

Układy sterujące wąskotorowych lokomotyw powierzchniowych

mgr inż. Marek Majewski
mgr inż. Hubert Suffner
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule zaprezentowano rozwój układów sterowania wąskotorowych lokomotyw powierzchniowych z napędem spalinowym związany z wprowadzaniem autonomicznych układów sterowania. Omówiono ich przykładowe rozwiązania spełniające funkcje: zasilające, zabezpieczające, kontrolne i zarządzające.

Abstract:

Development of the control systems for narrow-gauge surface locomotives after implementation of autonomous control systems is presented. Sample solutions with feeding, protecting and controlling functions are discussed.

Słowa kluczowe: wąskotorowa lokomotywa spalinowa; układ sterujący, monitorowanie parametrów pracy

Keywords: narrow-gauge diesel locomotive, control system, monitoring of operational parameters

1. Wstęp

Wąskotorowe lokomotywy powierzchniowe są przeznaczone do prac na otwartych przestrzeniach zakładów górniczych, hutniczych, w cegielniach oraz w innych zakładach produkcyjnych. W lokomotywach wąskotorowych, w większości, są stosowane napędy spalinowe.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [5] ich użytkowanie, wymaga stosowania układów sterujących i kontrolujących, wpływających na bezpieczeństwo pracy. W maszynach tych, były stosowane do tej pory, urządzenia sterownicze oraz kontrolne, oparte przede wszystkim na przełącznikach oraz na wskaźnikach analogowych.

Konfiguracje układu sterowania do konkretnej maszyny były dostosowane do sposobu przekazywania napędu z silnika spalinowego na koła jezdne, realizowanego poprzez:

- zmiennik momentu (przekładnia mechaniczna i sprzęgło hydrokinetyczne),
- układ hydrostatyczny (pompy i silniki hydrauliczne),
- przekładnię elektryczną (silnik spalinowy sprzęgnięty trwale z generatorem synchronicznym lub prądu stałego oraz elektryczne silniki napędowe zarówno asynchroniczne, jak i prądu stałego).

W niniejszym artykule omówiono przykładowe układy sterujące lokomotyw powierzchniowych produkowanych w Polsce, na podstawie dokumentacji opracowanej w KOMAG-u. Zaprezentowano również kierunki ich rozwoju w oparciu o układy autonomiczne.

2. Układy sterujące wąskotorowych lokomotyw stosowanych na powierzchni kopalń

Prace rozwojowe nad wąskotorowymi lokomotywami powierzchniowymi podjęto w KOMAG-u w latach 80-tych XX wieku. W tym okresie w przemyśle wydobywczym istniało zapotrzebowanie na maszyny tego typu mające zastąpić dotychczas eksploatowane, między innymi typu WLs-40, produkowane przez „FABLOK” Chrzanów oraz Zakłady Cegielskiego w Poznaniu.



Rys. 1. Widok wnętrza kabiny lokomotywy WLs-40 [1]

Dokumentację lokomotywy WLs40 opracowano w Biurze Technicznym Fabryki Lokomotyw „FABLOK” w Chrzanowie w 1950 r. na bazie, produkowanej przed wojną, lokomotywy 1DK (niemieckiej firmy Deutz). W skład napędu wchodził silnik wysokoprężny S64L o mocy nominalnej 40 KM (moc szczytowa wynosiła 44 KM), produkowany w Andrychowie, połączony z czterobiegową skrzynią, wytwarzaną również na licencji niemieckiej firmy Deutz (rys. 1 i 2).



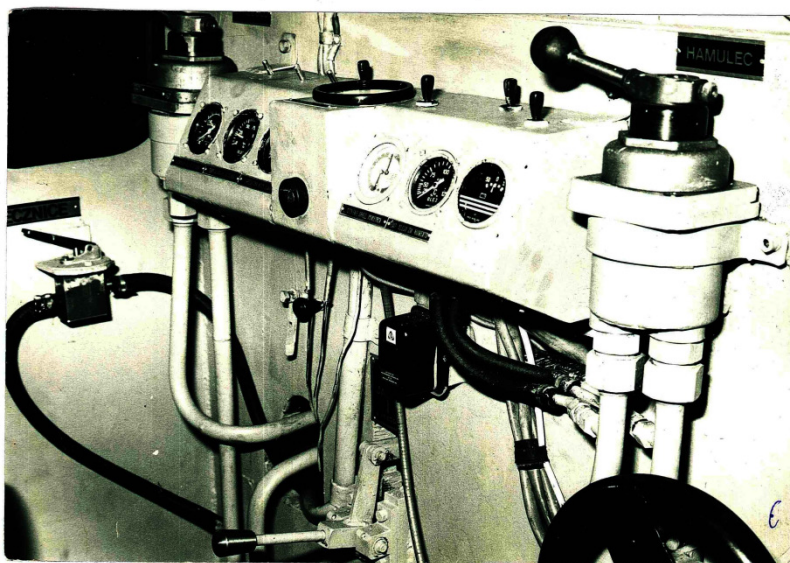
Rys. 2. Lokomotywa WLs-40 [1]

Napęd na koła był przenoszony za pomocą ślepego wału z korbami Halla i wiązarów (poziomych drągów stalowych łączących czop korbowy koła napędzanego silnikiem z czopami korbowymi kół napędowych). Lokomotywy WLs-40 stosowano głównie na trasach kolei przemysłowych, w cegielniach, kopalniach, cukrowniach i innych zakładach, rzadziej w zakładach leśnych. Niewielka ich ilość używana była przez wojsko.

Pierwszą konstrukcją lokomotyw o symbolu WLP-85 (rys. 3 i 4) opracowano w KOMAG-u w połowie lat 80-tych ubiegłego wieku. Lokomotywę o masie 10 ton wyposażono w wysokoprężny silnik firmy ANDORIA o mocy 80 kW, z rozruchem elektrycznym, przekładnią hydrokinetyczną i rewersyjną. Przekazanie napędu z przekładni rewersyjnej na zestawy kołowe odbywało się za pomocą wałów przegubowych i przekładni kątowych [8].



Rys. 3. Lokomotywa WLP-85 [9]



Rys. 4. Pulpit sterowniczy lokomotywy WLP-85 [7]

Wszystkie czynności związane ze sterowaniem pracą lokomotywy wykonywał manualnie jej operator, z wykorzystaniem zespołu dźwigni i przycisków. Pulpit sterowniczy znajdował się w kabinie maszynisty. Umieszczono w nim trakometr z obrotomierzem i licznikiem motogodzin oraz wskaźniki: temperatury cieczy chłodzącej silnik, ładowania prądnicy, ciśnienia oleju w silniku spalinowym oraz łączniki elektryczne do sterowania wyposażeniem elektrycznym maszyny.

Sterowanie pracą lokomotywy WLP-85 obejmowało następujące funkcje:

- przestawienie dźwigni wolnych obrotów w położenie pracy,
- uruchomienie silnika spalinowego,
- sprawdzenie poprawności pracy silnika i innych zespołów lokomotywy,
- włączenie oświetlenia drogowego według zamierzonego kierunku jazdy,
- włączenie hamulca manewrowego,
- zwolnienie hamulca postojowego,
- włączenie sprzęgła (odłączenie przekładni rewersyjnej od silnika),
- wybór kierunku jazdy w przekładni rewersyjnej,
- wyłączenie hamulca manewrowego z jednoczesnym włączeniem sprzęgła,
- jazda w wybranym kierunku – prędkość regulowana obrotami silnika,
- hamowanie hamulcem manewrowym, uruchamianie piasecznic, nadawanie sygnałów dźwiękowych,
- zatrzymywanie lokomotywy poprzez:
 - obniżanie obrotów silnika,
 - włączenie hamulca manewrowego,
 - wyłączenie sprzęgła i ustawienie dźwigni kierunku jazdy w pozycję „0”,
 - włączenie hamulca postojowego.

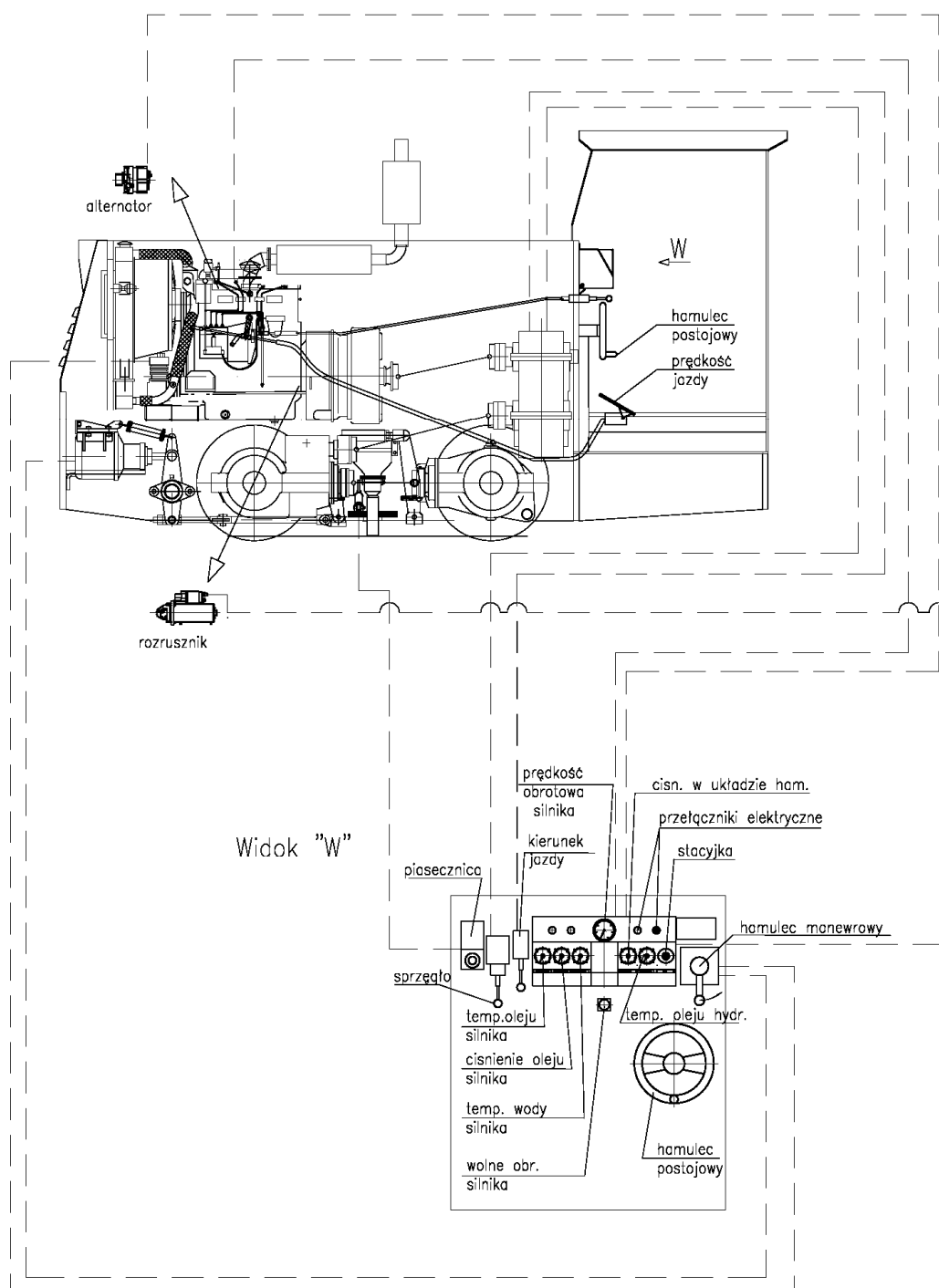
Wyłączenie pracy napędu następowało po przestawieniu dźwigni wolnych obrotów silnika spalinowego w pozycję „0”.

Na rysunku 5 przedstawiono rozmieszczenie dźwigni mechanicznych sterowania pracą lokomotywy oraz pulpitu z przyrządami wskazującymi wielkości mierzonych parametrów.

Na rysunku 6 przedstawiono schemat ideowy połączeń wyposażenia elektrycznego.

Lokomotywa była wyposażona w układ elektryczny typowy dla ówczesnych samochodów, który pozwalał obserwować wskazania mierzonych parametrów, a dalsze postępowanie zależało od maszynisty. Lokomotywa nie posiadała czuwaka ani wyłącznika awaryjnego.

W razie potrzeby nagłego wyłączenia lokomotywy maszynista włączał hamulec manewrowy, obniżał i zerował obroty silnika oraz uruchamiał hamulec postojowy.

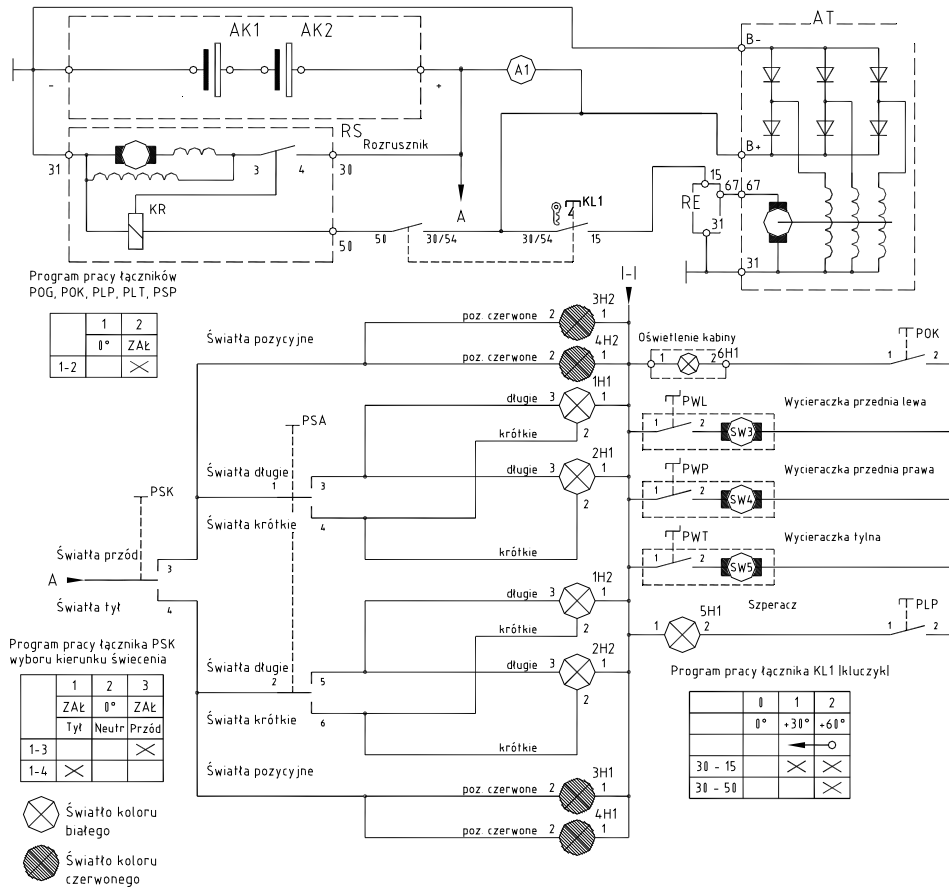


Rys. 5. Schemat sterowania mechanicznego lokomotywy WLP-85 oraz pulpitu sterowniczego [2]

Eksploracja lokomotywy WLP-85 wykazała, że miała ona zbyt dużą moc silnika, która nie była w pełni wykorzystywana w trakcie manewrów i kompletowania pociągów z materiałem do opuszczania w podziemia kopalń, co istotnie wpływało na zużycie paliwa.

Opracowano zatem lokomotywę o symbolu WLP-50 o masie do 8 ton i silnikiem spalinowym o mocy 60 kW (rys. 7).

Rozwiązanie układu sterowania było identyczne jak w lokomotywie WLP-85. Lokomotywy typu WLP-85 i WLP-50 są nadal eksploatowane do chwili obecnej (lokomotywa WLP-50 jest oferowana przez MWM Brzesko).



Rys. 6. Schemat elektryczny ideowy lokomotywy WLP-85 [2]

Objaśnienia:

- AK1, AK2 – akumulator,
- AT – alternator,
- RE – regulator napięcia,
- RS – rozrusznik,
- KL1 – łącznik stacyjny,
- A1 – amperomierz,
- KR – przekaźnik rozrusznika,
- PSK, PSA, POK, PWL, PWP, PWT, PLP – łączniki,
- 1H1, 2H1, 1H2, 2H2 – reflektor drogowy (światła krótkie i długie),
- 3H1, 4H1, 3H2, 4H2 – światła pozycyjne.

Lokomotywa typu WLP-85 została wdrożona do eksploatacji na kopalni KWK Walenty-Wawel (nie istniejąca), a jeden z egzemplarzy był użytkowany w KWK Wesoła. Producentem lokomotyw były Zakłady Mechaniczne Ruda Śląska, które uległy likwidacji, w związku z tym nie uzyskano danych dotyczących wielkości produkcji.



Rys. 7. Lokomotywa WLP-50 [10]

Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa typu WLP-50 została wdrożona w KWK Krupiński i była również użytkowana w innych kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego. Firma MWM Brzesko nie udostępniła danych na temat ilości wyprodukowanych lokomotyw.

W 2007 r. w KOMAG-u rozpoczęto prace rozwojowe nad opracowaniem nowej lokomotywy powierzchniowej o symbolu WLP-50EM (rys. 8).



Rys. 8. Lokomotywa WLP-50EM [7]

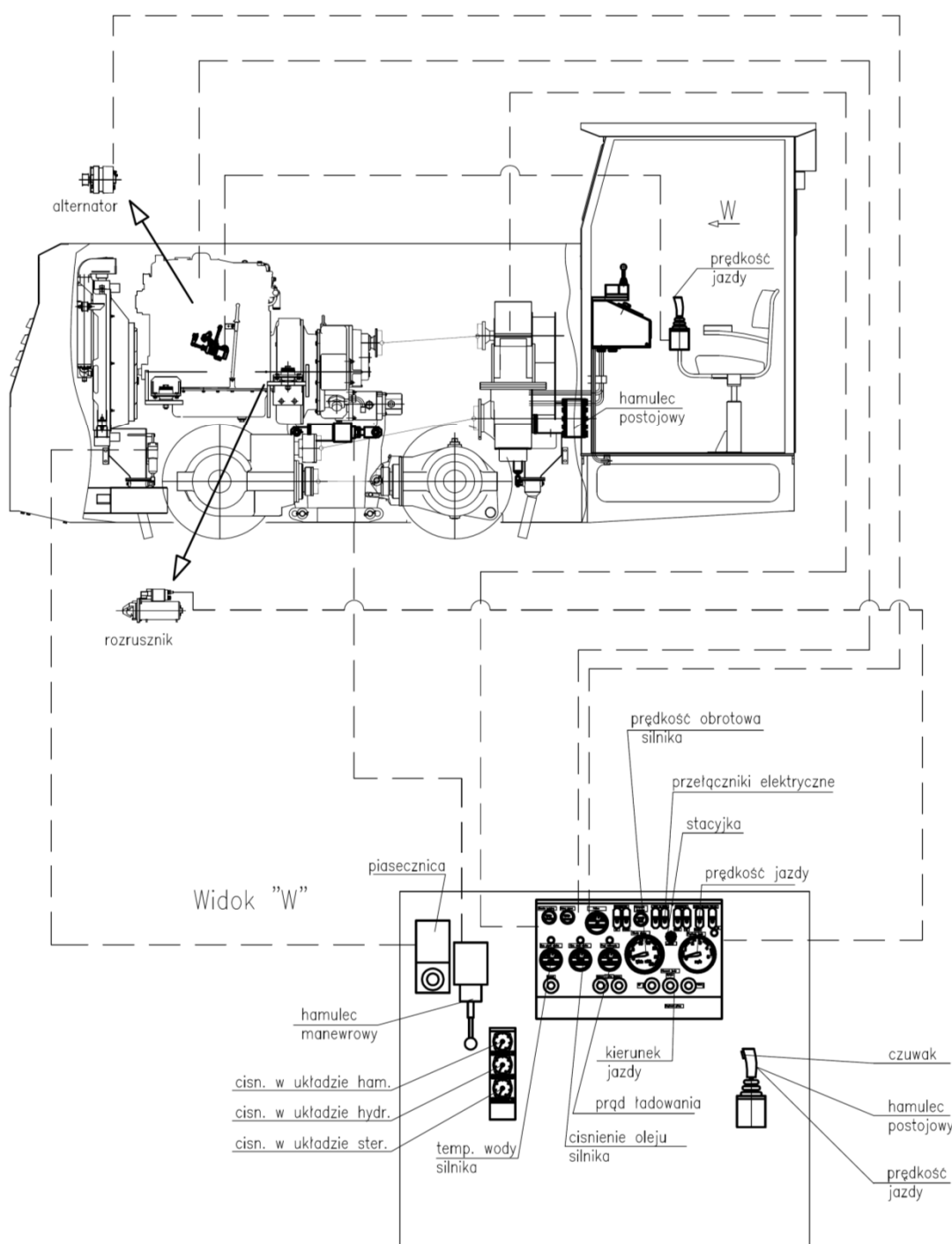
Zastosowano w niej silnik firmy Andoria o mocy 80 kW, wyposażony w funkcje sterowane elektrycznie. Rysunek 9 prezentuje pulpit lokomotywy, a rysunek 10 rozmieszczenie elementów sterowania. W trakcie prac projektowych nad układem sterowania, uwzględniono wymagania związane z dyrektywą UE dotyczące zasadniczych wymagań dla maszyn [5], co wymagało wprowadzenia czuwaka i układu wyłączenia awaryjnego. W nowym rozwiązaniu zastosowano też nowoczesne elementy elektrotechniki i elektroniki przemysłowej, które w międzyczasie pojawiły się na rynku.



Rys. 9. Pulpit sterowniczy lokomotywy WLP-50EM [7]

Sterowanie większością czynności obsługowych lokomotywy odbywa się z wykorzystaniem aparatury elektro-elektronicznej. Dotyczy to między innymi:

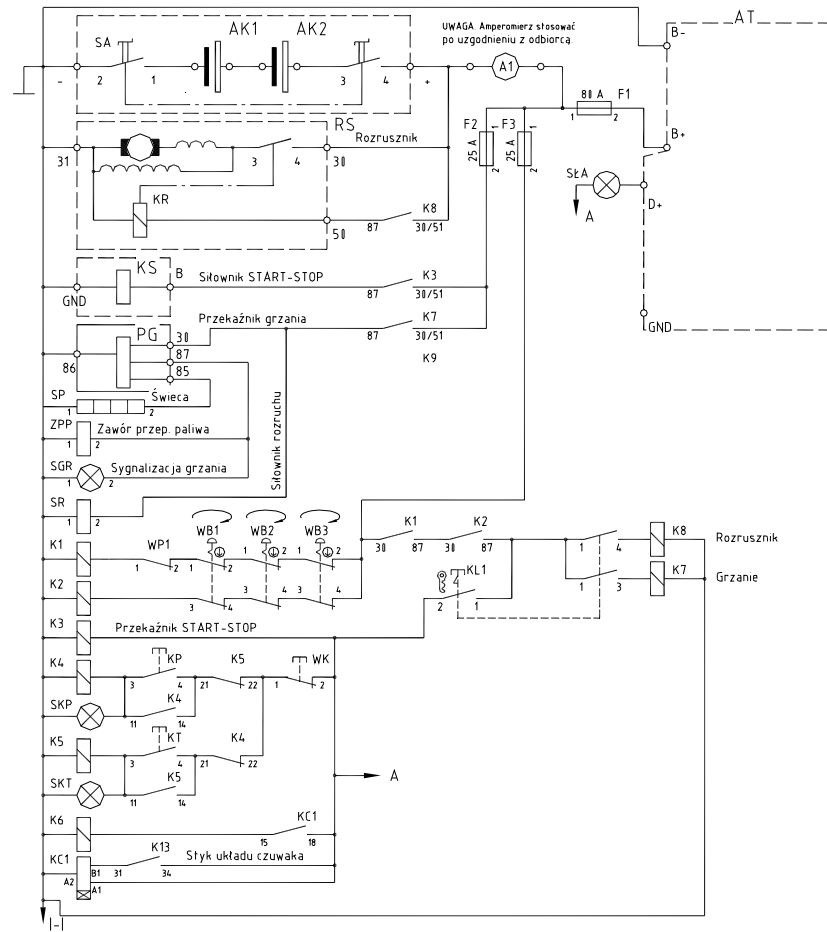
- przygotowania silnika do pracy (sprawdzenie stanu aparatury – wskazania przyrządów),
- uruchomienia silnika spalinowego lokomotywy (siłownik KS, przekaźnik grzania PG, świeca żarowa SP, załączenie zaworu przepływu paliwa ZPP),
- wyboru kierunku jazdy (przycisk wyboru kierunku jazdy w przód KP, przycisk wyboru jazdy w tył KT, wyłączenie kierunku jazdy WK),
- zwolnienia hamulca postojowego (po wyborze kierunku jazdy i aktywowaniu układu czuwaka),
- aktywowania czuwaka,
- sterowania prędkością jazdy (wychylenie manipulatora elektrohydraulicznego).



Rys. 10. Schemat układu sterowania lokomotywy WLP-50EM [3]

Maszynista obsługuje manualnie jedynie:

- hamulec manewrowy (podanie ciśnienia oleju hydraulicznego wykrywane poprzez czujnik, którego styk umożliwia aktywowanie czuwaka),
- oświetlenie (łączniki ręczne),
- kierunek jazdy i prędkość przemieszczania się lokomotywy (wychylenie dźwigni manipulatora – zadajnik prędkości),
- hamowanie manewrowe, uruchamianie piasecznic, nadawanie sygnałów dźwiękowych.



Rys. 11. Schemat elektryczny ideowy układu sterowania lokomotywy WLP-50EM [3]

Wyposażenie elektryczne lokomotywy spełnia wymagania silnika spalinowego w zakresie monitorowania pracy poszczególnych zespołów oraz realizuje również funkcje sterownicze. Na rysunku 11 pokazano schemat elektryczny ideowy układu elektrycznego lokomotywy WLP-50EM.

Kolejną konstrukcją w typoszeregu lokomotyw WLP-50 jest lokomotywa WLP-50B, która różni się od lokomotywy WLP-50EM gabarytami i zastosowaniem układów pneumatyki do sterowania pracą hamulca i piasecznic. Kabinę maszynisty wyposażono we wskaźniki pracy instalacji pneumatycznej.

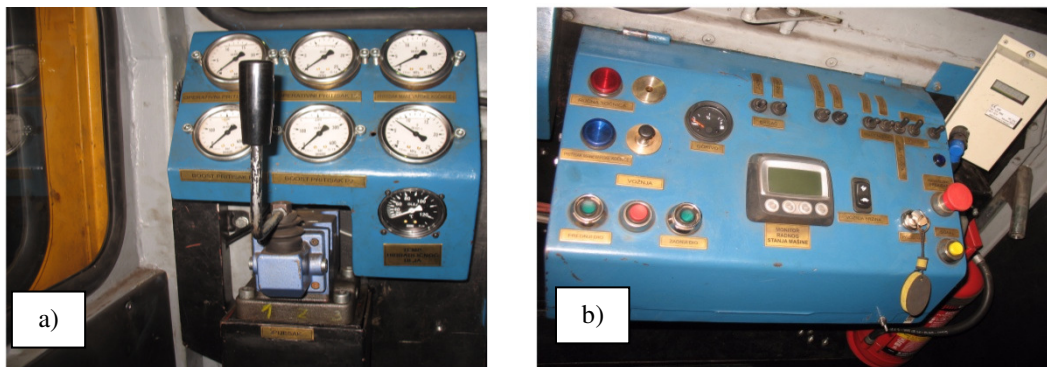
Producentem wąskotorowej lokomotywy powierzchniowej WLP-50EM jest firma Energo-Mechanik Strzelce Opolskie. Miejscem pierwszego wdrożenia lokomotywy była kopalnia KWK Bogdanka, ilości wyprodukowanych sztuk producent nie udostępnił. Badania użytkowe lokomotywy obejmowały sprawdzenie funkcjonalności wszystkich zespołów lokomotywy, w tym układów sterowania. Oprócz badań funkcjonalnych dokonano pomiaru siły pociągowej oraz oddziaływa na środowisko poprzez pomiar hałasu. Po pozytywnych wynikach badań lokomotywa została przekazana do eksploatacji przez użytkownika.

Następną lokomotywą opracowaną przez KOMAG była lokomotywa WLP-50EM/H (rys. 12).



Rys. 12. Lokomotywa WLP-50EM/H [7]

Do napędu wykorzystano silnik mocy 93 kW ze sterowaniem elektronicznym. Pulpit sterowniczy maszynisty lokomotywy pokazano na rysunku 13.

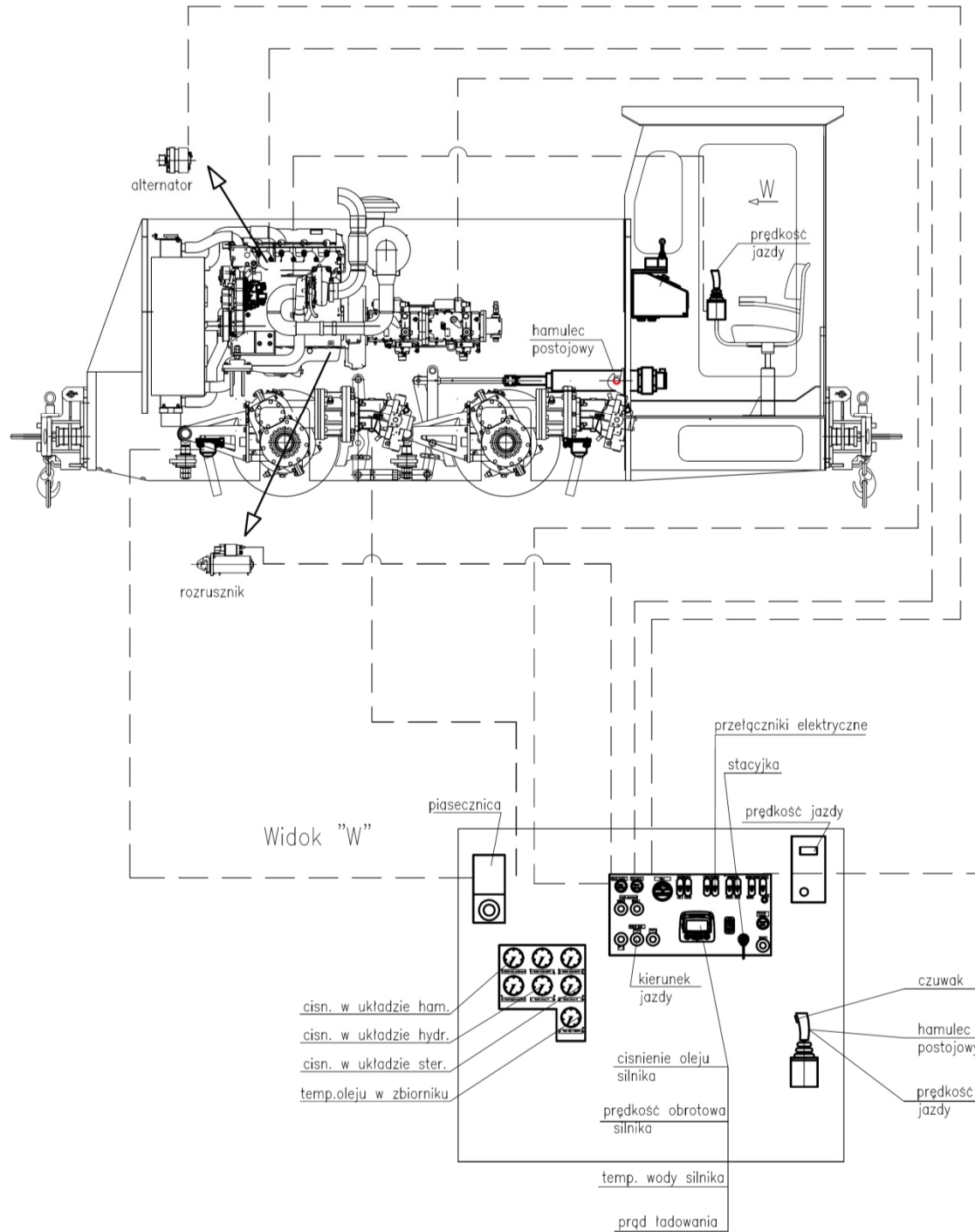


Rys. 13. Pulpity sterownicze maszynisty lokomotywy WLP-50EM/H [7]:

- a) Zespół wskaźników ciśnienia w obwodach hydraulicznych,
- b) Pulpit sterowania układami elektrycznymi wraz ze wskaźnikiem parametrów pracy silnika spalinowego

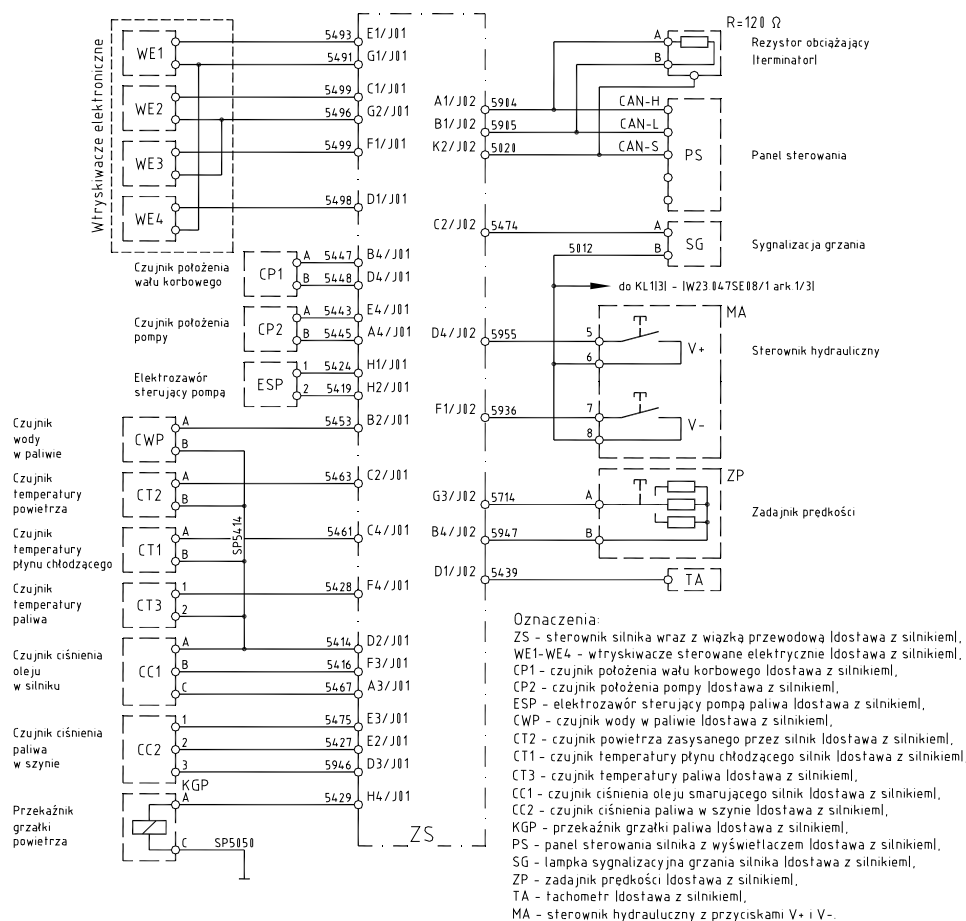
Nowością w układzie sterowania jest połączenie funkcji sterującej pracą całej lokomotywy ze sterownikiem silnika spalinowego ZS. Schemat układu sterowania mechanicznego pokazano na rysunku 14.

Z uwagi na obecność sterownika silnika spalinowego, dostosowano wyposażenie elektryczne lokomotywy, łącząc w jedną całość: układ monitorowania i sterowania silnika spalinowego oraz układ monitorowania i sterowania pracą pozostałego wyposażenia lokomotywy w tym napędu spalinowo-hydrostatycznego oraz zespołu wyłączania awaryjnego.



Rys. 14. Schemat układu sterowania lokomotywy WLP-50EM/H [4]

Producent silnika zezwolił jednak jedynie na wprowadzenie zmian polegających na powiązaniu obwodu bezpieczeństwa lokomotywy z układem sterowania silnika tak, aby jego włączenie powodowało, oprócz zadziałania hamulca awaryjno-postojowego, również zatrzymanie pracy silnika spalinowego. Na rysunku 15, pokazano schemat połączenia sterownika silnika spalinowego ZS z czujnikami oraz układem elektrycznym lokomotywy WLP-50EM/H.



Rys. 15. Schemat elektryczny ideowy sterownika ZS w lokomotywie WLP-50EM/H [4]

Sterownik silnika ZS współpracuje z czujnikami i na podstawie zmierzonych wielkości fizycznych, opracowuje sygnały sterujące momentem wtrysku paliwa do cylindrów, co ma wpływ na zmniejszenie zużycia paliwa, głośność pracy silnika oraz na zawartość szkodliwych substancji w spalinach. Sterownik silnika spalinowego reaguje na zadawane sygnały przez operatora w sposób optymalny według tzw. mapy paliwowej (algorytm wewnętrzny sterownika) niezależnie od gwałtownych przyspieszeń i obniżeń prędkości. Wartości aktualnych parametrów pracy silnika spalinowego są wyświetlane oraz rejestrowane w pamięci.

Producentem lokomotywy WLP-50EM/H jest firma Energo-Mechanik Strzelce Opolskie. Wyprodukowany egzemplarz został wdrożony na kopalni Kakanij w Bośni i Hercegowinie. Próby ruchowe przeprowadzono, przed oddaniem użytkownikowi, w kopalni KWK Ziemowit.

3. Kierunki rozwoju układów sterowania lokomotywy powierzchniowych

Doświadczenia uzyskane przez ITG KOMAG w trakcie prac projektowych i wdrożenia lokomotywy WLP-50EM/H wykazały, że istnieje potrzeba opracowania i wdrożenia sterownika elektronicznego, dedykowanego dla lokomotyw powierzchniowych. Sterownik nadrzędny, monitorowałby parametry pracy zespołów lokomotywy np. prędkość jazdy, temperaturę oleju roboczego, generując odpowiednie komunikaty dla obsługi oraz

podejmując samodzielne działania w sytuacjach awaryjnych (np. nadmierna prędkość jazdy). Sterownik współpracowałby również z urządzeniami sterowniczymi obsługiwanymi przez maszynistę, przekazywałby informacje na ekran wyświetlacza oraz generowałby sygnały ostrzegawcze dźwiękowe i w formie komunikatów. Układ taki wzorowany byłby na rozwiązaniu podobnym do zastosowanego w lokomotywie Lds-100K-EMA (maszyna przystosowana do pracy w podziemnych zakładach górniczych w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu i gazu palnego). Prace rozwojowe nad tego typu rozwiązaniem rozpoczęto w KOMAG-u w 2015 roku.

Rozważane jest również opracowanie pojazdów z tzw. przekładnią elektryczną. W lokomotywie znalazłby zastosowanie wysokoprężny silnik spalinowy, sprzęgnięty trwale z generatorem. Generator, napędzany silnikiem spalinowym, wytwarzałby energię elektryczną do zasilania silników trakcyjnych. Przekładnia elektryczna poprzez układy regulacyjne (przełączniki częstotliwości), umożliwiałaby precyzyjne i bezstopniowe sterowanie mocą i prędkością maszyny.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przegląd lokomotyw powierzchniowych przeznaczonych do pracy na otwartych przestrzeniach zakładu przemysłowego w warunkach niezagrożonych wybuchem gazu/pyłu palnego. Przedstawiono rozwój sterowania wynikający ze zmieniających się przepisów, jak i wymagań użytkowników. W chwili obecnej, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 30 kwietnia 2014 r., w sprawie szczególnych wymagań dla silników w zakresie ograniczenia emisji w maszynach powierzchniowych niedrogowych, jakimi są lokomotywy i inne pojazdy wykorzystywane na powierzchni kopalń, można stosować silniki z zapłonem samoczynnym, spełniające wymagania Etapu IV (czystości spalin) [6]. Jednym ze sposobów spełnienia tych wymagań będzie wykorzystanie silników z systemem elektronicznego sterowania wtryskiem paliwa poprzez sterownik mikroprocesorowy. Istotną cechą sterownika będzie zdolność, przy wysokim stopniu automatyzacji, do wiernego przetwarzania i przekazywania informacji.

Wprowadzenie nowych wąskotorowych lokomotyw powierzchniowych wpłynęło na polepszenie efektywności transportu przez obniżenie kosztów paliwa, poprawy warunków pracy i BHP, co pośrednio wymusiła „nowa dyrektywa maszynowa”. Użytkownicy są zainteresowani wymianą taboru powierzchniowego, co jednak ze względu na sytuację w przemyśle węglowym odbywa się bardzo wolno.

Literatura

- [1] Pokropiński B.: Lokomotywy spalinowe produkcji polskiej. Warszawa WKŁ 2009, Nr indeksu 61953826
- [2] Dokumentacja techniczno-ruchowa. Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa WLP-85. CMG KOMAG 1986
- [3] Dokumentacja techniczno-ruchowa. Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa WLP-50EM. ITG KOMAG 2008
- [4] Dokumentacja techniczno-ruchowa. Wąskotorowa lokomotywa powierzchniowa WLP-50EM/H. ITG KOMAG 2014

- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. z 2000 r. Nr 199, poz. 1228)
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla silników spalinowych w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych przez te silniki (Dz.U. 2014 poz. 588)
- [7] Dokumentacja fotograficzna – KOMAG
- [8] Pieczora E.: Prace prowadzone przez CMG KOMAG w zakresie dołowych i powierzchniowych wąskotorowych lokomotyw spalinowych. Materiały na sympozjum. Dołowe i powierzchniowe wąskotorowe lokomotywy spalinowe w kopalniach PW. CMG KOMAG Gliwice, grudzień 1990 s. 3-10
- [9] <http://www.garnek.pl/tyskimk/16972492/wlp85-4> (6 lipiec 2016)
- [10] <http://www.mwmbzesko.com> (6 lipiec 2016)

Czy wiesz, że

... Już w przyszłym roku sonda Chang'e 5 ma pobrać ok. 2 kg księżycowych skał i powrócić na ziemię. Skały są cenne, ponieważ gromadzą izotop helu, którego 1 t, przeliczając na wartość energetyczną, odpowiada 50 mln baryłek ropy. Wspomniany izotop, jeśli tylko zostanie odpowiednio skompresowany, może stać się paliwem przyszłości. [...] Jeżeli misja Chang'e 5 odniesie sukces, Chiny zapowiadają stałą eksploatację ciała niebieskiego od 2020 r.

Trybuna Górnicza 39/2016