

# Geneza napędu elektrycznego w pojazdach szynowych

Historia kolei

29 stycznia 2021, Bydgoszcz

Bardzo trudno w sposób jednoznaczny określić datę narodzin taboru elektrycznego. Zwykło się przyjmować, że początek ery tego typu lokomotyw przypada na 1879 rok, kiedy to Ernst Werner von Siemens zaprezentował na wystawie w Berlinie, lokomotywę własnej konstrukcji, napędzaną silnikiem elektrycznym.

Bardzo mała, niekojarząca się z dzisiejszymi elektrowozami, była w stanie rozpędzić się jedynie do 7 km/h, lecz mimo to wywołała poruszenie wśród mieszkańców Berlina i w krótkim czasie przewiozła około 80 tys. ludzi. Od początku XX wieku kraje o wysoko rozwiniętej technologii dbały o rozwój trakcji elektrycznej. Ze względu na specyficzne warunki ruchu miejskiego, pod koniec XIX wieku, rozpoczął się intensywny rozwój miejskich kolei elektrycznych (tramwajów).



Ernst Werner von Siemens (1816-1892) - jeden z najwybitniejszych wynalazców z dziedziny elektrotechniki

## **Ciekawe, a jednak wadliwe**

Siemens nie był pierwszym wizjonerem. W latach poprzednich powstawały podobne konstrukcje, jak na przykład lokomotywa Thomasa Davenporta z 1834 roku, jednak ich niedoskonałość powodowała, że nie znajdowały szerszego uznania. Główną wadą konstrukcji Davenporta i jednocześnie różnicą w stosunku do pojazdu Siemens'a był sposób zasilania. Lokomotywa z Berlina zasilana była napięciem 150 V prądu stałego, pochodzącym z trzeciej szyny. Natomiast elektrowóz Davenporta energię czerpał z baterii, które szybko ulegały rozładowaniu, przez co zasięg pojazdu był bardzo niewielki. Podobną konstrukcję, pod nazwą „Galvani”, zaprezentował Robert Davidson w 1841 roku. Miała ona jednak identyczną wadę jak poprzednia, czyli zasilanie akumulatorowe, na co wskazywała nawet jej nazwa, pochodząca od nazwiska Luigiego Galvaniego, którego badania przyczyniły się do powstania pierwszej na świecie baterii.

Kolejną konstrukcją, kamieniem milowym w rozwoju elektrowozów, była lokomotywa Leo Dafta z 1883 roku. Jej nazwa - „Ampère” - również była hołdem oddanym wybitnemu uczonemu. Dwutonowa, dwuosiowa lokomotywa o mocy 30 KM, zasilana z trzeciej szyny, jako pierwsza na świecie pociągnęła standardowy wagon kolejowy. W związku z wieloma zaletami, które posiadał tabor elektryczny w stosunku do parowozów, bardzo szybko zyskiwał on na popularności. Przede wszystkim zużywał około pięciokrotnie mniej energii, przez co koszty transportu znacząco zmalały. Dodatkowo nie miał „ciężaru martwego”, czyli tendra (skrzyni służącej do przewozu węgla), zbiornika na wodę lub na paliwo płynne.

## **Szybki zwrot inwestycji w elektryfikację**

Co prawda, elektryfikacja linii kolejowych była inwestycją bardzo drogą, jednakże nakłady finansowe, które pochłaniała budowa sieci trakcyjnej, zwracały się w relatywnie niedługim czasie. Z tego właśnie względu elektryfikację rozpoczynano na liniach o dużym natężeniu ruchu, czyli takich, które najszybciej przynosiły wymierne korzyści, wynikające ze zmiany sposobu zasilania pojazdów. Rzecz jasna, były to przede wszystkim linie miejskie, ewentualnie prowadzące z sąsiednich miast do centrum aglomeracji. Ruch na trasach tego typu był bardzo duży, a gęsta sieć przystanków - co oczywiste - również sprzyjała elektryfikacji.

## **Szybkie, ekologiczne i ekonomiczne**

Lokomotywy elektryczne rozpędzały się do maksymalnej prędkości w bardzo krótkim czasie, a ponadto nie wymagały czasochłonnego rozruchu, jak w przypadku parowozów, gdzie pod kotłem trzeba było rozpalać ogień nawet kilkanaście godzin przed jazdą. Elektrowozy miały jeszcze jedną zaletę: nie emitowały zanieczyszczeń. Ponadto lokomotywy parowe wymagały - jako paliwa - wysoce kalorycznego, najwyższej jakości węgla, natomiast w elektrowniach do wytwarzania energii elektrycznej stosowano paliwo mniej wydajne, nie wspominając już o tym, że elektryczność można było pozyskać ze źródeł „czystych”, odnawialnych, jak na przykład elektrownie wodne.





Kolejka elektryczna Ernsta Wernera von Siemensa na Wielkiej Wystawie Przemysłowej w Berlinie w 1879 r.

## **Elektryczne - najlepsze rozwiązanie w terenie górskim**

Szerokie możliwości zastosowania taboru elektrycznego zaczęto dostrzegać również w miejscach, do których transportowanie węgla wiązało się z utrudnieniami. Zwłaszcza na terenach górskich, gdzie występowały liczne tunele (dym wydzielany przez parowóz mógł być niebezpieczny), a dostęp do energii elektrycznej z siłowni wodnych nie nastręczał problemów. Przykładem może być Szwajcaria – kraj przodujący w elektryfikacji, w którym szlaki o dużych nachyleniach oraz brak własnych zasobów węgla były przyczyną gwałtownego rozwoju tego sposobu zasilania.

## **Energia czerpana z trzeciej szyny**

Pierwsze elektryczne linie kolejowe nie współpracowały z taką napowietrzną siecią trakcyjną, jaką znamy współcześnie. Lokomotywa Siemens czy pierwsza linia tramwajowa w Berlinie z 1881 roku czerpały energię elektryczną z szyn. W przypadku pojazdu Siemens była to, podobna do dzisiejszej konstrukcji występującej w metrze, trzecia szyna, przez którą zasilanie doprowadzane było do silnika. Biegła pomiędzy tokami szynowymi, po których poruszał się pojazd. Pierwszy tramwaj zasilano inaczej, jednak też nie miało to nic wspólnego z napowietrzną siecią. Prąd doprowadzano do silnika bezpośrednio z torów, po których poruszał się skład. Jedna szyna była biegunem dodatnim, druga – ujemnym. Jak nietrudno się domyślić, rozwiązanie to znacząco odbiegało od doskonałości. Po pierwsze, trzeba było idealnie odizolować od siebie toki szynowe, co stanowiło problem, między innymi na rozjazdach, a po drugie – tak samo jak w przypadku „klasycznej” trzeciej szyny, mogło stwarzać niebezpieczeństwo dla ludzi. O ile w metrze owo zagrożenie właściwie nie występuje (pociągi poruszają się w podziemnych tunelach, do których osoby postronne nie mają dostępu), to w przypadku klasycznej naziemnej kolei tak bliska obecność szyny przewodzącej prąd może być bardzo niebezpieczna.

W efekcie powstawały nowe, lepsze rozwiązania. Pojawiły się pierwsze pantografy, mogące

współpracować z siecią trakcyjną zawieszoną w powietrzu. Konstrukcje te nie były doskonałe, ale w znacznym stopniu podniosły poziom bezpieczeństwa pasażerów. Górna sieć trakcyjna pozwoliła również na stosowanie większych napięć, a co za tym idzie – montowanie w pojazdach silników elektrycznych o większej mocy.

### **Problemy zasilania prądem stałym**

Pierwsze lokomotywy elektryczne zasilane były prądem stałym, co wynikało z faktu, że wcześniejsze konstrukcje tramwajowe zasilane były takim właśnie rodzajem prądu. W tamtych czasach nie znano jeszcze prądu przemiennego, a zaraz po jego wynalezieniu, jak to zwykle bywa w przypadku „wynalazków”, uczeni nie poznali jeszcze do końca nowego systemu zasilania i wykazywali wobec niego pewną dozę nieufności. Zazwyczaj więc stosowano prąd stały. Miało to jednak, oprócz zalet, kilka znaczących wad. Przede wszystkim prądu stałego nie można transformować, czyli zmieniać wartości jego napięcia za pomocą transformatora, jak ma to miejsce w przypadku prądu przemiennego. Tym samym przesyłanie względnie niskich napięć było bardzo uciążliwe ze względu na wielkość i wagę przewodów, gdyż wraz ze spadkiem napięcia, przewód doprowadzający zasilanie do lokomotywy musiał mieć większy przekrój, a co za tym idzie być cięższy, czyli droższy.

### **„Oddawanie” pobranej wcześniej energii**

Kolejny problem wynikał z niemożności znaczącego podniesienia napięcia prądu stałego, doprowadzanego do lokomotyw, ponieważ ówczesne materiały izolacyjne nie były w stanie skutecznie spełniać swojej roli powyżej pewnego określonego napięcia. Ponadto, jak wynika ze wzoru na moc elektryczną, jest ona równa iloczynowi oporu i kwadratu natężenia. Tak więc, wraz ze wzrostem natężenia prądu, rosły jednocześnie straty podczas przesyłu. Podnosząc napięcie w sieciach trakcyjnych prądu przemiennego, można było przesłać tę samą co do wartości moc, przy mniejszej wartości natężenia prądu, minimalizując straty przesyłowe. Jeszcze jedną, istotną korzyścią, wynikającą z wprowadzenia trakcji elektrycznej, jest rekuperacja energii elektrycznej. Zjawisko to polega na „oddawaniu” do sieci trakcyjnej, podczas hamowania, pobranej wcześniej energii. Dzieje się tak dlatego, że każdy silnik elektryczny może pracować jako prądnica. Wystarczy sprawić, aby wirnik, wcześniej napędzany energią elektryczną, wprowadzić w ruch, za pomocą toczących się już zestawów kołowych, a wtedy na stojanie wytworzy się napięcie i silnik zadziała w sposób odwrotny. Oczywiście tabor musi zostać wyposażony w specjalne urządzenia, pozwalające przesyłać odzyskaną energię z powrotem do sieci w taki sposób, aby inny pojazd, zasilany z tej samej linii, mógł z niej skorzystać. Nierzadko jednak dzieje się tak, zwłaszcza w starszych konstrukcjach, że odzyskana w procesie hamowania energia zostaje wytracona, czyli zamieniona na ciepło przez oporniki. Proces ten jest również jednym z systemów hamowania lokomotyw i działa podobnie do hamowania silnikiem w samochodach. Jako hamulec rekuperacja jest korzystna przede wszystkim dlatego, że nie ulegają zużyciu materiały, które powinny zatrzymywać skład przez tarcie o siebie (wstawki hamulcowe, tarcze itd.).





Lokomotywa elektryczna z odbierakiem pałkowym - I połowa XX w.

## Rozwój w zawrotnej szybkości

Rozwój pojazdów elektrycznych i systemów ich zasilania postępował w zawrotnym tempie. Już 24 lata po zaprezentowaniu przez Siemens innowacyjnej konstrukcji, lokomotywy napędzane energią elektryczną mogły rozwijać prędkości powyżej 200 km/h. Przykładem takiego elektrowozu był pojazd, który w 1903 roku na linii Zossen-Marienfelde osiągnął prędkość 203 km/h. Zasilano go prądem przemiennym, trójfazowym, o napięciu 10 tys. woltów. Niestety, budowa sieci trakcyjnej była bardzo skomplikowana i dlatego zrezygnowano z projektowania rozjazdu sieciowego. Każda z trzech faz wymagała osobnego przewodu. W związku z tym sieć trakcyjna składała się z trzech, biegnących równolegle do wagonu, linii, które dostarczały energię za pomocą trzech pantografów, zainstalowanych na dachu pojazdu. Konstrukcja ta oczywiście nie miała przyszłości, ale pokazała olbrzymi potencjał tkwiący w pojazdach kolejowych zasilanych energią elektryczną. Dalszy rozwój zasilania pojazdów szynowych prądem elektrycznym przebiegał już w sposób lawinowy. Zaczynano od elektryfikacji linii, na których inwestycja ta miała zwrócić się w najkrótszym czasie. Mowa tu przede wszystkim o trasach o bardzo dużym natężeniu ruchu oraz tych, biegnących w terenach górskich (w Szwajcarii linie zelektryfikowane są w 100%).

## Co kraj to obyczaj - różne systemy zasilania

Do dziś na świecie istnieje wiele sposobów zasilania kolei. Bardzo trudno określić, który z nich jest najlepszy. W Polsce stosuje się napięcie 3 tys. woltów prądu stałego. Jest to właściwie maksymalne napięcie, jakie można doprowadzać za pomocą sieci trakcyjnej, ze względu na wytrzymałość izolacji

silników oraz masywność przewodów jezdnych. Podobne systemy zasilania istnieją m.in. we Włoszech, Hiszpanii, Czechach czy na Słowacji. Jednym z najpopularniejszych napięć stosowanych w kolejnictwie jest obecnie 25 tys. woltów prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz. System ten ma tę ogromną zaletę, oprócz wspomnianej wcześniej możliwości transformacji napięcia, że jego częstotliwość odpowiada częstotliwości prądu w sieciach przemysłowych (w naszych domach w gniazdkach prąd również ma taką częstotliwość). Wymaga więc jedynie niewielu nieskomplikowanych podstacji trakcyjnych, a wysokość napięcia powoduje, że przesył energii odbywa się przewodami o małym przekroju (lekkimi) i z niewielkimi stratami. Zasilanie to stosowane jest na przykład na kolejach chińskich, brytyjskich, hiszpańskich czy japońskich. Jest ono również wykorzystywane do dostarczania energii dla kolei szybkich (TGV, Shinkansen, Pendolino).



Największa amerykańska lokomotywa elektryczna należąca do nieistniejącej już spółki Chicago, Milwaukee, St. Paul and Pacific Railroad zasilana prądem stałym o napięciu 3000 V - 1924

Oprócz wymienionych systemów stosuje się także wiele innych, jednak na znacznie mniejszą skalę. Wypada jeszcze wspomnieć o systemach 1500 woltów prądu stałego (np. w Australii, Francji, Indiach) oraz 15 tys. woltów prądu przemiennego o częstotliwości  $16 \frac{2}{3}$  Hz (np. w Niemczech, Norwegii, Szwecji, Szwajcarii). W licznych krajach na całym świecie nie funkcjonuje wyłącznie jeden system zasilania. Wiele państw stosuje różne napięcia, a nierzadko jednocześnie prąd przemienny i stały. Wymaga to jednak budowy kosztownych stacji transformatorowych, prostownikowych itd. oraz odpowiedniego taboru na wybranych liniach. Ten drugi problem jest często rozwiązywany dzięki eksploatacji pojazdów wielosystemowych, czyli takich, które mogą być zasilane różnymi typami napięć. Rzecz jasna, lokomotywy takie są konstrukcjami odpowiednio droższymi.

**Dane teleadresowe**

ul. Jana Matejki 1A

85-061 Bydgoszcz, Polska

tel.: [52 551 37 66](tel:525513766)

[www.quixi.pl](http://www.quixi.pl)