

## ДОВІДКА

### про творчий внесок до роботи

### «Підвищення енергетичної ефективності дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів»

**Автор:** КУЛАГІН Дмитро Олександрович – професор кафедри електропостачання промислових підприємств Запорізького національного технічного університету, кандидат технічних наук, доцент

*Наукова новизна отриманих результатів* полягає у наступному:

#### **Вперше:**

– запропоновано метод підвищення енергоефективності дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу за статичними та динамічними характеристиками, на основі якого на відміну від існуючих методів використовуються синергетичні властивості системи та за яким необхідно розглядати засоби забезпечення енергоефективного режиму роботи та керування кожним з елементів декомпозованої структури електромеханічної системи та загального закону керування цими елементами поодиночі та у сукупності для досягнення найбільш раціонального питомого рівня споживання палива та максимізації ККД електромеханічної системи;

– запропоновано метод вибору структури дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу з можливістю накопичення енергії, який на відміну від існуючих методів враховує синергетичні властивості електромеханічної системи, що дозволяє забезпечити встановлені тягові характеристики за умови простоти побудови, високу ефективність використання енергії та забезпечує роботу дизель-генераторної установки на економічній характеристиці;

– запропоновано і обґрунтовано використання критерію мінімізації площі під кривою руху для розробки алгоритмів енергоощадної експлуатації електромеханічних систем транспортних засобів, який на відміну від існуючих критеріїв поєднує в собі раціональний розподіл між задачами мінімізації часу поїздки та витрат пального при цьому, забезпечує дотримання встановлених значень прискорення та ривка, що дозволяє досягти мінімальної питомої витрати палива та отримати при цьому граничне зменшені показника витрат палива до 6% та часу руху ділянкою до 3% в порівнянні з відомими алгоритмами керування;

– отримано функцію керування моментом тягових асинхронних двигунів при русі транспортного засобу на різних профілях шляху, яка на відміну від існуючих враховує параметри раціональної кривої руху транспортного засобу, що дозволяє виконувати керування станом двигунів для досягнення встановлених електромеханічних та електромагнітних показників дизель-генераторної електромеханічної системи при роботі на економічній характеристиці;

– запропоновано метод синтезу інформаційно-керуючої системи для виконання синергетичного термінального алгоритму енергоощадного керування дизель-генераторною електромеханічною системою транспортного засобу, який на відміну від існуючих алгоритмічних принципів побудови систем автоматичного керування засновано на положеннях концепції гнучких кінематичних траєкторій, зокрема, вперше поширено дану концепцію на новий клас систем – дизель-генераторні транспортні засоби з електромеханічною системою приводу змінного струму, що дозволяє реалізовувати визначені раніше види алгоритмів керування у разі відхилення від основної кривої руху, забезпечує економію палива, що дозволяє враховувати всі фазові обмеження, та тим самим підвищити рівень енергоефективності системи;

– запропоновано метод врахування форми кривої намагнічування асинхронного двигуна, який на відміну від існуючих розроблено на основі функції Бріллюена, що дозволяє за відомого передаточного коефіцієнта між значенням модуля вектора робочого поточкозчеплення та намагнічуючого струму машини здійснювати опис кривих намагнічування тягових асинхронних двигунів максимально наближено до реальних кривих з граничним значенням похибки до 3%.

#### **Отримав подальший розвиток:**

– метод розробки інтелектуальних керуючих комплексів для електромеханічних систем в якому на відміну від існуючих методів поєднано нейронну мережу та засоби ройового інтелекту для забезпечення визначеної енергетичної характеристики дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу, що дозволяє отримувати встановлені енергетичні характеристики засобами електричної трансмісії, які відповідають вимогам перевізного процесу та забезпечують максимізацію енергетичного потенціалу системи;

– метод визначення режимів роботи дизель-генераторних електромеханічних систем в якому на відміну від існуючих методів враховано задані параметри з боку перевізного процесу, внаслідок чого отримано вимоги, засновані на синергетичній концепції керування, щодо особливостей побудови тягових електроприводів з урахуванням розподілу витрат енергії на тягові потреби та забезпечення власних потреб, що дозволяє визначити раціональну структуру електромеханічної системи;

– метод динамічних індуктивностей, який доопрацьовано у частині врахування електричної та магнітної несиметричності контурів машини і вперше поширено на новий клас систем – тягові асинхронні електроприводи змінного струму, що дозволяє підвищити точність результату врахування процесів насичення та зменшити рівень витрат через несиметричні електромагнітні процеси в обмотках машини до 6%.

Вказані наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати у галузі електротехнічних комплексів та систем у сукупності вносять вклад у розв'язок важливої науково-прикладної проблеми галузі – зменшення енергоємності дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів, а також

розв'язання народногосподарської проблеми – зниження енергетичних витрат транспортної галузі агропромислового комплексу та виробничій сфері України.

***Практичне значення отриманих результатів:***

1. На основі методів підвищення енергоефективності дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу з урахуванням синергетичних властивостей системи визначено граничні величини приросту статичного коефіцієнта корисної дії розробленої системи, що дозволяє планувати та оцінювати заходи з підвищення енергоефективності електроприводу. В сукупності таке підвищення за рахунок використання синергетичних властивостей електромеханічної системи дозволяє збільшити загальний статичний ККД до 5% (для I групи з типовою потужністю до 70 кВт), до 7% (для II групи з типовою потужністю 70 – 300 кВт) та до 8% (для III групи з типовою потужністю понад 300 кВт).

2. На основі дослідження витрат енергії дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів визначено структуру раціональних енергетичних діаграм, які дозволяють будувати системи автоматичного керування для забезпечення відповідних алгоритмів роботи, та дозволяють отримати економію паливних ресурсів на рівні до 6 %.

3. Використання запропонованої концепції вибору дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів з можливістю накопичення дозволяє виконувати проектування конструкції систем електропостачання транспортних засобів при забезпеченні сучасних підходів підвищення їх енергоефективності.

4. Визначено процедуру розрахунку параметрів раціональної кривої руху, що дозволяє будувати системи автоматичного керування дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів, проводити інженерні розрахунки та математичне моделювання системи керування тяговим електроприводом для мінімізації відхилення електротехнічного комплексу від графіка руху.

5. Виконано аналіз та узагальнення різних способів керування системою тягових електроприводів рухомого дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів на різних профілях шляху, що дозволяє проводити інженерно-проектні роботи на основі вказаних алгоритмів для побудови енергоощадних систем керування, проводити інженерні розрахунки та моделювання керуючої системи для всього діапазону режимів роботи тягових електроприводів.

6. Розроблений метод побудови моделей дизель-генераторних електромеханічних систем транспортних засобів з урахуванням процесів насичення та електричної і магнітної несиметричності контурів машини дозволяє проводити дослідження електромагнітних та електромеханічних характеристик комплексів, створювати системи та технології сучасного комплексного проектування, адже дозволяє досліджувати форму та показники перехідних процесів при будь-якому законі керування тяговим автономним інвертором напруги, враховуючи при цьому зміну параметрів силових кіл тягового двигуна внаслідок його насичення з

