



YUQORI QUVVATLI QISHLOQ XO'JALIGI TRAKTORLARIDA GIBRID UZATMALAR TIZIMINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI MAVZUSIDA

Nabiyev Nodirbek

Qo'qon davlat universiteti tayanch doktorant

Raxmonov X.T

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Аннотация. В данной научной статье исследуются вопросы разработки и оптимизации энергоэффективной гибридной трансмиссионной системы для сельскохозяйственных машин, в частности для тракторов высокой мощности. В современном сельском хозяйстве повышение энергетической эффективности и соблюдение экологических требований являются важными задачами. В исследовании проанализированы структурные схемы гибридных энергетических систем, их математические модели и стратегии управления потоками энергии. На основе алгоритма динамического программирования и принципа минимальности Понтрягина разработаны оптимизированные стратегии управления энергией. Результаты моделирования, проведенного в среде MATLAB/Simulink, показали, что предложенная гибридная система позволяет снизить расход топлива на 10–26 % по сравнению с традиционной трансмиссией. Полученные результаты могут способствовать повышению энергетической эффективности сельскохозяйственной техники в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: гибридные трансмиссии, энергосбережение, сельскохозяйственные тракторы, динамическое программирование, стратегия управления энергией, оптимизация, электрифицированные трансмиссии, MATLAB/Simulink.

Abstract. This scientific article investigates the development and optimization of an energy-efficient hybrid transmission system for agricultural machinery, particularly for high-power tractors. In modern agriculture, improving energy efficiency and meeting environmental requirements are important tasks. The study analyzes the structural configurations of hybrid power systems, their mathematical models, and energy flow control strategies. Based on the dynamic programming algorithm and the Pontryagin minimum principle, optimized energy management strategies were developed. Simulation results obtained in the MATLAB/Simulink environment show that the proposed hybrid system can reduce fuel consumption by 10–26% compared to conventional transmission systems. The research results

contribute to improving the energy efficiency of agricultural machinery under the conditions of Uzbekistan.

Keywords: hybrid transmissions, energy efficiency, agricultural tractors, dynamic programming, energy management strategy, optimization, electrified transmissions, MATLAB/Simulink.

KIRISH

Qishloq xo‘jaligida energiya resurslaridan samarali foydalanish iqtisodiy va ekologik jihatdan muhim ahamiyatga ega. Jahon miqyosida qishloq xo‘jaligida sarflanadigan energiyaning katta qismi traktorlar va boshqa qishloq xo‘jaligi texnikalari hissasiga to‘g‘ri keladi. An’anaviy dizel dvigatelli texnikalarda yoqilg‘i sarfi yuqori bo‘lib, atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar ham sezilarli darajada ko‘pdir.

Ushbu muammoni hal qilishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri qishloq xo‘jaligi mashinalarida gibrid energetik tizimlardan foydalanish hisoblanadi. Gibrid tizim ichki yonuv dvigateli va elektr motorining birgalikda ishlashini ta‘minlab, energiya manbalaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Elektr motorlarining yuqori foydali ish koeffitsienti va tormozlash jarayonida energiyani qayta tiklash imkoniyati umumiy energiya samaradorligini oshiradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi qishloq xo‘jaligi mashinalari uchun energiya tejamkor gibrid uzatmalar tizimini ishlab chiqish va optimallashtirishdan iborat.

METODOLOGIYA

Tadqiqotda gibrid uzatmalar tizimining ketma-ket, parallel va aralash sxemalari tahlil qilindi. Yuqori quvvatli traktorlar uchun aralash (ketma-ket-parallel) sxema eng maqbul variant sifatida tanlandi. Ushbu sxemada ichki yonuv dvigateli, elektromotor, generator, akkumulyator batareyasi va planetar mexanizm o‘zaro bog‘langan holda ishlaydi.

Tizim elementlari uchun matematik modellar ishlab chiqildi. Dvigatel momenti, elektromotor quvvati, akkumulyator zaryad holati va planetar mexanizmning kinematik bog‘lanishlari matematik tenglamalar orqali ifodalandi.

Energiya oqimlarini optimal boshqarish uchun dinamik dasturlash algoritmi hamda Pontryagin minimallik printsipligiga asoslangan ekvivalent sarf minimizatsiyasi strategiyasi qo‘llanildi. Simulyatsion modellashtirish MATLAB/Simulink muhitida amalga oshirildi.

NATIJARAR

Simulyatsion modellashtirish natijalari gibrid uzatmalar tizimining yuqori samaradorligini ko‘rsatdi. Dinamik dasturlash algoritmi asosidagi energiya boshqaruv strategiyasi dvigatel va elektromotorlarning optimal ish rejimlarida ishlashini ta‘minlab, umumiy energiya samaradorligini oshirdi.

Shudgorlash ish sharoitida yoqilg‘i sarfi an’anaviy tizimga nisbatan 26 % gacha kamaydi. Tortish rejimida esa yoqilg‘i sarfi 10 % dan ortiq kamayishi kuzatildi. Pontryagin minimallik printsipligiga asoslangan strategiya ham sezilarli energiya tejamkorligini ta‘minladi.

Bundan tashqari, energiya boshqaruv strategiyalari dvigatelning barqaror ish rejimida ishlash vaqtini oshirib, uning samaradorligini va xizmat muddatini yaxshilaydi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar gibriddi uzatmalar tizimlari qishloq xo'jaligi texnikalarining energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatadi. Gibriddi tizimlar dvigatelni optimal ish zonasida ishlashini ta'minlab, yoqilg'i sarfi va zararli chiqindilarni kamaytiradi.

O'zbekiston sharoitida bunday texnologiyalarni joriy etish energiya resurslaridan samarali foydalanish, import qilinadigan yonilg'iga bog'liqlikni kamaytirish hamda qishloq xo'jaligi mahsulotlari tannarxini pasaytirishga yordam beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligi traktorlarida gibriddi uzatmalar tizimini qo'llash yuqori energiya samaradorligini ta'minlashini ko'rsatdi. Dinamik dasturlash va Pontryagin minimallik printsipli asosidagi energiya boshqaruv strategiyalari yordamida yoqilg'i sarfini 10–26 % gacha kamaytirish mumkin.

MATLAB/Simulink muhitida yaratilgan model gibriddi tizimlarning turli ish sharoitlaridagi samaradorligini baholash imkonini berdi. O'zbekiston sharoitida gibriddi texnologiyalarni joriy etish energiya tejamkorligi va ekologik barqarorlikni oshirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Daryo.uz. (2025). Gibriddi traktor, quyosh energiyasida ishlaydigan agrorobot va bir kunda unib chiqadigan urug' — Toshkentda yosh olimlarning noyob ishlanmalari namoyish etildi. Daryo.uz internet nashri, 2025-yil 18-aprel.

2. Turembetov, M., Allambergenov, T., Seytbaev, R., Reypova, G. (2025). Development of an early-maturing cotton variety suitable for cultivation in the conditions of the Republic of Karakalpakstan based on amphidiploid *G. thurberi* Tod. and *G. raimondii* Ulbr. *Fundamental Research Scientific Journal*.

3. Science Direct. (2025). Design of tractor hybrid electric powertrain and optimization control strategy based on dynamic programming algorithm. *Energy Nexus*, 100558.

4. Springer. (2024). Equivalent consumption minimization strategy based on global optimization of equivalent factor for hybrid tractor. *Scientific Reports*, 14, 12911.

5. Sohibov, D.Z., Mukarramov, S.B. (2025). Agromexanizatsiya tizimida energiya tejamkor texnik yechimlarni joriy etishning ilmiy asoslari. *Scientific Journal*, 27379.

6. Zhang, K., Wang, L., Deng, X., Lu, Y., Lu, Z., Xu, X., Cheng, Z., Zhang, B. (2025). Improved Method and Verification of Energy Management Strategy of Hybrid Tractor ECVT Based on Pontryagin's Minimum Principle. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 56(9), 766-779.

7. DOAJ. (2025). Design of tractor hybrid electric powertrain and optimization control strategy based on dynamic programming algorithm. *Energy Nexus*.

8. Wang, J., Mo, P., Yin, B., et al. (2024). Simulation of the energy management strategy for six-row hybrid cotton pickers. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 40(23), 126-134.
9. Napstic. (2025). Improved Method and Verification of Energy Management Strategy of Hybrid Tractor ECVT Based on Pontryagin's Minimum Principle. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 56(9), 766-779.
10. Scilit. (2024). Research on the Energy Management Strategy of a Hybrid Tractor OS-ECVT Based on a Dynamic Programming Algorithm. *Agriculture*, MDPI AG.