

OVERVIEW ANALYSIS OF SPEED AND TORQUE IN AGRICULTURAL MACHINERY¹⁰²

Part-time As. Eng. P. Marinova, PhD Student

Department of Manufacturing Technologies and Machine Tools,

Technical University of Varna, Bulgaria

Mobile Phone: 0899-040247

E-mail: p.qncheva@abv.bg

Abstract: Efficiency and high quality of harvesting are essential to transform production investment into profit. Torque measurement plays a key role in optimizing mechanical systems used in a variety of industries, including agriculture. The accuracy of measuring the torque and rotational speed of the motor is critical for increasing efficiency, reliability and reducing maintenance costs. The study examines methods for measuring mass and volume flow in combines, focusing on the advantages of mass flow for online monitoring of operating parameters.

Keywords: torque, mass flow, volume flow, combines, measuring methods, optimization of mechanical systems, agricultural machinery.

JEL Codes: Q16

ВЪВЕДЕНИЕ

Прибирането на реколтата трябва да бъде висококачествено и ефективно, за да се гарантира, че инвестициите в производството ще се превърнат в печалба. Тъй като това е крайната операция на полето и се извършва за кратък период от време, от съществено значение е минимизиране на производствените загуби при жътва и оптимизиране ефективността на целия технологичен процес на прибиране на реколтата (Antônio et al., 2014).

Изследването на въртящия момент е ключова роля в машинното инженерство, което от своя страна е изключително важен параметър при разработване и оптимизация на разнообразни механични системи.

Методът на изследване на въртящия момент е от съществено значение за оптимизиране работата на машини и устройства, използвани в различни индустрии като селскостопанската техника, автомобилостроене, авиация и др. Тази статия разглежда основните принципи на измерване на въртящия момент, методите за измерване и някои от най-важните му приложения.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Въртящият момент и скоростта на въртене са важни динамични параметри за характеризирание на мощността на въртящия се вал на двигател и други силови устройства (Patricia et al 2018); (Antônio et al., 2014); (Toledo et al 2008). Точното измерване на въртящия момент е важно за оптимизиране на работата на машината и повишаване на ефективността и надеждността ѝ, с цел намаляване на разходите за поддръжка и експлоатация (Chen et al., 2020).

¹⁰² Докладът е представен пред секция “Природоматематически и технически науки” на 63-тата научна конференция на Русенския университет „Ангел Кънчев“ и Съюза на учените-Русе на 18 октомври 2024 година с оригинално заглавие на български език: ОБЗОРЕН АНАЛИЗ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СКОРОСТ И ВЪРТЯЩИЯ МОМЕНТ В СЕЛСКОСТОПАНСКИТЕ МАШИНИ

Идеалното състояние при работа на зърнокомбайна е да се поддържа стабилна и оптимална скорост в рамките на номиналния диапазон на предпоставката за осигуряване на достатъчна производителност (Kayad et al., 2020).

До този момент учените са провели множество изследвания върху методите за измерване на скоростта на подаване на постъпващата биомаса в комбайните (Kayad et al., 2020). Според принципа на измерване, тези методи могат да бъдат разделени на:

- Масов поток (измерва се колко тежи фуражът, който се обработва) и обемен поток.
- Обемен поток, измерва се колко място заема фуражът, който се обработва.

Методът на масовия поток осигурява онлайн измерване на скоростта на подаване чрез индиректно моделиране, използвайки данни за работните условия на машината като скорост, въртящ момент, мощност, налягане и капацитет. С този метод различни сензори и устройства за измерване събират данни за параметрите на работа на комбайна в реално време. Тези данни се използват за изчисляване на скоростта на подаване чрез математически модели и алгоритми.

Предимствата на метода на масовия поток включват висока точност и надеждност, както и възможността за интеграция с други системи за управление и мониторинг на земеделската техника. Недостатъкът е, че инсталацията и поддръжката на сензорите и измервателните устройства може да са сложни и много скъпи. Методът на масовия поток предлага ефективно решение за онлайн мониторинг на скоростта на подаване в комбайните (Maughan et al., 2012) , (Ferraretto et al., 2018), (Kumhala et al., 2010), (Chengxiao et al., 2020).



Фиг.1 Самоходен фуражоприбиращ комбайн John Deere (Dairyherd, 2024)

Принцип на измерване

За механично задвижваните работни части, работната мощност може да бъде изчислена чрез измерване на скоростта на въртене и въртящия момент. За измерване на въртящия момент се използва тензодатчици свързани в измервателно, реагиращи на усукване. Тензодатчиците се залепят към въртящия се вал, образувайки измервателна мостова схема, включваща съответния преобразувател на изменението на съпротивлението на моста в честота, която извежда честотен сигнал, който е пропорционален на стойността на усукващата сила. Това позволява да се определи работният въртящ момент.

За измерване на скоростта на въртене се монтира сензор за скорост на фиксираната част на сензора за въртящия момент, а на въртящата се част на сензора се монтира енкодер. Енкодерът определя ъгъла на въртене на собствения си вал с множество позиции за откриване. Когато енкодерът се върти с работния вал, сензорът извежда серия от импулси

сигнали, които се използват за измерване на скоростта на въртене.

Чрез използването на тези измервания и според определението за механичен въртящ момент, може да бъде изчислен точният въртящ момент. Това позволява да се определи и работната мощност на механично задвижваните части (Wang et al., 2023).



Фиг.2 А) Изглед на сензора за въртящ момент.

1- сензор за мощност на вътрешния вал, 2- задвижващ вал тип Т, 3- сензор за мощност на външния вал (Wang et al., 2023).

Измерването на точния въртящ момент и скоростта на въртене е от решаващо значение за оптимизацията на производителността и ефективността на механичните системи. С нарастващото напредване на технологиите за измерване и обработка на данни, се разработват по-надеждни и иновативни решения.

В рамките на тази статия е разгледан метод за измерване на скоростта на подаване, използвайки многокомпонентен мониторинг на мощността, автоматично скриниране на данни и многовариантна регресия за анализ на данните.

Системата за събиране на полеви данни непрекъснато събира информация за състоянието на машината в реално време. За да се избегне включването на невалидни данни в модела за хранване, трябва да се подбират само данните, събрани по време на периода на събиране на дадена продукция (Wang et al., 2023).



Фиг.3. Б) Конфигурацията на сензора за измерване на мощността на раздробяване включва следните основни компоненти: 1. еластична ролка; 2. монтажна основа; 3. сензор за въртящ момент; 4. сензор за скорост (Wang et al., 2023).

1. Еластична ролка: Тази ролка поема натоварването и предава въртящия момент към сензора.

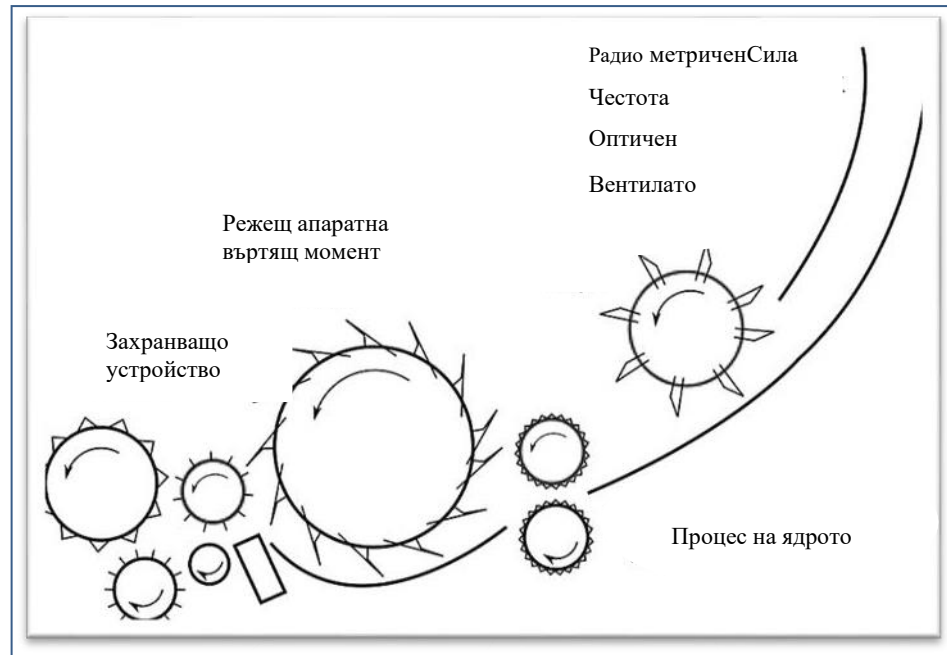
2. Монтажна основа: Структура, която осигурява стабилно закрепване на сензора в системата.

3. Сензор за въртящ момент: Устройство, което измерва силата на усукване, приложена върху валовите, и помага за изчисляването на необходимата мощност за раздробяване.

4. Сензор за скорост: Измерва скоростта на въртене на валовите, за да се определи

скоростта на работа и заедно с данните за въртящия момент да се изчисли общата мощностна раздробяване (Wang et al., 2023).

Сензорът за въртящ момент използва тензометричен мост за измерване на усукващо напрежение и включва схеми за преобразуване и предаване на сигнали. Сензорът за скоросте индуктивен, монтиран с винтови резби, и разполага с панел за измерване с 30 равномерно разпределени точки за отчитане на скоростта. Той е позициониран на 1,0 мм от панела и при въртене на диска непрекъснато генерира импулсни сигнали за измерване на скоростта на въртене (Wang et al., 2023).



Фиг.4 Местоположението на сензорите за въртящ момент на комбайн за маса OWскорост (Lin, 2012).

След преминаването на растителната маса през корпуса на подаващото устройство, той навлиза в областта на режещия апарат, където го нарязва. Скоростта на подаване и въртящ момент към режещия апарат е необходима за поддържане на определена ъглова скорост, когато преминава повече растителна маса през машината, съпротивлението на въртенето на режещия апарат нараства, тъй като има повече материал за рязане.

В резултат на това е необходим по-голям въртящ момент, за да се поддържа постоянна ъглова скорост.

За измерване на въртящия момент се използват тензометрични датчици които са монтирани на вала на режещия апарат и при като се съпоставяне на измерения въртящ момент с измерената масова скорост на материала, се определя количеството материал, преминаващ през машината (Lin, 2012).

По този начин може да бъде определено количеството на растителната маса постъпваща в хедерната система, което е различно за всяка култура.

Получената информация може да предостави данни за обработване на културите, които не могат да бъдат директно измерени, и да предложат ценна информация за оптимизиране на съответни възли и елементи от хедерната система. Една целта на настоящото изследване е създаването на такъв модел включващ сензори позволяващи измерването на горе посочените параметри.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази статия са разгледан различните методи за измерване на въртящ момент и скорост на подаване, които позволяват постоянен мониторинг на машината и получаване на данни за анализ. Разгледани са различни измервателни системи и анализ на данните за осигуряване на надеждни и оптимални резултати. Подобренията в развитието и иновациите на тези технологични процеси предоставят нови възможности за разработване на прецизни измервателни системи, като по този начин допринасят за подобрения на производителността и ефективността в машинното производство. Разгледаният метод позволява прецизно измерване на въртящ момент и скоростта на подаване, включващ многокомпонентен мониторинг на мощността и автоматично събиране на данни. Това показва значителен напредък в технологиите за измерване и обработка на данни, които позволяват постоянен мониторинг на машината, и създаване по иновативни технически прогнози и оптимизационни решения за подобряване на параметрите при производството на селскостопанската техника.

REFERENCES

- Patricia C. de Menezes, Rouverson P. da Silva and Franciele M. Carneiro et al. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations?. *Rev. bras. eng. agric. ambient.* (2018). Vol. 22(10):732-738. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732- 738
- Antônio M. Loureiro Júnior, Rouverson P. da Silva, Marcelo T. Cassia, Ariel M. Compagnon, Murilo A. Voltarelli, (2014). Influence of the sample area in the variability of losses in the mechanical harvesting of soybeans. *Engenharia Agrícola*, v.34, p.76-85, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000100009>
- Chioderoli, C. A.; Silva, R. P. da; Noronha, R. H. D. F.; Cassia, M. T.; Santos, E. P. dos. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada na soja. *Bragantia*, v.71, p.112- 121, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000003> (Article)
- Chen, C., Ma, T., Jin, H., Wu, Y., Hou, Z., & Li, F. (2020). Torque and rotational speed sensor based on resistance and capacitive grating for rotational shaft of mechanical systems. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 142, 106737. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106737> (Article)
- Kayad, A.; Paraforos, D.S.; Marinello, F.; Fountas, S. Latest Advances in Sensor Applications in Agriculture. *Agriculture* 2020, 10, 362. [CrossRef] (Article)
- Dale Maughan, J.; K Mathanker, S.; E Grift, T.; Christopher Hansen, A. Yield Monitoring and Mapping Systems for Hay and Forage Harvesting: A Review; American Society of Agricultural and Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA, 2012. (Conference Paper)
- Ferraretto, L.F.; Shaver, R.D.; Luck, B.D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *J. Dairy Sci.* 2018, 101, 3937–3951. [CrossRef] (Article)
- Kumhala, F.; Prosek, V.; Kroulik, M. Capacitive sensor for chopped maize throughput measurement. *Comput. Electron. Agric.* 2010, 70, 234–238. [CrossRef] (Article)
- Chengxiao, F.; Zhigang, L.; YanWei, Y.; Bo, Z.; Yangchun, L.; Liming, Z. On-line detection of mass flow rate of self-propelled corn silage harvester based on capacitance method. *J. Chin. Agric. Mech.* 2020, 41, 137–142. [CrossRef] (Article)
- Wang, F.; Wang, J.; Ji, Y.; Zhao, B.; Liu, Y.; Jiang, H.; Mao, W. Research on the Measurement Method of Feeding Rate in Silage Harvester Based on Components Power Data. *Agriculture* 2023, 13, 391. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020391> (Article)
- Lin, J. Mathematical Model for Improved Mass Flow Estimation in the Feeder Housing of a Forage Harvester. Master's Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA, 2012. (Thesis)
- Mains, W. H., Harrison, H. P., & Hironaka, R. Feedroll displacement on a forage harvester

as a measurement of the throughput of harvested crops. In Agricultural Electronics 1983 and beyond: proceedings of the National Conf. on AgElectronics App., pages 52-59, Chicago, IL, 1984. (Conference Paper)

Martel, H., & Savoie, P. Sensors to measure mass-flow-rate through a forage harvester. Canadian Biosystems Engineering, 42(3):123-129, 2000. (Article)

Savoie, P., Lemire, P., & Theriault, R. Evaluation of five sensors to estimate mass-flow rate and moisture of grass in a forage harvester. Applied Engineering in Agriculture, 18(4):389-397, 2002. (Article)

Vansichen, R., & De Baerdemaeker, J. A measurement technique for yield mapping of corn silage. Journal of Agricultural Engineering Research, 55:1-10, 1993. (Article)

Wirtz, J., Kimes, S., Ho, J., & Patterson, P. (2002). Revenue management: resolving potential customer conflicts. Working Paper Series. School of Hotel Administration, Cornell University URL: http://www.hotelschool.cornell.edu/chr/pdf/showpdf/chr/research/working/revenue_manage.pdf (Accessed on 16.12.2005). (Working Paper)

Dairyherd (2024). <https://www.dairyherd.com/news/john-deere-adds-new-800-hp-self-propelled-forage-harvester-model-7050-series-lineup-along-two>

Zhong, S., Chen, L., Liang, W., Nsengiyumva, W., Yu, Y., Li, T., Zhang, Q., Lin, J., Zhong, J., & Li, J. Contactless torque sensors based on optical methods: A review. Optics and Lasers in Engineering, 173, 107832, 2024. ISSN 0143-8166. (Article)

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект Рег.№ ПД 11/ 2024 в рамките на научната работа на Техническия университет – Варна, финансиран от държавния бюджет.