

УДК 631.372

## ОГЛЯД ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ АРХІТЕКТУР ТРАНСПОРТНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Кісь О. В., Світличний О. В., Антощенко Р. В., д.т.н., проф.

*Державний біотехнологічний університет*

*В роботі наведено огляд гібридних електричних архітектур транспортно-розвантажувальних та сільськогосподарських машин.*

Електрифікація транспортних засобів передбачає використання електричних та електронних компонентів у механічній системі для забезпечення живлення як основного джерела або разом з іншими силовими агрегатами. Правильно поєднуючи ці компоненти, можна отримати багато варіантів трансмісій, що забезпечує високий рівень оптимізації продуктивності. Знання навантажувальних характеристик і робочого циклу кожного типу машини є обов'язковим для проектування оптимального архітектурного рішення машини з електричними трансмісіями. Розглянувши структуру всіх можливих електричних топологій, можна виділити три основні функціональні схеми: повну електричну, послідовну гібридну та паралельну гібридну.

З точки зору системи, повна електрична архітектура є найпростішим рішенням, коли мова заходить про електрифікацію трансмісії. Як показано на рис. 1, повна електрична архітектура складається з одного джерела живлення, яке використовується для приводу всіх можливих механічних навантажень, що прикладаються до транспортного засобу: трансмісія, гідравлічна система та всі вали відбору потужності мають електричний привід. За допомогою електронного перетворювача електрична енергія, попередньо накопичена в акумуляторній батареї (постійна напруга та струм), регулюється для забезпечення електродвигуна. Для оптимізації продуктивності конкретної машини можна використовувати одну або декілька електричних машин.

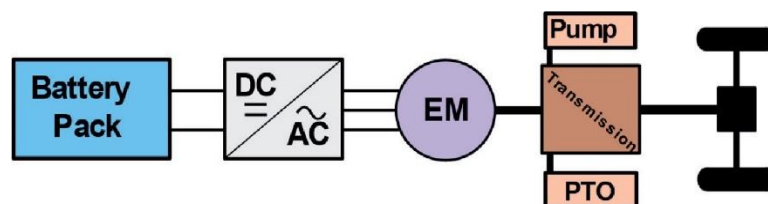


Рис. 1. Повна електрична архітектура машини з електричною трансмісією

Менша кількість рухомих частин, задіяних в електричних машинах, підвищує механічну надійність трансмісії порівняно з ДВЗ. В даний час перетворювачі електроенергії представляють собою добре консолідовану технологію. Якщо температуру правильно контролювати за допомогою належних рішень для охолодження, механізми старіння, пов'язані з тепловими циклами, можна пом'якшити, що призведе до гарної надійності протягом усього терміну служби транспортного засобу.

У паралельному гібридному електричному транспортному засобі потужність, що надходить від ДВС та електричної машини, механічно поєднується, щоб задовольнити потребу в потужності від усіх різних механічних навантажень. Таке архітектурне рішення дозволяє задовольнити той самий попит на пікову потужність традиційної силової установки меншим ДВС. Це називається зменшенням розміру двигуна і особливо корисно, коли середня потреба в потужності постійно нижча, ніж максимальна потужність теплового двигуна. Таким чином, двигуни великого розміру зазвичай працюють далеко від своїх номінальних робочих умов, що призводить до більшої витрати палива. Використовуючи електричну машину, з'єднану з меншим двигуном, можна покрити середню потребу в потужності за допомогою ДВЗ та пікову потужність, яку дає електрична система (рис. 2 ).

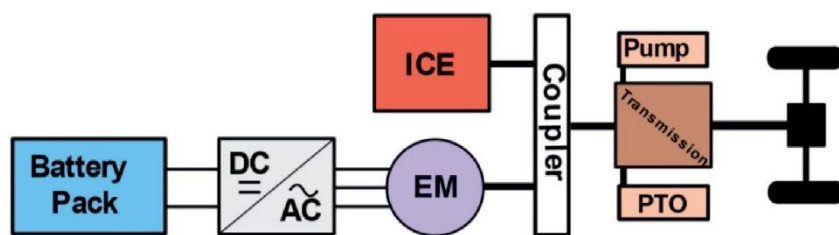


Рис. 2. Паралельна гібридна архітектура машини

Паралельна гібридна топологія підвищує загальну ефективність транспортного засобу, вимагаючи меншої кількості палива на одиницю виконаної роботи]. Крім того, використання ЕМ і швидка реакція електронних блоків дозволяють швидко пристосовуватися до швидких змін зовнішнього механічного навантаження.

Більшість недоліків паралельної гібридної архітектури пов'язані з механічним зв'язком між ДВС і механічними навантаженнями. Послідовна гібридна топологія, показана на рис. 3, вирішує цю проблему, відокремлюючи ДВЗ від трансмісії. Електричний генератор, з'єднаний з ДВЗ, використовується для перетворення механічної енергії в електричну, яка може використовуватися для заряджання акумуляторної батареї та для приведення транспортного засобу в рух за допомогою електродвигуна приєднаного до трансмісії.

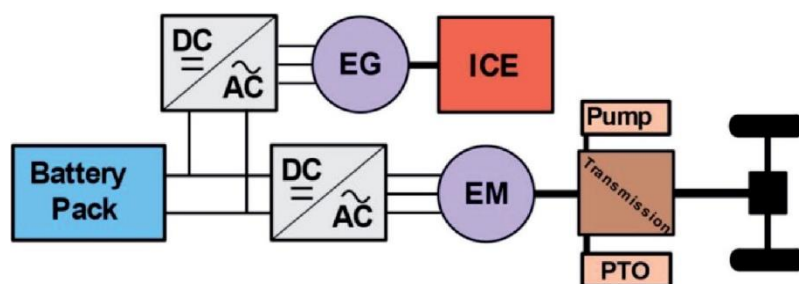


Рис. 3. Послідовна гібридна архітектура машини

Будучи механічно вільним обертатися з власною швидкістю, двигун може видавати потужність у своїх найбільш ефективних робочих точках, більшу

частину часу в умовах стабільного стану. Це дозволяє досягти високого рівня оптимізації витрат палива в залежності від конкретного робочого циклу.

Сьогодні найбільш релевантні виробники екскаваторів пропонують ринку електричні та гібридні рішення як альтернативу традиційним силовим агрегатам, демонструючи зрілість цієї технології в цьому специфічному сегменті. Найпоширенішою архітектурою для цього типу машин є послідовно-паралельна конфігурація (рис. 4).

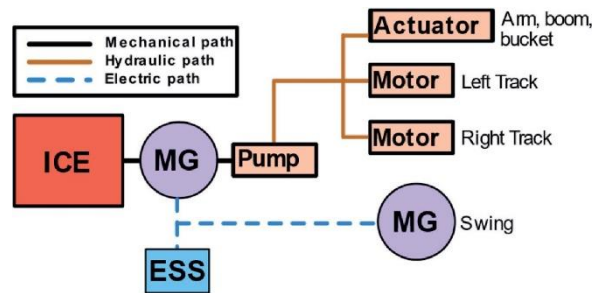


Рис. 4. Загальна гібридна архітектура екскаваторів

ДВЗ поєднується з електродвигуном/генератором, який може подавати/приймати живлення до/від механічного шляху залежно від фактичних робочих умов.

На фермі трактори можна розглядати як багатоцільову машину, здатну тягнути причепа або зовнішнє обладнання (знаряддя) та/або забезпечувати живленням інші машини чи знаряддя, які не мають власного силового агрегату. Процес електрифікації сільського господарства розпочався на початку 2000-х років. Перша офіційна концепція була представлена на виставці Agritechnica у 2009 р. (рис. 5).

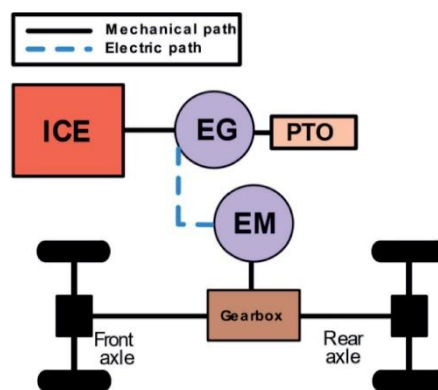


Рис. 5. Гібридна архітектура трактора

Таким чином, потужність, необхідна для руху транспортного засобу та, зрештою, зовнішніх допоміжних пристроїв, завжди надходила від ДВЗ. У цього архітектурного рішення є плюси і мінуси. Серійна конфігурація дозволяє від'єднати ДВЗ від трансмісії, надаючи більшу свободу в управлінні енергією. Крім того, застосування електроприводу, який може працювати також на низьких обертах (до 0) без необхідності зовнішніх редукторів, дозволяє зменшити та спростити загальну компоновку коробки передач.

### Список літератури:

1. Mocera Francesco, Soma Aurelio. A Review of Hybrid Electric Architectures in Construction, Handling and Agriculture Machines, 2021. 30 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99132>.
2. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця, 2013. №2(70). С. 6–9.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. *INMATEH –Agricultural Engineering*, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.
4. Antoshchenkov, R., Bogdanovich, S., Halych, I., Cherevatenko, H. Determination of dynamic and traction-energy indicators of all-wheel-drive traction-transport machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023. 1 (7 (121)), 40–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.270988>.
5. Artiomov, N., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., Ayubov, A. Innovative approach to agricultural machinery testing. *Engineering for Rural Development*, 2021, 20. 692–698.
6. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.
7. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254688.
8. Антощенко Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенко В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.
9. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7 (109)), 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117>.
10. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.