

ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ ВИКОНАНЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М. М. Заблодський¹, В. Ю. Грицюк², Є. С. Руднев²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Донбаський державний технічний університет

Анотація. Розглянуто існуючі конструктивні виконання електромеханічних перетворювачів технологічного призначення, визначено особливості конструкцій та принципи їх побудови. Забезпечення ефективної роботи таких перетворювачів пов'язане з необхідністю вирішення нових завдань і можливе з урахуванням досвіду та принципів конструювання технологічних установок нагріву, обробки і транспортування різноманітних речовин.

Ключові слова: електромеханічний перетворювач, феромагнітний ротор, обробка, механічні зусилля, теплові втрати.

Вступ

Технологічні процеси, пов'язані з нагріванням, сушкою, подрібненням, перемішуванням, транспортуванням, сухим збагаченням сипких і в'язких матеріалів, біомаси та техногенних відходів знайшли широке застосування в різних галузях економіки (промисловість, сільське господарство). Переважна більшість існуючих схем перетворення енергії з використанням пристроїв, що забезпечують обробку зазначених матеріалів, передбачає марне розсіювання теплової енергії двигуна і механічної передачі в навколишнє середовище. В середньому тільки ККД системи електроприводу становить 72...85%, а втрати в механічній передачі від двигуна до виконавчого механізму дорівнюють 7...10%. Оскільки ККД окремих елементів формують загальний ККД системи, втрати вже на першому етапі перетворення енергії неприпустимі.

Створення ефективних технологічних систем, які об'єднують процеси механічної обробки, розігріву і транспортування стає можливим в першу чергу за рахунок об'єднання окремих елементів обладнання в одному корпусі, використання дисипативної складової енергії цих елементів, а також застосування принципу безредукторного забезпечення низької частоти обертання й кратного посилення обертового моменту. Разом з тим, поєднання ротора АД з робочим шнеком дозволяє відмовитися від використання механічного редуктора, поліпшити масогабаритні показники установки, підвищити ефективність використання активних матеріалів і надійність системи. Комплексами, що об'єднують в собі перераховані властивості, є електричні комплекси на

базі поліфункціональних електромеханічних перетворювачів енергії (ПЕМП) технологічного призначення, які передбачають ефективне використання дисипативної складової енергії, структурну, функціональну і теплову інтеграцію. ПЕМП технологічного призначення – це ряд модифікацій перетворювачів різного застосування, що мають спільну технічну основу та єдину ідеологію створення.

Мета роботи полягає у розгляді існуючих конструктивних виконань електромеханічних перетворювачів, що використовуються для безпосереднього здійснення механічного впливу на речовину, її нагріву, транспортування тощо. При цьому важливо визначити конструктивні особливості та принципи побудови таких перетворювачів для подальшого вдосконалення методології створення ряду електромеханічних перетворювачів шнекового типу для енергоощадних технологій переробки різноманітних речовин, біомаси та техногенних відходів.

1. Варіанти конструкцій електромеханічних перетворювачів технологічного призначення

Серед існуючих пристроїв найбільш близькими за своєю ідеологією створення є електромеханічні перетворювачі, що суміщають функції транспортування речовин і генерації теплової енергії. До важливих результатів, отриманих авторами [1, 2] належить теоретичне обґрунтування принципів конструювання електромеханічних перекачувальних пристроїв. Реалізовані такі пристрої у вигляді асинхронних двигунів із обертовими вторинними елементами, що мають напірні лопаті, гвинтову навівку тощо (рис. 1).

Принцип дії таких пристроїв аналогічний принципу дії АД, за винятком того, що в даному випадку виникає необхідність врахування додат-

кової функції ротора – нагрів теплоносія за рахунок джоулевих втрат, що виділяються в ньому.

Електромеханічні перекачувальні пристрої з обертовими елементами дозволяють істотно підвищити коефіцієнт тепловіддачі з активної поверхні та продуктивність, однак, ці пристрої мають загальний недолік, пов'язаний з тим, що у режимах близьких до синхронного, кількість теплових втрат, що виділяються в рухомому елементі суттєво зменшується. Для підвищення теплової потужності та зниження впливу на параметри теплогенеруючого пристрою швидкості обертання рухомого елемента в конструкції передбачені додаткові джерела тепла, показники яких не пов'язані безпосередньо зі швидкістю обертання нагрівального елемента.

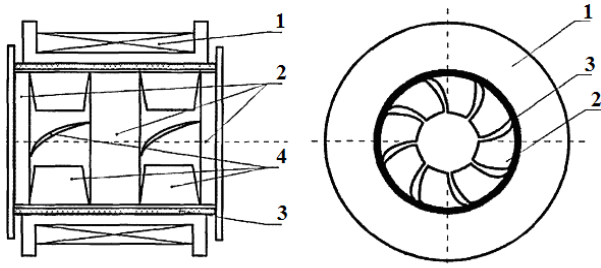


Рис. 1. Електромеханічний перекачувальний пристрій з обертовим вторинним елементом: 1 – первинна обмотка; 2 – обертовий нагрівальний елемент; 3 – нерухомий нагрівальний елемент; 4 – напірні лопаті

На рис. 2 представлено пристрій з обертовим нагрівальним елементом, що має підвищену ефективність нагріву за рахунок наявності декількох нагрівальних контурів, і підвищений коефіцієнт потужності за рахунок застосування феромагнітного елемента, що розташований усередині немагнітного обертового елемента [3]. Перетворювач складається з зовнішнього кожуха, відокремленого від магнітопроводу з укладеною в нього обмоткою, проміжком і двох вторинних елементів, виконаних з електропровідного матеріалу, – нерухомого та обертового з напірними лопатями. У статорі виконано осьові канали. Обертовий елемент виконано у вигляді двох коаксіальних циліндрів, нерухомих один відносно іншого, причому зовнішній циліндр складається з електропровідного немагнітного матеріалу, а внутрішній – з феромагнітного.

Робоча рідина, що нагрівається, надходить через вхідний патрубок, циркулює всередині нерухомого елемента, де підігрівається за рахунок відведення теплової енергії нерухомого та обертового елементів, а також механічних, гідравлічних і додаткових втрат. Завдяки зовнішньому контуру (його канал утворений зовнішньою по-

верхньою магнітопроводу та внутрішньою поверхнею зовнішнього кожуха), а також осьовим каналам статора, додатковий нагрів рідини відбувається за рахунок електричних і магнітних втрат в первинній обмотці.

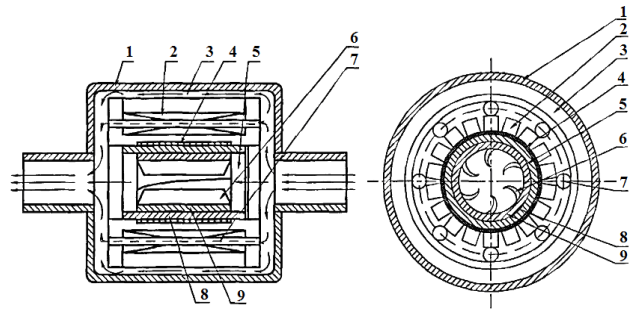


Рис. 2. Електромеханічний перекачувальний пристрій з феромагнітним елементом: 1 – зовнішній кожух; 2 – первинна обмотка; 3 – проміжок; 4 – нерухомий нагрівальний елемент; 5 – обертовий нагрівальний елемент; 6 – напірні лопаті; 7 – осьові канали; 8 – немагнітний циліндр; 9 – феромагнітний циліндр

Пристрої з обертовими нагрівальними елементами можуть бути класифіковані за типом перетворювача енергії обертання: осьовий, діагональний, відцентровий, шнековий; за кількістю робочих коліс: одноступінчаті та багатоступінчаті; за способом кріплення лопатей робочого колеса: жорстко-лопатеві та поворотні-лопатеві; за наявністю або відсутністю і розташуванням спрямляючих механізмів; за видом виконання: вибухозахищений, малошумний, ударостійкий, вбудований та ін.

Відомий пристрій [4, 5], призначений для перекачування в'язких нафтопродуктів, що представляє собою АД з масивним ротором, причому останній суміщений з робочим колесом насоса (рис. 3). Статор виконаний секційним для зниження швидкості обертання робочого колеса-ротора.

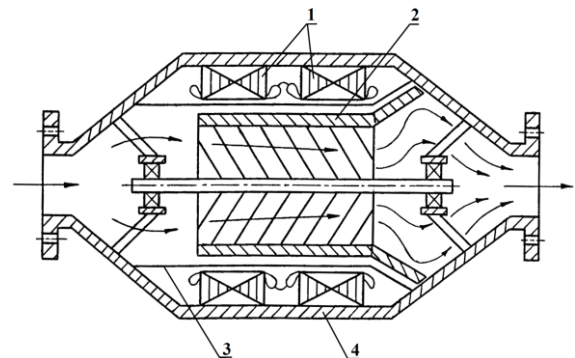


Рис. 3. Двигун-насос для перекачування в'язких нафтопродуктів: 1 – секційний статор; 2 – масивний ротор; 3 – ізолюючий екран; 4 – корпус

Між статором і ротором встановлений ізолюючий екран. Завдяки екрануванню вдається виключити вплив робочого середовища на обмотку статора. Теплові втрати, що виділяються в екрані і роторі при роботі насоса, витрачаються на підігрів рідини, що зменшує її в'язкість і обумовлює прискорення процесу перекачування. До недоліків двигуна-насоса можна віднести неповне використання дисипативної складової енергії, внаслідок герметизації статора, а також невисокий коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої поверхні ізолюючого екрану.

В роботах авторів [6, 7] обґрунтовано можливість підвищення енергоефективності АД на основі їх конструктивно-структурних перетворень і застосування нетрадиційних виконань в об'єктах спеціального призначення і промислових механізмах, зокрема за рахунок функціонального суміщення і використання зовнішнього ротору. Ефективне відведення тепла втрат двигуна може здійснюватися через вузли приводного механізму (робоче колесо насоса, барабан центрифуги, ролик транспортера, мішалка та ін.). Конструкція АД із зовнішніми роторами представлена на рис. 4.

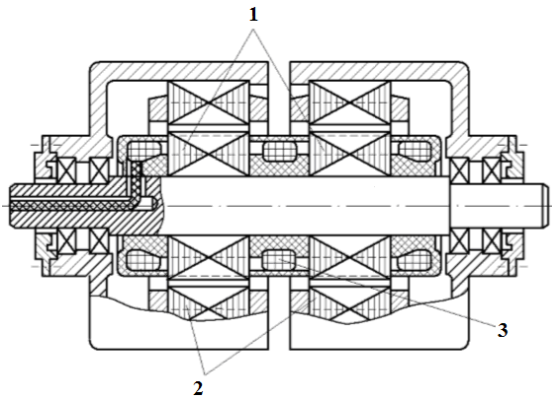


Рис. 4. Конструктивна схема АД з зовнішніми роторами:

- 1 – секційний статор; 2 – ротори;
3 – ділянка обмотки статора між секціями

Авторами [8] визначено фундаментальні принципи структурної класифікації, створено методологію спрямованого синтезу електромагнітних та електромеханічних систем, у тому числі електромеханічних перетворювачів руху, суміщених з робочим органом – механічним гвинтом. Первинна частина таких перетворювачів представлена у вигляді послідовності полюсів, полярність яких чергується, з зосередженими обмотками, що утворюють гвинтову активну поверхню. Вони знайшли застосування в малошвидкісному електроприводі силових передач (шпинделів, підйомників, упорних механізмів та ін.) [9].

Серед зарубіжних публікацій останнього часу зустрічаються роботи, присвячені розробкам двостаторних оберально-лінійних електромеханічних перетворювачів, що здатні обертати і просувати уздовж своєї осі [10, 11]. Такі пристрої привертають до себе дедалі більший інтерес і зазвичай зустрічаються у таких процесах, як буріння, перемішування, нарізання різьби, загвинчування, приведення в дію роботизованих пристроїв. У якості ротора двостаторного оберально-лінійного перетворювача, як правило виступає феромагнітний елемент циліндричної форми (рис. 5).

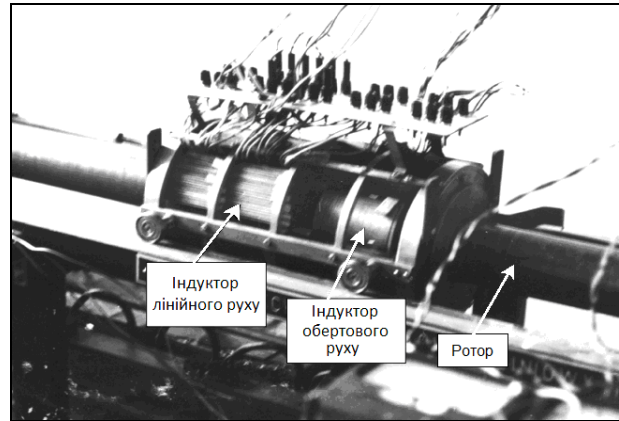


Рис. 5. Двостаторний оберально-лінійний електромеханічний перетворювач

До значних здобутків зарубіжних вчених варто віднести результати в сфері вивчення фізичних процесів у таких перетворювачах. Велика кількість робіт серед яких [12-14], присвячені дослідженню електромагнітних і теплових полів в активній зоні електромеханічних перетворювачів із феромагнітним ротором за допомогою чисельних методів.

2. Загальна характеристика поліфункціональних електромеханічних перетворювачів

Перспективний клас ПЕМП, які призначені для безпосереднього здійснення технологічних процесів, відрізняється посиленою концентрацією функціональних та енергетичних властивостей і практично повним використанням електричної енергії, що надходить з мережі [15].

Створення ПЕМП і технологій на їх основі базується на ідеї поєднання в одному електромеханічному пристрої одночасно нагрівальних, транспортуючих і змішувальних функцій, інтеграції теплової енергії та напрям останньої в зону переробки сировини. У ПЕМП використовується конструкція порожнистого феромагнітного ротора, який виконує одночасно функції ротора асинхронного двигуна, нагрівача, виконавчого меха

нізму та захисного корпусу. При цьому ротор охолоджується сировиною, що переробляється. Додатковим охолоджуючим агентом в ПЕМП може виступати повітря та легкоплавкі матеріали з високою теплоємністю і прихованою теплотою плавлення.

Одним з найбільш перспективних представників нового класу ПЕМП є шнековий перетворювач (рис. 6), який складається з двох модулів, що працюють в режимі противімкнення. Два статора, розташовані на загальному порожнистому валу, створюють зустрічно спрямовані електромагнітні моменти, що забезпечує необхідну швидкість обертання порожнистого циліндра загального ротора без застосування механічного редуктора. Ротор, що має шнекову навивку, крім функції переміщення робочого матеріалу одночасно забезпечує нагрів останнього.

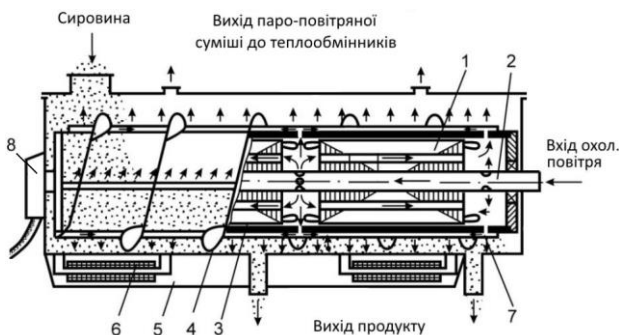


Рис. 6. Конструктивно-технологічна схема шнекового ПЕМП:

- 1 – статор двигунового (гальмівного) модуля;
- 2 – порожнистий нерухомий вал; 3 – зовнішній ротор–шнек; 4 – днище шнека; 5 – корпус;
- 6 – індуктори підігріву днища; 7 – аксіальні канали ротора-шнека; 8 – вхід напруги живлення

ПЕМП не мають аналогів в світі, що дає можливість створити конкурентоспроможні технології. Переваги пропонувані електромеханічних перетворювачів для сушки та переробки матеріалів перед вітчизняними та зарубіжними аналогами складаються з наступного:

- загальний коефіцієнт корисної дії буде збільшено на 25-30% за рахунок усунення проміжних ланок перетворення енергії та підвищення теплового коефіцієнту корисної дії;

- маса, габарити, а також займана виробнича площа будуть зменшені в 1,5-2 рази за рахунок скорочення технологічного ланцюга за кількістю обладнання;

- компактність та мобільність, можливість використання як у стаціонарному, так і у пересувному виконанні;

- підвищена екологічна чистота технологічних процесів обробки матеріалів, вибухо- і пожежобезпечність;

- скорочення експлуатаційних витрат;
- не критичність до якості джерела живлення.

На рис. 7 представлений загальний вигляд експериментального зразка шнекового ПЕМП, який виготовлений на Первомайському електромеханічному заводі ім. К. Маркса. За умови мінімуму теплових витрат в навколишнє середовище ККД шнекового ПЕМП досягає значення 0.98.

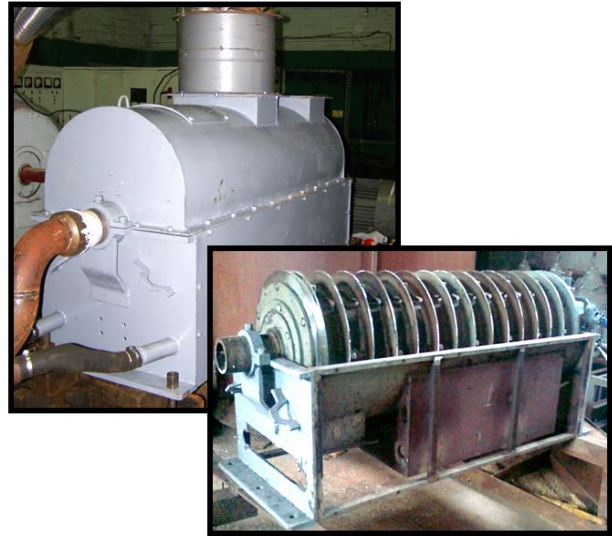


Рис. 7. Загальний вигляд експериментального зразка шнекового ПЕМП

Суттєвими перевагами технологій на основі ПЕМП є не тільки високе значення ККД, а й значні скорочення виробничої площі, кількості одиниць обладнання та термінів його окупності. У зв'язку з цим важливою науково-прикладною проблемою електромеханіки є оптимізація конструкції ПЕМП для виконання специфічних функцій технологічного призначення.

Конструкція шнекового ПЕМП передбачає повітряну систему охолодження, в якій охолоджуючий агент поступає до міжстаторної зони і зони лобових частин через три групи радіальних отворів у роторі. Робота перетворювача з застосуванням спеціальних режимів сушки і переробки вимагає заданої частоти обертання ротора-шнека. Крім зменшення інтенсивності механічного впливу на матеріал, зниження частоти обертання ротора-шнека через присутність радіальних отворів, може привести до неприпустимого збільшення температури в робочій зоні.

Розподіл магнітної індукції в повітряному зазорі ПЕМП з перфорованим ротором на відміну від традиційних електричних машин має велими оригінальний характер. Дискретне розташування отворів ротора призводить до виникнення нерівномірностей магнітного поля в повітряному зазорі, як в осьовому, так і в тангенціаль

ному напрямках, а також до перерозподілу вихрових струмів в роторі, що в свою чергу впливає на вихідні характеристики ПЕМП.

Складність моделювання електромагнітного поля ПЕМП полягає в необхідності врахування криволінійних кордонів розділу середовищ, нелінійності властивостей матеріалів, а також реакції вихрових струмів, що протікають в роторі, розподіл яких, в свою чергу, має дуже складний характер. Одночасно, наявність кризних отворів у порожнистому феромагнітному роторі не дозволяє обмежитися розглядом двомірної картини поля, оскільки в осьовому напрямку конфігурація поперечного перерізу активної зони ПЕМП відрізняється.

Аналітичні вирази, незважаючи на переваги при розрахунку варіантів, не дозволяють вести аналіз поля з урахуванням складної геометрії.

Застосування чисельних методів дозволяє досліджувати як двомірні, так і тривимірні електромагнітні поля і вирішувати завдання, які не можуть бути вирішені аналітично. Крім того, в порівнянні з аналітичними методами, чисельні методи дозволяють значно підвищити точність розрахунку електромагнітних полів.

Зазначені обставини обумовлюють необхідність аналізу розподілу електромагнітного поля ПЕМП чисельними методами в тривимірній постановці.

Результати власних попередніх досліджень і розробок електромеханічних перетворювачів енергії для енергоощадних технологій переробки легкоплавких і сипких речовин, в яких використовуються вихрові струми для нагріву та створення електромагнітних зусиль (моментів) мають впровадження на підприємствах гірничо-металургійного та агропромислового комплексів.

Ефективність розробок підтверджується досвідом промислової експлуатації перетворювачів шнекового типу в складі електричних комплексів для сушіння вугільних шлаків та концентратів на ЗАТ «Селідовська ЦЗФ» і ТОВ «Кондрат'євська ЦЗФ», а також в складі комплексів для сушіння тирси на ТОВ «Екоуніверсал» (м. Нетішин).

Продовження насамперед потребують напруження у напрямку дослідження фізичних процесів, що протікають в активній, а також у міжмодульній і кінцевих зонах статора і масивного ротора шнекового електромеханічного перетворювача (визначення електромагнітних зусиль, параметрів ротора, відгалуження магнітного потоку через вал тощо) з метою покращення проектних методик і вдосконалення технологічних режимів переробки в'язко-пластичних матеріалів. Разом з тим, практичний інтерес предста-

вляють механічні навантаження (у тому числі аксіальні) на ротор-шнек перетворювача, вивчення яких сприятиме оптимізації конструкції, а також визначенню впливу на магнітні та електричні властивості активної частини.

Висновки

Огляд існуючих конструкцій електромеханічних перетворювачів технологічного призначення показав, що об'єднання в одному блоці двигуна, виконавчого механізму та нагрівача дозволяє розглядати дані пристрої як новий тип перетворювачів, забезпечення ефективної роботи яких, пов'язане з необхідністю вирішення ряду абсолютно нових завдань і неможливе без прийняття досвіду та принципів конструювання технологічних установок нагріву, обробки і транспортування різноманітних речовин. Виходячи зі стану наведених досліджень і розробок доцільним є реалізація визначених ідей та виконання завдань з метою суттєвого підвищення енергоефективності електромеханічних перетворювачів і комерційної цінності продуктів переробки. Суттєво підвищити теплопродуктивність у порівнянні з розглянутими конструкціями стає можливим за рахунок повного використання втрат електромагнітної системи, а також за рахунок створення ефективної теплообмінної системи «взули з тепловиділеннями – охолоджуюче середовище», яка виконує функції спрямування теплової енергії в технологічну зону розігріву матеріалу і забезпечення допустимого перегріву електричної ізоляції.

Список використаної літератури

1. Ким, К. К. Энергосберегающая система электроотопления [Электронный ресурс] / К. К. Ким и др. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 1 (34). – С. 84–89. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuscha-ya-sistema-elektrootopleniya>
2. Приходченко, О. В. Моделирование напорных элементов электромеханических перекачивающих устройств в системе T-FLEX CAD [Электронный ресурс] / О. В. Приходченко, А. А. Просолович, И. А. Приходченко // САПР и графика. – 2012. – № 2. – С. 88–91. – Режим доступа: <http://www.tfex.ru/pdf/public/1826.pdf>
3. Теплогенерирующий электромеханический преобразователь: патент 87855: МПК7 Н 05 В 6/10 [Электронный ресурс] / Ким К. К., Иванов С. Н., Уханов С. В.; патентообладатель Петербургский гос. ун-т путей сообщения. – № 2008115841/22; заявл. 21.04.2008; опубл. 20.10.2009, Бюл. № 29. – Режим доступа: <http://www.freepm.ru/Models/87855>

4. Куцевалов, В. И. Вопросы теории и расчета асинхронных машин с массивными роторами [Текст] / В. И. Куцевалов. – М. – Л.: Энергия, 1966. – 302 с.

5. Двигатель-насос для перекачки нефтепродуктов: патент 2088808: МПК F 04 D 13/06 [Электронный ресурс] / Гайтов Б. Х., Копелевич Л. Е., Письменный В. Я., Паутов Г. А., Сапьян А. А., Гайтова Т. Б.; патентообладатель Кубанский гос. технологич. ун-т. – № 95104054/06; заявл. 21.03.1995; опубл. 27.08.1997, Бюл. № 17. – Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/186546>

6. Ставинский, А. А. Целевые функции сравнительного анализа энергетической эффективности электромагнитных систем асинхронных двигателей с внутренними и внешними роторами [Электронный ресурс] / А. А. Ставинский, О. О. Пальчиков // Электротехника и электромеханика. – 2015. – № 1. – С. 41–45. – Режим доступа: <http://eie.khpi.edu.ua/article/view/38305>

7. Ставинский, А. А. Асинхронные двигатели с секционированными внутренними и внешними роторами для привода газовых и жидкостных нагнетателей [Электронный ресурс] / А. А. Ставинский, О. О. Пальчиков // Вісник Національного технічного університету. – 2015. – № 5. – С. 85–90. – Режим доступа: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/17874>

8. Шинкаренко, В. Ф. Особенности идентификации генетической информации в электромеханических преобразователях движения типа «винт – гайка» [Электронный ресурс] / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Наний, В. В. Котлярова, А. А. Дунев, А. В. Егоров // Вісник НТУ «ХПИ». – 2014. – № 38. – С. 156–160. – Режим доступа: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/13399>

9. Москвитин, А. И. Электрические машины с катящимся ротором [Текст] / А. И. Москвитин // Электричество, 1947. – № 3. – С. 5–9.

10. Szczygieł, M. Rotary-linear induction motor based on the standard 3-phase squirrel cage induction motor—constructional and technological features [Electronic Resource] / M. Szczygieł, K. Kluszczyński // Czasopismo Techniczne. Elektrotechnika. – 2016. – № 112. – С. 395–406. – Access Mode: http://www.ejournals.eu/sj/index.php/Cz/article/view/File/5531/pdf_247

11. Amiri, E. Circuit modeling of double-armature rotary-linear induction motor [Electronic Resource] / Amiri E. // IECON 2014-40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2014. – С. 431–436. – Access Mode: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7048536>

12. Gieras, J. F. Performance calculation for a high-speed solid-rotor induction motor [Electronic Resource] / J. F. Gieras, J. Saari // IEEE transactions on industrial electronics. – 2012. – Т. 59. – № 6. – С. 2689–2700. – Access Mode: <http://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/bf76/ffc9173a0d5b209329054d063c4330167584.pdf>

13. Aho, T. Experimental and finite element analysis of solid rotor end effects [Electronic Resource] / T. Aho, J. Nerg, J. Pyrhonen // Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on. – IEEE, 2007. – С. 1242–1247. – Access Mode: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4374776>

14. Papini, L. Analytical-numerical modelling of solid rotor induction machine [Text] / L. Papini, C. Gerada // Electrimacs. – 2014. – С. 121–126.

15. Zablodskiy, N. Polyfunctional electromechanical energy transformers for technological purposes [Electronic Resource] / N. Zablodskiy, V. Plyugin, V. Gritsyuk // Russian Electrical Engineering. – (2016). – 87(3). – С. 140–144. – Access Mode: <http://link.springer.com/article/10.3103/S1068371216030123>

References

1. Kim, K. K. (2013) “Energy-saving electric heating system” [Energoberegayushchaya sistema elektrootopleniya], Proceedings of Petersburg Transport University, St. Petersburg, pp. 84-89, available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/energo-sberegayushchaya-sistema-elektrootopleniya>

2. Prikhodchenko, O. V., Prosolovich, A. A., Prikhodchenko, I. A. (2012) “Modeling of pressure elements of electromechanical pumping devices in the system T-FLEX CAD” [Modelirovanie napornykh elementov elektromekhanicheskikh perekachivayushchikh ustroystv v sisteme system T-FLEX CAD], CAD and graphics, Moscow, pp. 88–91, available at: <http://www.tfex.ru/pdf/public/1826.pdf>

3. Kim, K. K., Ivanov, S. N., Ukhanov, S. V. (2009) “Heat-generating electromechanical converter” [Teplogeneriruyushchiy elektromekhanicheskiy preobrazovatel'], available at: <http://www.freepm.ru/Models/87855>

4. Kutsevalov, V. I. (1966) “Questions of the theory and calculation of asynchronous machines with massive rotors” [Voprosy teorii i rascheta asinkhronnykh mashin s massivnymi rotorami], Energiya, Moscow-Leningrad, 302 p.

5. Gaytov, B. Kh., Kopelevich, L. Ye., Pismenny, V. Ya., Pautov, G. A., Sapyan, A. A., Gaytova, T. B. (1977) “Engine-pump for pumping petroleum products” [Dvigatel'-nasos dlya

perekachki nefteproduktov], available at: <http://bankpatentov.ru/node/186546>

6. Stavinsky, A. A., Palchikov, O. O. (2015) "Target functions of the comparative analysis of the energy efficiency of electromagnetic systems of induction motors with internal and external rotors" [Tselevye funktsii sravnitel'nogo analiza energeticheskoy effektivnosti elektromagnitnykh sistem asinkhronnykh dvigateley s vnutrennimi i vneshnimi rotorami], *Electrical Engineering & Electromechanics*, Kharkiv, pp. 41–45, available at: <http://eie.khpi.edu.ua/article/view/38305>

7. Stavinsky, A. A., Palchikov, O. O. (2015) "Asynchronous motors with sectionalized internal and external rotors for driving gas and liquid superchargers" [Asinkhronnye dvigateli s sektsionirovannymi vnutrennimi i vneshnimi rotorami dlya privoda gazovykh i zhidkostnykh nagnetateley], *Visnyk of the National Technical University, Kharkiv*, pp. 85–90, available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/17874>

8. Shinkarenko, V. F., Naniy, V. V., Kotlyarova, V. V., Dunev, A. A., Egorov, A. V. (2014) "Features of identification of genetic information in electromechanical motion transducers such as "screw - nut"" [Osobennosti identifikatsii geneticheskoy informatsii v elektromekhanicheskikh preobrazovatelyakh dvizheniya tipa «vint – gayka»], *NTU "KPI"*, Kharkiv, pp. 156–160, available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/13399>

9. Moskvitin, A. I. (1947) "Electric machines with rolling rotor" [Elektricheskie mashiny s katyashchimsya rotorom], *Elektrichestvo*, Moscow, pp. 5–9.

10. Szczygieł, M. (2016) Rotary-linear induction motor based on the standard 3-phase squirrel cage induction motor—constructional and technological features / M. Szczygieł, K. Kluszczynski // *Czasopismo Techniczne. Elektrotechnika*, pp. 395–406, available at: http://www.ejournals.eu/sj/index.php/Cz/article/viewFile/5531/pdf_247

11. Amiri, E. (2014) Circuit modeling of double-armature rotary-linear induction motor / Amiri E. // *IECON 2014-40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE*, pp. 431–436, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7048536>

12. Gieras, J. F. (2012) Performance calculation for a high-speed solid-rotor induction motor / J. F. Gieras, J. Saari // *IEEE transactions on industrial electronics*, pp. 2689–2700, available at: <http://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/bf76/ffc9173a0d5b209329054d063c4330167584.pdf>

13. Aho, T. (2007) Experimental and finite element analysis of solid rotor end effects / T. Aho, J. Nerg, J. Pyrhonen // *Industrial Electronics, 2007. IEEE International Symposium on. – IEEE*, pp. 1242–1247, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4374776>

14. Papini, L., Gerada, C. (2014) Analytical-numerical modelling of solid rotor induction machine // *Electrimacs*, pp. 121–126.

15. Zablodskiy, N. (2016) Polyfunctional electromechanical energy transformers for technological purposes. / N. Zablodskiy, V. Plyugin, V. Gritsyuk // *Russian Electrical Engineering, Moscow*, pp. 140–144, available at: <http://link.springer.com/article/10.3103/S1068371216030123>

OVERVIEW OF THE CONSTRUCTIONS OF ELECTROMECHANICAL CONVERTERS OF TECHNOLOGICAL PURPOSE

N. N. Zablodskiy¹, V. Yu. Gritsyuk², E. S. Rudnev²

¹National University of Life and Environmental of Ukraine

²Donbass State Technical University

Abstract. Examined the design features and principles for constructing electromechanical converters of technological purpose. The aim of the work is to consider the existing designs of electromechanical converters used to directly effect a mechanical action on a substance, its heating, transportation, and the like. It is important to determine the design features and principles of constructing such converters to further improve the methodology for creating a number of electromechanical screw-type converters for energy-saving technologies for the processing of various substances, biomass and technogenic waste. It is possible to significantly increase the heat output in comparison with the considered constructions due to the full utilization of the losses of the electromagnetic system and also by creating an efficient heat exchange system "heat-generating units - cooling medium", which performs the functions of directing heat energy into the technological zone of material heating and ensuring permissible overheating of electrical insulation. The review of existing designs of electromechanical converters of technological design showed that combining in one engine block, actuator and heater allows to consider these devices as a new type of converters, whose efficient

operation is related to the need to solve a number of completely new tasks and is impossible without the adoption of experience and principles of designing technological installations for heating, processing and transporting substances.

Key words: electromechanical converter, ferromagnetic rotor, processing, mechanical forces, thermal losses.

ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ ИСПОЛНЕНИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. Н. Заблодский¹, В. Ю. Грицюк², Е. С. Руднев²

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

²Донбасский государственный технический университет

Аннотация. Рассмотрены существующие конструктивные исполнения электромеханических преобразователей технологического назначения, определены особенности конструкций и принципы их построения. Обеспечение эффективной работы таких преобразователей связано с необходимостью решения новых задач и возможно при учете опыта и принципов конструирования технологических установок нагрева, обработки и транспортировки различных веществ.

Ключевые слова: электромеханический преобразователь, ферромагнитный ротор, обработка, механические усилия, тепловые потери.

Отримано 21.04.2017



Заблодський Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри електричних машин і експлуатації електрообладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна, E-mail: zablodskiyinn@gmail.com, тел. +38-050-686-99-56

Nykolay Zablodskiy, Dr. of Science, Professor of the department of electrical machines and maintenance of electric equipment, University of Life and Environmental Sciences, Heroyiv Oborony st., 15, Kiev, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-8889-8158



Грицюк Володимир Юрійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем та електропривода Донбаського державного технічного університету. Просп. Перемоги, 84, Лисичанськ, Україна, E-mail: Grits.86@mail.ru, тел. +38-099-948-54-33

Volodymyr Gritsyuk, Ph.D., Associate Professor of the Department of automated electromechanical systems and electric drive, Donbas State Technical University, Peremohy Ave., 84, Lisichansk, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-0156-7589



Руднев Євген Сергійович, кандидат технічних наук, декан факультету автоматизації та електротехнічних систем Донбаського державного технічного університету. Просп. Перемоги, 84, Лисичанськ, Україна, E-mail: rudnev_evgen@mail.ru, тел. +38-050-682-38-58

Yevgeny Rudnev, Ph.D, Head of the Faculty of Automation and Electrotechnical Systems, Donbas State Technical University, Peremohy Ave., 84, Lisichansk, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-4236-8407