być na miejscu zsunięcia się poddane kontroli wzrokowej. Zabrania się dotykać jednego pantografu, gdy inny jest jeszcze aktywny i podłączony do przewodu jezdnego. Ponadto zabronione jest wspinanie się na dach trolejbusu i dotykane zarówno elementów zasilających pojazdu, jak i sieci trakcyjnej.

Przed podłączeniem/odłączeniem pantografu należy wyłączyć główny wyłącznik. W trolejbusach, w których ręczny odłącznik / odciągacz pantografu znajduje się w kabinie pasażerskiej, wszystkie drzwi trolejbusu powinny być zablokowane. Tylko jedno drzwi należy otworzyć za pomocą przycisku awaryjnego. W ten sposób unika się przedwczesnego odblokowania wszystkich drzwi, którymi mogliby wyjść pasażerowie.

Na drogę publiczną wolno wejść tylko w kamizelce odblaskowej.

Aktywacja pantografu przez podłączenie do sieci trakcyjnej może odbyć się tylko za pomocą odpowiednich ręcznych odłączników / odciągaczy pantografu.

Każde zsuniecie pantografu z sieci trakcyjnej należy bezzwłocznie zgłosić centrum kontroli i odnotować w dzienniku pojazdu. W razie uszkodzeń trolejbusu, sieci trakcyjnej lub poszkodowania osób trzecich, poza zameldowaniem w centrum kontroli trzeba sporządzić pisemny raport. Pantografy z uszkodzoną głowicą nie mogą zostać podłączone. Przed dalszą jazdą trzeba czekać na instrukcje centrum kontroli.

4.6 Awaria (linii) sieci trakcyjnej

Ze względu na fakt, że między dwoma przewodami (dodatnim i ujemnym) może być pełne napięcie elektryczne, trzeba zachować szczególną ostrożność jeżeli część sieci trakcyjnej zwisa. Jeżeli istnieje niebezpieczeństwo kontaktu (innych użytkowników drogi) ze zwisającymi przewodami, kierowca pierwszego przybywającego trolejbusu jest odpowiedzialny za zabezpieczenie miejsca „awarii”. Zabrania się przybliżania się i dotykania zwisających części sieci trakcyjnej, a także przymocowywania do nich drutów bez zachowania odpowiednich środków bezpieczeństwa.

Jeżeli pojazd dotyka zwisających części sieci trakcyjnej, trzeba (za pomocą spokojnej perswazji) zapewnić, że pasażerowie pozostaną w pojeździe aż do przybycia pogotowia technicznego. Gdy jednak w tym samym czasie wybuchnie pożar w trolejbusie, trzeba przy pomocy centrum kontroli awaryjnie wyłączyć sieć. Jeśli nie można wyłączyć sieci, pasażerowie muszą – by zapobiec wyładowaniu łukowemu – wyskoczyć z trolejbusu, mając pewność, że jezdnia jest izolowana za pomocą odpowiednich materiałów (np. suche ubranie).



Gdy jakaś osoba ma bezpośredni kontakt z przewodem pod napięciem, można jej pomóc tylko przy pomocy przedmiotów nieprzewodzących prądu. Odciągnąć taką osobę, można tylko chwytając za jej ubiór. Ratownik, zanim zacznie odciągać tę osobę, musi upewnić się, że stoi na wystarczająco izolowanym podkładzie, np. karimacie, desce lub grubym suchym materiale. Dodatkowymi narzędziami do usuwania przewodów pod napięciem mogą być odłączniki / odciągacze pantografu i – jeżeli są dostępne – haki ratownicze z materiału nieprzewodzącego.



Jeżeli ze względu na utratę zasilenia elektrycznego nie można kontynuować jazdy, w razie możliwości powinno się wykorzystać własną prędkość (rozpęd), aby odstawić trolejbus tak, żeby nie przeszkadzał w ruchu drogowym. W razie potrzeby odłączyć pantograf. Trolejbusy z napędem pomocniczym kontynuują podróż korzystając z napędu alternatywnego.

Przy powtarzających się przerwach w dostawie prądu w krótkim czasie można spodziewać się przeciążenia zasilacza. W tej sytuacji trzeba kontynuować jazdę ze szczególną ostrożnością i przy zmniejszonej prędkości lub unikać równoczesnego ruszania z miejsca kilku pojazdów. Opcjonalnie, centrum kontroli może koordynować odjazdy i dostarczać indywidualne polecenia jazdy, aby unikać równoczesnego ruszania kilku pojazdów.

Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja, a także inne urządzenia pomocnicze powinny zostać wyłączone.

Jeśli pojazd (serwisowy) stoi z włączonymi światłami awaryjnymi przy sieci trakcyjnej, trzeba zatrzymać trolejbus w bezpiecznej odległości od pojazdu serwisowego. Kierowca trolejbusu musi nawiązać kontakt wzrokowy z personelem pojazdu serwisowego i podjąć dalszą podróż dopiero po otrzymaniu sygnału z pojazdu serwisowego, ewentualnie obecnego organu nadzorczego, lub otrzymaniu instrukcji centrum kontroli. Miejsce zagrożenia należy mijać zachowując najwyższą ostrożność. Prędkość może zostać zwiększona, gdy pantograf minie punkt zagrożenia i stan sieci trakcyjnej na to pozwoli.



5. Realizacja szkolenia

Szkolenie składa się z pięciu etapów. Celem szkolenia jest nauka ekonomicznego stylu jazdy i wdrożenie zdobytej wiedzy w codziennej jeździe w transporcie publicznym.

- **Wstęp i system funkcjonowania systemu „Trolejbus”**
- **Praktyczne prowadzenie pojazdów**
- **Ekonomiczny styl jazdy trolejbusem**
- **Praktyczne prowadzenie pojazdów, biorąc pod uwagę wnioski ekonomicznego stylu jazdy**
- **Aspekty bezpieczeństwa podczas kierowania trolejbusów**

Czas szkolenia wynosi 7 godzin.

Podczas części praktycznej zostanie mierzone zużycie energii za pomocą specjalnego oprogramowania, a następnie wykazane w protokole jazdy. W protokole, oprócz danych jazdy (długość, czas, średnia prędkość), będzie odczytywana również wartość energetyczna.

Dla ekonomicznej jazdy istotne są wyniki dotyczące zużycia energii dla całkowicie pobranej energii na przejechany kilometr i zużycie wynikające z jazdy na przejechany kilometr.

Jeżeli zużycie dzięki efektywniejszemu stylowi jazdy zmniejszyło się o 0,10 kWh, pokonanie 5 milionów kilometrów oznacza roczną oszczędność energii wynoszącą 500 000 kWh.

Nazwa Muster
Numer pojazdu 308
Data 01.06.2012

Parametry	Wartości
Mierzony czas	0,22 h
Odległość	5,83 km
Średnia prędkość (dla czasu, w którym prędkość nie wynosiła 0)	30,74 km/h
Energia pochłonięta (praca elektryczna) z sieci trakcyjnej	10,74 kWh
Energia odzyskana (praca elektryczna) z sieci trakcyjnej	2,07 kWh
Energia pochłonięta minus energia odzyskana	8,67 kWh
Energia zużyta przez napęd	10,07 kWh
Energia wytworzona przez napęd	3,58 kWh
Energia zużyta przez systemy pomocnicze	1,18 kWh
(system sterowania, sprzężarka, ładowanie baterii)	
Energia zużyta przez system grzewczy	0,00 kWh
Energia pochłonięta na kilometr	1,84 kWh/km
Energia odzyskana na kilometr	0,36 kWh/km
Energia pochłonięta na km minus energia odzyskana na km	1,49 kWh/km
Zużycie energii na km	1,11 kWh/km

Drücken: 09.12.2014

Podpis _____



Partnerzy ACTUATE

Konsorcjum ACTUATE składa się z pięciu operatorów transportu publicznego z **Salzburga** (Salzburg AG, Austria), **Brna** (DPMB, Republika Czeska), **Parmy** (TEP S.p.A., Włochy), **Lipska** (LVB, Niemcy) oraz **Eberswalde** (BBG, Niemcy), które już korzystają z pojazdów z napędem elektrycznym oraz Leipziger Aus- und Weiterbildungsbetriebe [Działania szkoleniowe i rozwojowe, Lipsk] (LAB), belgijskiego producenta autobusów **Van Hool** oraz **trolley:motion**, międzynarodowej organizacji promującej innowacyjne systemy autobusów elektrycznych o zerowej emisji (Austria). Projekt koordynuje **Rupperecht Consult GmbH** (Niemcy).



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Ekonomiczna jazda w transporcie publicznym

Są 3 nakazu, które należy spełnić, aby ekonomicznie prowadzić pojazd w transporcie publicznym:

Nakaz bezpieczeństwa

Wszystkie pozostałe nakazy są drugorzędne wobec nakazu bezpieczeństwa.

Nakaz punktualności

Punktualność w transporcie publicznym to podstawa i oznacza, że odjazd z przystanku nie jest ani przedwczesny, ani opóźniony.

Nakaz oszczędności

Ekonomiczna jazda oznacza minimalizację zużycia energii i dbanie o pojazd poprzez zastosowanie się do nakazu bezpieczeństwa i punktualności.

Podczas prowadzenia pojazdu w transporcie publicznym obowiązuje następująca kolejność: bezpieczeństwo stoi na pierwszym miejscu, później punktualność, a na końcu oszczędność.



5 złotych reguł energooszczędnej jazdy

- należy szybko przyspieszać;
- należy całkowicie unikać stanu utrzymywania;
- należy jak najczęściej stosować stan toczenia, równocześnie przestrzegając rozkładu jazdy;
- należy unikać niepotrzebnego hamowania, a energię odzyskiwać tylko za pomocą niezaużywających się hamulców elektrycznych;
- należy w przemyślany sposób korzystać z ogrzewania, klimatyzacji oraz systemu wentylacji, jeśli nie są one automatycznie kontrolowane i zoptymalizowane.

Bezpieczeństwo

Właściwe zachowanie w razie wypadku

Jeśli następstwem wypadku jest awaria, kierowca musi ze spokojem i rozsądkiem zastosować wszystkie środki eliminujące awarię, zmniejszające szkody lub pozwalające uniknąć dalszych szkód.

- zatrzymać pojazd i włączyć światła awaryjne;
- zabezpieczyć pojazd przed nieuprawnionym użyciem;
- zaciągnąć hamulec ręczny, aby zabezpieczyć pojazd przed toczeniem;
- jeśli to konieczne, zdjąć pantograf;
- ze względu na własne bezpieczeństwo kierowca powinien opuścić pojazd wyłącznie w kamizelce odblaskowej;
- zabezpieczyć miejsce wypadku/miejsce awarii;
- wyprowadzić z zagrożonej strefy uczestników wypadku;
- udzielić pierwszej pomocy i wezwać pomoc;
- sporządzić raport z wypadku, zatrzymać świadków i wymienić się danymi;

Centrum kontroli odpowiada za zawiadomienie właściwych służb w celu uzyskania pomocy po wypadku i usunięcia zagrożenia.

Za poinformowanie centrum kontroli odpowiada kierowca trolejbusu, który brał udział w wypadku lub awarii, lub który jako pierwszy nie mógł kontynuować jazdy.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union