

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

УДК 629.341

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.96.0.151

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТРАКТОРІВ РІЗНИХ ТЯГОВИХ КЛАСІВ

Серіков Г. С.¹, Серікова І. О.¹¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У роботі вирішено важливе науково-практичне завдання, що дозволяє підвищити конкурентні переваги виробників сільськогосподарської продукції з допомогою використання сучасних енергоефективних тракторів з електротрансмісією. Система керування тягового електроприводу є складником сучасного електротрактора четвертого тягового класу, що набув найбільше поширення та призначена для забезпечення руху в режимах різноманітного навантаження. Проведене дослідження електродвигунів сучасного електротрактора четвертого тягового класу. Електродвигун характеризується вхідними та вихідними параметрами, внутрішніми параметрами або параметрами стану, зовнішніми впливами.

Ключові слова: трактор, гібридна силова установка, інформаційна система, система керування, електродвигун, функціональні можливості.

Вступ

Основну частку в складі собівартості продукції в сільському господарстві становлять витрати на паливо й паливомасильні матеріали, які постійно дорожчають. Крім того, експлуатація техніки з двигунами внутрішнього згоряння викликає багато дорікань у зв'язку з викидами парникових газів. Обслуговування двигунів внутрішнього згоряння вимагає періодичної заміни технічних рідин і мастильних матеріалів із наступною утилізацією відпрацьованих матеріалів. Утилізація проводиться не завжди якісно, а найчастіше відсутня взагалі. Ці фактори вимагають підвищеної уваги з боку контролюючих органів.

Агропромисловий комплекс також впроваджує сучасні тенденції застосування електропривода на транспорті. Провідні виробники тракторів випускаються досвідні зразки техніки на електроприводі.

На відміну від дизельних тракторів, електротрактор практично не видає шуму. У моделі на електротязі менше деталей, тому її простіше ремонтувати. Найважливіше, що фермери зможуть значно заощадити на пальному. Вимоги до заряду батареї – забезпечення роботи протягом близько 4 год у нормальних умовах експлуатації або запас ходу близько 55 км. Час зарядки необхідно встановити не більше ніж 3 год. Тривалість життя батареї має бути близько 3100 циклів.

Переваги електротрактора складаються як з виняткової ефективності, так і можливості

його використання у виробництві поновлюваних джерел енергії. Акумулятор із великою ємністю дозволяє поліпшувати мережну інтеграцію та підтримувати автономність сільського господарства (бути резервним джерелом живлення).

Електричний привод зараз стає нормою для майже всіх транспортних засобів. Повна автоматизація – це наступний етап розвитку в епоху промислової революції. Наразі розробляються концепти безпілотного трактора під дистанційним контролем оператора. Наприклад, Японія та деякі країни готуються до автоматизації сільського господарства й інвестують у робототехніку. Мета всього цього – це розумний фарм-менеджмент. Використання датчиків, дронів, машинного навчання, GPS-систем дозволяє вирощувати сільгоспкультури високої якості з максимальним урожаєм та мінімальними затратами.

Аналіз публікацій

Сільськогосподарські трактори за призначенням поділяються на шість великих груп [1]:

- мінітрактори (класи 0,2, 0,4) – це техніка для роботи на ділянках, малих за розміром, із застосуванням навісного або причіпного устаткування, підходять для транспортних робіт;

- універсальні трактори (класи 0,6, 0,9, 1,4 і 2) – це техніка для виконання загальних

господарських робіт, для оброблення та оброблення й збирання зерно-господарчих культур (просапних);

- універсально-просапні (класи 0,6, 0,9, 1,4, 2) – це техніка, що використовується для первинного оброблення ґрунту (боронування, оранки та культивуації), посівних і збиральних робіт, оброблення просапних культур, а також для розв'язку транспортних завдань;

- трактори загального призначення (класи 3, 4, 5, 6, 7) – це техніка для виконання енергомістких операцій, а також для оранки, культивуації, лушення стерень, проведення меліоративних робіт, снігозатримання, виконання транспортних операцій і т. д. Ці трактори застосовуються тільки на полях значної площі;

- спеціалізовані трактори – це машини різних класів для оброблення окремих культур (овочівницькі, буряківничі, бавовницькі тощо);

- самохідні шасі – це незначна група тракторів малих класів (найвідоміший — Т-16) із розташованою в передній частині рамою для платформи.

По тяговому зусиллю всі трактори поділяються на різні класи. Клас тракторів визначається інтервалом 0,2–75 для агрегатів промислового типу та 0,2–8 для сільськогосподарських машин (рис. 1).



Рис. 1. Трактор для сільгосппризначення

Характеристика тягового класу пов'язана з ефективністю силового агрегату та відображає зв'язок із конструкцією та загальною вагою машини. Тяговий клас трактора встановлюється ДСТ 27021-86.

Промислові трактори, що використовуються в лісовому господарстві, належать до класів 0,6–2. Машини груп 3–75 застосовуються для трелювання, навантаження, трубоукладання, меліоративних і будівельних робіт, на підприємствах.

ДСТ 27021-86 установлює класифікацію тракторів по тяговому класу. Для сільськогосподарських машин існує 10 груп, для промислових – 11. У документі відповідні таблиці пов'язують клас із номінальним тяговим зусиллям та конструкційною масою (рис. 2).

Агрегати за потужністю моторів розрізняють таким чином:

- для сільськогосподарських тракторів першої групи (0,2) не перевищує 20 кВт, для восьмої становить 320–350;

- для промислових машин 0,6 класу становить до 30 кВт, для 5 – 150 кВт, для 7 – 580 кВт.



Рис. 2. Трактор колісний загального призначення

Клас 0,2 поєднує важкі мотоблоки, мінітрактори. Агрегати використовуються:

- для оброблення незначних ділянок, розроблення способів культивування ґрунтів, виведення нових сортів рослин;

- для обслуговування тварин, зокрема в комплексах;

- фермерами, що мають невеликі поля;

- городниками, садівниками в особистому господарстві;

- у малому будівництві та комунальному господарстві.

5 клас. З гусеничних агрегатів у цій групі Т-404, 250, 501 від Алтайського тракторного заводу. Кількість колісних машин більше: АТМ 5280, які випускає Агромаш під маркою Terrion, Кіровці К700, 701, 702, 703, 744, Вироби Білорус від МТЗ (2522, 2822, 3022, 3023) (рис. 3).

Потужність силових агрегатів із гусеничним рушієм становить до 175 кВт, з колісним – 180–210. Вони можуть упоратися із значними обсягами оранки, снігозатримання, лушення стерень, культивуації. Застосовуються для перевезення різних вантажів.



Рис. 3. Агрегати пневмоколісні

6 клас. У цій групі машини гусеничні, болотоходні, з моторами потужністю до 125 кВт. Створені вони для меліоративних робіт, але трудяться в сільгоспідприємствах на обробленні великих за площею полів.

Випускаються агрегати: концерном Агромаш – модель Руслан; Кіровським тракторним заводом – К744 у модифікаціях Р2, Р3, Р4; Ростсельмашем – Versatile 535 з колісною формулою 8 х 4, що є рекордсменом з оброблення великих полів.

7 клас. У ньому 1 представник – АТМ 7360. Він колісний, виробництва Агромаш. Випускається в серії Терріон. У ньому використані передній міст від італійської фірми Сагаго; гідравліка Бош (Німеччина); німецька трансмісія ZF і мотор Deutz BF 6M 1013 FC (280 к. с.). Трактор здатний виконувати енергоємні сільськогосподарські роботи: обробляти ґрунт, забирати врожай, робити суцільний посів.

Мета та постановка завдання

Об'єкт дослідження – енергетика електротракторів. Мета роботи – визначення основних характеристик тягового електроприводу для електротрактора четвертого тягового класу.

Метод дослідження оснований на використанні системного підходу до проведення аналізу та синтезу тягового пристрою тракторів, на раціональному поєднанні теоретичних і експериментальних розробок та узагальненні наукових результатів.

Предмет дослідження – моделювання та статистичний аналіз потоків потужності електротракторів.

Основні завдання дослідження:

- розглянути розвиток електроприводу для тракторів;
- визначити рівні потужності тягового електроприводу трактора;
- проаналізувати сучасні електродвигуни для тягового приводу;
- розглянути схеми побудови електротрансмісії тракторів;

- проаналізувати перспективні методи керування електротрансмісією тракторів.

Визначення основних електричних характеристик електродвигуна трактора

Момент, що обертає (синоніми: обертальний момент; момент, що крутить; момент сили) – це векторна фізична величина, яка дорівнює добутку радіус-вектора, що проведений від осі обертання до точки прикладання сили на вектор цієї сили [4].

$$M = F \cdot r,$$

де M – крутний момент, Нм; F – сила, Н; r – радіус-вектор, м.

Номинальний обертальний момент $M_{\text{ном}}$, Нм, визначаємо за формулою

$$M_{\text{ном}} = \frac{30P_{\text{ном}}}{\pi \cdot n_{\text{ном}}},$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність двигуна, Вт; $n_{\text{ном}}$ – номінальна частота обертання, хв⁻¹.

Механічна потужність. Потужність – фізична величина, що показує, яку роботу механізм здійснює за одиницю часу

$$P = \frac{dA}{dt},$$

де P – потужність, Вт; A – робота, Дж; t – час, с.

Робота – скалярна фізична величина, що дорівнює добутку проекції сили на напрямок F і шляхи s , прохідного точкою прикладання сили

$$dA = F \cdot ds,$$

де s – відстань, м.

Для обертового руху

$$ds = r \cdot d\theta,$$

де θ – кут, радіан.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt},$$

де ω – кутова частота, рад/с.

Таким чином можна обчислити значення механічної потужності на валу, що обертається, електродвигуна.

$$P = M\omega.$$

Номинальне значення – значення параметра електротехнічного виробу (пристрою),

вказане виробником, за умови якого воно має працювати, що є вихідним для відліку відхилень.

Коефіцієнт корисної дії електродвигуна. Коефіцієнт корисної дії (ККД) електродвигуна – характеристика ефективності машини щодо перетворення електричної енергії в механічну

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

де η – коефіцієнт корисної дії електродвигуна; P_1 – підведена потужність (електрична), Вт; P_2 – корисна потужність (механічна), Вт.

У цьому разі втрати в електродвигуни обумовлені таким:

- електричними втратами – у вигляді тепла внаслідок нагрівання провідників зі струмом;
- магнітними втратами – втрати на перемагнічування сердечника: втрати на вихрові струми, на гістерезис і на магнітну післядію;
- механічними втратами – втрати на тертя в підшипниках, на вентиляцію, на щітках (за їхньої наявності);
- додатковими втратами – втрати викликані вищими гармоніками магнітних полів, що виникають через зубчасту будову статора, ротора й наявністю вищих гармонік магніторушійної сили обмоток.

ККД електродвигуна може варіюватися від 10 до 99 % залежно від типу й конструкції.

Міжнародна електротехнічна комісія визначає вимоги до ефективності електродвигунів. Відповідно до стандарту IEC 60034-31: 2010 визначено чотири класи ефективності для синхронних і асинхронних електродвигунів: IE1, IE2, IE3 і IE4 [6] (рис. 4).

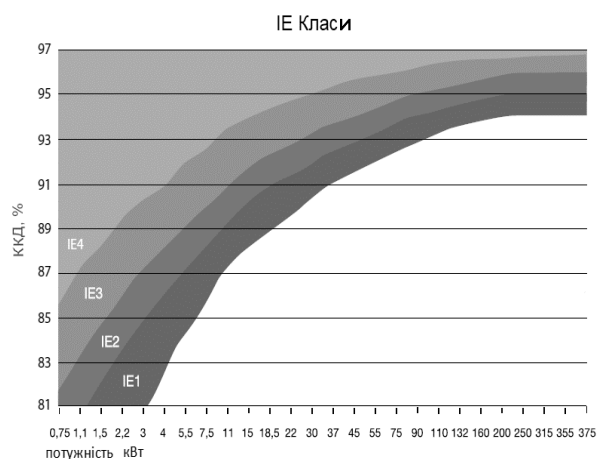


Рис. 4. Класи ефективності для синхронних і асинхронних електродвигунів

Частота обертання

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\eta},$$

де n – частота обертання електродвигуна, об/хв.

Момент інерції ротора. Момент інерції – скалярна фізична величина, що є мірою інертності тіла в поворотному русі навколо осі, рівною сумою творів мас матеріальних точок на квадрати їхньої відстані від осі.

$$J = \int r^2 dm,$$

де J – момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; m – маса, кг .

Момент інерції пов'язаний із моментом сили таким співвідношенням:

$$M = J\varepsilon,$$

де ε – кутове прискорення

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$$

Номінальна напруга. Номінальна напруга – це напруга, на яку проєктована мережа або обладнання, до неї належать робочі характеристики.

Електрична постійна часу – це час, що обчислений від моменту подачі постійної напруги на електромотор, за яким струм досягає рівня 63,21 % від свого кінцевого значення

$$\tau_e = \frac{L}{R},$$

де τ_e – постійна часу, с.

Механічна характеристика. Механічна характеристика двигуна є графічно вираженою залежністю частоти обертання вала від електромагнітного моменту за умови незмінної напруги живлення.

У табл. 1 наведено порівняння електродвигунів змінного струму, що дає змогу вибрати електродвигун для його використання в тяговому електроприводі електротрактора.

СДОЗ – синхронний двигун з обмоткою збудження;

АДКР – асинхронний двигун із короткозамкненим ротором;

СДПУПМ – синхронний двигун із постійними магнітами;

СДВПМ – синхронний двигун вентильний із збудженням від постійних магнітів;

СРД-ПМ – гібридний синхронний реактивний двигун.

Таблиця 1 – Порівняння електродвигунів

Параметри	АДКР	СДПУПМ	СДВПМ	СРД-ПМ	СДЮЗ
Постійність потужності в усьому діапазоні швидкостей	2	3	2	1	1
Момент до струму статора	2	1	1	1	1
Ефективність (ККД) у всьому робочому діапазоні	2	2	2	1	1
Вага	2	1	1	1	2,3

Відповідно до вищесказаних показників гібридний синхронний, а саме синхронний реактивний електродвигун із вбудованими постійними магнітами, найбільше підходить для застосування як тягового електродвигуна в електротракторі. Використання реактивного моменту забезпечує високу потужність у верхньому діапазоні швидкостей.

Більше того, такий двигун забезпечує дуже високу ефективність (ККД) у широкому робочому діапазоні [6].

Відомо, що найбільше поширення на підприємствах та в сільському господарстві отримали колісні трактори 4-го тягового класу потужністю 180–240 к. с., що забезпечують тягову потужність понад 120 кВт. Водночас максимальне буксування коліс трактора за агротехнічними вимогами $\delta = 15\%$ досягається за умови сили тяги на гаку $P = 45$ кН [7, 8].

До таких належать, наприклад, трактори серії 240К виробництва Харківського тракторного заводу (ХТЗ).

Отже, для забезпечення сільгоспробіт, згідно з агротехнічними вимогами, тягова електротрансмісія повинна мати потужність 120–130 кВт.

Експериментально підтверджено, що ККД у лінії «мотор-генератор-тяговий двигун» становить 0,86 у діапазоні частот обертання 800–3600 об/хв [9]. Вузли електротрансмісії монтується на серійний трактор замість коробки передач і зчеплення, зберігаючи компоновку трактора. Застосування електротрансмісії вигідно з технічної та економічної причин. Трансмісія забезпечує: безступінчасте регулювання швидкості в широкому діапазоні; зниження витрати палива, тому що дизель постійно працює в економічному режимі; підвищення надійності й ресурсу дизеля через відсутність твердого механічного зв'язку з ходовою частиною; зниження вібрації; значне зниження фізичних навантажень тракториста

під час керування трактором; високу довговічність і надійність електричних машин порівняно з механічними передачами; електроживлення зовнішніх споживачів, трактор може працювати як пересувна електростанція; більш вільне й просте компоновання трактора, зручність ремонту.

Електротрансмісія складається з:

- мотор-генератора з мікропроцесорною системою керування та силовим перетворювачем;

- чотирьох тягових двигунів (рис. 5) з мікропроцесорною системою керування та силовим перетворювачем;

- перетворювача постійно-постійного струму для електроживлення допоміжного устаткування.

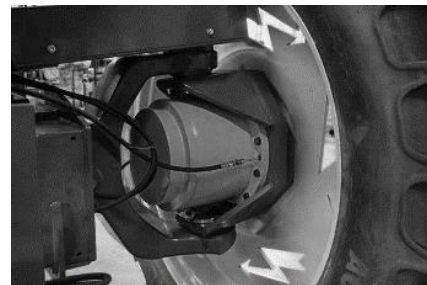


Рис. 5. Мотор-колесо сучасного електротрактора [10]

Для контролю за станом електротрансмісії доцільно використовувати сучасні методи людино-машинного інтерфейсу, наприклад сенсорні монітори з підключенням до CAN-мережі [11, 12].

Висновки

У процесі виконання роботи вирішено важливе науково-практичне завдання, що дозволяє підвищити енергоефективність тракторів завдяки використанню в тракторах четвертого тягового класу тягового електроприводу.

Для підтримки максимальної енергоефективності тягового електроприводу трактора в режимах різноманітного навантаження система керування повинна мати у своєму складі засоби відображення актуального стану енергетичних параметрів силової установки.

У складі електрообладнання тракторів обов'язково має бути присутній бортовий комп'ютер, що допомагає водієві складати оптимальні завдання робіт, згідно з попередніми розрахунками, відображати інформацію, необхідну на маршруті, а саме: про стан транспортного засобу, засоби зв'язку автомобіля із

зовнішнім середовищем та з навігаційною системою тощо. Бортовий комп'ютер подає інформацію на сенсорний дисплей із програмованими віртуальними органами управління та налагоджує зв'язок із мобільними системами водія. Проведене дослідження електродвигунів сучасного електротрактора четвертого тягового класу. Як об'єкт керування електродвигун характеризується входними та вихідними параметрами, внутрішніми параметрами або параметрами стану, зовнішніми впливами.

Розроблений алгоритм обрання параметрів системи тягових електродвигунів та запропоновано схему реалізацію системи керування.

Література

1. Классификация тяговых классов тракторов. URL: <https://specmahina.ru/traktor/tyagovye-klassy.html>.
2. Ткачук К. М. Справочник по охране труда на промышленном предприятии. Киев: Техника, 1991. 130 с.
3. Гонтаренко Г. М., Крижановская Н. Г. Формирование и измерение сигналов в импульсной технике: учебное пособие для учащихся средних специальных заведений по специальности «Радиотехнические измерения». Москва: Издательство стандартов, 1992. 227 с.
4. Кенио Т., Нагамори С. Двигуни постійного струму з постійними магнітами. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 184 с.
5. Murray A. Sensorless Motor Control Simplifies Washer Drives // Power Electronics Technology, June 2006. P. 14–21.
6. Бражників А. В. Підвищення рівномірності обертання ротора четногофазного частотно-керуваного електродвигуна // Збірник наукових праць «Підвищення ефективності роботи гірського встаткування при освоєнні родовищ корисних копалин». Красноярск: Видавництво ГАЦМиЗ, 1995. С. 39–56.
7. Результаты экспериментальных исследований тяговой динамики трактора ХТЗ-242К / Ю. К. Шаповалов та ін. // Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 6–15.
8. Оцінка тягово-динамічних властивостей на основі прискорення трактора / М. П. Артьомов та ін. // Інженерія природокористування. 2015. №. 1 (3). С. 84–89.
9. Серіков Г. С., Серікова І. О. Застосування датчика Доплера в якості вимірника швидкості трактора // Вісник ХНАДУ. 2020. № 90.
9. Електротрансмиссии – трансмиссии нового поколения. URL: <https://productcenter.ru/articles/russia/1162/elektrotransmissii-transmissii-novogo-pokolieniia>.
10. Гибридный електротрактор. URL: https://honda-insight.info/hybrid_avtomobil/598-k-2019-godu-predstavlyat-pervyy-v-mire-gibridnyy-elektrotraktor.html.
11. Анализ функциональных возможностей сенсорных дисплеев в информационных системах транспортных средств / Г. С. Серіков та ін. // Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології. 2020. № 17. С. 42–47.
12. Інформаційні контрольно-діагностичні системи сучасних транспортних засобів / Г. С. Серіков та ін. // Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології. 2020. № 17. С. 62–68.

References

1. Klassifikatsiya tyagovykh klassov traktorov. URL: <https://specmahina.ru/traktor/tyagovye-klassy.html>.
2. Tkachuk K.M. Spravochnik po okhrane truda na promyshlen-nom predpriyatii. Kiyev: Tekhnika, 1991. 130 s.
3. Gontarenko G. M., Krizhanovskaya N. G. Formirovaniye i izmereniye signalov v impul'snoy tekhnike: Uchebnoye posobiye dlya uchashchikhsya sred-nikh spetsial'nykh zavedeniy po spetsial'nosti «Radiotekhnicheskiye izmereniya». M.: Izda-tel'stvo Standartov, 1992. 227 s.
4. Kenio T., Nagamori S. Dviguni postoyanogo strumu z postoynymi magnitami. M.: Yenergoato-mizdat. 1989. 184 s.
5. Murray A. Sensorless Motor Control Simplifies Washer Drives // Power Electronics Technology, June 2006. P. 14–21.
6. Brazhnykiv A. V. Pidvyshchennya rivnomirnosti ober-tannya rotora chetnofaznoho chastotno-kerovanoho elektrodvyhuna // Zbirnyk naukovykh prats' «Pidvyshchennya efektyvnosti roboty hirs'-koho vstatkuvannya pry osvoyenni rodovyshch ko-rysnikh kopalyn». Krasnoyars'k: Vydavny-tstvo HATSMYz, 1995. S. 39–56.
7. Shapovalov YU. K., Mel'nyk V. I., Antoshchenkov R. V., Antoshchenkov V. M., Kis' V. M., Tsyhanenko M. O., Kachanov V. V., Halych I. V. Rezul'taty ekspe-rymental'nykh doslidzen' tyahovoyi dynamiky traktora KHTZ-242K // Inzheneriya pryrodokory-stuvannya. 2018. № 1(9). S. 6–15.
8. Art'omov M. P., Lebedyev A. T., Shulyak M. L., Kulakov YU. M. Otsinka tyahovo-dynamichnykh vla-styvostey na osnovi pryskorennya traktora // Inzheneriya pryrodokorystuvannya. 2015. № 1(3). S. 84–89.
9. Syerikov H. S., Syerikova I. O. Zastosuvannya datchyka Doplera v yakosti vymir-nyka shvydkosti traktora // Visnyk KHNADU. 2020. № 90.
9. Élektrotransmyssyy – transmyssyy novoho pokolenyya. URL: <https://productcenter.ru/articles/russia/1162/elektrotransmissii-transmissii-novogo-pokolieniia>.
10. Hybridnyy élektrotraktor. URL: https://honda-insight.info/hybrid_avtomobil/598-k-2019-godu-predstavlyat-pervyy-v-mire-gibridnyy-elektrotraktor.html.
11. Syerikov H. S., Syerikova I. O., Smyrnov O. P., Borysenko H. O. Analiz funktsional'nykh

mozhyvo-stey sensorykh dyspleyiv v informatsiynyykh sys-temakh transportnykh zasobiv // Avtomobil' i Ele-ktronika. Suchasni tekhnolohiyi. 2020. № 17. S. 42–47.

12. Syerikov H. S., Syerikova I. O., Smyrnov O. P., Borysenko H. O. Informatsiyni kontrol'no-dihnostychni systemy suchasnykh transportnykh zasobiv // Avtomobil' i Elektronika. Suchasni tekhnolohiyi. 2020. № 17. S. 62–68.

Серіков Георгій Сергійович¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, +380679478687, e-mail: georgy301212@gmail.com,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25,

Серікова Ірина Олексіївна¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, +380671085237, e-mail: irinaserikova_ae_khadi@ukr.net,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Analysis of lithium-ion thermostabilization systems traction batteries of electric vehicles

Abstract. Problem. The paper solves an important scientific and practical problem that allows to increase the competitive advantages of agricultural producers through the use of modern energy-efficient tractors with electric transmission. The control system of the traction electric drive is a component of the modern electric tractor of the fourth traction class which has become the most widespread and is intended for providing movement in the modes of various loading. The study of electric motors of a modern electric tractor of the fourth traction class is carried out. The electric motor is characterized by input and output parameters, internal parameters or state parameters, external influences. **Methodology.** The methods of theoretical basic electrical engineering have been developed in the production and calculation of circuits. Also classical methods of statistics of signals from ADC are used. **Results.** The technique of processing information from the current, voltage and temperature sensors using a mathematical apparatus without using harmonic analysis is presented. The hardware implementation of the proposed method allows the use of simplified computing tools. **Originality.** Complex analysis of the data obtained from the current, voltage and temperature sensors is carried out. During the

analysis, the range of velocities with stable operation of the measurement system was determined. Based on the data obtained, it is concluded that the use of a horn antenna as a concentrator substantially eliminates lateral interference and extends the range of possible velocity measurements. It is shown that the level of sampling significantly affects the upper limit of the measurement speed. **Practical value.** It is shown that: As a result of the work, an important scientific and practical problem was solved, which allows to increase the energy efficiency of tractors through the use of tractors of the fourth traction class electric drive. To maintain the maximum energy efficiency of the traction electric drive of the tractor in the modes of various loads, its control system must include means of displaying the current state of the energy parameters of the power plant. The electrical equipment must include an on-board computer, which helps the driver to make the optimal tasks of work, according to preliminary calculations, as well as display the information needed on the route, the state of the vehicle, means of communication. communication of the car with the external environment, with the navigation system, etc. The on-board computer provides information to the touch screen with programmable virtual controls, and communicates with the driver's mobile systems. The study of electric motors of a fifth traction class electric tractor was carried out. As an object of motor control, it is characterized by input and output parameters, internal parameters or state parameters, external influences. An algorithm for selecting the parameters of the traction motor system has been developed and a circuit implementation of the control system has been offered.

Key words: tractor, hybrid power plant, information system, control system, electric motor, electric transmission functionality.

Sierikov Georgy Sergeevich¹, Ph.D., associate professor. Automobile electronics, +380679478687, e-mail: georgy301212@gmail.com,

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine,

Sierikova Iryna Alekseevna¹, Ph.D., associate professor. Automobile electronics, +3806 71085237, e-mail: irinaserikova_ae_khadi@ukr.net,

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.