

В. О. Чумакевич, І. В. Пулеко, О. М. Нечай, В. Б. Козак

ПРОЕКТ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОТРАКТОРА ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ ВІЙСЬК

У статті розглянуто питання застосування електропривода як основного рушія на спеціальних автотракторних засобах інженерних підрозділів Сухопутних військ Збройних Сил (СВ ЗС) України.

Постановка проблеми. Сьогодні на озброєнні інженерних військ СВ ЗС України перебуває велика кількість тракторів та автомобілів виробництва кінця ХХ сторіччя. Ліквідація наслідків негоди в Україні взимку 2013 року показала достатню ефективність їх застосування (рис. 1). Однак основними рушіями цих транспортних засобів є двигуни, які не виробляються на території нашої держави, тому гостро постає питання їх ремонту або заміни. Крім того, вони мають незначний моторесурс та споживають велику кількість пального. Тому актуальним є завдання пошуку шляхів не лише їх модернізації, а й зменшення вартості експлуатації. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є створення електротракторів (ЕТ).



Рис. 1. Застосування інженерних машин при ліквідації наслідків негоди в Україні в 2013 році

Огляд останніх досліджень і публікацій. Одним з перших сучасних серійних зразків ЕТ вважається створений компанією "MOBEL" (рис. 2) на базі серійного трактора "Беларусь-920", у який було встановлено електродвигун потужністю 61 кВт, що живиться від літєвих акумуляторів "Ліутех" ємністю 200 А/год, з робочою напругою 300 В. Тривалість роботи трактора після зарядки батарей – 4 години, час швидкої зарядки – 30 хвилин. У його конструкції збережено синхронізовану коробку передач.

13 лютого 2012 року в м. Казані компанія "MOBEL" передала Міністерству транспорту та дорожнього господарства Республіки Татарстан діючий зразок ЕТ на платформі моделі "Беларусь-920". Проведені випробування показали, що загальні витрати з експлуатації ЕТ на одну мотогодину становили 23 рублі, а аналогічний трактор з двигуном внутрішнього згоряння – 292 рублі. На Мінському тракторному заводі підготовлено до серійного виробництва ЕТ "Беларусь-3023" (рис. 2а), який комплектується двигунами Detroit Diesel або Deutz потужністю 300 к. с., що приводять у дію асинхронний генератор потужністю 20 кВт, який живить тяговий електромотор. Результати випробувань показали, що трактор з електромеханічною трансмісією витрачає на 15–20% менше палива порівняно з машиною, яка має класичну механічну трансмісію.

Особливістю даних ЕТ є використання акумуляторних батарей або бортового потужного електрогенератора.

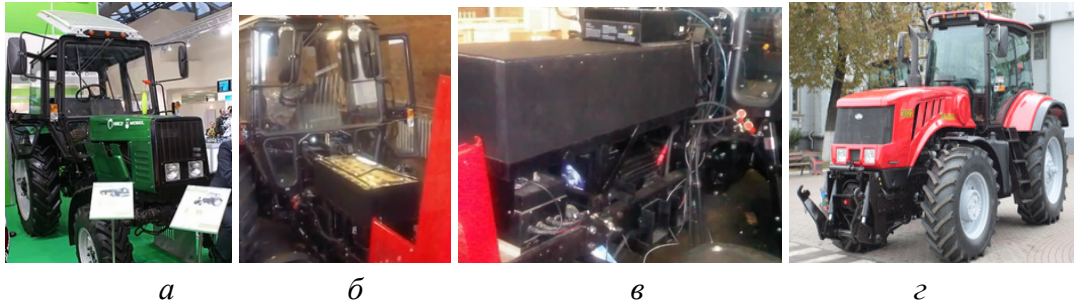


Рис. 2. Сучасні ЕТ: а – загальний вид трактора, створеного компанією "MOBEL"; б – літєві акумулятори "Ліотех"; в – силовий електропривід трактора; г – сучасний ЕТ Мінського заводу "Беларусь-3023"

Формулювання завдання дослідження. Основна мета даного дослідження полягає в обґрунтуванні загальних вимог до ЕТ, який повністю відповідає технічним параметрам і характеристикам тракторів у традиційному виконанні, а в деяких випадках навіть може перевищувати ці показники.

Виклад основного матеріалу. Основними компонентами ЕТ є: двигун, контролер, джерело живлення і трансмісія (рис. 3).

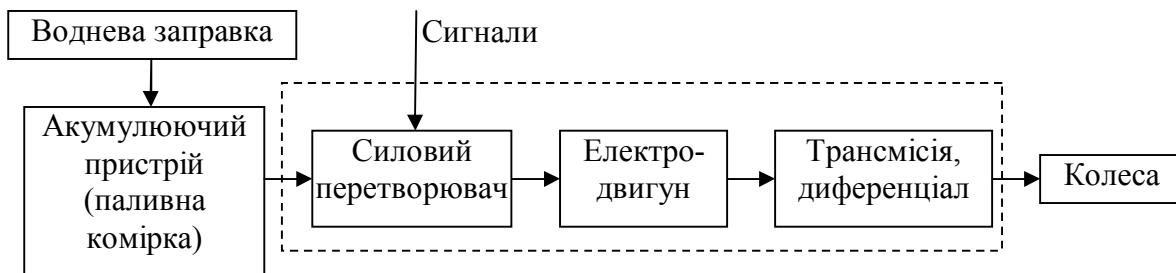


Рис. 3. Загальна структура ЕТ

ЕТ має такі дві особливості:

джерело енергії портативне та хімічне чи електромеханічне;

тягове зусилля забезпечується тільки електродвигуном.

Перевагами ЕТ є:

відсутність шкідливих викидів;

простота конструкції та управління, висока надійність і довговічність екіпажної частини (до 20–25 років) порівняно зі звичайним трактором;

низька вартість експлуатації;

можливість підзарядки від побутової електричної мережі (від розетки), але такий спосіб у 5–10 разів триваліший, ніж від спеціального високовольтного зарядного пристрою;

к.к.д. електродвигуна становить 90–95%;

масове застосування ЕТ змогло б допомогти у вирішенні проблеми "енергетичного піка" за рахунок підзарядки акумуляторів у нічний час.

Як недоліки ЕТ можна зазначити:

недосконалість бортових джерел енергії, зокрема акумуляторів;
критичність бортових джерел живлення щодо раптових навантажень;
проблемою є виробництво та утилізація акумуляторів, які зазвичай містять отруйні компоненти (наприклад, свинець або літій);

близько 10% енергії втрачається в елементах трансмісії;

для широкого застосування ЕТ потрібне створення відповідної інфраструктури;

при масовому використанні ЕТ з акумуляторами у момент їх зарядки від побутової мережі зростають перевантаження електричних мереж, що загрожує зниженням якості енергопостачання, ризиком локальних аварій;

тривалий час зарядки акумуляторів порівняно із заправкою паливом.

Основна вимога для ЕТ – портативне джерело електричної енергії, яка перетворюється на механічну в електродвигуні для руху транспортного засобу. Найпоширенішими джерелами електричної енергії є хімічні – акумуляторні батареї та паливні комірки [2, 3, 7, 11]. Також використовуються супермаховики – альтернативне портативне джерело, у якому енергія зберігається в механічній формі та перетворюється на електричну за потребою для просування транспортного засобу вперед. Вимоги до джерел енергії є найбільшою перешкодою в розробці ЕТ.

Серед доступних варіантів портативних джерел енергії для електромобілів батареї були найпопулярнішим вибором з початку програми досліджень і розробок цих транспортних засобів [2, 7, 11]. ЕТ та гібридні автомобілі сьогодні використовують батареї як джерела електричної енергії. Їх бажані показники для ЕТ: високі питома потужність, питома енергія та ємність; швидка підзарядка і рекуперативне гальмування; великий життєвий цикл. Вартість батареї для ЕТ повинна бути адекватною, щоб загальна вартість була комерційно вигідною.

Сучасним джерелом електроенергії є паливні комірки (fuel cells) [3]. Це пристрій, що перетворює хімічну енергію реакції безпосередньо на електричну енергію, він складається з електроліту, який перебуває в контакті з двома електродами – анодом і катодом. Головні елементи цього джерела енергії загалом такі ж, як і батареї акумулятора, проте фізично проект і головна ідея батареї акумулятора унеможливають безперервне доповнення його елементів, тоді як джерела енергії типу паливні комірки за бажанням можуть безперервно працювати, поки паливо й окислювач постачаються до електродів. Паливні комірки працюють практично безшумно, єдиний пристрій, який може спричинити незначний шум, – це охолоджувач (наявність якого не завжди необхідна). Реакція згорання пального в комірці відбувається без полум'я, тому єдиним її продуктом є водяна пара, а при використанні такого пального, як метанол, оксид вуглецю, утворюється в результаті двоокис вуглецю.

Розрізняють такі види джерел енергії згідно з класифікацією електроліту [3]:

AFC – Alkaline Fuel Cell (лужна паливна комірка);

PAFC – Phosphoric Acid Fuel Cell (фосфорно-кислотна паливна комірка);

PEMFC або PEFC – Proton Exchange Membrane Fuel Cell or Polymer Electrolyte Fuel Cell (паливна комірка із протонною обмінною мембраною або паливна комірка електроліту полімеру);

DMFC – Direct Methanol Fuel Cell (паливна комірка з прямим розпадом метанолу);

MCFC – Molten Carbonate Fuel Cell (паливна комірка розплавленого карбонату).

Паливні комірки (рис. 4) мають такі переваги перед іншими джерелами енергії:
 висока електрична ефективність, що перевищує 60%, а при використанні тепла, яке продукує пальне, ефективність системи може становити 85%;
 тиха робота (комірка потужністю декілька десятків кіловат працює повністю безшумно);
 "час життя" комірки перевищує 40000 годин;
 екологічність (відсутність емісії оксидів сірки, вуглеводнів, пилу або сажі);
 мобільність (паливні комірки є легшими від акумуляторної батареї чи дизель-генераторів енергії);
 легкість обслуговування.



Рис. 4. Зовнішній вигляд системи паливних комірок

Як недоліки паливних комірок відзначають таке:
 відносно дорогу вартість систем, основним чинником якої є масовість та недосконалість технології виробництва;
 повільний старт (для досягнення повної потужності потрібний певний час, який залежить від типу комірок і складає від 30 с до 30 хв);
 вибухонебезпечність (пальне зберігається в балоні під великим тиском, тому існує ризик його пошкодження). Проте існує спеціальний тип балонів, які зберігають водень в так званих "порах", тобто в багатьох міні-балонах, розташованих всередині основного, що запобігає вибуху всього пального.

Порівняння енергії (на масу одиниці джерела) доступних джерел енергії надається в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння енергії допустимих джерел енергії

Пальне	Питома енергія (Вт/кг)
Бензин	12500
Природний газ	9350
Метанол	6050
Водень	33000
Вугілля (бітумне)	8200
Кислотна батарея	350
Lithium-polymer батарея (паливна комірка)	200
Махове колесо (вуглецеве волокно)	200

Бензин, природний газ, водень та вугілля не є екологічно чистими видами пального та шкідливі під час використання як для персоналу, так і для природного середовища.

Кислотні акумулятори добре працюють під час руху електромобіля на постійних швидкостях та при плавних прискореннях. При різких стартах тягові акумулятори втрачають багато енергії. Тому для збільшення пробігу електротранспорту необхідні спеціальні стартові системи, наприклад, на конденсаторах. При зміні швидкості добре себе зарекомендували махові колеса, які сьогодні широко використовуються в автомобільному транспорті. Але слід зазначити, що необхідно спочатку дати можливість накопичити енергію. Тому в більшості випадків доцільне використання декількох джерел живлення. У паливних комірках більшість вказаних недоліків знівелювані, тому пропонується використовувати саме їх як джерело енергії.

Проведемо розрахунок потужності, необхідної для експлуатації трактора (експлуатаційної потужності). Необхідні тягові показники трактора можуть бути досягнутими та ефективно використаними тільки в тому випадку, коли будуть правильно обрані основні його параметри: маса, швидкість руху (передавальне число трансмісії), потужність двигуна [1, 4–6, 8–10].

Тяговий діапазон трактора. Трактор повинен бути розрахований на виконання всіх робіт відповідно до його тягового класу і деяких, що належать до тягової зони попереднього класу. Перекриття тягових зон дозволяє виконувати деякі роботи тракторами суміжних класів, що розширює сферу їх застосування.

Тяговий діапазон трактора визначається за такою формулою [7]:

$$\delta_T = \varepsilon \frac{P_n}{P'_n} = 1,3 \cdot \frac{14}{9} = 2,02, \quad (1)$$

де P_n та P'_n – відповідно номінальне тягове зусилля (за завданням) і зусилля тяги трактора попереднього класу;

ε – коефіцієнт розширення тягової зони трактора, що рекомендується і в середньому становить 1,3.

Знаючи тяговий діапазон і номінальне тягове зусилля трактора, можна визначити його мінімальну силу тяги [7]:

$$P_{Tmin} = \frac{P_n}{\delta_T} = \frac{14}{2.02} = 6,9306 \text{ кН}. \quad (2)$$

Маса трактора оцінюється з урахуванням його стану [7]. Якщо трактор не має заправних матеріалів, баласту і тракториста, то така маса називається конструктивною (m_K). Повністю заправлений трактор з трактористом і баластом має експлуатаційну масу (m_e). Експлуатаційну масу колісного трактора можна визначити з таких умов: умова за зчепленням – $P_{Tmax} \leq \phi_K \cdot \lambda_K \cdot m_e \cdot g$; умова за типом – $P_{Tmax} \geq P_n \cdot f \cdot m_e \cdot g$, – звідки $\phi_K \cdot \lambda_K \cdot m_e \cdot g \geq P_n \cdot f \cdot m_e \cdot g$.

За умов рівності будемо мати [7]:

$$m_e = \frac{P_H}{(\phi_K \cdot \lambda_K - f) \cdot g} = \frac{14000}{(0,6 \cdot 1 - 0,20) \cdot 9,81} = 3567,78, \quad (3)$$

де P_H – номінальне тягове зусилля трактора за типажем, Н;

ϕ_K – допустима величина коефіцієнта використання зчпної ваги трактора, для колісних тракторів приймають $\phi_K = 0,5 \dots 0,6$, а для гусеничних – $0,6 \dots 0,65$;

λ_K – коефіцієнт навантаження ведучих коліс (для тракторів типу 4К2 становить $0,75 \dots 0,80$, а для 4К4 і гусеничних – $1,0$);

f – коефіцієнт опору коченню, для колісних тракторів (культивоване поле) можна прийняти $0,20$;

g – прискорення вільного падіння.

Конструктивну масу трактора, знаючи експлуатаційну, можна визначити за формулою [7]:

$$m_K = (0,91 \dots 0,93) \cdot m_e = 0,93 \cdot 3567,78 = 3318,03. \quad (4)$$

Розрахунок номінальної потужності двигуна проводять з урахуванням номінального тягового зусилля трактора, сили опору коченню, маси трактора, витрат на тертя в трансмісії й необхідного запасу потужності двигуна [1, 4–6, 8–10].

Враховуючи викладене вище, номінальна потужність двигуна визначається за формулою

$$N_H = \frac{(P_H + f \cdot m_e \cdot g) \cdot v_{H1}}{3600 \cdot \eta_{Tp} \cdot \chi_E}, \quad (5)$$

де v_{H1} – розрахункова (теоретична) швидкість на першій основній передачі, що відповідає номінальному тяговому зусиллю;

χ_E – коефіцієнт експлуатаційного завантаження двигуна (приймається $0,85$);

η_{Tp} – к.к.д., що враховує втрати потужності в трансмісії, розраховують за формулою

$$\eta_{Tp} = \eta_{II}^{II} \cdot \eta_K^{II} \cdot \eta_X = 0,9, \quad (6)$$

де η_{II} і η_K – к.к.д., що враховують втрати відповідно в циліндричних і конічних передачах під навантаженням, $\eta_{II} = 0,985 \dots 0,99$; $\eta_K = 0,975 \dots 0,98$;

η_X – к.к.д., що враховує втрати в трансмісії при холостому її прокручуванні, $\eta_X = 0,95 \dots 0,97$;

II_{II} і II_K – числа пар відповідно циліндричних і конічних шестерень, що передають крутний момент на даній передачі, $II_{II} = 3 \dots 5$, $II_K = 1$.

Враховуючи складність визначення η_{Tp} для тракторів 4К4, для них цей к.к.д. визначається таким чином, як для тракторів 4К2, а потім зменшується на $0,02$.

К.к.д. трансмісії η_{Tp} – величина змінна, однак для практичних розрахунків її приймають постійною на всіх передачах незалежно від потужності, що передається, і зазвичай вона дорівнює $\eta_{Tp} = 0,88...0,93$.

$$N_n = \frac{(P_n + f \cdot m_e \cdot g) \cdot v_{H1}}{3600 \cdot \eta_{Tp} \cdot x_E} = \frac{(14000 + 0,20 \cdot 3567,78 \cdot 9,81) \cdot 6}{3600 \cdot 0,93 \cdot 0,85} = 54,288 \text{ кВт.}$$

Для розрахунку основних робочих швидкостей трактора визначається діапазон швидкостей, який характеризується відношенням вищої робочої швидкості до швидкості на першій основній передачі:

$$\delta_V = V_{HZ} / V_{H1} = 1,71, \quad (7)$$

де V_{HZ} – вища робоча швидкість, яку необхідно визначити.

Величина швидкісного діапазону підраховується за формулою

$$\delta_{Vocн} = \delta_T \cdot \gamma_{допmin} = 2,02 \cdot 0,85 = 1,71, \quad (8)$$

де $\gamma_{допmin}$ – коефіцієнт припустимої мінімальної завантаженості двигуна, рекомендується приймати рівним 0,85.

Для розрахунків вищої та проміжних швидкостей необхідно визначити знаменник геометричної прогресії q .

Знаючи, що

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} = \dots = \frac{V_{Hz}}{V_{n(z-1)}} = q, \quad (9)$$

можна визначити:

$$V_{n2} = V_{n1} \cdot q = 6 \cdot 1,3 = 7,8 \text{ км/год}; \quad (10)$$

$$V_{n3} = V_{n2} \cdot q = 7,8 \cdot 1,3 = 10,1 \text{ км/год}; \quad (11)$$

$$V_{n4} = V_{n3} \cdot q = 10,1 \cdot 1,3 = 13,18 \text{ км/год}; \quad (12)$$

$$V_{Hz} = V_{n1} \cdot q^{z-1} = 9,945 \text{ км/год}. \quad (13)$$

Звідси

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{V_{Hz}}{V_{n1}}} = \sqrt[z-1]{\delta_{Vocн}} = \sqrt[z-1]{1,71} = 1,71^{0,5} = 1,3. \quad (14)$$

Вища транспортна швидкість у геометричну прогресію не входить. Проміжну транспортну швидкість визначають як середню геометричну величину між вищою транспортною і вищою швидкостями основного ряду за формулою

$$V_{Tp2} = \sqrt{V_{Tpmax} \cdot V_{nz}} \quad (15)$$

або

$$V_{Tp2} = 0,5 \cdot (V_{Tpmax} + V_{nz}) = 0,5 \cdot (33,4 + 9,9) = 21,6 \text{ км/год.} \quad (16)$$

Остаточний ряд швидкостей корегується відповідно до практичних можливостей підбору кількості зубців коробки передач трактора, що проектується.

Енергонасиченість і металомісткість є важливими параметрами, які характеризують рівень технічної досконалості в галузі тракторобудування. З підвищенням енергонасиченості трактора збільшується можливість підвищення продуктивності праці без суттєвого збільшення використання металу. Енергонасиченість трактора характеризується відношенням номінальної потужності тракторного двигуна до експлуатаційної маси трактора. Величину енергонасиченості визначають за формулою

$$N_E = \frac{N_n}{m_e} = \frac{54,28}{3567,78} = 0,01521 \text{ кВт/т.} \quad (17)$$

Металомісткість трактора характеризується відношенням конструктивної маси (m_k) до номінальної потужності двигуна (N_n). Цей показник при постійному вдосконаленні конструкції трактора і підвищенні його енергонасиченості безперервно знижується, що не повинно погіршувати зчпні властивості машини і знижувати її надійність у роботі.

Одним із головних конструктивних рішень при розробці електротрактора є заміна двигуна внутрішнього згоряння на електричний двигун такої ж потужності. Тягове зусилля буде забезпечуватися тільки електродвигуном, який на малих обертах повинен забезпечувати максимальний тяговий момент, а на великих – мінімальний.

У традиційному тракторі зміна швидкості руху забезпечується коробкою передач, яка передає різний обертовий момент на його задній міст. У ході конструктивних рішень було вирішено замінити коробку передач нерегульованим редуктором з постійним передаточним відношенням. Відтепер швидкість руху трактора буде забезпечуватися зміною швидкості обертання електродвигуна.

Вибір двигуна проводимо насамперед за найбільшим моментом (перевантажувальна здатність):

$$M_{max} \leq 3M_n \Rightarrow M_n \geq \frac{M_{max}}{3}, \quad (18)$$

$$M_{max} \leq 3M_n = 3 \cdot 177,8 = 533,4 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де M_n – номінальний момент двигуна, $M_n = 177,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

M_{max} – максимальний момент трактора.

Ще одним показником, за яким вибираємо електродвигун, є розрахункова номінальна потужність $N_n = 54,288 \text{ кВт}$.

Керуючись номінальним моментом та розрахунковою потужністю, вибираємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором А225М2.

Технічні параметри A225M2: $U_n = 380$ В; $I_n = 100$ А; $P_n = 55$ кВт; $n = 2955$ об/хв; $m = 320$ кг; $M_n = 177,8$ Н·м; к.к.д. = 93,2%; $M_{max} / M_n = 4$; $I_n / I_n = 7,5$.

Передавальне число редуктора визначаємо за формулою

$$i_p = \frac{\omega_d}{\omega_k} = \frac{309,29}{10,65} = 29,9 \text{ рад/с}, \quad (19)$$

де ω_d – кутова швидкість двигуна, рад/с;

ω_k – кутова швидкість колеса, рад/с.

Кутову швидкість двигуна визначаємо в такий спосіб:

$$\omega_d = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2955}{30} = 309,29 \text{ рад/с}, \quad (20)$$

де n – частота обертання двигуна, об/хв.

Кутову швидкість колеса знаходимо за формулою

$$\omega_k = \frac{V}{R} = \frac{9,2}{0,86} = 10,69 \text{ рад/с}, \quad (21)$$

де V – швидкість руху трактора, м/с;

R – радіус колеса трактора, м.

За розрахунковим значенням передавального числа вибираємо циліндричний двохступеневий редуктор 1Ц2У 200 з такими технічними параметрами: передавальне число – 31,5; к.к.д. = 0,97%; $m = 170$ кг; $M_n = 2500$ Н·м; габаритні розміри (L × B × H) – 678 × 243 × 425 мм.

Систему живлення обираємо з урахуванням максимальної потужності електропривода (55 кВт), таким параметрам відповідає система НуРМ HD 33 ($P_n = 33$ кВт, $U_n = 80$ –160 В, $I_{max} = 380$ А, $m = 184$ кг, к.к.д. = 54%) [3].

У системі керування доцільно використовувати принципи прямого керування моментом (Direct Torque Control — DTC), які вперше були опубліковані в 1985 році [4, 5]. Завданням прямого керування є забезпечення швидкої реакції електромагнітного моменту на керуючий сигнал. На відміну від традиційних систем векторного керування, де зміна моменту здійснюється дією на струм статора, який є керуючою величиною, у системі DTC керуючою величиною є потокощеплення статора. Зміна потокощеплення досягається оптимальним перемиканням ключів інвертора напруги, від якого живиться асинхронний двигун. Дослідження системи керування в даній статті не розглядаються.

Висновки. Проведені дослідження підтвердили можливість заміни силового обладнання трактора МТЗ-82 та дозволили обрати параметри силового кола електропривода: номінальну експлуатаційну потужність; енергонасиченість; металомісткість; перевантажувальну здатність. Ґрунтуючись на отриманих результатах запропоновано використовувати: асинхронний двигун з короткозамкненим ротором A225M2, який перевірили на перевантажувальну здатність; циліндричний двоступеневий редуктор 1Ц2У 200; як паливну комірку – систему НуРМ HD 33. Передбачається застосовувати принципи прямого керування моментом DTC, які дозволять у перспективі спростити трансмісію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Башарин А. В. Управление электроприводами / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 392 с.
2. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок / В. Ф. Гончар. – К. : Вища школа, 1985. – 207 с.
3. Завалій І. Ю. Водень – паливо майбутнього / І. Ю. Завалій // Бюлетень Західного наукового центру / Нац. акад. наук України та Мін-во освіти і науки України. Західний науковий центр. – Львів : Паїс, 2009. – С. 119–128.
4. Костинюк Л. Д. Моделювання електроприводів / Л. Д. Костинюк, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2004. – 404 с.
5. Марущак Я. Ю. Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним корегуванням : навч. посіб. / Я. Ю. Марущак. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2004. – 312 с.
6. Теорія електропривода : підруч. / М. Г. Борисюк, В. А. Гаврилук, М. Г. Попович та ін. ; за ред. М. Г. Поповича. – К. : Вища школа, 1993. – 494 с.
7. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т. 5 (Т - Я) / Под ред. П. П. Лобанова и др. – [3-е изд., перераб.]. – М. : Гос. изд-во сельхоз. лит-ры, 1956. – 663 с.
8. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елисеева, А. В. Шинянского. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 615 с.
9. Цейтлин Л. С. Электропривод, электрооборудование и основы управления / Л. С. Цейтлин. – М. : Высшая школа, 1985. – 192 с.
10. Чиликин М. Г. Теория автоматизированного электропривода : учеб. пособ. для вузов / М. Г. Чиликин, В. И. Ключев, А. С. Сандлер. – М. : Энергия, 1979. – 616 с.
11. Чумакевич В. О. Автономні джерела живлення : навч. посіб. / В. О. Чумакевич, Я. С. Ціпляр, Р. В. Кузьменко. – Львів : АСВ, 2012. – 396 с.

Подано 23.08.13

В. А. Чумакевич, І. В. Пулеко, О. М. Нечай, В. Б. Козак

ПРОЕКТ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТРАКТОРА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСК

В статье рассмотрены вопросы применения электропривода в качестве основного двигателя на специальных автотракторных средствах инженерных подразделений Сухопутных войск Вооруженных Сил Украины.

V. Chumakevych, I. Puleko, O. Nechai, V. Kozak

PROJECT OF POWER EQUIPMENT OF ELECTRIC TRACTOR FOR CORPS OF ENGINEERS

The questions of the using of electrical drive as main engine in the special vehicles of the corps of engineers of Ukrainian Armed Land Forces are considered in the article.