

Przemysław Deja, Rafał Konsek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

BADANIA SIŁY UCIĄGU LOKOMOTYWY DOŁOWEJ Ld-31EM W WARUNKACH KOPALNIANYCH

TESTS OF DRIVING SYSTEM OF Ld-31EM UNDERGROUND LOCOMOTIVE IN MINE CONDITIONS

Streszczenie: Zaprojektowaną w KOMAG-u i produkowaną przez firmę Energomechanik ze Strzelca Opolskich dołową lokomotywę elektryczną Ld-31EM wyposażono w dwie niezależne jednostki napędowe, napędzane silnikami z magnesami trwałymi o mocy 60kW i zasilanymi z przekształtników energoelektronicznych. Nowoczesne rozwiązanie napędu, w oparciu o bezszczotkowe silniki z magnesami trwałymi oraz mikroprocesorowy układ sterowania, zostało wysoko ocenione przez użytkowników. W artykule przedstawiono wyniki badań siły uciągu lokomotywy dołowej Ld-31EM w warunkach podziemnych wyrobisk KWK PIAST w Bieruniu i porównano w parametrach deklarowanych przez producenta.

Abstract: Ld-31EM underground electric locomotive, which was designed at KOMAG and manufactured by Energomechanik company in Strzelce Opolskie, was equipped with two independent drive units with motors with permanent magnets of power 60 kW supplied from power electronic converters. State-of-the-art drive solution, which is based on brushless motors with permanent magnets and microprocessor control system, was praised by the users. Results of testing the pulling force of Ld-31EM underground locomotive in conditions of underground workings in Piast Colliery in Bierun are presented and compared with parameters declared by the manufacturer.

Słowa kluczowe: lokomotywa dołowa, napęd elektryczny, silnik z magnesami trwałymi
Keywords: underground locomotive, electric drive, motors with permanent magnets

1. Wstęp

Zaprojektowana w KOMAG-u i produkowana przez firmę Energomechanik ze Strzelca Opolskich dołowa lokomotywa elektryczna Ld-31EM jest zmodernizowaną wersją powszechnie stosowanych w polskim górnictwie podziemnym lokomotyw zasilanych z przewodu trakcyjnego.

Napęd lokomotywy opracowano z zastosowaniem bezszczotkowych silników z magnesami trwałymi typu PMPg 250L produkcji KOMEL, zasilanych z przekształtników energoelektronicznych oraz układu sterującego jej kierunkiem jazdy oraz prędkością. Każdy zestaw kołowy napędzany jest niezależnie. Lokomotywę wyposażono w nowoczesny system sterowania. W skład systemu wchodzi: pulpit operatorski wyposażony w centralny sterownik oraz koncentratory sygnałów.

Pierwszy egzemplarz lokomotywy Ld-31EM wdrożono w KWK PIAST w Bieruniu. Lokomotywę zlokalizowano na poziomie 650m w zajezdni elektrowozów, w pobliżu szybu nr I, z przeznaczeniem do wykonywania prac transportowych z rejonu szybu do punktów zdawczo-odbiorczych.

W artykule przedstawiono wyniki badań siły uciągu lokomotywy, jakie przeprowadzono w podziemnych wyrobiskach KWK PIAST w Bieruniu i porównano w parametrach deklarowanych przez producenta.

2. Charakterystyka lokomotywy Ld-31EM

Lokomotywa Ld-31EM (rys.1) jest konstrukcją jednobryłową, z kabiną operatora usytuowaną w środkowej części maszyny. Kabinę zaprojektowano zgodnie z wymogami dotyczącymi ergonomii [1]. Zastosowano nowoczesne bezszczotkowe silniki z magnesami trwałymi [7], co w istotny sposób wpływa na poprawę parametrów ruchowych lokomotywy, w tym zwiększenie siły uciągu. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry techniczne silnika napędowego lokomotywy Ld-31EM.

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne silnika napędowego lokomotywy [5]

Typ	PMP 250L
Rodzaj pracy	S2 – 60min
Moc znamionowa	60 kW
Prąd znamionowy	312A
Współczynnik mocy	0,96
Sprawność	93%
Prędkość obrotowa	1080 obr./min
Moment znamionowy	550Nm
Przeciążalność momentem	3,0
Masa	572kg

Do regulacji prędkości oraz zmiany kierunku jazdy lokomotywy zastosowano przekształtniki energoelektryczne. Niezależne jednostki napędowe mogą pracować w parze lub pojedynczo. Dzięki temu, w razie awarii jednego napędu, lokomotywa może się nadal poruszać.



Rys. 1. Lokomotywa dolowa elektryczna Ld-31EM [3]

Hamowanie lokomotywy Ld-31EM odbywa się elektrycznie za pomocą silników (hamowanie główne). Dodatkowo lokomotywa wyposażona jest w hamulec awaryjno-postojowy wyzwalany energią siłowników sprężynowych [1]. Wyposażono ją w system kontroli sprawności maszynisty (w razie zasłabnięcia operatora spowoduje zatrzymanie maszyny). Układ sterowania posiada możliwość monitorowania i zapisu wybranych parametrów pracy oraz zawiera system blokad, zgodny z obowiązującymi przepisami.



Rys. 2. Pulpit sterowniczy lokomotywy Ld-31EM [3]

Obwody główne zasilane są napięciem 250V prądu stałego z sieci przewodowej, natomiast obwody sterowania, oświetlenia i diagnostyki napięciem 12V DC. Oprócz sterowania lokalnego, w obrębie stacji załadowniczej lub wywrotu, przewidziano możliwość sterowania radiowego. W tabeli 2 przedstawiono podstawowe parametry lokomotywy.

Tabela 2. Podstawowe parametry techniczne lokomotywy Ld-31EM [6]

Prędkość jazdy z obciążeniem (max)	do 5 m/s
Siła pociągowa	do 38kN
Napięcie w sieci trakcyjnej	250 V /DC
Moc silników	2x60 kW
Najmniejszy promień krzywizny toru (łuku)	19 m
Długość między zderzakami	do 5800 mm
Szerokość	1200
	(tor 450-750)
	1350 (tor 785-900)
Wysokość (od główki szyny do końca dachu kabiny)	1700 mm
Masa	do 14000 kg

Charakterystyczne cechy lokomotywy to:

- zwarta i modułowa budowa,
- nowoczesne, ergonomiczne sterowanie elektryczne,
- możliwość dostosowania konstrukcji i wyposażenia do wymagań konkretnego odbiorcy.

3. Badania siły uciągu w warunkach rzeczywistej pracy

Badania siły uciągu przeprowadzono w podziemnych wyrobiskach KWK PIAST w Bieruniu (rys.3).



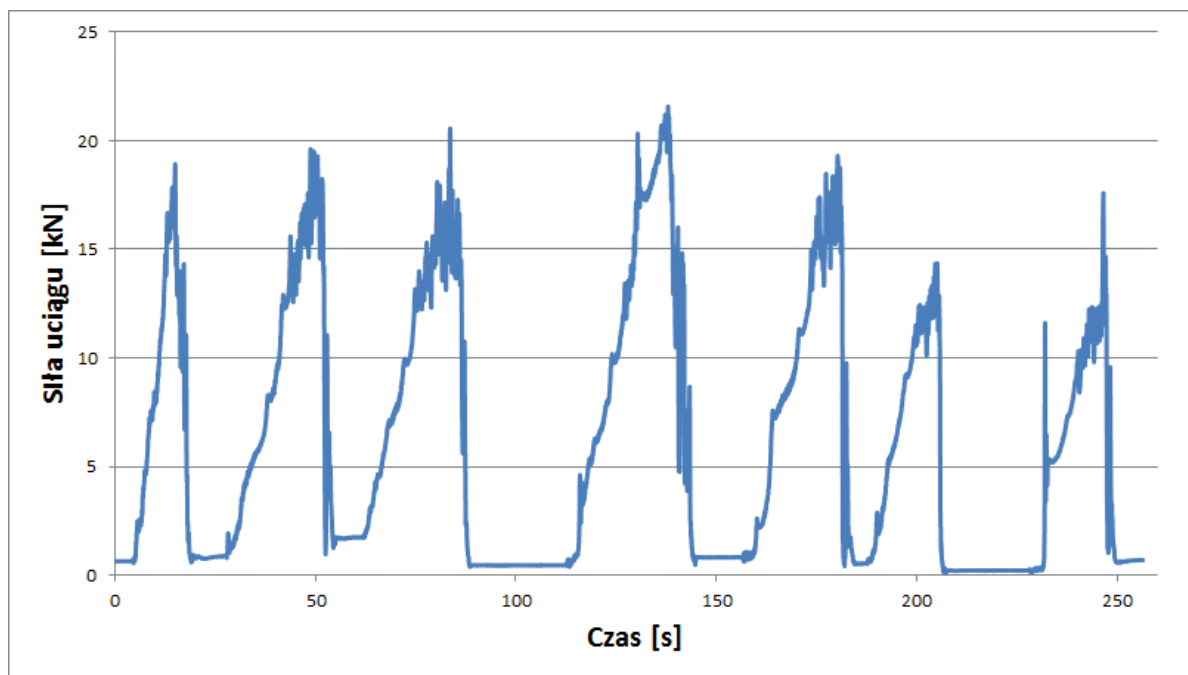
Rys. 3. Widok lokomotywy Ld-31EM połączonej z dwiema lokomotywami Ld-21 stanowiącymi obciążenie [3]

Obciążenie stanowiły dwie lokomotywy trakcyjne typu Ld-21 z załączonym hamulcem postojowym. Badania przeprowadzono dokonując rozruchu lokomotywy do momentu wystąpienia poślizgu kół z szyną. Pomiaru siły uciągu wykonano przy użyciu tensometrycznego przetwornika siły włączonego pomiędzy lokomotywę Ld-31EM, a lokomotywy stanowiące obciążenie (rys.4).



Rys. 4. Widok umiejscowienia przetwornika siły [3]

Uzyskane wyniki przedstawiono na rys.5. Można stwierdzić, że siła pociągowa lokomotywy Ld-31EM w warunkach kopalnianych wynosiła 20kN. Producent lokomotywy podaje natomiast, że maksymalna siła pociągowa lokomotywy wynosi 38kN. Tak spora różnica wynika ze stanu powierzchni szyn. Szyny podczas badań w warunkach rzeczywistych były wilgotne, skorodowane i zanieczyszczone pyłem węglowym i kamiennym (rys.6). Skutkiem tego współczynnik przyczepności pary ciernej stal-stal był mały.



Rys. 5. Przebiegi czasowe siły uciągu podczas ruszania lokomotywy LD-31EM [3]



Rys. 6. Stan nawierzchni szyn podczas badań [3]

Współczynnik przyczepności Ψ [4] przyczepności dla takiego stanu nawierzchni szyn może wynosić od $\Psi=0,10$ do $0,14$. W celu weryfikacji otrzymanych wyników badań wykonano obliczenia wg wzoru (1):

$$F_p = m \cdot g \cdot \Psi \quad (1)$$

F_p – siła pociągowa [kN],
 m – masa lokomotywy (14t),
 g – przyspieszenie ziemskie ($9,81 \text{ m/s}^2$),
 Ψ – współczynnik przyczepności (przyjęto $0,14$).

$$F_p = 14 \cdot 9,81 \cdot 0,14 \approx 20 \text{ kN}$$

Wg wzoru (1) można również określić współczynnik przyczepności, jaki założył producent dla siły 38 kN :

$$\Psi = 14 / (9,81 \cdot 0,14) = 0,27$$

Obliczona wartość współczynnika przyczepności odpowiada, zgodnie z [4] (tablica 12.1) - warunkom szyny suchej posypanej piaskiem, czyli warunkowi najkorzystniejszego.

4. Podsumowanie

Warunki środowiskowe panujące w podziemnych wyrobiskach kopalni KWK Piast (wilgoć, zanieczyszczenie pyłem węglowym i kamiennym), w znacznym stopniu przyczyniają się do zmniejszenia współczynnika przyczepności pary ciernej stal-stal, co wpływa na niższą wartość siły uciągu lokomotywy. Przeprowadzone badania siły uciągu lokomotywy Ld-31EM, wykazały, że aby uzyskać siłę pociągową deklarowaną przez producenta, należało zbudować piasecznicę (rys.7).



Rys. 7. Piasecznica [3] 1 – dźwignia piasecznicy, 2 - zbiornik

Po zabudowaniu piasecznicy wystąpiła poprawa wartości siły uciągu do wartości deklarowanej przez producenta. Lokomotywa jest obecnie wykorzystywana do transportu materiałów do ścian wydobywczych, w tym sekcji obudowy zmechanizowanej.

5. Literatura

- [1]. Budzyński Z., Deja P.: *Nowa generacja napędów trakcyjnych lokomotyw kopalnianych*. Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, nr 79, str. 39-43, 2008.
- [2]. Kudela J., Krela J., Zamarlik B., Pawlicki D., Deja P., Suffner H.: *Doświadczenia z wdrażania lokomotywy Ld-31EM w KWK "Piast"*. KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 249-256.
- [3]. Suffner H., Dobrzaniecki P., Kaczmarczyk K., Deja P., Konsek R.: *Lokomotywa dołowa elektryczna Ld-31EM*. Praca statutowa ITG Komag 2014 (niepublikowana).
- [4]. Antoniak J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1976.
- [5]. Karta katalogowa silnika z magnesami trwałymi typu PMPg 250L nr CG-034001.
- [6]. www.energomechanik.pl
- [7]. Dukalski P., Gawron S., Dzikowski A.: *Wysokosprawne silniki z magnesami trwałymi w napędach górniczych*. Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, nr 2, str. 77-83, 2014.

Autorzy

mgr inż. Przemysław Deja
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG
 tel. 032-2374-480, pdeja@komag.eu

mgr inż. Rafał Konsek
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG
 tel. 032-2374-161, rkonsek@komag.eu