

*Е.Д. Тартаковський, д-р техн. наук, А.П. Фалендиш, д-р техн. наук,
А.Ф. Агулов, канд. техн. наук, Д.А. Іванченко., асп., Є.В. Бондаренко, асп.*

ВИКОРИСТАННЯ НА ТЕПЛОВОЗАХ ЕЛЕКТРОННИХ РЕГУЛЯТОРІВ ДИЗЕЛІВ

Постановка проблеми

Особливістю тягового рухомого складу є значне споживання енергоресурсів, а саме світлого рідкого палива. В загальній структурі експлуатаційних витрат локомотивного господарства по даним Укрзалізниці доля паливно-мастильних матеріалів складає близько 33 %. Тому підвищення техніко-економічних показників залізниць шляхом вдосконалення тягового рухомого складу та його складових як технічної системи, що забезпечить зниження витрат на закупівлю палива для потреб залізничного транспорту є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для реалізації програми по зниженню експлуатаційної витрати палива проводяться науково-дослідні та практичні роботи. Основні напрямки цих робіт: розробка та впровадження технічних засобів, які впливають на значення середньоексплуатаційної витрати палива шляхом зниження її питомої витрати (g_e); використання заходів, які забезпечують покращення організації планування, нормування та обліку витрат палива, а також контроль відповідності дійсної витрати палива та прийнятих норм. До технічних засобів, які реалізують перший напрямок, відносяться електронні регулятори частоти обертання колінчатого валу і потужності тепловозних дизель-генераторних установок [1].

Техніко-економічні показники та надійність енерго-силової установки в значній мірі визначаються якістю функціонування регуляторів частоти обертання і потужності та їх систем управління, яке в свою чергу залежить від правильності їх обслуговування, регулювання, настроювання та ін. [2].

Експлуатаційні випробування підтвердили, що підвищення плавності регулювання частоти обертання дизель-генератора до визначеного моменту дозволяє покращити якість роботи дизель-генератора на вказаних перехідних режимах практично без погіршення тягових властивостей тепловоза [2].

Таким чином, завдання раціональних режимів роботи дизель-генераторів з точки зору оптимізації к. п. д. всього енергетичного ланцюга тепловоза, забезпечення економічно вигідних рівнів потужності дизелів на перехідних режимах є найважливішим способом підвищення експлуатаційної економічності тепловозів. Одним із головних напрямків у вирішенні цієї задачі є подальше покращення статичних та динамічних характеристик системи автоматичного регулювання (САР) частоти обертання і потужності тепловозних дизель-генераторів; раціональне узгодження характеристик регуляторів частоти обертання і потужності та їх систем управління як з характеристиками дизелів та агрегатів наддуву, так і з характеристиками електричної передачі тепловоза; створення оптимальної системи управління всім енергетичним ланцюгом тепловоза [2].

Формулювання цілей статті

В даній статті необхідно зробити аналіз доцільності використання регуляторів різних типів на вантажних тепловозах.

Виклад основного матеріалу

На локомотивах і дизель-поїздах для регулювання частоти обертання валів дизеля використовуються різноманітні САРЧ, що розрізняються по типу регулятора частоти обертання, принципу побудови і

т.п. Значна частина вантажних перевезень на залізницях України виконується тепловозами серії 2ТЕ116. Дизелі Д49, що застосовуються на цих тепловозах, обладнані базовими регуляторами частоти обертання колінчатого вала типу 4-7РС-2, який автоматично підтримує заданий режим роботи дизеля.

В останні роки все більше застосовуються пристрої регулювання, побудовані на базі мікропроцесорної техніки. Так система Pegasos, німецької фірми Heinzmann представляє собою комплектну «Систему модернізації» для локомотивів, яка дозволяє замінити існуючі системи керування (наприклад, гідравлічні регулятори) сучасними цифровими системами керування. Крім керування частотою обертання система керування локомотивами Pegasos виконує наступні функції:

а) налагодження стартової подачі палива.

При завданні стартової подачі палива, надається вибір між мінімальним і максимальним значеннями подачі палива. Більш того, забезпечується перемінна стартова подача палива, дякуючи чому подача палива при запуску двигуна збільшується автоматично.

б) темп змінення частоти обертання.

Якщо частота обертання повинна змінюватися в слід за задаючим пристроєм з деякою затримкою, в регуляторі передбачена функція темпу змінення частоти обертання, яка, в залежності від вимог, може програмуватися як окремо для збільшення і зменшення частоти обертання, так і для визначених діапазонів частоти обертання.

в) фіксоване обмеження палива.

Для позицій зупинки і максимальної подачі палива можуть забезпечуватися «електронні пастки». Це забезпечить захист виконавчого органу регулятора від впливу вхідних обмежувачів паливного насоса та ін.

г) обмеження подачі палива у залежності від частоти обертання.

Для всережимних регуляторів, по бажанню замовника, забезпечується програмування обмежувальних кривих у залежності від частоти обертання. Таким чином, для будь якої частоти обертання обертаючий момент може бути приведений до призначення, допустимому для двигуна або який потребує замовник.

д) обмеження подачі палива у залежності від тиску наддува.

Для двигунів з турбонадувом подача палива може бути зменшена, щоб забезпечити бездимну працю у випадку відсутності тиску наддува (наприклад, запуск або змінення навантаження). У відповідності з цим програмуються відповідні обмежувальні криві.

е) дворежимний регулятор.

Для керування дизель-електричними локомотивами регулятор може працювати у режимі дворежимного регулятора. З цією метою, можна запрограмувати проміжну фіксовану частоту обертання, наприклад, для стаціонарного режиму праці (генератор у відборі потужності і ін.). Якщо необхідна робота регулятора з зоною пропорційного регулювання (далі ЗПР), то можна передбачити вимикач ЗПР, наприклад, переміщення без ЗПР, а робота у стаціонарному режимі з ЗПР.

ж) температурна залежність частоти обертання холостого ходу.

При низьких температурах двигун може працювати на збільшеній частоті обертання холостого ходу. Зі збільшенням температури двигуна частота обертання холостого ходу знижується до нормальної величини.

з) контроль тиску масла.

Для контролю тиску масла можуть бути запрограмовані дві обмежувальні криві залежності тиску масла від частоти обертання двигуна. При низькому тиску масла видається сигнал тривоги, а при подальшому пониженні тиску масла двигун буде зупинено.

і) система регулювання навантаження.

Для дизель-електричних локомотивів може бути використана система регулювання навантаження, за допомогою якої вихідна потужність генератора регулюється у залежності від частоти обертання і навантаження.

к) захист від буксування.

Для локомотивів може бути забезпечений захист від буксування, однак для цього потребується сигнал від зовнішнього датчика.

л) допоміжні пристрої.

Електронний регулятор типу СУДМ-01 був розроблений і виготовлений Харківським науково-виробничим підприємством «ТОР» (НПП «ТОР») при участі казенного підприємства «Харківське конструкторське бюро по двигунобудуванню» (КП ХКБД) і кафедри ЕРПС Української державної академії залізничного транспорту по технічному завданню, яке узгоджене з Головним управлінням локомотивного господарства «Укрзалізниця». Він призначений для установки на тепловозні дизель-генератори типу 1А-9ДГ, 2А-9ДГ, ПДГ1М і інші з дизелями типу Д49, дизель-генератори уніфікованого ряду потужності Д80, а також дизель-генератори 10Д100 взамін штатних гідромеханічних регуляторів.

Для перевірки виконання закладених функцій та підтвердження відповідності функціональних характеристик вимогам технічної документації та працездатності ЕР були організовані порівняльні реостатні та експлуатаційні випробування. Порядок проведення випробувань встановлювався розробленою кафедрою ЕРПС програмою-методикою, в якій також зазначені характеристики, що визначаються. Випробування проводились в три етапи. На першому етапі випробування проводились в експлуатації на тепловозі з ЕР. На другому етапі замінили ЕР на штатний та виконали настроювання та реостатні випробування. Після цього тепловоз був направлений в експлуатацію для проведення експлуатаційних випробувань. На третьому етапі знову був замінений

штатний регулятор на ЕР, виконані настроювання та реостатні випробування і тепловоз був направлений в експлуатацію для проведення експлуатаційних випробувань. Після проведення випробувань тепловоз із ЕР продовжує експлуатуватись.

Дані по результатам настроювання основних його характеристик по етапам наведені на рисунку 1.

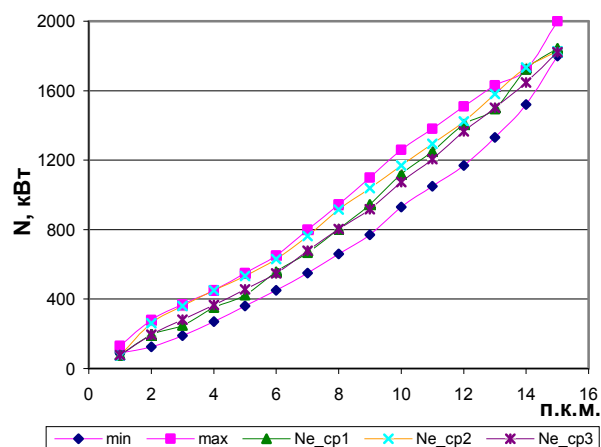


Рис. 1. Розподіл потужності по позиціям контролера машиніста при проведенні реостатних випробувань

Динаміка зміни питомої витрати палива від часу проведення випробувань приведена на рисунках 2-3.

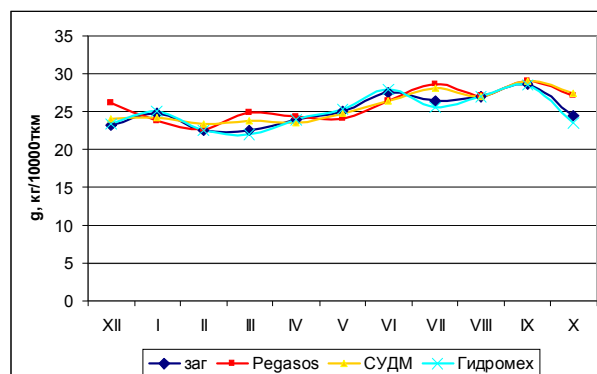


Рис. 2. Залежність витрати палива на одиницю роботи від часу

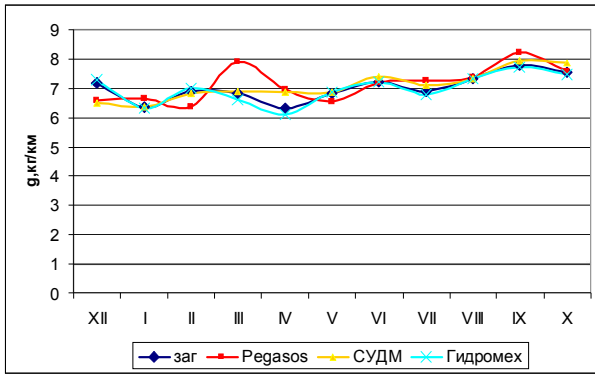


Рис. 3. Залежність витрати палива на одиницю пробігу від часу

Статистичний аналіз даних про витрату палива на одиницю роботи показав наступні значення:

- для ЕР Pegasos – середнє значення $25,9 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$, середньоквадратичне відхилення $3,36$, міра відхилення розподілу до лог-нормального закону $0,2$ за критерієм Романовського;

- для ЕР СУДМ – середнє значення $25,87 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$, середньоквадратичне відхилення $2,19$, міра відхилення розподілу до лог-нормального закону $1,4$ за критерієм Романовського.

Результати, що виходять з аналізу характеру зміни питомої витрати палива ще раз підтверджують висновки отримані при проведенні стендових випробувань електронних регуляторів. Отримана економія витрати палива не є вичерпаною. Це пояснюється тим, що економія експлуатаційної витрати палива забезпечується при відповідній настройці мікропроцесорного регулятора під відповідний тип дизеля. Це потребує додаткової дослідної роботи по виявленню зон найбільшої економічності в залежності від різних вхідних параметрів та визначення апроксимуючих залежностей, які використовуються в алгоритмах управління. Також слід сказати, що збільшення експлуатаційної витрати палива модернізованими теп-

ловозами в наступних періодах може бути обумовлено рядом чинників, в т.ч. погіршенням технічного стану локомотиву в цілому, що не дозволяє реалізувати повною мірою переваги ЕР.

Висновки:

1. Результати реостатних випробувань підтвердили, заявлені виробниками, більш високі динамічні та статичні характеристики ЕР у порівнянні зі штатними гідромеханічними регуляторами тепловозів 2ТЕ116.

2. Експлуатаційні випробування підтвердили функціональну працездатність ЕР в реальних умовах експлуатації, більш того аналіз динаміки зміни питомої витрати палива вказує на отримання економії палива.

3. Підтверджена необхідність проведення науково-дослідної роботи по забезпеченню раціонального використання електронних регуляторів дизелів для тепловозів залізниць України.

Список літератури:

1. Альохін С.О., Басов О.В., Носков В.І., Яровой Г.І., Тартаковський Е.Д. Електронна керуюча система дизель-агрегатів дизель-поїзда ДЕЛ-01 // Зб. наук. праць. – Харків. – УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64. – С. 24-31.
2. Регулирование частоты вращения и мощности дизель-генераторов тепловозов / Б.Н. Струнге, П.М. Канило, И.М. Невелев, В.А. Рузов. – М.: Транспорт, 1976. – 112с.
3. Богаєвський О.Б., Агулов А.Ф., Басов О.В., Дубровський В.З., Залозних В.А. Випробування електронно-керуючої системи тепловозного дизель-генератора на моторному стенді // Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2001. – Вип. 46. – С. 84-88.
4. Тартаковський Е.Д., Богаєвський О.Б., Агулов А.Ф. Поліпшення ефективності тепловозної дизельної установки за рахунок застосування мікроконтролера частоти обертання і потужності // Зб. наук. праць. - Харків. – УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 76. – С. 22-28.