

POMIAR ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ LICZNIKAMI PRĄDU STAŁEGO W WYBRANYCH ZESPOŁACH TRAKCYJNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono problem zastosowania liczników zużycia energii elektrycznej w wybranych zespołach trakcyjnych prądu stałego. Autorzy przedstawili ogólne warunki i wymogi zastosowania takiego rozwiązania w krajowym systemie kolejowym. Podali przykłady pomiarów zużycia energii z jazd próbnych oraz eksploatacyjnych pojazdów EN57. Przedstawiono analizę uzyskanych wyników wraz z sugestiami sposobów zmniejszenia zużycia energii elektrycznej przez pojazdy trakcyjne.

1 WSTĘP

W latach ubiegłych na polskim rynku kolejowym funkcjonował jeden przewoźnik, jakim było przedsiębiorstwo PKP. Wraz ze zmianami strukturalnymi, które zostały zapoczątkowane w 2001 roku nastąpił podział struktury przedsiębiorstwa na kilka spółek, a były to między innymi: PKP Energetyka, PKP PLK, PKP Intercity oraz TK Telekom. Wraz z podziałem struktury nastąpił podział majątkowy i funkcjonalny, co pociągnęło za sobą wystąpienie problemów rozliczeń finansowych pomiędzy poszczególnymi spółkami. Jednym z nich była kwestia rozliczeń za zużytą energię elektryczną, niezbędną do prowadzenia ruchu pojazdów kolejowych oraz funkcjonowania całej struktury PKP. W początkowym okresie przyjęto statystyczny sposób rozliczeń kosztów energii elektrycznej wydatkowanej na cele trakcyjne, oparty na wykazie wykonanej pracy przewozowej oraz normatywach energetycznych dla danego taboru. Jednak metoda ta nie do końca odzwierciedlała faktyczny podział zużycia energii, a jednocześnie nie sprzyjała oszczędności energetycznej. Drugim sposobem, który zaczął być wprowadzany do trakcji jest rozliczenie omawianych kosztów na podstawie wskazań liczników zużycia energii elektrycznej, zamontowanych bezpośrednio na pojazdach trakcyjnych. Metoda ta, jak każda metoda pomiarowa, dokładniej opisuje przedmiotową rzeczywistość, niemniej jednak nie jest wolna od wad.

1. POMIAR ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KRAJOWYM SYSTEMIE TRAKCJI KOLEJOWEJ

1.1 Problematyka pomiaru zużycia energii elektrycznej trakcji prądu stałego

Szukanie innych niż tylko obliczeniowych metod wyznaczenia zużycia energii elektrycznej na cele trakcyjne stało się konsekwencją podziału strukturalnego PKP oraz pojawienia się na rynku taboru kolejowego wielu przewoźników. Pomiar zużycia energii elektrycznej za pomocą liczników można wykonać w podstacjach trakcyjnych lub bezpośrednio na pojazdach kolejowych. Pierwsze z wymienionych miejsc montażu liczników ma wiele zalet technicznych, jednak nie charakteryzuje się cechą rozdzielania wskazań zużycia energii dla poszczególnych pojazdów. Metoda ta opiera się na użyciu współczynnika poboru energii, wyznaczonego doświadczalnie dla różnych rodzajów i typów taboru kolejowego. Określenie wartości tego współczynnika odbywa się w oparciu o wyniki uzyskane z jazd testowych. Dysponując odczytami licznika z podstacji, liczbą przejechanych kilometrów oraz współczynnikiem poboru w prosty sposób oblicza się zużytą energię dla poszczególnych pojazdów kolejowych. Metoda ta stosowana jest w odniesieniu do pojedynczych

podstacji trakcyjnych. System ten posiada jedną zasadniczą wadę, a jest nią nie do końca miarodajny podział struktury zużycia energii. Jednostką uprzywilejowaną jest w tym wypadku sprzedawca, który może nie rozliczać strat własnych energii, a zakwalifikować je do zużycia energii przewoźników. Nie do końca rzetelny jest też sam sposób rozliczania na podstawie wskaźnika wyznaczonego na jeździe testowej danego pojazdu. Metoda ta nie motywuje także do ekonomicznego prowadzenia ruchu pociągu, a więc nie sprzyja zmniejszeniu energochłonności przewozów.

Montaż liczników na jednostkach taboru kolejowego eliminuje znaczną część mankamentów przedstawionych powyżej. Dodatkowym jej atutem jest możliwość rozliczania energii w trybie poboru i generacji, a więc adekwatność sposobu do warunków rekuperacji energii przez pojazd trakcyjny. Do wad tego sposobu zalicza się duże rozdrobnienie, konieczność ewidencjonowania i legalizacji oraz koszty zakupu, montażu i eksploatacji liczników. Jednak pomimo tych wad metoda bezpośredniego pomiaru zużycia energii elektrycznej na jednostce kolejowej jest w obecnej chwili rozwijana. [1,2]

1.2 Warunki wprowadzenia indywidualnego pomiaru zużycia energii elektrycznej

Istnieją dwie praktyczne przyczyny montażu liczników energii elektrycznej na jednostkach trakcji kolejowej. Pierwsza z nich to motywacja przewoźnika do otrzymania rzeczywistych wskazań zużycia energii taboru kolejowego, co w konsekwencji ma prowadzić do obniżenia jego kosztów opłat za energię elektryczną. Druga z przyczyn to deklaracja przewoźnika o zmianie dostawcy energii elektrycznej z PKP Energetyka na innego, działającego na terenie naszego kraju. W tym przypadku wymagany jest od przewoźnika montaż liczników na jego taborze w celu poprawnego rozliczenia zużycia energii pomiędzy jej dostawcami. Umożliwia to prowadzenie pracy przewozowej danym pojazdem trakcyjnym dla różnych podmiotów. Wymagania stawiane licznikom prądu stałego przez dystrybutora energii można podzielić na:

- funkcjonalne - pomiar napięcia i prądu, sygnał synchronizacji czasu, dane o lokalizacji pojazdu trakcyjnego, kod przewoźnika,
- transmisji danych,
- mechaniczne - ochrona przed wysoką temperaturą, penetracją ciał stałych, kurzu, wody,
- klimatyczne,
- elektryczne - rezystancja wejść napięciowych, odporność na zmiany napięcia i przeciążenia oraz dokładność pomiarów.

Szczegółowe wymagania dla liczników energii elektrycznej prądu stałego określone są przez PKP Energetyka S.A. w załączniku do Decyzji Nr 40./ET Członka Zarządu PKP Energetyka S.A. Dyrektora Technicznego z dnia 22 czerwca 2012 r. [3]

W kraju użytkowanych jest kilka tysięcy pojazdów trakcyjnych, mogących być potencjalnie wyposażone w liczniki prądu stałego. Ich wprowadzeniu przeszkadzają bariery ekonomiczne, i to zarówno ze strony dostawcy energii trakcyjnej, jak i ze strony samych przewoźników. Jednak pojedyncze zmiany tego stanu rzeczy już nastąpiły, a chodzi tu o działania podejmowane przez przewoźników: PKP CARGO, Przewozy Regionalne czy też Koleje Mazowieckie. Polegają one na montażu liczników prądu stałego na własnych jednostkach trakcyjnych, co może być pierwszym krokiem do tworzenia kompleksowego systemu nadzoru zużycia energii w trakcji kolejowej. Otrzymane wyniki zużycia mocy i energii pozwolą przewoźnikom prowadzić obliczenia prognozujące i optymalizujące zużycie energii oraz jej koszty. Należy tutaj zwrócić uwagę, że dla takich działań bardziej uzasadniony jest montaż liczników na pojazdach typu pasażerskiego niż towarowego. Częste rozruchy i hamowania to większe zużycie energii, a więc i większa możliwość jej oszczędności. [1,2]

2 POMIARY ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ LICZNIKAMI PRĄDU STAŁEJ W WYBRANYCH E.Z.T.

2.1 Pojazdy e.z.t. przeznaczone do instalacji liczników zużycia energii elektrycznej

Bezpośredni pomiar zużycia energii elektrycznej w trakcyjnych jednostkach kolejowych stosowany jest zarówno w lokomotywach kolejowych, jak i w pojazdach pasażerskich typu e.z.t.. W lokomotywach serii ET22, EUO7 montuje się po jednym liczniku zużycia energii, natomiast w lokomotywach zespolonych ET4 po dwa liczniki. Jak już wspomniano, ze względu na sposób prowadzenia ruchu pojazdy pasażerskie typu e.z.t. są bardziej predysponowane do stosowania liczników energii. W krajowym systemie stosuje się przede wszystkim pojazdy typu: EN-57 [4], EN-71 oraz ED-72 [5].

EN-57 to elektryczny zespół trakcyjny składający się z trzech wagonów, które są nierozłączne w warunkach eksploatacyjnych. Skrajne wagony – tzw. rozrządzące (sterownicze) posiadają kabiny dla maszynistów, zaś wagon środkowy jest wagonem silnikowym. Na każdej z czterech osi wagonu zamontowany jest silnik trakcyjny typu LK-450, o mocy 145 kW.



Rys. 1. Elektryczny zespół trakcyjny typu EN-57

EN-71 to elektryczny zestaw trakcyjny składający się z czterech wagonów, wykorzystywany do ruchu lokalnego o dużej różnicy wzniesień, tzw. jednostka góraska. Skonstruowany jest na bazie EN-57, od którego różni się dodatkowym wagonem silnikowym. Na każdej osi wagonu silnikowego zamontowany jest silnik trakcyjny.

ED-72 to czterowagonowy, dalekobieżny elektryczny zestaw trakcyjny. Jest rozwinięciem konstrukcyjnym EN-57 i EN-71, projektowany z myślą o połączeniach międzyregionalnych w południowej Polsce. Składa się z czterech wagonów, dwóch rozrządzących (sterowniczych) z kabinami do obsługi i dwóch silnikowych (napędowych). Ośmiem silników zamontowanych jest na każdej osi wagonów napędowych, zasilanych napięciem 3 kV za pomocą dwóch odbieraków prądu.



Rys. 2. Elektryczny zespół trakcyjny typu ED-72

Wymienione e.z.t. są podobnymi konstrukcjami (baza EN-57), w których różnice wynikają ze specyfiki warunków, w jakich miały być użytkowane. Największe różnice występują w obwodach głównych układu elektrycznego i dlatego warunki instalacji licznika energii znacząco się różnią [7]. Sposób umiejscowienia licznika musi być zgodny z wymaganiami dystrybutora energii (PKP Energetyka) [3]. W pojazdach e.z.t. liczniki montowane są w przedziałach wysokiego napięcia, za wyłącznikiem szybkim, przez który przepływa cały prąd roboczy. Do każdego typu pojazdu, na podstawie obliczeń, musi być odpowiednio dobrany licznikowy bocznik pomiarowy.

W przypadku EN-57 będzie to jeden licznik i jeden bocznik typu B6 400A/100mV. Natomiast w EN-71, gdzie występują dwa przedziały wysokiego napięcia oraz dwa wyłączniki szybkie, które dają zasilanie do dwóch niezależnych obwodów głównych, należy zamontować dwa urządzenia pomiarowe z bocznikami, jak w przypadku EN-57 typu B6.

W pojeździe ED-72 cały prąd przepływa przez jeden wyłącznik szybki, a moc pobierana przez silniki trakcyjne, urządzenia grzewcze, urządzenia pomocnicze jest dwa razy większa, jak dla EN-57 [8,10]. Dlatego przy takiej mocy pobieranej wprowadzono bocznik pomiarowy typu B6 o parametrach 1000A/100mV.

2.2 Pomiar zużycia energii elektrycznej na wybranych e.z.t.

Pomiary zużycia energii trakcyjnej, dla zastosowanego licznika EM 3000 [6], przeprowadzono podczas jazd próbnych (technicznych). Jazdy techniczne mają na celu potwierdzenie sprawności wszystkich mechanizmów elektrycznego zespołu trakcyjnego. Należą do nich: odbieraki prądowe, obwody silników trakcyjnych, obwody hamulców pneumatycznych i stabilizacji podwozia. Jazdy próbne przeprowadzono w miesiącu lutym, na elektrycznym zespole trakcyjnym typu EN57-1021, na Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK) - odcinek o długości 2 x 45 km. Był to przejazd techniczny, mający na celu ustalenie przyczyn nadmiernego kołysania nadwozia e.z.t. przy średniej prędkości ok. 80 km/h.



Rys. 3. Rejestrator prędkości oraz początkowe wskazania licznika zużycia energii elektrycznej EM 3000

Na ekranie wyświetlacza licznika energii elektrycznej odczytane były na bieżąco następujące parametry:

- całkowita energia zużyta - 1.8.0
- maksymalna moc chwilowa - 2.8.0
- prąd oraz napięcie pojazdu - 11.7.0 oraz 12.7.0

Pierwszy odczyt licznika wykonany został przed semaforem - postój pojazdu. Obciążeniem była w tym przypadku przetwornica o mocy 25 kW oraz ogrzewanie o mocy 76 kW, prąd pobierany wynosił 30,58 A, napięcie 3544,8 V. Podczas ruchu jednostki obserwowano wahania wartości napięcia trakcyjnego - minimalne wynosiło 3269,6 V a maksymalne 3624,2 V. Zmiana napięcia spowodowana była zmieniającą się odległością pojazdu od podstacji oraz obciążeniem danej linii, czyli liczbą pociągów poruszających po danym szlaku.

Pobór prądu podczas jazdy EN 57 jest uzależniony od pozycji nastawnika jazdy, obsługiwanego przez maszynistę. Maszynista musi zachować określoną prędkość ruchu jednostki, zgodnie z rozkładem jazdy na danej trasie. Wymaga to dobierania przez niego odpowiedniej pozycji nastawnika, aby nie tracić prędkości pokonując takie przeszkody, jak wzniesienia terenu czy wiatr. Podczas jazdy na pozycji P (tzw. przetok), w której wszystkie silniki napędowe połączone są szeregowo, pobór prądu wynosił w około 160 A. Następną pozycją to S (szeregowa), przy której zaczyna się proces odłączania oporów rozruchowych - pobór prądu w granicach 150 A. Następną pozycją R (równoległa) – w której silniki połączone są w dwa obwody równoległe po dwa silniki i (analogicznie jak przy jeździe szeregowej) automatycznie odłączane są opory rozruchowe - pobór wynosił 250-270 A. Po powrocie z jazdy odczytano stany licznika energii. Podczas jazdy technicznej elektrycznym zespołem trakcyjnym przejechano odcinek 90 km i zużyto 0,174 MWh energii trakcyjnej, przy średnim napięciu 3447 V.

Dane dotyczące zużycia energii trakcyjnej, zebrane podczas kilku jazd technicznych przez poszczególne e.z.t. zamieszczono w tabeli nr 1. Jazdy próbne techniczne odbywały się po zakończeniu określonego cyklu napraw i miały na celu sprawdzenie działania obwodów elektrycznych, pneumatycznych i innych mechanizmów, ogólnie mówiąc potwierdzenie sprawności pojazdu. Przejazdy odbywały się na tej samej trasie bez obciążenia pasażerami, przy podobnej prędkości.

Tab. 1. Zużycie energii elektrycznej podczas jazd próbnych

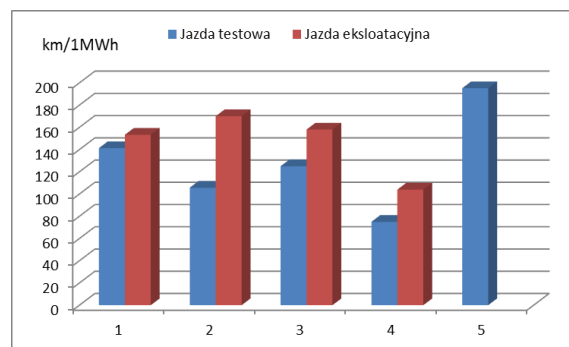
Przebyta odległość [km]	Zużyta energia [MWh]	Zużyta energia jednostkowa [MWh]	Liczba kilometrów na 1 MWh	Seria e.z.t.
275	1,946	0,007	141,3	EN57
91	0,861	0,009	105,7	EN57
89	0,712	0,008	125	EN57
90	1,14	0,012	75	EN57
172	0,881	0,005	195,2	EN57

Podobne dane uzyskano od Zakładu Przewozów Regionalnych, w którym wykonywano pomiary zużycia energii elektrycznej e.z.t. w warunkach eksploatacji. Przedstawiono je w tabeli nr 2.

Tab. 2. Zużycie energii elektrycznej w eksploatacji

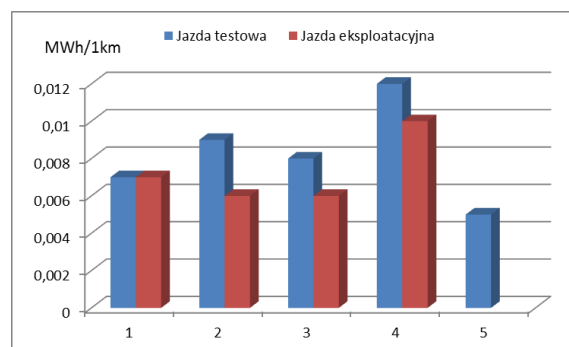
Licznik kilometrów	Stan licznika [MWh]	Zużyta energia jednostkowa [MWh]	Liczba kilometrów na 1 MWh	Seria e.z.t.
065717	00428,813	0,007	153,3	EN57
138539	00816,638	0,006	170	EN57
133480	00846,505	0,006	158	EN57
035968	00345,736	0,010	104	EN57
109772	00472,812	0,004	232	EN71
109772	00479,570	0,004	228	EN71

Na rys. 4 przedstawiono wykres liczby przejechanych kilometrów przez e.z.t. dla 1 MWh pobranej energii elektrycznej, dla jazd testowych oraz eksploatacyjnych. Do porównania zestawiono jednostki tej samej serii, tj. EN 57.



Rys. 4. Liczba przejechanych kilometrów przez e.z.t. dla 1 MWh pobranej energii elektrycznej dla jazd testowych oraz eksploatacyjnych jednostek EN 57

Rys. 5 przedstawia zużycie jednostkowe energii elektrycznej dla jazd testowych oraz eksploatacyjnych jednostek EN 57.



Rys. 5. Zużycie jednostkowe energii elektrycznej dla jazd testowych oraz eksploatacyjnych jednostek EN 57

Przedstawione powyżej dane określają wartość zużycia energii elektrycznej w czasie jazd próbnych oraz eksploatacyjnych. Widać z nich, że pobór energii na przejazd 1 km jest większy dla jazd próbnych niż dla warunków eksploatacyjnych. Działo się tak, pomimo iż jazdy próbne odbywały się bez obciążenia pojazdów pasażerami. Większe zużycie energii spowodowane było: nie jednakowymi warunkami przeprowadzania prób, dużą sztywnością części biegowych wózków podwozia, docieraniem klocków hamulcowych, tarciami obrzeży zestawów kołowych. Dodatkowo na zwiększone zużycie energii wpływ miało załączone ogrzewanie (bez względu na temperaturę zewnętrzną). Wynikało to z konieczności potwierdzenia sprawności wszystkich grzejników pojazdu. Moc grzewcza e.z.t. ma wartość w granicach 76 kW. Grzejniki po naprawie i konserwacji w pierwszej fazie nagrzewania wydają specyficzny zapach palących się farb, lakierów i innych środków myjących. Aby pasażer nie miał poczucia dyskomfortu jazdy takim zapachem, wypalanie grzejników przeprowadza się właśnie podczas jazdy próbnej i powoduje to dodatkowe zużycie energii. Jazdę próbną zawsze przeprowadza się przy maksymalnej prędkości 110 km/h, po wysokiej jakości torach Centralnej Magistrali Kolejowej.

Zróznicowanie wyników zużycia energii elektrycznej na 1 km i na 1 MWh podczas ruchu eksploatacyjnego spowodowane było różnymi prędkościami rozkładowymi e.z.t., stanem technicznym torów, profilem linii torów (przy jeździe po łuku torów występuje większe tarcie). Bardzo duży wpływ na zużycie energii ma ukształtowanie terenowe torowiska (pagórki, góry).

Wyniki dotyczące zużycia energii przez e.z.t. serii EN71 pokazują, że większa moc silników nie przenosi się na większe zużycie energii. EN71 w stosunku do EN57 ma dwa razy więcej silników tej samej mocy.

Należy zaznaczyć bardzo dużą rolę w zużyciu energii personelu obsługującego dany pojazd, czyli maszynisty. Maszynista prowadzący pojazd bardziej dynamicznie zużywa więcej energii trakcyjnej. Pomiary wykazują duże różnice w przypadku obsługi tych samych tras przez różnych maszynistów. Różnice w prowadzeniu pociągów dalekobieżnych sięgają do 18%, natomiast dla pociągów regionalnych do 30%. Pokazuje to, jak duże możliwości do wprowadzenia oszczędności można uzyskać poprzez odpowiednią pracę maszynisty. Musi jednak istnieć system premiujący takie zachowania w postaci materialnej, np. premie za oszczędzanie energii elektrycznej prowadzonego pojazdu.

Kwestią bardziej złożoną jest stosowanie rekuperacji energii podczas hamowania. Problemem jest magazynowanie odzyskiwanej energii, lecz oszczędności sięgające nawet 20% powodują, że wielu przewoźników wykazuje zainteresowanie rekuperacją.

Elementem decydującym o powodzeniu funkcjonowania całego powszechnego systemu pomiaru energii elektrycznej w systemie trakcji jest komunikacja. Wykorzystywany licznik wyposażony jest w moduł komunikacyjny, który razem z panelem dotykowym odczytu danych zamontowany jest w szafie niskiego napięcia pojazdu. Zintegrowana antena GPS/GSM typu TRNB-7-27 zamontowana jest na dachu pojazdu, nad szafą niskiego napięcia i połączona jest z modułem komunikacyjnym przewodami antenowymi w rurkach osłonowych. Modem GSM oraz odbiornik GPS zamontowany jest wewnątrz części komunikacyjnej licznika. Licznik energii elektrycznej prądu stałego odporny jest na zakłócenia elektromagnetyczne, wibracje oraz warunki klimatyczne, spełnia normy taborowe EN 50155 [9,11].

PODSUMOWANIE

Liczniki energii elektrycznej montowane w pojazdach trakcyjnych są rozwiązaniem usprawniającym funkcjonowanie poszczególnych grup służb kolejowych. Zalet takiego rozwiązania jest wiele, a najważniejsze z nich to: precyzyjny odczyt zużycia energii dla każdej jednostki trakcyjnej, motywacja personelu obsługującego pojazd do ekonomicznego prowadzenia ruchu, możliwość wykonywania wiarygodnych analiz energochłonności ruchu pojazdów.

Rozliczanie energii na podstawie wskazań liczników zamontowanych na pojeździe przynosi korzyści ekonomiczne przede wszystkim dla przewoźnika. System taki dodatkowo wymusza konkurencyjność oraz jakość organizacyjną, co jest korzystne dla odbiorców usług kolejowych. Przedstawiona w artykule analiza pomiarów zużycia energii elektrycznej przez elektryczne zespoły trakcyjne wykazuje, że istnieje duża możliwość poprawy sytuacji w dziedzinie energooszczędności trakcyjnej. Otrzymanie dokładnych wyników zużycia energii elektrycznej przez konkretne pojazdy jest bardzo istotne, jednak nie mniej ważna jest możliwość prowadzenia porównań mających na celu poprawę energochłonności. Ważnym i wymownym czynnikiem zmniejszenia energochłonności jest rola maszynisty w sposobie prowadzenia pojazdu, a co za tym idzie w zużyciu energii elektrycznej. Analiza pomiarów zużycia energii wykazuje duże różnice w przypadkach obsługi tych samych tras przez różnych maszynistów. Daje to do zrozumienia, jak duże oszczędności w zużyciu energii stanowi tzw. czynnik ludzki - musi tylko istnieć system odpowiedniej motywacji.

Należy spodziewać się, że wprowadzenie liczników tworzących cały system pomiarowy zrewolucjonizuje gospodarkę elektroenergetyczną w przedsiębiorstwach kolejowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Piech R.: System rozliczania zużytej energii, inforail.pl.
2. Piech R.: Tabor optymalny na polskie tory, inforail.pl.
3. Wymagania PKP Energetyka S.A. dla urządzeń do pomiaru energii elektrycznej prądu stałego. Załącznik do Decyzji Nr 40./ET Członka Zarządu PKP Energetyka S.A. Dyrektora Technicznego z dnia 22 czerwca 2012 r.
4. DTR Elektryczny Zespół Trakcyjny typu EN-57
5. DTR Elektryczny Zespół Trakcyjny typu ED-72
6. Dokumentacja techniczna nr SE/2013/2; Projekt wykonawczy montażu licznika typu EM 3000 w pojazdach serii EN57
7. Ciszewski T., Nowakowski W., Wojciechowski J.: Symulator pulpitu maszynisty, Logistyka 4/2015, str. 2819-2824, ISSN 1231-5478
8. Kaska J., Łukasik Z., Nowakowski W., Wojciechowski J.: Nowoczesny układ sterowania asynchronicznego napędu trakcyjnego, Logistyka 6/2014, str. 5252-5257, ISSN 1231-5478
9. Łukasik Z., Nowakowski W., Kuśmińska-Fijałkowska A.: Procedury oceny zgodności, przydatności i weryfikacji WE składników interoperacyjności kolei wspólnotowych, Logistyka 6/2014, str. 6913-6916, ISSN 1231-5478
10. Łukasik Z., Nowakowski W., Kuśmińska-Fijałkowska A: Asynchronous drive control of a traction vehicle using TCMS system, International Journal of Advanced Research in Engineering & Technology (IJARET), Volume 6, Issue 2, February (2015), pp. 80-85, ISSN 0976 - 6480 (Print), ISSN 0976 - 6499
11. Łukasik Z., Nowakowski W., Ciszewski T.: Ocena zgodności z wymaganiami TSI dla podsystemu tabor kolejowy, XXII Konferencja Naukowa, Pojazdy Szybowe 2016, Materiały konferencyjne

THE MEASUREMENT OF POWER CONSUMPTION IN SELECTED ELECTRIC TRAIN SETS

Abstract

In this paper the problem of the use of DC electricity meters in selected train sets is presented. General conditions and requirements for using this solution in the Polish Railways have been presented. The authors gave examples of electricity consumption measurements for EN57 vehicle in test conditions as well as in operational conditions. An analysis of the obtained results and suggested ways to reduce electricity consumption by the train sets was presented.

Autorzy:

inż. **Czesław Jakubowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki – absolwent, student SUM

dr inż. **Tomasz Ciszewski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki

dr inż. **Waldemar Nowakowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Telematyki

dr inż. **Jerzy Wojciechowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Instytut Systemów Transportowych i Elektrotechniki