

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ ТРАКТОРА

Задорожний В. П., Кусков М. А., Антощенко Р. В., д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет

В роботі обґрунтована необхідність розробки системи автоматичної керування трансмісією трактора.

Трактори – це машина, яка використовуються в різних галузях, таких як сільське господарство, будівництво та лісове господарство, і очікується, що їх попит і частота використання постійно зростатимуть. Зокрема, сільськогосподарські трактори – це транспортні засоби, які виконують сільськогосподарські роботи за допомогою навішування різноманітних сільськогосподарських знарядь, таких як плуги, ротатори, прес-підбирачі. Міжнародний ринок тракторів має очікуваний складний річний темп зростання (CAGR) 4,02% протягом прогнозованого періоду 2020–2025 рр. Мінімізація споживання палива сільськогосподарським трактором є основною проблемою багатьох досліджень.

Трансмісія є найважливішим компонентом у визначенні ефективності роботи трактора серед інших систем, і останнім часом активно проводяться дослідження ефективності трансмісії. Тракторні трансмісії, як правило, складаються з передач переднього та заднього ходу (F/R), перемикачів діапазонів і перемикачів передач; крім того, застосовуються різні типи трансмісії, відповідно до тягового класу трактора. Зокрема, перспективні трансмісії для тракторів більшої потужності мають тенденцію використовувати більш ефективну та зручну технологію автоматичної трансмісії, таку як безступінчаста трансмісія (CVT) або гідромеханічна трансмісія (ГМТ).

Для зручності деякі трактори потужністю менше 45 кВт використовують гідростатичну трансмісію (ГСТ), яка є автоматичною трансмісією. Однак ефективність передачі потужності ГСТ становить близько 73-75%; таким чином, частіше використовується механічна коробка передач (МКПП), яка має більший ККД, ніж ГСТ. МКПП складається з зубчастої передачі, перевагою якої є високий ККД передачі потужності (близько 96%) (рис. 1.).

Крім того, трактор виконує повторювані операції в межах одного сільськогосподарського угіддя. Тому часто відбувається перемикачів передач для зміни напрямку F/R. При частому перемикачів передач важелі перемикачів передач і педалі зчеплення, створюють незручності для операторів і знижують ефективність роботи. Проведено попередні дослідження з вибору стратегії перемикачів передач, яка враховує робочу точку двигуна відповідно до тягового навантаження, створюваного обробітком ґрунту, що може стати хорошим рішенням для підвищення зручності керування трактором. Однак ці гідравлічні системи є менш ефективними порівняно з електричними системами. Тому необхідно розробити трансмісію з високим ККД та зручністю автоматичної трансмісії.

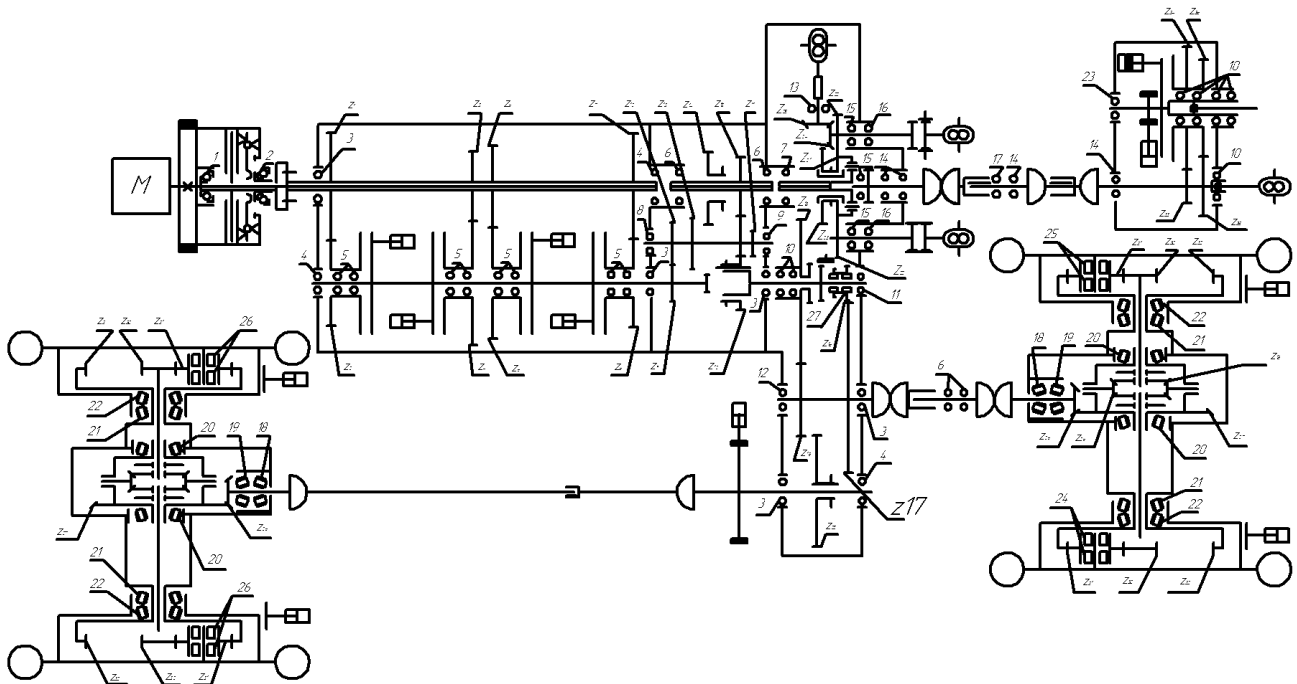


Рис. 1. Схема трансмісії тракторів серії ХТЗ-150/170

В автомобільній галузі різні трансмісії, такі як роботизована трансмісія, електрогідравлічна ручна трансмісія та автоматизована ручна трансмісія (АМТ), були розроблені як альтернативи, які доповнюють недоліки звичайних механічних і автоматичних трансмісій. Роботизована коробка передач автоматизує механічну трансмісію за допомогою електрогідравлічного приводу, а електрогідравлічна механічна коробка передач здійснює керування транспортним засобом за допомогою електронного керування гідравлічним тиском. Ці системи можуть забезпечити більшу зручність. Однак метод електрогідравлічної трансмісійної системи є громіздким порівняно з методом електронного приводу через різні фактори, такі як витік масла, старіння ущільнення та зміни в'язкості відповідно до температури масла та складної конструкції регулюючого клапана. АМТ базуються на механічних ручних коробках передач з додаванням приводів (гідравлічних або електричних) для автоматичного керування зчепленням і човниковим перемиканням. Системи АМТ, які використовують приводи для автоматичного керування МКПП, виграють як від високої ефективності силового агрегату ручних коробок передач, так і від зручності автоматичних коробок передач.

При розробці та застосуванні системи АМТ потрібна продуктивність перемикання передач, подібна до загальної автоматичної трансмісії з використанням гідротрансформатора. Тому більшість досліджень систем АМТ зосереджено на якості автоматичного перемикання передач, наприклад швидкому та плавному вмиканні зчеплення. Щоб покращити якість перемикання передач АМТ, необхідно розробити технологію керування перемиканням передач, здатну швидко перемикає звичайну механічну коробку передач. Дослідження технології керування перемиканням передач АМТ в основному проводилися з використанням алгоритмів керування, стратегій керування

зчепленням та оцінці продуктивності. Деякі дослідники намагалися застосувати АМТ у галузі тракторів. Раніше була запропонована система АМТ трактора з гідравлічним перемиканням передач та проведені дослідження стратегії керування перемиканням передач. Інші дослідники запропонували систему керування включенням зчеплення тракторів АМТ з використанням Matlab/Simulink. Вони повідомили, що застосування теорії нечіткого управління може ефективно контролювати процес включення зчеплення в тракторі АМТ. Однак наведені вище дослідження були зосереджені лише на моделюванні, а оцінка продуктивності апаратного забезпечення реальної системи АМТ не проводилася. Щоб встановити систему АМТ на трансмісію трактора, необхідно виконати не тільки моделювання, але й однокомпонентні експерименти та експерименти з автоматичним перемиканням передач через розробку фактичного апаратного забезпечення. Згідно з наведеними вище дослідженнями, більшість досліджень АМТ були проведені в автомобільній сфері, за винятком деяких досліджень сільськогосподарських тракторів, які використовували гідравлічні приводи. Це пов'язано з тим, що потужність двигуна в технологіях приводу та керування ще не досягла рівня, застосовного до тракторів, які мають нетипові операції з високим навантаженням. На відміну від автомобілів, трактор забезпечує тягу шляхом передач високого крутного моменту на колеса, таким чином він використовує високі передавальні числа для передач низької швидкості обертання та високого крутного моменту від двигуна до трансмісії. Тому для керування зчепленням потрібна система перемикання передач, здатна відповідати високому крутному моменту порівняно з автомобільним. З цієї точки зору, комбінація електричного приводу та редуктора може забезпечити хороше рішення для відповіді на ці вимоги та забезпечення аналогічної продуктивності без використання гідравлічної системи. Трактори АМТ на основі електроприводу не мають проблем низької ефективності та складних систем, пов'язаних із використанням гідравлічних трансмісій (наприклад, Power Shuttle, PowerShift та CVT), і можуть бути легко додатково встановлені на звичайні механічні коробки передач трактора, що сприяє забезпеченню високої зручності.

Пропонується розробити АМТ для сільськогосподарських тракторів шляхом додавання електричних приводів до звичайних ручних коробок передач, оскільки ця система має вищу ефективність передач потужності, ніж звичайні гідравлічні системи, і більшу зручність, ніж ручні коробки передач.

Список літератури:

1. Kim, W.-S.; Kim, Y.-J.; Kim, Y.-S.; Baek, S.-Y.; Baek, S.-M.; Lee, D.-H.; Nam, K.-C.; Kim, T.-B.; Lee, H.-J. Development of Control System for Automated Manual Transmission of 45-kW Agricultural Tractor. *Appl. Sci.* 2020, 10, 2930. <https://doi.org/10.3390/app10082930>.
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.

11. Україна: ринок сільськогосподарської техніки. Аналіз та перспективи [Текст] / Р. В. Антощенко, В. М. Антощенко, І. В. Галич, В. В. Антощенкова, О. В. Козлова // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Техн. науки. - Харків : ХНТУСГ, 2019. - Вип. 198 : Механізація с.-г. вир-ва. - С. 194-200.

12. Трактори та автомобілі. Ч. 5. Теорія двигунів внутрішнього згорання : підручник / М. Г. Сандомирський, Л. М. Варваров, В. М. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, Р. В. Антощенко, М. Л. Шуляк ; за ред. проф. А. Т. Лебедева. Харків : ХНТУСГ, 2021. – 258 с.

13. Мехатронні системи автомобілів і тракторів [Текст] : підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич. - Харків : ХНТУСГ, 2020. - 248 с.