

Metoda wyznaczania zużycia paliwa silnika lokomotywy trakcyjnej na podstawie warunków jego eksploatacji

Lukasz Rymaniak^{1, a)}, Paweł Daszkiewicz^{2, b)}, Jerzy Merkisz^{1, c)},
Yaroslav V. Bolzhelarskyi^{3, d)} and Piotr Lijewski^{1, e)}

¹*Poznan University of Technology, Institute of Combustion Engines and Transport, Piotrowo Street 3,
60-965 Poznan, Poland*

²*Rail Vehicles Institute "TABOR", Warszawska Street 181, 61-055 Poznan, Poland*

³*Department of rolling stock and track Lviv branch of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, I. Blazhkevych street 12a, 79052, Lviv, Ukraine*

^{a)}Corresponding author: lukasz.rymaniak@put.poznan.pl

^{b)}p.daszkiewicz@tabor.com.pl

^{c)}jerzy.merkisz@put.poznan.pl

^{d)}jarik762145@gmail.com

^{e)}piotr.lijewski@put.poznan.pl

Abstract. W pracy przedstawiono rozważania dotyczące wyznaczania zużycia paliwa z silników lokomotyw trakcyjnych o zapłonie samoczynnym. W celu poznania rzeczywistego zużycia paliwa danego obiektu, w zależności od parametrów pracy układu napędowego, konieczne jest wykonanie działań mających na celu określenie jego wskaźników eksploatacyjnych. Można to osiągnąć przez wykonanie badań w rzeczywistych warunkach ruchu lub wyznaczyć zużycie paliwa metodą obliczeniową w oparciu o warunki eksploatacji. W pracy przedstawiono zużycie paliwa silnika lokomotywy spełniającego normę Stage II, który jest wykorzystywany do napędu różnego rodzaju maszyn pozadrogowych i pojazdów szynowych. Zaprezentowane wyniki zużycia paliwa obejmują wartości wyznaczone na oporniku w ustalonych punktach pracy i w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Wykorzystując założenia charakterystyk gęstości czasu pracy obiektu, opracowano obliczeniową metodę oceny zużycia paliwa lokomotyw trakcyjnych. Porównując uzyskane wyniki pomiarów stanowiskowych i rzeczywistych, określono wpływ zmienności parametrów pracy na zużycie paliwa. W podsumowaniu sformułowano wnioski dotyczące opracowanej metody, a także odniesiono się do możliwości wykorzystania tego narzędzia do oceny wskaźników ekologicznych pojazdów szynowych.

WPROWADZENIE

Producenci pojazdów szynowych wyposażonych w silniki spalinowe prowadzą nieustanne działania zmierzające do zmniejszenia negatywnego oddziaływania ich produktów na środowisko naturalne oraz ograniczenia zużycia paliwa. Wynika to z coraz większej świadomości ekologicznej ludzi, a także wytycznych legislacyjnych, które są różnie definiowane w danych państwach lub wspólnotach. Ma to również swoje uzasadnienie ekonomiczne, ponieważ wpływa to na zmniejszenie kosztów transportu. W związku z tym, w odniesieniu do jednostek spalinowych produkowanych chociażby dziesięć lat temu, wskaźniki emisyjne i zużycie paliwa zmniejszyły się o co najmniej kilkanaście procent, co przyczynia się do większej ochrony środowiska i jest zgodne z przyjętą polityką zrównoważonego rozwoju. Silniki spalinowe pojazdów szynowych, w aspekcie emisji zanieczyszczeń, homologowane są wyłącznie na stacjonarnych stanowiskach hamulcowych. Na podstawie prowadzonych w ostatnich latach prac należy stwierdzić, że pomiary jakościowe i ilościowe gazów wylotowych oraz zużycia paliwa z silników spalinowych wykonywane w warunkach laboratoryjnych mogą znacznie różnić się od eksploatacyjnych wyników pojazdu danej kategorii, w tym także pojazdów szynowych.

WRUNKI PRACY SILNIKÓW SPALINOWYCH WYKORZYSTYWANYCH DO NAPĘDU LOKOMOTYW TRAKCYJNYCH

Średnioobrotowe silniki spalinowe wykorzystywane w układach napędowych lokomotyw liniowych i manewrowych są eksploatowane w zakresie charakterystyk obciążeniowych. Obszar zmienności ich parametrów pracy obejmuje zmiany momentu obrotowego i prędkości obrotowej wału korbowego. Zmiana prędkości obrotowej wału korbowego występuje podczas rozruchu i zatrzymania oraz podczas przejścia między poszczególnymi charakterystykami obciążeniowymi – zmiana zapotrzebowania energetycznego przez odbiornik / zmiana nastawy.

Parametry pracy silnika zmieniane są na podstawie zdefiniowanej wartości nastawy przez maszynistę. W zastosowanych obiektach badawczych możliwe było uzyskanie ośmiu nastaw pracy oraz pracy na biegu jałowym (pozycja 0). Badane lokomotywy manewrowe pod obciążeniem pracują głównie na nastawach w zakresie 1–4. Wyższe nastawy wykorzystywane są podczas jazdy liniowej na szlaku. Na podstawie badań autorów wyznaczono, że podczas prac manewrowych zmiany nastaw mogą występować ponad 400 raz w godzinie, natomiast podczas jazdy na szlaku ilość zmian nastaw nie przekracza kilkunastu razy. Należy zaznaczyć, że zmiany parametrów nastaw mają istotny wpływ na uzyskiwane zużycie paliwa i emisję związków toksycznych, co wynika z niestabilnych warunków pracy silnika spalinowego. Efektywność silników spalinowych i generatorów trakcyjnych różni się w zależności m.in. od trybu obciążenia czy też temperatury uzwojenia. Należy także uwzględnić wszystkie układy funkcjonalne (maszyny pomocnicze). Całkowita moc maszyn pomocniczych w niskich położeniach jest porównywalna pod względem wielkości z mocą wytwarzaną na zaciskach głównego generatora. W literaturze technicznej z reguły nie podaje się danych na temat zapotrzebowania energetycznego układów dodatkowych i strat mocy w przekładni na niskich nastawach. Jednocześnie, niektóre moce urządzeń pomocniczych (np. kompresory, wentylatory) znacząco zależą od stanu technicznego tych jednostek, warunków pracy itp.

METODA WYZNACZANIA CHARAKTERYSTYK UDZIAŁU CZASU PRACY ORAZ JEDNOSTKOWEGO ZUŻYCIA PALIWA

Charakterystyki gęstości czasowej TD (Time Density) są od kilkadziesiąt lat wykorzystywane w pracach konstrukcyjnych oraz optymalizacyjnych samych silników spalinowych, układów napędowych oraz całych pojazdów. Wykorzystując jej założenia możliwe jest wyznaczenie udziałów czasu pracy silnika spalinowego oraz zużycia paliwa w przedziałach prędkości obrotowej wału korbowego i obciążenia podczas badań w danym cyklu pomiarowym. Warunki eksploatacji lokomotyw są w pewnym zakresie powtarzalne ze względu na fakt, że pojazdy te poruszają się po tych samych trasach, zgodnie z określonym rozkładem jazdy. W związku z tym, uwzględniając czas pracy, możliwe jest scharakteryzowanie ruchu przez użycie funkcji dyskretnej o współrzędnych n i M_o . W tym celu konieczne jest rejestrowanie dwóch synchronicznych przebiegów w czasie cyklu pomiarowego, np.: wykorzystując system diagnostyczny pojazdu. Dla punktów pracy silnika spalinowego występujących podczas cyklu pomiarowego, można wyznaczyć zbiór różnego rodzaju danych dla współrzędnych n – M_o . Chodzi tutaj m.in. o natężenie emisji zanieczyszczeń (wyrażone w różnych jednostkach), zużycie paliwa lub wybrane nastawy. Na tej podstawie możliwe jest wyznaczenie całkowitego zużycia paliwa i wskaźników ekologicznych dla konkretnego testu lub cyklu pomiarowego.

PODSUMOWANIE

W zakresie badań pojazdów silnikowych prowadzi się zaawansowane prace poznawcze. Dotyczą one przede wszystkim wyznaczania wartości emisji zanieczyszczeń i na jej podstawie zużycia paliwa podczas rzeczywistej eksploatacji. Ze względu na specyfikę eksploatacji pojazdów szynowych i infrastrukturę torową, tego typu pomiary mogą być znacznie ograniczone – przekroczenie wymiarów obiektu z zamontowaną aparaturą w skrajni kolejowej. Wynika z tego, że nie zawsze jest możliwa ocena wskaźników ekologicznych podczas normalnych warunków eksploatacji. W związku z tym należy wykorzystać odpowiednie narzędzia matematyczne, dzięki którym możliwe będzie z dużym przybliżeniem wyznaczenie konkretnych wartości zużycia paliwa. Aby to osiągnąć należy uwzględnić cechy charakterystyczne silnika, warunki jego eksploatacji oraz parametry emisyjne i wartości zużycia paliwa wyznaczone empirycznie w testach stanowiskowych lub torowych. Przedstawiona metoda wyznaczania zużycia paliwa może być z powodzeniem wykorzystywana w ocenie lokomotyw trakcyjnych podczas konkretnych cykli badawczych lub rzeczywistych warunkach eksploatacji.