ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Ковальова Олександра Вікторовича «Обґрунтування параметрів і режимів роботи регульованого електропривода мотоблока», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

1. Актуальність теми дисертації. В Україні за останні роки отримало розвиток овочівництво захищеного ґрунту та значно збільшилась кількість фермерських господарств і приватних землекористувачів. Для підвищення ефективності виробництва овочів отримали застосування малогабаритні мобільні агрегати у вигляді мотоблоків з двигунами внутрішнього згорання. В цілому ці мотоблоки характеризуються як ефективні засоби малої механізації трудомістких процесів. Однак під час їх роботи в теплицях і парниках підвищується рівень шуму і загазованість повітря, що негативно впливає не тільки на людей, але й на рослини. До інших недоліків мотоблоків з двигунами внутрішнього згорання відносяться високі питомі витрати палива, труднощі при пуску і зупинці агрегату та відносно невисока надійність. Це обумовлює народногосподарську проблему, суть якої полягає в підвищених питомих витратах енергоресурсів при виконанні основних видів обробітку ґрунту та його низькій техніко-економічній ефективності Проведені дослідження показали, що перспективними для роботи в спорудах захищеного ґрунту є мобільні агрегати з тяговим регульованим електроприводом, що отримали назву електромотоблоків. Саме тому дана дисертаційна робота, що присвячена вирішенню наукового завдання з підвищення енергоефективності основних видів обробітку ґрунту за рахунок обґрунтування параметрів і режимів роботи електропривода ґрунтообробного мотоблока є важливою та актуальною.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертації проводилися в Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного відповідно до пріоритетів державної науково-технічної програми (ДНТП 3.12) «Енерго- та ресурсозберігаючі технології в сільськогосподарському виробництві», плану науково-дослідної роботи Таврійського державного агротехнологічного університету на 2005-2010 роки по науково-технічній програмі №1 «Розробка наукових основ, систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України» (підпрограма 1.8 «Розробка електрифікованих машин и установок для фермерських господарств», ДР 0107U2008953, розділ 1.8.1 «Розробка електрифікованих малогабаритних

кормоприготувальних та ґрунтообробних машин з оптимізацією енергетичних витрат»), програмі №1 на 2011-2015 роки «Розробка наукових основ, систем технологій и технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України» (підпрограма 1.14 «Розробка електромеханічних систем технологічних процесів сільськогосподарського виробництва», ДР 0111U2002556, розділ 1.14.1 «Розробка електромеханічної системи обробітку ґрунту на основі мобільних електрифікованих машин», програмі №5 на 2016-2020 роки «Ресурсоенергозберігаючі режими передачі і перетворення енергії в агропромисловому комплексі», ДР 0116U002726, тема 5.1 «Ресурсоенергозберігаючі експлуатаційні режими роботи силового електрообладнання, енергозберігаючі біотехнічні системи», розділ 5.1.3 «Розробка та удосконалення енергозберігаючої електромеханічної системи обробітку ґрунту».

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною працею, в якій вирішено важливе наукове завдання з підвищення енергоефективності основних видів обробітку ґрунту за рахунок обґрунтування параметрів і режимів роботи електропривода ґрунтообробного мотоблока.

Дисертація містить анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг дисертації становить 160 сторінок друкованого тексту. Список використаних джерел складається зі 155 найменувань. Дисертація містить 35 рисунків і 15 таблиць.

У вступі обґрунтовано доцільність та актуальність роботи, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення результатів роботи, зазначено особистий внесок здобувача в друкованих працях, наведено відомості про апробацію отриманих результатів і публікації.

У першому розділі проведено огляд та аналіз основних технічних характеристик, переваг та недоліків мотоблоків вітчизняного та зарубіжного виробництва з двигунами внутрішнього згорання та електроприводом. Теоретичним і експериментальним дослідженням в області підвищення ефективності функціонування ґрунтообробної техніки займалися вітчизняні та іноземні вчені, зокрема: М.О. Корчемний, Н.Ф. Молоснов, С.О. Гусаков, Т.Т. Кусов, В.Т. Надикто, С.П. Лєбєдєв, А.С. Акімов, В.В. Кацигін, Л.Г. Прищеп, О. Г. Ангилєєв, А.М. Мусін, І.С. Ефремов, А.П. Пролигін, Ю.М. Андрєєв, М.Д. Машихин. Проте відсутність досліджень регульованого електропривода ґрунтообробних мотоблоків при забезпеченні встановленої якості обробітку ґрунту, дала підстави для продовження і поглиблення цих досліджень. Проведений аналіз конструкцій мотоблоків показав, що використання

електропривода в мотоблоках дозволить підвищити ефективність їх функціонування: збільшити продуктивність, знизити питомі енерговитрати на обробіток ґрунту, знизити шум і вібрацію та полегшити роботу оператора. Аналіз існуючих способів електроживлення мобільних електрифікованих агрегатів показав, що найбільш ефективним є кабельний спосіб живлення електромотоблока.

У другому розділі досліджено вплив експлуатаційних показників та тягових характеристик електромотоблока на параметри регулювання, розрахункову і номінальну потужності приводного електродвигуна. Для розрахунків і аналізу тягових характеристик електромотоблока використовуються параметри тягового електродвигуна у відносних одиницях. Електропривод мотоблока містить силові елементи, які беруть безпосередню участь в процесі перетворення електричної енергії в механічну, і елементи, що перетворюють інформацію, необхідну для керування процесом перетворення енергії. Тяговий електродвигун, перетворюючи електричну енергію в механічну, задає з урахуванням параметрів і навантажень механічної частини, характер механічного руху і змінні, що визначають цей рух: електромагнітний момент і кутову швидкість при обертальному русі, силу тяги і лінійну швидкість при поступальному русі робочого органу. Складено математичну модель електропривода, розроблено спостерігач швидкості двигуна та проведено дослідження електроприводу шляхом моделювання.

У третьому розділі наведена програма експериментальних досліджень з визначення області раціональних значень основних конструктивних параметрів та режимів роботи електродвигуна приводу електромотоблока; проведення повнофакторного експерименту з використанням методики планування експерименту для визначення діапазонів значень: тягового зусилля мотоблока, маси електромотоблока, потужності двигуна електромотоблока, лінійної швидкості пересування електромотоблока; проведення дослідження спостерігача швидкості обертання тягового двигуна привода електромотоблока. Програмою передбачено визначення впливу параметрів електропривода мотоблока на кількісні і якісні показники обробітку ґрунту: залежність питомої енергоємності обробітку ґрунту від лінійної швидкості руху при заданій твердості ґрунту. В розділі наведено методику статистичної оцінки достовірності результатів експериментальних досліджень процесу обробітку ґрунту електромотоблоком.

У четвертому розділі представлено результати досліджень електроприводу ґрунтообробного мотоблока. Досліджено систему імпульсно-фазового керування, де при напівкерованому перетворювачі струм якоря

безперервний практично у всій області регулювання, за винятком зони низьких моментів. При повністю керованому перетворювачі зони переривчастих струмів займають великі області регулювання. Механічні характеристики мають форму подібну до гіперболи. Двигун розвиває великий момент при низьких швидкостях і малий при високих, що типово для двигуна послідовного збудження. Однак, механічні характеристики не збігаються з гіперболами у всьому діапазоні регулювання швидкості. Для підтримання сталості потужності з високою точністю, необхідно застосовувати спеціальні системи регулювання при використанні однофазних перетворювачів, що дозволяє зробити висновок про доцільність використання напівкерованого перетворювача. Польові випробування дослідного зразку електромотоблока, оснащеного тяговим електродвигуном постійного струму послідовного збудження, було проведено на контрольних ділянках ФГ «ЄНІСЕЙ-7» (с. Ботієве Мелітопольського району Запорізької області) при оранці ґрунту. Значення швидкості обмежувались виходячи із значення твердості ґрунту. Проведення польових випробувань виконувалось на різних швидкостях пересування агрегату та глибинах обробітку ґрунту (заглибленнях плуга).

У п'ятому розділі наведена техніко-економічна ефективність застосування розробленого електромотоблока. Встановлено, що при продуктивності мотоблока до 0,1 Га/год., енергоємність обробітку ґрунту зменшується на 10-12%. Річний економічний ефект від впровадженого ґрунтообробного електромотоблока складає 20,1 тис. грн. при терміні окупності 1,5 року.

Висновки до дисертаційної роботи містять п'ять пунктів, які поетапно деталізують отримані у роботі результати.

Список використаної літератури складається із 155 найменувань, з яких 24 % становлять публікації за останні десять років.

У п'ятьох додатках представлено копія патенту на корисну модель та акти впровадження результатів роботи.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових положень і висновків є достатнім та підтверджується проведенням комплексних досліджень із застосуванням відомих теоретичних та експериментальних методів, співпадінням теоретичних розробок з результатами комп'ютерного моделювання та експериментального дослідження. Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на результатах вирішення наукового завдання з підвищення енергоефективності основних видів обробітку ґрунту за рахунок

обґрунтування параметрів і режимів роботи електропривода ґрунтообробного мотоблока. Висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані коректністю постановки та розв'язання задач досліджень, застосуванням загальновідомих положень фундаментальних законів математичної фізики, теорії електричних машин, теорії електропривода, теорії ймовірностей і математичної статистики, метода порівняльної техніко-енергетичної оцінки технічного рівня технологічного обладнання, моделювання та експериментальних досліджень для перевірки теоретичних положень і наукових результатів.

5. Достовірність та новизна висновків та рекомендацій. Достовірність результатів, отриманих аналітичними методами, підтверджується результатами математичного моделювання та експерименту. Достовірність висновків забезпечується коректною математичною постановкою важливого наукового завдання роботи. Одержані нові теоретичні та практичні результати, які у сукупності обумовили розв'язання завдання – з підвищення енергоефективності основних видів обробітку ґрунту за рахунок обґрунтування параметрів і режимів роботи електропривода ґрунтообробного мотоблока. Усі методи, що запропоновані в дисертаційні роботі обґрунтовані строгими математичними викладками і підтверджуються результатами моделювання на ЕОМ та експериментів. Результати досліджень, наукові положення і висновки дисертації пройшли ґрунтовну апробацію при обговоренні на науково-технічних конференціях і семінарах найвищого рівня.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні невідомої раніше аналітичної залежності потужності тягового двигуна електропривода від лінійної швидкості електромотоблока з врахуванням виду ґрунту, що обробляється; отримано раніше невідомі умови і характеристики раціональних режимів керування тяговим електродвигуном електромотоблока за максимумом ККД на основних інтервалах зміни швидкості, в яких враховано всі види втрат в тяговому електродвигуні; отримано оптимальні значення експлуатаційних показників електромотоблока на підставі розробленої математичної моделі тягового зусилля.

6. Практичне значення одержаних результатів. В роботі отримані нові та важливі для практики результати, що дозволяють вирішувати широке коло актуальних завдань. Запропоновано методику розрахунку потужності і вибору тягового електродвигуна для приводу електромотоблока. Для практичного вибору потужності електродвигуна в роботі наведені графіки його потужності при оранці важких, середніх і легких ґрунтів. Розроблено алгоритми реалізації оптимальних режимів керування тяговим електродвигуном постійного струму електромотоблока, що забезпечують необхідний закон регулювання при

незмінній споживаній потужності двигуном з мережі. Отримано шляхом багатофакторного експерименту рівняння регресії, що дозволяють визначити вплив параметрів та режимів роботи електромотоблока на якість обробки ґрунту та можуть буди використані при моделюванні і конструюванні малогабаритних ґрунтообробних машин. Визначено гранично-допустимі показники комутаційних умов на колекторі тягового електродвигуна постійного струму електромотоблока. Згідно договорів про творчу співпрацю та актів впровадження представники агрофірми «ЄНІСЕЙ-7» засвідчують зниження питомих енерговитрат при обробітку ґрунту на 10-12% при дотриманні агротехнічних вимог.

7. Повнота викладення результатів в опублікованих працях. Наукові результати опубліковані у 23 роботах, у тому числі у 12 фахових статтях, із них 5 одноосібно, 2 статтях, що мають цитування у наукометричній базі Scopus, 1 патенті України на корисну модель.

Публікації повністю відображують зміст дисертації.

Основні положення і результати роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів і студентів (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2005-2020 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК півдня України», (м. Мелітополь, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», (м. Харків, 2016 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК», (м. Мінськ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Соціально-економічний розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення» (м. Бережани, 2018 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції присвяченої 120-річчю НУБіП України «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування» (м. Київ, 2018 р.); International scientific and practical conference «Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine» (Wloclawek, Republic of Poland, 2018); Міжнародній науково-практичній конференція «Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні» (м. Ніжин, 2019 р.); 11th International Scientific and Practical Internet Conference «Modern Movement of Science» (Dnipro, October 8-9, 2020); XXV-th IEEE International Conference "Problems of automated electric drive. Theory and practice" (Kremenchuk, 2020).

8. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації. Автореферат повною мірою відображає її зміст, основні положення, висновки і

рекомендації.

9. Оформлення дисертації. Дисертація та автореферат написані українською мовою. Стиль викладу матеріалів відповідає загальноприйнятому і має високий науково-професійний рівень. Оформлення дисертації та автореферату відповідає чинним вимогам.

10. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Мета роботи не в повній мірі знайшла відображення у назві роботи. У меті роботи мова йде про підвищення енергоефективності електропривода ґрунтообробного мотоблока, а у назві – про обґрунтування параметрів і режимів роботи регульованого електропривода мотоблока.
2. Висвітлення кожної задачі дослідження чітко не відображено у змісті роботи. Було б доцільним назву розділу чи підрозділу дисертації назвати та присвятити відповідній задачі дослідження.
3. У загальних висновках дисертації не зовсім чітко відображено результати вирішення кожної з задач дослідження, які розпорошені серед пунктів висновків.
4. При формулюванні пунктів наукової новизни не розкрита цінність отриманих результатів, тобто не вказано, що, забезпечують, або, що дозволяють здійснити запропоновані положення.
5. Рівняння (2.149), (2.150) не зовсім вірно описують у явному вигляді електромеханічні процеси у двигуні постійного струму з послідовним збудженням, який рекомендовано для електроприводу мотоблоку. Магнітний потік двигуна у вказаних рівняннях має вигляд незалежної змінної, проте у двигуні з послідовним збудженням він є функцією струму якоря.
6. Структурна схема системи керування електроприводом мотоблока, що наведена рис. 2.14, побудована без врахування залежності магнітного потоку двигуна від струму якоря, що впливає на характер зміни моменту двигуна.
7. В роботі розглянуто декілька методів керування двигуном електропривода мотоблока, проте чітко не визначено, якою координатою доцільно керувати – потужністю двигуна чи його швидкістю, а також яким способом це здійснюється – тільки зміною напруги живлення двигуна або й зміною його магнітного потоку.
8. Присутні деякі незначні порушення правил оформлення дисертаційної роботи та неточності, зокрема, струм якоря у рівнянні (2.156) позначено

як «I_a», а вже у рівнянні (2.170) як «I_d», або «крива намагнічення» замість «крива намагнічування».

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомі результати досліджень. Частина з них носить рекомендаційний характер, тому не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок. Дисертаційна робота Ковальова Олександра Вікторовича «Обґрунтування параметрів і режимів роботи регульованого електропривода мотоблока» є завершеною працею, в якій вирішено актуальне наукове завдання з підвищення енергоефективності основних видів обробітку ґрунту за рахунок обґрунтування параметрів і режимів роботи електропривода ґрунтообробного мотоблока.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до кандидатських дисертацій, а за змістом поданого в ній матеріалу – паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Представлена дисертаційна робота відповідає п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор Ковальов Олександр Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри теоретичної електротехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Микола ОСТРОВЕРХОВ

Вчений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Валерія ХОЛЯВКО