

Є. В. Смирнов
Д. А. Єфременюк
Р. Р. Андрущенко

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано доцільність застосування інтегрованих стартер-генераторних установок з дизельними двигунами внутрішнього згоряння вантажних автомобілів та іншої комерційної техніки.

Ключові слова: стартер, генератор, стартер-генераторна установка, дизельний двигун, вентильний двигун, «м'який» гібрид.

Abstract

The expediency of application of integrated starter-generator installations with diesel internal combustion engines of trucks and other commercial vehicles is analyzed in the work.

Keywords: starter, generator, starter-generator set, diesel engine, valve motor, mild hybrid.

Пускова і електрогенеруюча системи сучасного автомобільного дизеля засновані на двох незалежних пристроях – синхронному генераторі і стартері на основі двигуна постійного струму. Однак в світовому автомобілебудуванні намітилася тенденція до підвищення потужності бортових споживачів та впровадженню гібридних синергічних приводів. Відповідно зростає число електроприводів в складі автомобілів, з'являються тягові електродвигуни, що призводить до того, що вже сьогодні потрібні бортові джерела генерування електроенергії з потужністю понад 6 кВт. При цьому, підвищення ефективності та надійності, зниження масогабаритних показників і вартості пускових систем дизеля – це питання, які, як і раніше, залишаються актуальними.

Для вирішення цих проблемних питань для автомобільних дизелів існує потреба в розробці і дослідженні комбінованих бортових систем з підвищеними енергетичними можливостями, що дозволяють формувати високий крутний момент на режимах пуску дизеля, а в генераторних режимах – виробляти електроенергію підвищеної потужності (напруги) в широкому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна. У стартерному режимі така система дозволяє прискорити динаміку розгону вала дизеля до рівня його успішного запуску. Більш того автомобіль отримує додатковий тяговий режим, який «допомагає» крути колінчастий вал двигуна. Зі сказаного вище випливає, що на сьогодні нарізла необхідність створення нових перспективних електромеханічних систем для дизелів на основі інтегрування операцій пуску двигуна і генерування електроенергії.

Відомо, що стартер і генератор є різними за принципом дії електричними машинами. Суперечливі вимоги до організації пуску двигуна і генерації електроенергії не дозволяли в умовах раніше існуючих технічних рішень поєднати ці функції в рамках єдиного енергетичного пристрою. Однак з розвитком технологій стало можливим створення таких електричних машин, які дозволяють поєднати характеристики стартера і генератора в одній електричній машині, і тим самим підвищити експлуатаційну надійність і ефективність інтегрованої системи пуску дизеля і генерації бортової електроенергії. Тому у ситуації що склалася, найбільш пріоритетним і перспективним варіантом можуть стати суміщені електромеханічні перетворювачі – стартер-генераторні установки (СГУ), які замінюють традиційний стартер і генератор однією безконтактною електричною машиною.

Стартер-генераторні установки по типу конструкції підрозділяються на СГУ з пасовим приводом і інтегровані СГУ. СГУ з пасовим приводом розташовується на місці традиційного генератора і з'єднується з колінчастим валом ДВЗ за допомогою пасової передачі. Основними елементами такого типу є безконтактна електрична машина, пасова передача, система, що керує натягом приводного привідного паса, інвертор-випрямляч (AC/DC), понижуючий перетворювач постійної напруги для живлення низьковольтних ланцюгів (DC/DC). Така система є найбільш дешевим і простим з точки

зору проектування варіантом, тому що не вимагає істотних змін в конструкції силового агрегату. Однак ресурс і максимально можливий крутний момент обмежені недосконалістю системи пасового приводу, тому даний тип електромеханічного перетворювача має менше перспектив для застосування в порівнянні з інтегрованою СГУ.

Інтегрована стартер-генераторна установка є найбільш раціональним типом виконання, так як ротор електричної машини в даному випадку розташовується на колінчастому валу між ДВЗ і коробкою передач (рис. 1).

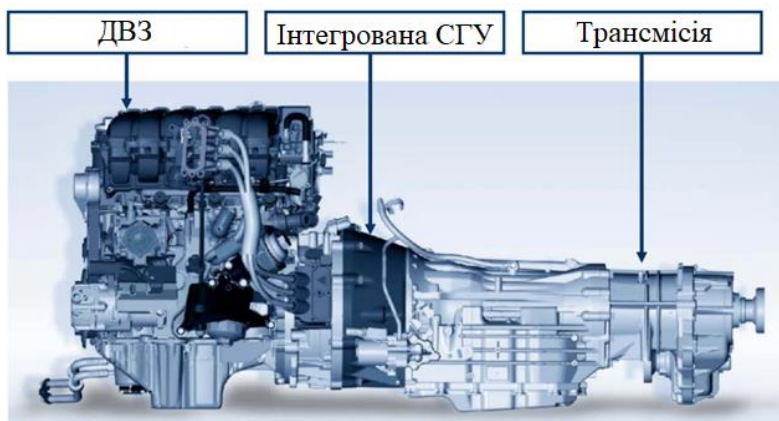


Рис. 1. Компонування інтегрованої стартер-генераторної установки

У такого типу конструкції є ряд істотних переваг в порівнянні з традиційним і пасовим типом: висока надійність, так як відсутні швидко зношені деталі; інтегрована СГУ дозволяє здійснити більш швидкий і надійний пуск ДВЗ, особливо при низьких температурах [1, 2]; високий крутний момент; пускові частоти обертання інтегрованої СГУ досягають частоти холостого ходу ДВЗ (800-1000 хв⁻¹); потужність електричної машини, застосовуваної в інтегрованій СГУ, обмежується тільки необхідними характеристиками, а не конструктивними особливостями; можливість реалізації всіх функцій «м'якого» гібрида.

Застосування СГУ відкриває абсолютно нові можливості по електрифікації та оснащенню мікропроцесорною системою управління таких вузлів, як рульове управління, гальмівна система, водяна помпа, компресор кондиціонера тощо. Всі ці механізми в даний час споживають від 20 до 26 кВт механічної потужності. Застосування електричних приводів з оптимізованою системою управління дозволяє забезпечити зменшення споживаної потужності на 6-10 кВт, за рахунок того, що електрична енергія споживається тільки в разі потреби [3].

На сьогоднішній день вже існує ряд конструктивних варіантів СГУ дизельних двигунів вантажних автомобілів, проте всі ці варіанти ще далекі від досконалості. Тому доцільним є пошук такого варіанту СГУ, який би більшою мірою відповідав умовам експлуатації вантажної автомобільної техніки, забезпечуючи при цьому високу експлуатаційну надійність, менші технологічні витрати у виробництві, високу ефективність, можливість функціонування в умовах низьких температур (легкий запуск ДВЗ при низьких температурах) і запиленості середовища.

Всім цим перерахованим вимогам найбільшою мірою задовольняє варіант використання вентильного електромеханічного перетворювача енергії з автоматичним (мікропроцесорним) регулюванням. Вентильні двигуни (ВД) постійного струму на відміну від двигунів прямого підключення (від промислової мережі) мають зовнішню комутацію струму живлення за допомогою DC/AC перетворювачів – інверторів. Система безколекторного вентильного двигуна, крім багатозазної машини змінного струму (синхронної або асинхронної), додатково включає перетворювач координат, інвертор і датчик положення. Їх широкому розвитку в даний час сприяє поява потужних транзисторів типу IGBT, які дозволяють створювати регульовані приводи для різного виду силових установок з найкращими споживчими властивостями.

Як тягові електродвигуни в транспортних засобах знайшли застосування вентильні електродвигуни наступних типів:

- асинхронний двигун із короткозамкненим ротором;
- синхронний двигун з поверхневою установкою постійних магнітів;

- синхронний двигун із вбудованими постійними магнітами;
- синхронний реактивний двигун із постійними магнітами;
- синхронний двигун з обмоткою збудження.

На основі аналізу механічних характеристик наведених вище електродвигунів, а також можливості їх використання в якості інтегрованої СГУ, вважаємо, що найбільш підходящими для застосування в інтегрованій СГУ є синхронний реактивний двигун із постійними магнітами. Такі двигуни забезпечують високий ККД у широкому робочому діапазоні [4].

Управління СГУ є досить складним процесом, і зазвичай здійснюється від сигнального процесора, спеціалізованого на управлінні електродвигунами. Важливим елементом схеми є підсилювачі потужності (драйвери), що слугують для узгодження по потужності і напрузі сигналів між системою управління і силовими ключами.

Основними функціями системи управління СГУ в залежності від алгоритму системи управління можуть бути:

- забезпечення швидкого запуску двигуна (стартерного режиму);
- забезпечення тягового режиму СГУ в режимі «докрутки» ДВЗ;
- реалізація генераторного режиму при рекуперативному гальмуванні і в режимі примусової рекуперації;
- реалізація режиму «стоп-старт»;
- підтримання оптимального рівня заряду тягової акумуляторної батареї;
- оптимізація роботи ДВЗ в складі гібридної силової установки з СГУ;
- підтримання оптимального рівня температури всіх компонентів системи;
- забезпечення позитивного енергобалансу в усій установці (в режимі зима, ніч, всі споживачі включені тощо) і для споживачів силового електроприводу.

Висновки

Одним з напрямків розвитку системи пуску ДВЗ і генерації електричної енергії є інтегрована СГУ, що поєднує в собі характеристики пускового електродвигуна і генератора. Використання ВД в якості інтегрованої СГУ в складі вантажних автомобілів і тракторів є найкращим варіантом. Проте, незважаючи на очевидні переваги інтегрованих СГУ на основі ВД, вони до теперішнього часу ще не знайшли масового застосування в дизелях вантажних автомобілів, автобусів та тракторної техніки. Проте завдяки виявленим перевагам застосування подібних СГУ в дизелях комерційної техніки є найбільш перспективним, так як саме в умовах цього застосування особливого значення набувають такі показники як експлуатаційна надійність і ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов В.М. Электромеханические стартер-генераторные системы автомобильных транспортных средств: Дисс. докт. техн. наук: Самара, 2004. 367 с.
2. Бунаков И.Ю. Совмещенные системы стартер-генераторов (обзор) / Молодежь и наука. Международный аграрный научный журнал. 2013. №2. С. 23-28.
3. Копылов А.И., Копылова Е.К. Перспективы использования электромеханических накопителей энергии в системе пуска двигателей внутреннего сгорания // 1-я Международная конференция по электромеханике и электротехнологии, МКЭЭ-94, Суздаль. 13-16 сентября 1994: Тез. докл., ч.2 – Суздаль, 1994.
4. Электродвигатели / Инженерные решения. URL: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor/> (дата обращения 20.05.2022).

Смирнов Євгеній Валерійович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua

Єфременюк Дмитро Анатолійович – студент групи 1АТ-18б, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Андрущенко Ростислав Русланович – студент групи 1АТ-20мс, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Smyrnov Yevhenii V. – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua

Yefremenyuk Dmytro A. – student of group 1AT-18b, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Andrushchenko Rostislav R. – student of group 1AT-20ms, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia