

FRI-8.303b-1-AMT&ASVM-05

SYSTEMS FOR ALTERNATIVE ELECTRICAL ENERGY FROM DEVICES IMPLEMENTED IN THE TRANSMISSION OF AGRICULTURAL MACHINERY⁵

Pr. Assist. Evgeni Enchev, PhD

Department of Agricultural Technology,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: +359 82 888 325

E-mail: eenchev@uni-ruse.bg

Assist. Sadetin Basri, PhD

Department of Agricultural Technology,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: +359 82 888 556

E-mail: sbasri@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews an innovative system for generating alternative electrical energy, based on the principle of a magnet moving within a coil. The system is designed to optimize energy consumption in agricultural machinery and is installed between the rear axle and the chassis, where it harnesses the natural vibrations generated during machine operation. This technology not only provides a sustainable source of electrical energy but also contributes to reducing dependence on traditional energy sources and lowering costs in agriculture.*

Keywords: *Alternative Electrical Energy, Electromagnetic Induction, Energy Generation from Vibrations, Agricultural Machinery, Energy Efficiency, Magnet In Coil, Vibrations And Damping, Sustainable Energy, Energy Transfer In Mechanization, Autonomous Power Supply, Dynamic Energy Systems, Innovative Energy Technologies*

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните десетилетия селското стопанство се трансформира значително поради нарастващата необходимост от висока производителност и ефективност, което води до все по-интензивно използване на тежка механизация. Използването на трактори, самоходни комбайни и други селскостопански машини е от ключово значение за увеличаване на добивите и подобряване на ефективността на обработка, но същевременно изисква значително потребление на горива и електрическа енергия. Традиционните енергийни източници, не само са ограничени, но и предизвикват сериозни екологични предизвикателства, свързани с въглеродните емисии и замърсяването на околната среда. Тези фактори подтикваат към търсене на устойчиви енергийни решения, които могат да намалят разходите за енергия и да минимизират екологичния отпечатък на съвременното селско стопанство.

В този контекст разработката на системи за алтернативна електрическа енергия, които могат да използват неизползваните вибрации и движения на селскостопанските машини, предоставя значителни възможности за повишаване на енергийната ефективност на механизацията. Възниква идеята за иновативни решения, базирани на електромагнитен принцип на генериране на електричество, където движението на магнит в намотка, индуцирано от вибрациите на машината, се превръща в надежден източник на електрическа енергия. Такава система не само предлага нов метод за добив на енергия, но и използва ресурси, които в противен случай остават неоползотворени.

⁵ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Земеделска техника и технологии, Аграрни науки и ветеринарна медицина“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: СИСТЕМИ ЗА АЛТЕРНАТИВНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ ОТ УСТРОЙСТВА, ИНТЕГРИРАНИ В ТРАНСМИСИИТЕ НА СЕЛСКОСТОПАНСКИ МАШИНИ.

Системи от този тип представляват съвременен и екологично устойчив подход за увеличаване на енергийното производство в селското стопанство. Чрез интегриране на технологии за преобразуване на механични вибрации в електрическа енергия се създават условия за автономно хранване на различни компоненти на селскостопанската техника, като сензори, осветление и маломощни електронни системи. Възможността за съхранение и използване на тази енергия на място намалява зависимостта от външни източници на енергия и подпомага устойчивото развитие на селскостопанския сектор. Този подход открива нови перспективи за проектиране на по-ефективни и икономични технологии, които да отговарят на нарастващите нужди на съвременната аграрна индустрия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Системата, предмет на настоящото изследване, се базира на електромагнитния принцип на движение на магнит в намотка, който се явява основен компонент на системата, генерирайки променлив ток чрез електромагнитна индукция. За максимална ефективност, системата се монтира в зоната между задната ос на енергетичното средство, предния мост и кабината на съвременните трактори, където амплитудата на вибрациите е най-голяма поради естественото натоварване и динамиката на движение.

Генерирането на електрическа енергия се основава на принципа на електромагнитната индукция, формулиран от Майкъл Фарадей. Според закона на Фарадей, индуцираното електрическо напрежение (U) в намотката е пропорционално на скоростта на промяна на магнитния поток (Φ_B) през нея:

$$U = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (1)$$

където: U е индуцираното напрежение, V;

N - брой на намотките;

$\Phi_B = B \cdot A$ - магнитен поток, Wb;

B - магнитна индукция, T;

A - площ на намотката, m^2 ,

$\frac{d\Phi_B}{dt}$ - скорост на промяна на магнитния поток във времето.

Ако магнитът се движи с честота f (Hz) и с амплитуда, която създава периодична промяна в магнитния поток, тогава индуцираното напрежение U може да се изрази като:

$$U = 2\pi f N B A \quad (2)$$

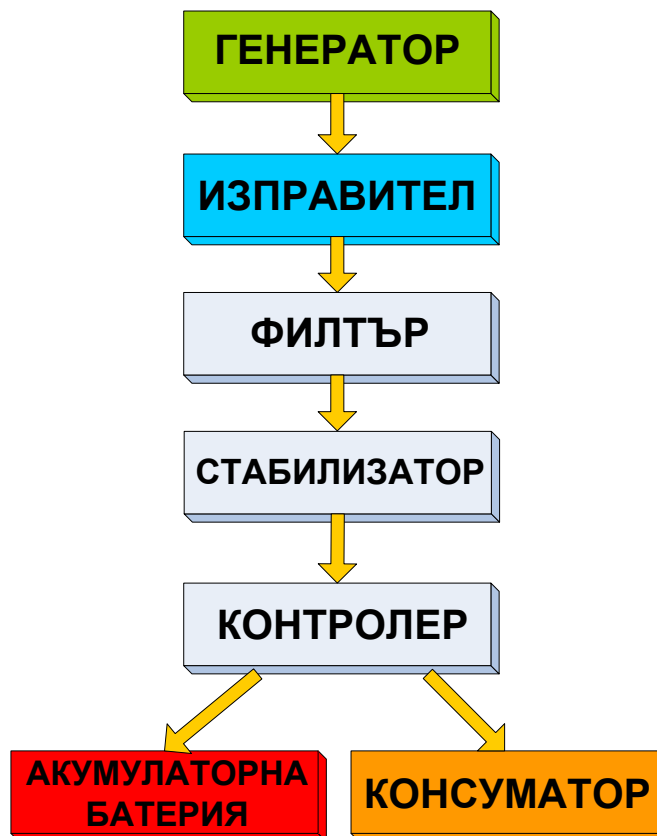
Силата на генерирания ток и мощността на системата са пряко зависими от множество взаимосвързани фактори, които определят ефективността и устойчивостта на технологията. Честотата и амплитудата на вибрациите играят ключова роля, тъй като те определят скоростта на движение на магнита в намотката, което на свой ред влияе върху големината на индуцирания ток. По-високата честота и по-голямата амплитуда осигуряват по-интензивна промяна на магнитния поток, което увеличава генерираното напрежение и ток.

Съпротивлението на намотката също е критичен фактор – минималното съпротивление е желателно, за да се намалят загубите на електрическа енергия под формата на топлина и да се повиши ефективността на преобразуването на механичната енергия в електрическа.

От особено значение са материалът и размерът на магнита, използван в системата. Магнити, изработени от неодимови сплави, превъзхождат традиционните феритни магнити поради по-високата си магнитна индукция, което позволява генерирането на по-големи количества електрическа енергия при същите физически условия. Размерът на магнита също трябва да бъде оптимизиран спрямо размерите на намотката и амплитудата на вибрациите, за да се осигури максимална ефективност на взаимодействието между магнитното поле и

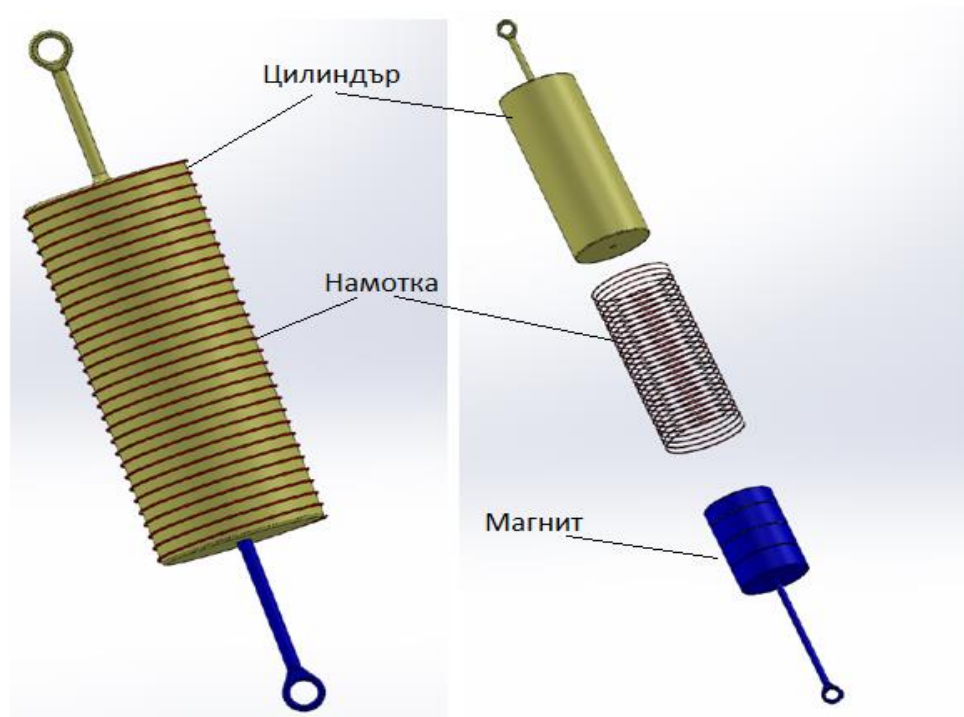
намотката. Тези фактори, разглеждани в съвкупност, формират основата за ефективното функциониране на системата и нейния потенциал за внедряване в селскостопанските машини.

За да може системата да работи правилно са необходими допълнителни устройства. На фиг. 1 е представена блокова схема на последователността на свързване на отделните устройства в системата за алтернативна електрическа енергия.



Фиг. 1. Блокова схема на система за алтернативна електрическа енергия

Генераторът (фиг. 2) представлява ключовият компонент на системата, отговорен за преобразуването на механичната енергия, генерирана от вибрациите в трансмисиите на селскостопанската машина, в електрическа енергия. Този процес е възможен благодарение на прецизното взаимодействие между неговите основни елементи. Цилиндърът изпълнява двойна функция – от една страна, той осигурява стабилна конструкция и защита на вътрешните компоненти, а от друга, служи като насочващ канал за движението на магнита. В цилиндъра е разположен мощен магнит, който се движи линейно или осцилира под въздействието на вибрациите, възникващи по време на работа на машината. Движението на магнита създава променлив магнитен поток, който прониква през намотката, разположена около цилиндъра. Тази намотка, изработена от проводников материал с висока проводимост (например мед), е отговорна за индуцирането на променлив ток (АС) в съответствие с принципите на електромагнитната индукция. Геометрията и размерът на цилиндъра, характеристиките на магнита (като сила на магнитното поле и маса) и броят на намотките са внимателно оптимизирани, за да се постигне максимална ефективност на преобразуването на механичната енергия в електрическа. Тази компактна и ефективна конструкция на генератора го прави централен елемент за цялостната функционалност на системата за алтернативна енергия.



Фиг. 2. Опростена конструктивна схема на устройството за генериране на електрическа енергия

Изправителят преобразува променливото напрежение, генерирано от намотката на генератора, в постоянно напрежение (DC). Това е критичен етап, който гарантира, че енергията може да бъде съхранена или използвана за захранване на консуматори.

Филтърът премахва нежеланите пулсации и смущения от изправеното напрежение. Това подобрява качеството на електрическата енергия и осигурява стабилна работа на последващите компоненти.

Стабилизаторът регулира напрежението и го поддържа в определени граници, независимо от промените в натоварването или вариациите в генерираната енергия. Това гарантира надеждното функциониране на захранваните устройства.

Контролерът представлява интелигентен управляващ блок, който играе централна роля в управлението и оптимизацията на енергийните потоци в системата за алтернативна електрическа енергия. Неговата първостепенна функция е да осигури ефективен процес на зареждане на акумулаторната батерия, като контролира напрежението и тока, подавани към нея, с цел удължаване на експлоатационния ѝ живот. Това включва използването на алгоритми за адаптивно зареждане, които намаляват риска от презареждане или дълбок разряд. Освен това, контролерът следи в реално време енергийните потребности на различните консуматори, като извършва приоритизация на енергийните потоци към критични системи като осветителните тела, сензорите и електрическите двигатели. Този мониторинг включва измерване на текущата консумация и прогнозиране на бъдещите енергийни нужди на машината въз основа на експлоатационните условия. Контролерът също така разпределя генерираната енергия по най-ефективния начин, като предотвратява преразход и осигурява постоянна работа на всички електрически системи. В допълнение, той е снабден със защити срещу претоварване, късо съединение и температурни аномалии, които гарантират безопасността и надеждността на системата. По този начин контролерът функционира като сърцето на енергийната инфраструктура, интегрирайки интелигентни технологии за управление и оптимизация, които повишават ефективността и устойчивостта на цялостната система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената система за алтернативна електрическа енергия, интегрирана в трансмисиите на селскостопанските машини, представлява значима стъпка напред в посока на устойчивото използване на енергийни ресурси в аграрния сектор. Тя демонстрира възможността за ефективно преобразуване на неизползваната механична енергия, генерирана от вибрациите на трансмисиите, в електрическа енергия. Основното предимство на тази технология е нейната способност да осигурява допълнителен енергиен ресурс, като същевременно намалява разходите за енергия и минимизира въздействието върху околната среда.

Системата предоставя и значителен принос към глобалните усилия за устойчиво развитие. Тя намалява зависимостта от фосилни горива и традиционни енергийни източници, като по този начин спомага за снижаването на въглеродните емисии и за опазването на околната среда. Внедряването на такива технологии не само подкрепя икономическата устойчивост на селскостопанските производители, но също така създава нови възможности за развитие на иновации в областта на енергийното и машинно инженерство.

REFERENCES

- Popov, I., *Energy Technologies and Applications in Agriculture*, Technika, Sofia, 2018.
- Ivanov, A., Georgiev, P., *Electromagnetic Systems for Alternative Energy*, Technical University Publishing, Sofia, 2020.
- Faraday, M., *Experimental Researches in Electricity*, London: Richard and John Edward Taylor, 1839.
- Vasilev, D., *Vibrations and Damping in Agricultural Machinery*, Agrarian Sciences, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 2017.
- Smirnov, S., *Magnetic Systems and Electromagnetic Induction in Practice*, Moscow: Technika i Tekhnologiya, 2019.
- Smith, J., Brown, K., *Innovative Energy Solutions for Agricultural Machinery*, *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 12, No. 3, 2021, pp. 45-58.
- Zhang, W., Li, X., *Harvesting Vibrational Energy: Applications in Agricultural Engineering*, *Energy Conversion and Management*, Vol. 200, 2020, pp. 112345.
- Tan, Y., et al., *Electromagnetic Energy Harvesting in Dynamic Systems*, *Renewable Energy*, Vol. 152, 2021, pp. 1238-1249.
- Johnson, M., *Energy Efficiency in Modern Agricultural Systems*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 134, 2020, pp. 110378.
- Kumar, R., Sharma, P., *Applications of Electromagnetic Energy Harvesting in Machinery*, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 8, No. 4, 2019, pp. 1-12.
- Chatterjee, R., *Electromagnetic Innovations in Sustainable Agriculture*, *International Journal of Agricultural Engineering*, Vol. 16, No. 1, 2021, pp. 75-88.
- Lee, C., *Integration of Energy Harvesting Systems in Agricultural Practices*, *Smart Materials and Structures*, Vol. 29, No. 9, 2020, pp. 095002.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 24-ФАИ-01, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.