

Rafał PODSIADŁO¹

ROZWIĄZANIA TECHNICZNE POCIĄGÓW WYKORZYSTUJĄCYCH LEWITACJĘ MAGNETYCZNĄ

W referacie przedstawiono rozwiązania techniczne napędu pojazdów wykorzystujących lewitację magnetyczną. Zaprezentowano dwa systemy napędu kolei Maglev.

CONSTRUCION VEHICLE WITH MAGNETIC LEVITATION

The paper shows basic information about movement possibility of vehicle with magnetic levitation. German and Japan systems were used for presentation.

1. WSTĘP

W dzisiejszych czasach kolej dużych prędkości nie kojarzy nam się tylko z koleją konwencjonalną, uzyskanie dużych prędkości dochodzących nawet do 450km/h pozwoliła osiągnąć kolej magnetyczna. Pierwsze badania związane z wykorzystaniem lewitacji prowadzone były przez niemieckiego inżyniera Hermanna Kempera w 1922 r. W roku 1934 opatentował swój wynalazek, a rok później przedstawił swoje odkrycie na rzeczywistym obiekcie.

Prace nad koleją magnetyczną rozpoczęte zostały przez Japonię i Niemcy, trwają one już prawie 40 lat. Pociąg wykorzystujący lewitację magnetyczną w porównaniu z konwencjonalnym pojazdem szynowym jest lżejszy. Pojazd magnetyczny nie posiada zestawów kołowych oraz silników elektrycznych co przyczynia się do zmniejszenia jego masy.

Dzięki sponsorowaniu przez rząd niemiecki od 1965 r. rozpoczęto badania wariantów rozwiązań z zawieszeniem elektrodynamicznym oraz z zastosowaniem magnesów trwałych w połączeniu z napędem za pomocą silników liniowych. Koniec lat siedemdziesiątych pozwolił opracować koncepcję obecnego systemu stosowanego w kolei Maglev.

Inżynierowie niemieccy dzięki wybudowaniu doświadczalnego odcinka w Emsland o długości 13,5 km mieli możliwość wykonywania jazd doświadczalnych na rzeczywistym obiekcie. Przeprowadzenie jazd doświadczalnych pozwoliło na znalezienie najlepszych rozwiązań technicznych i zakończenie pomyślnie testów trójczłonowego pojazdu TR08.

Prace związane z rozwojem kolei magnetycznej zostały również podjęte przez Japonię, które rozpoczęło w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Próby pierwszych pojazdów

¹Rafał Podsiadło, dr inż., Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, r.podsiadlo@pr.radom.pl

magnetycznych odbywały się na torze doświadczalnym w Myazaki. Inżynierowie Japońscy zastosowali elektromagnesy nadprzewodzące w przeciwieństwie do konwencjonalnych elektromagnesów jakie zastosowano w systemie niemieckim.

Dowodem możliwości używania pojazdów wykorzystujących technologię lewitacji jest pojazd eksploatowany w Chinach. W kraju tym zastosowano kolej magnetyczną do przewozu ludności pomiędzy Szanghajem a lotniskiem Pudong. Wybudowano odcinek liczący 30 km, zastosowano technologie niemiecką. Linia została uruchomiona w roku 2004, rozwijana prędkość dochodzi do 430km/h dzięki czemu odcinek 30 km pojazd pokonuje w 8 minut.

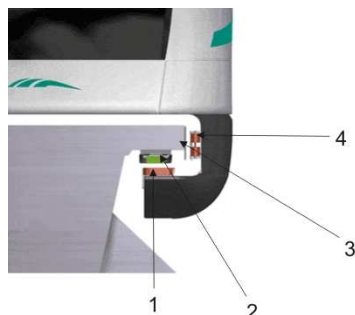
2. ZASADA DZIAŁANIA KOLEI NA PODUSZCZE MAGNETYCZNEJ

Kolej wykorzystująca lewitację magnetyczną porusza się nad torem, co przyczynia się do wyeliminowania kontaktu kół pojazdu z szyną. W tego typu pojazdach wykorzystano indukcyjny silnik liniowy, za pomocą którego następuje wprawienie pojazdu w ruch. Silnik taki rozwinięty jest w jednej płaszczyźnie, takie rozwiązanie pozwala na realizowanie przez silnik ruchu postępowego. Oczywiście ruch postępowy uzyskano dzięki zmianie rozmieszczenia uzwojeń silnika. W silniku obrotowym uzwojenia umieszczone są równoległe do osi obrotu wirnika. W silniku liniowym uzwojenia umieszczone są prostopadłe do kierunku ruchu. W przypadku pojazdów magnetycznych uzwojenie wtórne może być umieszczone na pojeździe, a uzwojenie pierwotne wzdłuż toru.

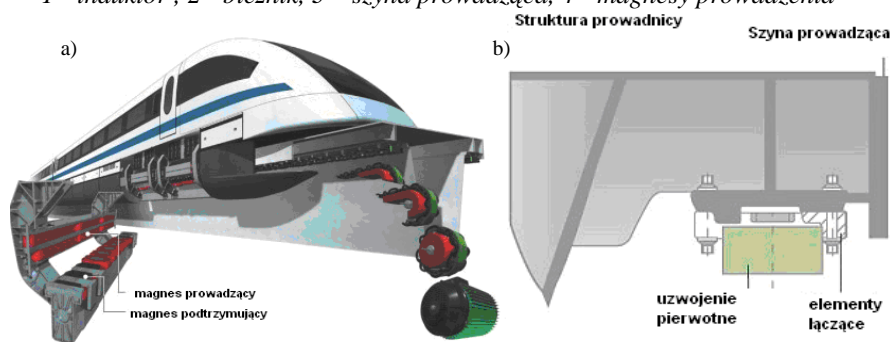
Siła pociągowa przenoszona jest bez występowania tarcia, wobec tego teoretycznie nie ma ograniczeń prędkości jazdy. Oczywiście umieszczenie uzwojeń może być realizowane w odwrotny sposób tzn. uzwojenie wtórne umieszczone wzdłuż toru a uzwojenie pierwotne na pojeździe. W tym przypadku energia elektryczna musi być dostarczana do pojazdu co jest utrudnione w przypadku bardzo dużych prędkości jazdy. [2]

2.1 NIEMIECKI SYSTEM TRANSPRAPH

W niemieckim systemie elektromagnesy umieszczono pod podłogą pojazdu, pomiędzy którymi realizowane są siły przyciągania. Na rysunku1 przedstawiono rozmieszczenie elektromagnesów w systemie Transrapid. W silniku liniowym w stosunku do silnika obrotowego zmienia się budowa stojana i wirnika, oraz nazewnictwo na bieżnik (część nieruchoma) i induktor (część ruchoma). Induktor oraz bieżnik umieszczono pod konstrukcją prowadzącą pojazd zapewniając podparcie pojazdu. Prowadzenie i utrzymanie pojazdu w pionie jest możliwe dzięki elektromagnesom które są umieszczone na ramie wspornika pojazdu.



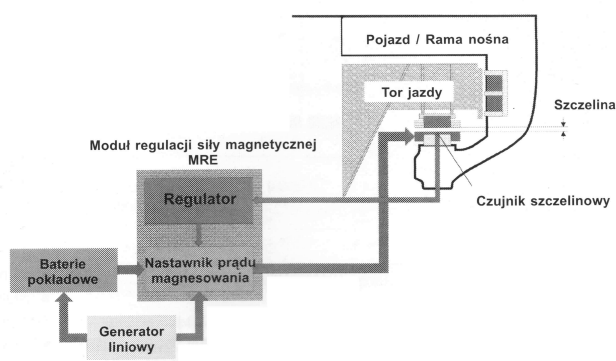
Rys. 1. Rozmieszczenie elektromagnesów w rozwiązaniu Transrapid [4]
1 - induktor, 2 - bieżnik, 3 – szyna prowadząca, 4 - magnesy prowadzenia



Rys.2. Rozmieszczenie uzwojeń silnika liniowego[4]
a) na pojeździe, b) na szlaku

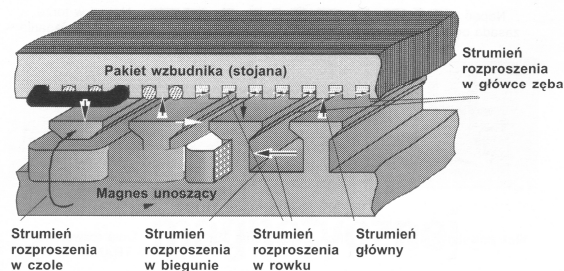
Na rysunku 2 przedstawiono rozmieszczenie uzwojeń na pojeździe oraz wzdłuż szlaku

Na rysunku 3 przedstawiono poglądowo techniczną realizację zasady unoszenia elektromagnetycznego zastosowaną w kolei Transrapid.



Rys. 3. Zasada unoszenia elektromagnetycznego kolei Transrapid [1]

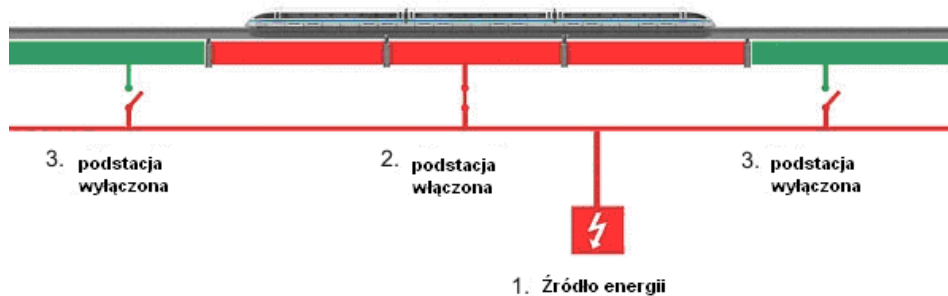
Magnesy unoszące i umieszczone w torze uzwojenie wzbudnika silnika tworzą tzw. „zintegrowany moduł unosząco-napędowy Transrapid”, którego przekrój pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Zintegrowany moduł unosząco-napędowy Transrapid [3]

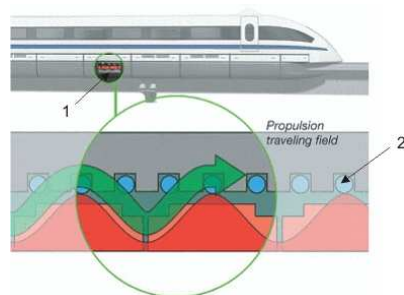
W celu realizacji napędu silnika liniowego należy doprowadzić do jego aktywnych elementów prąd przemienny o zmiennej częstotliwości i amplitudzie. Aby wytworzyć taką energię zastosowano przetwornice statyczne które zainstalowane zostały w podstacjach znajdujących się wzdłuż szlaku po którym porusza się pojazd. Takie rozwiązanie zasilania ma tę wadę, że w obszarze podstacji może znajdować się tylko jeden pojazd poruszający się w jednym kierunku gdyż każdy pojazd musi dysponować indywidualną energią pozwalającą mu na poruszanie się. Zasilanie podstacji realizowane jest oddzielnie, tzn. że zasilana jest ta podstacja na której znajduje się pojazd.

Wzdłuż linii poprowadzone są kable torowe równoległe do szlaku linii, zasilanie poszczególnych odcinków silnika liniowego realizowane jest poprzez połączenie kabla torowego z długim wzbudnikiem. Rozmieszczenie podstacji oraz sposób prowadzenia pojazdu przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Sposób prowadzenia pociągu magnetycznego [4]

1. podstacja trakcyjna, 2. sekcja włączona, 3. sekcja wyłączona

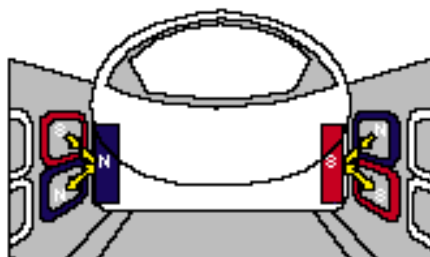


Rys. 6. Ruchome pole magnetyczne [4]
1. induktor, 2. bieżnik

Hamowanie pojazdu następuje dzięki zmianie kierunku działania pola magnetycznego z jednoczesnym oddaniem energii hamowania do sieci energetycznej [2].

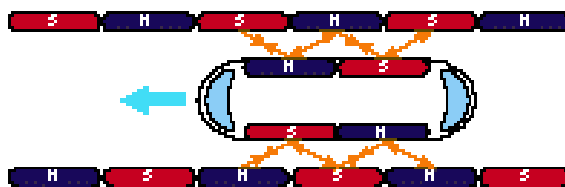
2.2 JAPOŃSKI SYSTEM JR CENTRAL

Konstrukcja japońskiego pojazdu oparta jest na elektrodynamicznej zasadzie podwieszania a nie jak to ma miejsce w przypadku rozwiązania niemieckiego na elektromagnetycznej zasadzie podwieszania.



Rys. 7. Zasada unoszenia w systemie japońskim [6]

Pojazd prowadzony jest w tzw. korycie, pomiędzy ścianami bocznymi a pojazdem powstają siły umożliwiające jego lewitację i prowadzenie. Na rysunku 7 przedstawiono zasadę unoszenia pojazdu. Po bokach pojazdu i prowadnic koryta umieszczono magnesy o biegunach S i N. Odpychanie dolnej części pociągu jest możliwe dzięki oddziaływaniu biegunów N umieszczonych w prowadnicy (korycie) i na pojeździe po lewej stronie układu. W taki sam sposób oddziałują na siebie bieguny S umieszczone po prawej stronie. Prowadzenie pojazdu jest możliwe poprzez oddziaływanie względem siebie bieguna N umieszczonego na pojeździe i S znajdującego się w bocznej ścianie koryta, po lewej stronie. Po stronie prawej oddziałują na siebie biegun S (umieszczony na pojeździe) oraz N umieszczony w ścianie koryta.

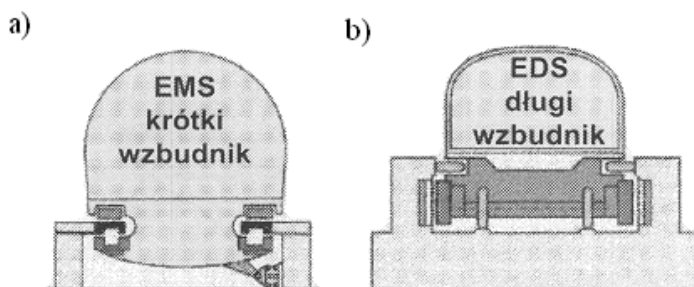


Rys. 8. Zasada napędzania pojazdu [6]

Pod wpływem przepływu prądu elektrycznego następuje zmiana namagnesowania biegunów w kolejnych uzwojeniach, to powoduje coraz szybszy ruch pojazdu. Na rysunku 8 przedstawiono zasadę napędzania pojazdu (widok z góry).

W Japonii występują dwa różne systemy kolei magnetycznej [3]:

- System MLU (obecnie unowocześniony) dla prędkości do 500 km/h stosuje się silnik liniowy z długim wzbudnikiem oparty na zasadzie zawieszania z odpychaniem (elektrodynamiczna technika podwieszania – EDS) przy zastosowaniu nadprzewodników magnetycznych;
- System HSST dla prędkości do 300 km/h zrealizowany na bazie silnika liniowego z krótkim wzbudnikiem, oparty na zasadzie zawieszania z przyciąganiem;



Rys. 9. Systemy Japońskiej kolei magnetycznej [3]

a) napęd w torze zasada przyciągania, b) napęd w torze zasada odpychania

Na rysunku 9 przedstawiono dwa systemy kolei japońskiej.

3. WNIOSKI

1. Rozwiązania techniczne kolei na poduszce magnetycznej zarówno w systemie niemieckim jak i w systemie japońskim eliminuje kontakt poprzez tarcie koła i szyny co w znacznym stopniu przyczynia się do zmniejszenia oporów ruchu w porównaniu do kolei konwencjonalnej.

2. Duże koszty budowy i utrzymania pojazdów Maglev powodują, że nie znajdują one zastosowania w najbliższej przyszłości.
3. Możliwość uzyskania dzięki lewitacji dużych prędkości dochodzących nawet do 500 km/h.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Marciniak. J „Kolejowe pojazdy szynowe nowych generacji”, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1998
- [2] Towpik K., Kolej magnetyczna, „Problemy Kolejnictwa”, 2004
- [3] Stephan Arnd, Transrapid: „Szybka kolej na poduszce magnetycznej, TTS nr 9, 1997
- [4] <http://www.transrapid.de>
- [5] http://www.rtri.or.jp/rd/maglev/html/english/maglev_frame_E.html