

Stefan Gierlotka  
KWK Wujek, Katowice

## NAPĘD ELEKTRYCZNYCH LOKOMOTYW DOŁOWYCH I JEGO ROZWÓJ W KOPALNIACH

### THE UNDERGROUND LOCOMOTIVES AND THEIR DEVELOPMENT

**Abstract:** In the article there was presented the history of coal-mine locomotives and their development. There were described characteristic types of the coal-mine locomotives used in the past till nowadays.

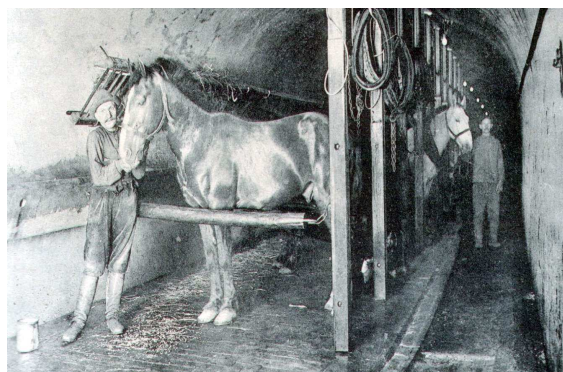
#### 1. Wprowadzenie

W górnictwie podziemnym do transportu urobku stosowano dawniej konie, napęd cieplny, pneumatyczny aż wreszcie elektryczność. Koń w kopalni mógł ciągnąć 12 – 15 wozów z prędkością 70 – 90 metrów na minutę. Dla transportu wozów po pochylniach o znacznym upadzie stosowany był kierat konny. Ostatni pracujący pod ziemią koń wyjechał z dołu kopalni soli w Wieliczce 2002 roku. Był to 16-letni koń, który przepracował na dole 13 lat.

#### 2. Lokomotywy z silnikami cieplnymi

W przewozie dołowym pierwsze lokomotywy z silnikami cieplnymi zastosowano w Anglii w połowie XIX wieku. Były to parowozy ze zwykłym węglowym paleniskiem. Lokomotywy napędzane parą nie dały zadowalających rezultatów, gdyż duże ilości wydzielanej pary i dymu pokrywały szyny tłustą sadzą co powodowało poślizg kół lokomotywy. Wyrobiska kopalni były zadymione co utrudniało ich wentylację. Przykładem może być lokomotywa systemu **Hönigmann'a** składała się z cylindrycznego kotła podzielonego ściankami na trzy części. Środkowa część kotła była największa i napełniana potasem lub sodą kaustyczną. Dwie części boczne kotła napełniano wodą. Boczne części tworzyły właściwy kocioł i były połączone z sobą rurami mosiężnymi. Parę wprowadzano do środkowej części kotła, w której znajdowała się soda kaustyczna. Pod wpływem gorącej pary ług sodowy nagrzewał się i oddawał ciepło wodzie znajdującej się w bocznych komorach. Zasada działania polegała na pochłanianiu pary wodnej o temperaturze wyższej od 130 °C przez potas lub sodę kaustyczną. Zachodząca reakcja powodowała intensyfikację pary do czasu, aż temperatura wrzenia ługu sodowego nie spadała poniżej temperatury granicznej. Wadą lokomotyw bez

dymnych była zmieniająca się siła pociągowa, która mogła podczas jazdy tak zmaleć, że lokomotywa zatrzymywała się. Nadal najtańszym środkiem transportu kopalnianego pozostawał napęd konny.



Fot. 1. Stajnia dołowa

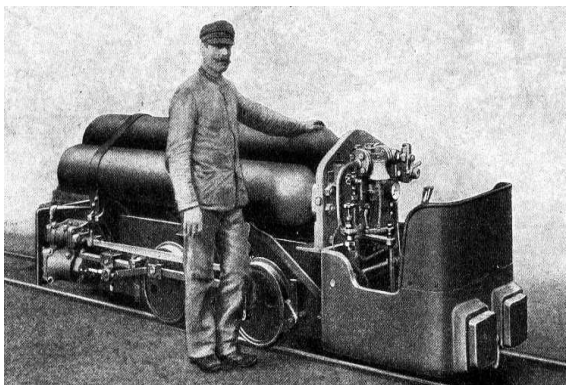
Rozwijający się przemysł pojazdów samochodowych z silnikami benzynowymi spowodował próby zastosowania tych silników w lokomotywach kopalnianych. Zasadniczą wadą tych lokomotyw było wydzielanie się trujących spalin do dróg wentylacyjnych oraz zagrożenie wybuchem benzyny. Zdecydowało to o zaprzestaniu stosowania w lokomotywach dołowych silników benzynowych. Konkurencją dla silników benzynowych stanowił skonstruowany w 1897 roku silnik Diesela napędzany ropą naftową. Pierwsze konstrukcje lokomotyw dołowych z silnikami Diesela o mocy do 30 KM [22 kW] powstały w Wielkiej Brytanii. Stosowane w lokomotywach dołowych silniki Diesela posiadały całkowite spalanie paliwa, a wydech spalin odbywał się przez filtr wodny.

#### 3. Napęd pneumatyczny w lokomotywach

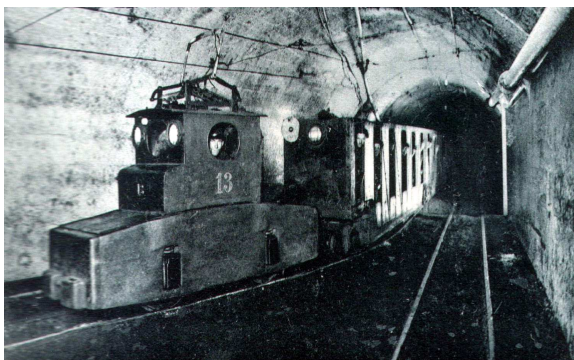
Lokomotywy z silnikami pneumatycznymi zostały pierwszy raz zastosowane przy drażeniu tuneli alpejskich. Budowę lokomotyw z silni-

kami pneumatycznymi o ciśnieniu roboczym 16–18 at [1,6–1,8 MPa] rozpoczęto w 1908 roku. W polskich kopalniach węgla stosowano dwa rodzaje lokomotyw napędzanych silnikami pneumatycznymi: lokomotywy chodnikowe o mocy od 30 do 70 KM [22 do 52 kW] oraz lżejsze lokomotywy przodkowe o mocy od 10 do 20 KM [7,5–15 kW]. Na podwoziu lokomotyw instalowano kilka zbiorników w kształcie butli o pojemności 1,5 do 2,5 m<sup>3</sup>. W zbiornikach ciśnieniowych lokomotywy sprężano powietrze do ciśnienia 200 at [20 MPa]. Lokomotywa o mocy 40 KM [30 kW] i sile pociągowej do 1000 kG [10 kN] poruszała się z prędkością do 14 km/h. Zużywała około 1 m<sup>3</sup> na 1 tkm (tonokilometr).

Warto też wspomnieć o próbach stosowania lokomotyw napędzanych energią gromadzoną w kole zamachowym. Ciężkie koło zamachowe lokomotywy było rozpędzane w zajezdni lokomotyw poprzez sprzęgło napędu silnika elektrycznego. Energia kinetyczna zawarta w wirującym kole zamachowym pozwalała na jazdę pociągu. Próby z takimi lokomotywami prowadzono w pięćdziesiątych latach w Związku Radzieckim, lecz nie rozpowszechniły się.



Fot.2. Lokomotywa z napędem pneumatycznym



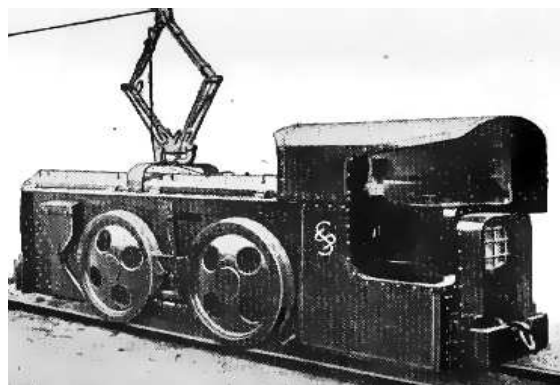
Fot.3. Elektryczna lokomotywa na dole w 1929 roku

#### 4. Napęd elektryczny lokomotyw

Pierwszą lokomotywę elektryczną zastosowano w przewoźnictwie dołowym w kopalni węgla Zankerode koło Drezna w 1882 roku. Na Śląsku pierwszą lokomotywę elektryczną uruchomiono w kopalni Hohenzollern *Szombierki* w 1883 roku. Do napędu pierwszych lokomotyw zastosowano silnik elektryczny prądu stałego o mocy 10 KM [7,36 kW]. Lokomotywa poruszała się z prędkością do 12 km/h.

W śląskich kopalniach do 1913 roku liczba lokomotyw elektrycznych wzrosła do 37. Były to lokomotywy napędzane silnikami szeregowymi prądu stałego o mocy od 7,5 kW do 22 kW. W okresie I wojny światowej w podziemiach śląskich kopalń pracowało już ponad 200 przewodowych lokomotyw elektrycznych o mocach do 32 kW.

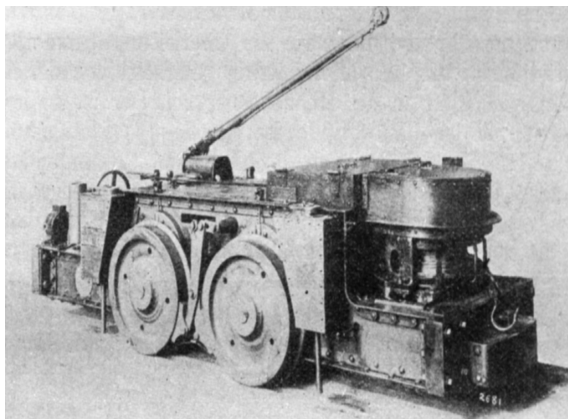
W okresie międzywojennym w kopalniach pracowały lokomotywy wyprodukowane przez firmy: AEG, Klemm Dressler, SSW, Greenbat, Westinghouse oraz Metro-Vickers (Anglia). W 1938 roku lokomotywy napędzane silnikami elektrycznymi stanowiły 78% wszystkich pracujących lokomotyw na dole. Moc zainstalowana w lokomotywach elektrycznych wynosiła 23076 kW. W 1946 roku sprowadzono do polskich kopalń lokomotywy amerykańskie. Charakterystyczną cechą lokomotyw amerykańskich był brak kabiny maszynisty.



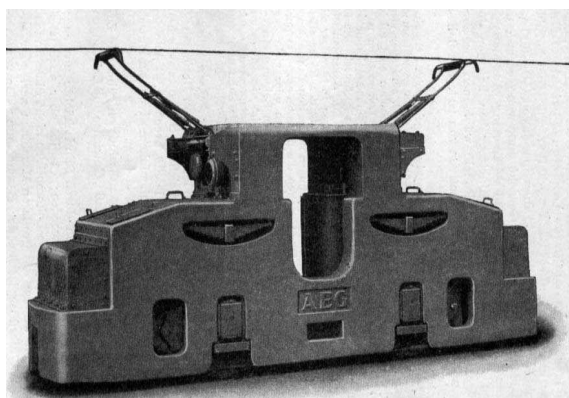
Fot.4. Dawna lokomotywa firmy SSW

W latach dwudziestych XX wieku powstały konstrukcje lokomotyw dołowych z kołowrotem kablowym. Lokomotywy takie mogły pracować w wyrobiskach chodnikowych z zainstalowaną siecią trakcji elektrycznej, jak również wjeżdżać do chodników bocznych bez sieci trakcyjnej. Było to bardzo przydatne przy transporcie materiału do przodka drążonego chodnika. Jazdę lokomotywy do przodka bez trakcji umożliwiał zwinięty na kołowrocie ka-

bel, z którego zasilano silniki. Zacisk na końcu kabla zawieszano na drucie jezdnym lub wtykano do specjalnych gniazd wtykowych zainstalowanych przy skrzyżowaniu z chodnikiem bocznym. Przy ruchu powrotnym lokomotywy kabel zwijany był na bęben kołowrota, za pomocą specjalnej przekładni napędzanej z kół lokomotywy lub dodatkowym silnikiem. Długość kabla zasilającego lokomotywę wynosiła do 250 m.



Fot.5. Lokomotywa dołowa z kołowrotem kablowym



Fot.6. Dawna lokomotywa dołowa produkcji AEG

W pierwszej połowie XX wieku stosowano w Polskich kopalniach wiele różnych wartości napięć do zasilania silników lokomotyw i urządzeń trakcyjnych. W kopalni Szombierki stosowano napięcie 350 V, w kopalni Wirek 450 V, a w kopalni Paryż 600 V. Najwięcej jednak pracujących lokomotyw było zasilane napięciem stałym 220 V.

W Polsce Ludowej w ramach realizacji 6-letniego planu gospodarczego podjęto zadania usprawnienia transportu dołowego. Ujednolicono systemy zasilania, przyjmując dla trakcji dołowej napięcie 250 V. Pierwsze lokomotywy

dołowe typu Ld wyprodukowano w 1951 roku w Chorzowskiej Wytwórni Konstrukcji Stalowych KONSTAL w Chorzowie. Opracowania konstrukcyjne dotyczyły trzech typów lokomotyw: typ Ld 1 o masie 7 ton i mocy 34 kW dla torów o prześwicie poniżej 600 mm, typ Ld 2 o masie 10 ton i mocy 46 kW dla torów o prześwicie 600 mm oraz typ Ld 3 o masie 14 ton i mocy 83 kW dla torów o prześwicie powyżej 785 mm. W lokomotywach instalowano dwa silniki szeregowe prądu stałego o mocach 17 kW, 23 kW oraz 41,5 kW. Stanowisko maszynisty wyposażone było w: nastawnik pracy lokomotywy, główny wyłącznik zasilania, zwiernik przewodu ślizgowego z szynami, ręczny hamulec korbowy, bezpiecznik topikowy dla zabezpieczenia przed skutkami zwarcia, przełącznik od oświetlenia, urządzenie do ściągania odbieraka prądu, dźwignia od piasecznic oraz dzwon sygnałowo ostrzegawczy. Lokomotywy ciągle doskonalono i powiększono ich typoszereg. Średnia żywotność lokomotywy dołowej dochodziła do 55 lat.



Fot.7. Lokomotywa elektryczna typ Ld 21

Duża liczba wypadków porażen prądem od urządzeń trakcyjnych zainicjowała próby wdrożenia napięcia przemiennego do zasilania lokomotyw dołowych. W Związku Radzieckim w latach pięćdziesiątych XX wieku prowadzono doświadczenia z lokomotywą o mocy 19 kW, zasilaną jednofazowym prądem przemiennym o napięciu 380 V. Głównym celem badań było wprowadzenie wyłączników ochrony przeciwporażeniowej w trakcji dołowej. Pomimo dużego zaangażowania w prace badawczo-wdrożeniowe, nie osiągnięto spodziewanych wyników, głównie z uwagi na zwiększone spadki napięcia w sieci trakcyjnej spowodowane reakcją sieci.



Fot.8. Zajezdnia lokomotyw na dole

W kopalniach oprócz lokomotyw przewodowych, zasilanych z elektrycznej sieci trakcyjnej rozpowszechnione zostały lokomotywy akumulatorowe. Znalazły one zastosowanie przede wszystkim na drogach przewozowych o zagrożeniu wybuchu gazów lub pyłów. Pierwsze lokomotywy elektryczne zasilane z akumulatora pojawiły się na Śląsku już w początkach XX wieku. Lokomotywa składała się z ciągnika i tendera, który zawierał baterię akumulatorów kwasowych. Lokomotywy akumulatorowe budowano o mocy od 8 do 20 KM, które osiągały prędkość do 7 km/h. Zużycie energii wynosiło około 0,4 kWh na tonokilometr. Konstrukcje lokomotyw akumulatorowych przez lata były doskonalone jak również ich źródła zasilania. Powszechnie stosowaną w kopalniach lokomotywą akumulatorową jest znany do dziś słynny Karlik. W 1994 roku w polskich kopalniach głębinowych pracowało około 2600 lokomotyw elektrycznych przewodowych oraz 650 lokomotyw akumulatorowych.

Rozruch oraz regulację prędkości lokomotyw z silnikami typu szeregowego uzyskiwano przez zmianę rezystancji włączanej w obwód silników. Zmiana wartości rezystancji odbywała się przy zastosowaniu nastawników. Dla regulacji momentu rozruchowego lokomotywy i nadania pociągowi odpowiedniego przyspieszenia zmieniano układ połączeń silników z szeregowego na równoległy. Rozwój elementów półprzewodnikowych sprawił, że w 1965 roku rozpoczęto prace konstrukcyjne nad lokomotywami z tyrystorowym układem sterowania silników trakcyjnych. Prace prowadzone były przez firmy ASEA, Siemens i Westinghouse, a w kraju przez Instytut Elektrotechniki w Warszawie, ZKMPW i AGH. Prace naukowo-badawcze nad rozwojem lokomotyw elektrycznych dla kopalni prowadzone były w ZKMPW a

następnie w ośrodku EMAG w Katowicach. Do rozwoju napędu tyrystorowego w lokomotywach dołowych przyczyniła się firma ELSTA w Wieliczce, która opracowała i wdrożyła układ typu TUSDELK umożliwiający modernizację tradycyjnego układu napędowego. Układ ten oprócz bezstopniowego rozruchu i płynnej regulacji prędkości lokomotywy stwarzał możliwość elektrycznego hamowania dynamicznego.



Fot.9. Lokomotywa Ld 21

W pierwszym dziesięcioleciu XX wieku źródłem zasilania sieci trakcyjnej były przetwornice elektromaszynowe. W okresie międzywojennym przetwornice elektromaszynowe zasilające urządzenia trakcyjne rozpoczęto zastępować urządzeniami prostownikowymi typu rzęciowego. Stosowano prostowniki trój lub sześćcioanodowe. W 1951 roku w zakładzie KATODA w Łodzi uruchomiono krajową produkcję prostowników rzęciowych, typu PRO-6 o mocy 150 kW. Do zapłonu prostownika stosowana była ruchoma anoda zapłonowa. Prostowniki te zasilane były z transformatorów olejowych typu TONZ-176 produkowanych przez Mikołowską Fabrykę Transformatorów. W latach sześćdziesiątych opracowano w zakładzie ZKMPW automatyczną przewoźną stację prostownikową typu: APSPa -250/6 o mocy 250 kW oraz APSPb -100/6 o mocy 100 kW. Układ prostowniczy w stacji stanowiły diody krzemowe.

Produkcję automatycznych przewoźnych stacji prostownikowych typu APSP dla trakcji dołowej o napięciu 250V podjęła w 1964 roku Fabryka Transformatorów MEFTA w Mikołowie

## 5. Podsumowanie

Zdolność wydobywca kopalni w dużym stopniu uzależniona jest od możliwości przewozu urobku z pól wydobywczych do szybów. Roz-

wój lokomotyw elektrycznych dla trakcji dołowej pozwolił na wzrost dynamiki wydobycia w kopalniach oraz prowadzenie eksploatacji pokładów węgla znacznie oddalonych od szybów wydobywczych.

### **Literatura**

- [1]. Bansen H.: Die Streckenförderung. Berlin 1921.
- [2]. Fritzsche C.: Lehrbuch der Bergbaukunde. Erste Band. Berlin / Heidelberg 1961.
- [3]. Gluziński W.: Energia w kopalniach węgla kamiennego. Katowice. Wyd. Śląsk 1970.
- [4]. Kulejew S.: Elektryczność w górnictwie polskim. Przegląd Elektrotechniczny 1938, nr 10.
- [5]. Szczucki F.: Energoelektroniczny układ sterowania lokomotyw dla przewozu podziemnego. Przegląd Elektrotechniczny 1978, nr 11.
- [6]. Szklarski L.: Trakeja elektryczna w kopalni. Wydawnictwo Górniczo Hutnicze. Stalinogród 1954 r.