



УДК 631.3:62-833.6:621.31:681.5:656

## КЛАСИФІКАЦІЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПО ТЯГОВИМ КАТЕГОРІЯМ

Кулагін Д.О., к.т.н.,

Яценко Д.В.,

Яценко О.В.

*Запорізький національний технічний університет*

Тел.: 099-760-36-91

**Анотація** - на основі існуючої тягової класифікації тракторів запропонована класифікація дизель-генераторних електромеханічних систем за потужністю для більшості транспортних машин та рухомого складу залізниць. Виконана декомпозиція послідовної структури дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу та узагальнена основна структур елементів декомпонованої системи.

**Ключові слова:** тягові категорії, декомпозиція електроприводу, електротехнічний комплекс, тяговий привод, автономна система, дизель-генераторна система.

*Постановка проблеми.* На сьогодні фактично відсутня система класифікації дизель-генераторних електромеханічних систем за потужністю, яка є потрібною для дослідження показників роботи машин за статичними характеристиками, для переважної більшості транспортних машин та рухомого складу залізниць, то виникає питання необхідності її створення. За основу прийнято тягову класифікацію, яка використовується в тракторній галузі.

*Аналіз основних досліджень.* Відповідно до колишніх ГОСТ 27021-86 чи СТ СЭВ 628-85 типорозмірний ряд сільськогосподарських тракторів включав 10 тягових класів. У міжнародній практиці у відповідності до стандартів ISO 730/1 і 730/3-82 використовується класифікація тракторів за максимальною тяговою потужністю  $N_{кр.мах}$ , отриманою при випробуванні енергетичного засобу на гладкій горизонтальній і сухій бетонованій поверхні, або поверхні, покритій скошеною/нескошеною травою [1, 2]. Трактори при цьому поділяються на чотири категорії, кожна з яких відповідним чином співвідноситься з класифікацією енергетичних засобів згідно з міжнародним стандартом ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85, див. таблицю 1) [1, 2].



Практика показує, що класифікація згідно з ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) дає більш точну уяву про експлуатаційні властивості трактора [1, 2]. Це дозволяє правильно підібрати комплекс сільськогосподарських машин і знарядь. Для узагальнення та класифікації заходів підвищення енергетичного потенціалу для елементів декомпозованої структури така класифікація дизель-генераторних транспортних засобів є занадто детальною, оскільки в більшості з даних класів підходи будуть однаковими. Детальна класифікація є корисною для правильного підбору комплексу сільськогосподарських машин і знарядь та проведення відповідних проектних та тягових розрахунків, визначення відповідної експлуатаційної ваги трактора, номінального тягового зусилля та допуску на його коливання, норми буксування енергетичного засобу при визначенні його номінального тягового зусилля.

*Формулювання цілей статті.* Створення класифікації дизель-генераторних електромеханічних систем за потужністю.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. Аналіз досвіду класифікації на основі нормативних документів.
2. Виконання декомпозиції типової послідовної структури дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу.

*Основні матеріали дослідження.* Типорозмірний ряд сільськогосподарських тракторів (табл. 1) представляє собою зростаючу послідовність безрозмірних чисел (0,2...8), кожне із яких виражає значення номінального тягового зусилля трактора ( $P_{крн}$ ) в тонах [1].

Таблиця 1 - Співвідношення між тяговими класами і категоріями тракторів [1,2]

№ пп	Тяговий клас	Номінальне тягове зусилля ( $P_{крн}$ , кН)	Базова модель		Категорія потужності і тягова потужність ( $N_{кр.макс}$ , ISO 730кВт/30/3-82)
			марка	Потужність двигуна ( $N_e$ , кВт)	
ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85)					
1	0,2	від 0,8 до 5,4			I-25
2	0,6	від 5,4 до 8,1	T-25	18,4	
3	0,9	від 8,1 до 12,6	T-40	36,8	II-30....70
4	1,4	від 12,6 до 18	MTЗ-80	55,3	
5	2	від 18 до 27	T-70С	51,5	
6	3	від 27 до 36	T-150К	121,5	III-70....135
7	4	від 36 до 45	T-4	80,9	
8	5	від 45 до 54	K-700	161,8	IV-135....300
9	6	від 54 до 72	T-130	116,2	
10	8	від 72 до 108	K-710	220,5	



Для аналізу та узагальнення засобів підвищення енергетичного потенціалу за статичними характеристиками, виконаємо класифікацію дизель-генераторних електромеханічних систем в залежності від потужності яку показано в таблиці 2.

Таблиця 2 - Класифікація дизель-генераторних електромеханічних систем по тяговим категоріям

Категорія потужності	Тягова потужність, кВт	Частина споживання загальної потужності на забезпечення власних потреб	Види дизель-генераторних транспортних засобів, що належать до даної категорії потужності
I	до 70	4-30% (живлення в основному від допоміжних генераторів)	<ul style="list-style-type: none"><li>- міні-трактори;</li><li>- навантажувачі;</li><li>- легкі самохідні шасі;</li><li>- трактори до класу 2;</li><li>- легка будівельна техніка;</li><li>- легка дорожня техніка;</li><li>- допоміжні машини та самохідні установки залізниць.</li></ul>
II	70-300	6-25% (живлення від допоміжних генераторів або шини постійного струму)	<ul style="list-style-type: none"><li>- трактори класів 3 - 8;</li><li>- будівельна та дорожня техніка;</li><li>- рейкові автобуси;</li><li>- допоміжні машини та самохідні установки залізниць;</li><li>- автотрисис;</li><li>- будівельна та дорожня техніка;</li><li>- допоміжні кар'єрні транспортні засоби;</li><li>- локомотиви;</li><li>- міський транспорт.</li></ul>
III	більше 300	8-20% (живлення в основному від шини постійного струму)	<ul style="list-style-type: none"><li>- трактори класів більше 8;</li><li>- комбайни;</li><li>- локомотиви;</li><li>- важка будівельна та дорожня техніка;</li><li>- кар'єрні самоскиди;</li><li>- приміський рухомий склад;</li><li>- маневровий рухомий склад.</li></ul>

Прийнята структура електромеханічної системи та наведена класифікація за тяговими категоріями є типовою як для систем змінного струму, так і для систем постійного струму.

Декомпозиція типової послідовної структури дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу (рис. 1).

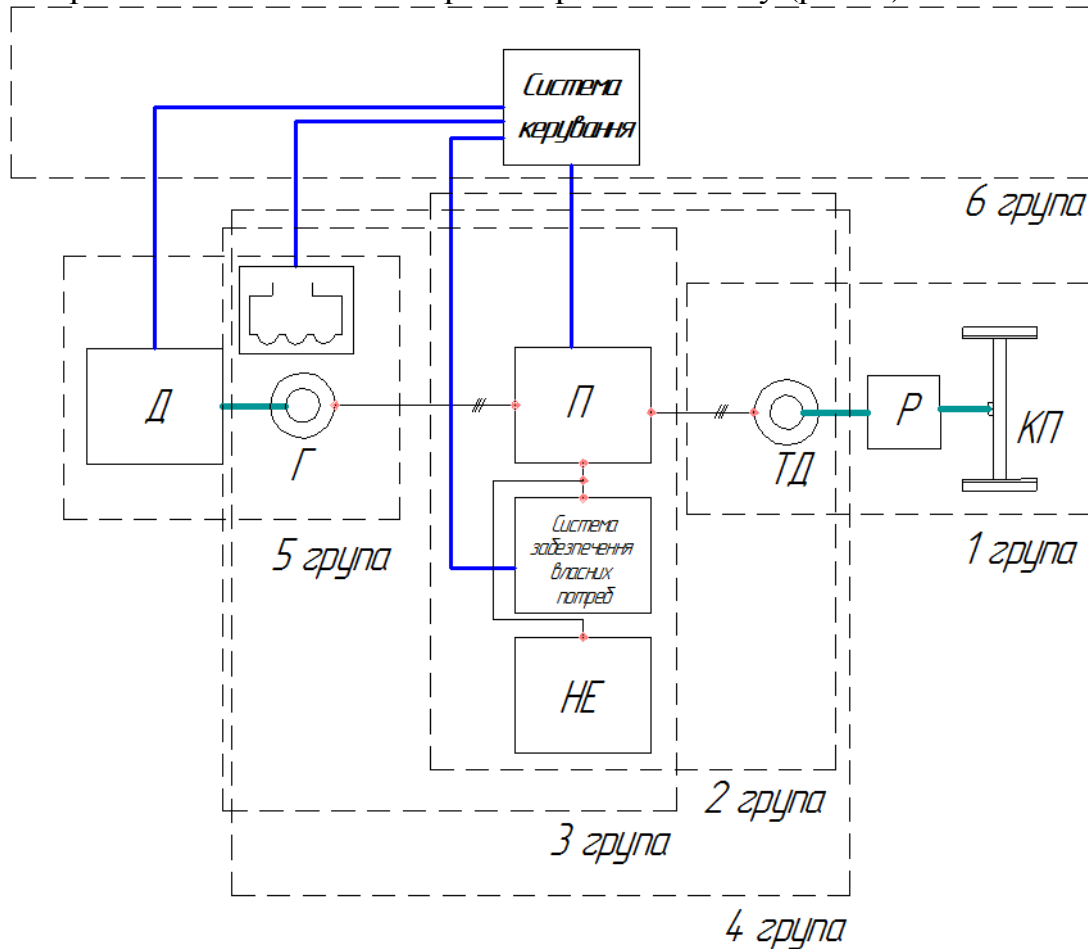


Рис. 1. Структурна схема дизель-генераторної електромеханічної системи транспортного засобу [3]: Д – дизель, Г – генератор, НЕ – накопичувальний елемент, П – перетворювач, ТД – тяговий двигун, Р – редуктор, КП – колісна пара.

Максимальний ефект підвищення енергетичного потенціалу можливо досягти, розглядаючи групи підсистем вказаної електромеханічної системи транспортного засобу, в яких відбувається перетворення одних видів енергії в інші та відповідні регулювання фізичних характеристик цих видів енергії. Для цього виконаємо декомпозицію структурної схеми електромеханічної системи (рис. 1), на відповідні групи:

- 1 група: тяговий двигун – редуктор – колісна пара;
- 2 група: перетворювач – тяговий двигун;
- 3 група: генератор – перетворювач;
- 4 група: генератор – перетворювач – тяговий двигун;
- 5 група: дизель – генератор;



б група: загальна система керування всіма ланками та системою в цілому.

Виконаємо узагальнення основних структур елементів декомпонованої системи відповідно до запропонованої класифікації, взаємозв'язок між якими дозволяє максимально використати синергетичні властивості електромеханічної системи. Варіанти структур групи «тяговий двигун-редуктор» наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Варіанти структур групи «тяговий двигун-редуктор»

Структура елементів групи	Категорія потужності		
	I	II	III
Редуктор зі змінною кількістю ступенів – Тяговий двигун			
Безредукторна система (мотор-колесо)			
Тяговий двигун спеціальної конструкції – Редуктор			

Варіанти структур групи «перетворювач - тяговий двигун» (табл. 4), варіанти структур групи «генератор - перетворювач» (табл.5) наведено у табличній формі.

Таблиця 4 - Варіанти структур групи «перетворювач - тяговий двигун»

Структура елементів групи	Категорія потужності		
	I	II	III
Перетворювач частоти – Тяговий двигун спеціальної конструкції			
Багаторівневий перетворювач частоти – Тяговий двигун змінного струму			
4q-перетворювач – Тяговий двигун			
Використання накопичувача енергії			

Таблиця 5 - Варіанти структур групи «генератор-перетворювач»

Структура елементів групи	Категорія потужності		
	I	II	III
Генератор – Перетворювач – Загальна шина постійного струму			
Генератор – Безпосередній перетворювач частоти			
Генератор – Накопичувальна система – Перетворювач			



Варіанти структур групи «генератор - перетворювач - тяговий двигун» наведено в таблиці 6. Варіанти структур групи «дизель-генератор» наведено в таблиці 7.

Таблиця 6 - Варіанти структур групи «генератор - перетворювач - тяговий двигун»

Структура елементів групи	Категорія потужності		
	I	II	III
Система Генератор – Тяговий двигун (без тягового перетворювача з живленням власних потреб від допоміжного генератора)			
Генератор – Перетворювач – Загальна шина постійного струму			
Генератор – Перетворювач – Загальна шина постійного струму з накопичувальною системою			

Таблиця 7 - Варіанти структур групи «дизель - генератор»

Структура елементів групи	Категорія потужності		
	I	II	III
Дизель – Швидкохідний синхронний генератор			
Дизель – Генератор з суміщеними обмотками			
Дизель з наддувом або форсуванням – Генератор			
Дизель-компресор – Генератор з можливістю роботи в режимі двигуна			

#### *Висновок*

Проведено дослідження зі створення класифікації дизель-генераторних електромеханічних систем за потужністю.

Приведена класифікація структур показує єдність між підходами щодо дизель-генераторних електромеханічних систем змінного та постійного струмів, що дозволяє уніфікувати запропоновані заходи та розповсюджувати їх на більш широкий клас транспортних засобів. Проте, з огляду на сучасний розвиток елементної бази, перспективність побудови в майбутньому більшої частини електромеханічних систем на основі змінного струму, даний напрямок є більш перспективним.

#### *Список використаних джерел.*

1. Булгаков В. М. Обґрунтування типу сільськогосподарських тракторів в Україні / В. М. Булгаков, А. С. Заришняк, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто // Вісник аграрної науки. – 2010. – №: 11. – С. 5-8.



2. *Надикто В. Т.* Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації / *В. Т. Надикто* // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 9. – С. 8-11.

3. *Кулагін Д. О.* Проектування систем керування тяговими електродвигачами моторвагонних поїздів: монографія / *Д. О. Кулагін*. – Бердянськ: ФОП Ткачук О. В., 2014. – 154 с.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ТЯГОВЫМ КАТЕГОРИЯМ**

Кулагин Д.А., Яценко Д.В., Яценко А.В.

*Аннотация* - на основе существующей тяговой классификации тракторов предложена классификация дизель-генераторных электромеханических систем по мощности для большинства транспортных машин и подвижного состава железных дорог. Также выполнены декомпозиция последовательной структуры дизель-генераторной электромеханической системы транспортного средства и обобщение основных структур элементов декомпозирована системы.

## **CLASSIFICATION OF DIESEL-GENERATOR ELECTROMECHANICAL SYSTEMS BY TRACTION CATEGORIES**

Kulagin D., Yatsenko D., Yatsenko O.

### **Summary**

**On the basis of the existing traction classification of tractors, the classification of diesel-generator electromechanical systems by power for the majority of transport vehicles and rolling stock of railways is proposed. Decomposition of the serial structure of the diesel-generator electromechanical system of the vehicle and generalization of the basic structures of the elements of the decomposed system are also performed.**