



Republika Hrvatska

Sveučilište u Rijeci – TEHNIČKI FAKULTET

Republic of Croatia

University of Rijeka – FACULTY OF ENGINEERING

Review of the Dissertation on the PhD thesis of Ibraim Alibek entitled: “Possibilities of using additive technology to improve the design of an BLDC electric motors” to the Degree Committee of KazNRTU named after K.I.Satbayev

Increasing the energy efficiency, proprietary power and thermal reliability of electric drives is one of the main tasks of modern engineering, electrical engineering and transport technologies. This issue is particularly relevant for collectorless DC electric motors (BLDCs), which are widely used in electric vehicles, unmanned aerial vehicles, robotic systems, and energy-saving vehicle prototypes. Traditional technologies for the production of electric motors based on casting, stamping and machining significantly limit the possibilities of optimizing geometry, integrating cooling systems and reducing the mass of structural elements, which leads to overheating, reduced efficiency and limited service life.

In the context of increasing requirements for energy efficiency and resistance to thermal and dynamic loads, the use of additive technologies in the design and manufacture of electric motors is becoming more and more promising. Additive manufacturing allows for the formation of complex internal geometries, integrated cooling channels, and multi-material structures, which are not available in traditional manufacturing methods. However, the widespread introduction of these technologies is limited by the lack of scientifically based methodologies for designing, calculating efficiency, and evaluating the characteristics of electric motors made in additive form. In this regard, the dissertation of the doctoral student, aimed at the development and research of the methodology for the design and optimization of DC collectorless electric motors with the use of additional production, is scientifically and practically relevant and in demand.

The scientific rules, conclusions and recommendations formulated in the dissertation are based on the results of theoretical and experimental research of the author, as well as the analysis of modern achievements in the field of the theory of electrical machines and additive manufacturing. The results are fully consistent with the goals and objectives of the research and are reliable, as they are based on the application of classical rules of the theory of electromechanical systems, the use of numerical modeling methods (FEA, CFD), as well as experimental testing of developed prototypes.

The reliability of the results is confirmed by the good convergence of computational and experimental data obtained during the study of the thermal, electrical and mechanical characteristics of various power electric motors. Scientific conclusions are logically derived from the results of a comprehensive analysis and are confirmed by quantitative indicators of the efficiency of electric motors, thermal regimes and working life.

Scientific novelty of the dissertation work:

- Development of a methodology for calculating the energy efficiency of electric motors without a DC collector, which makes it possible to determine the coefficient of beneficial effect and power reduction during operation under load.
- To determine the possibility of increasing the output power of the electric motor by up to 15% by replacing an additive optimized stator with integrated cooling channels without changing the rotor and power part;
- Experimentally proven advantage of metallic ceramic materials based on Al_2O_3 based on an additional manufacturing method that provides up to 24% more efficient passive heat dissipation compared to standard aluminum alloys.
- For the first time, thermal and structural optimization of the electric motor housing made of AlSi10Mg alloy made by 3D printing led to a reduction in operating temperature by up to 30% and an increase in motor power by up to 15%.

The practical significance of the dissertation work lies in the possibility of applying the results obtained in the design and modernization of collectorless DC motors for electric vehicles, unmanned aerial vehicles and robotic systems. The developed design solutions, efficiency calculation methodology and recommendations for the selection of additive manufacturing materials can be used by engineering and technical specialists of machine-building enterprises, research and design organizations.

The practical importance of the work was confirmed by the introduction of research results in the development of electric motors used in energy-saving prototypes for Shell Eco-marathon races and formula Student series race cars.

The main results of the dissertation research were published in scientific works, including two articles in international peer-reviewed journals, indexed in the Scopus and Web of Science databases, as well as four articles in scientific journals submitted by the Committee for Quality Assurance in the Field of Education and Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. A patent for the invention was registered on the materials of the dissertation work.

Supervisor,

Assoc.Prof.,PhD

Sanjin Troha



Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің «Машина жасау» кафедрасының PhD докторанты Ибраим Әлібек Саматұлының «Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбында 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациялық жұмысына шетелдік ғылыми жетекшінің

ПІКІР

1. Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Электр жетектерінің энергия тиімділігін, меншікті қуатын және жылу сенімділігін арттыру қазіргі заманғы машина жасау, электротехника және көлік технологияларының негізгі міндеттерінің бірі болып табылады. Бұл мәселе электр көлігінде, ұшқышсыз ұшу аппараттарында, робототехникалық жүйелерде және энергияны үнемдейтін көлік прототиптерінде кеңінен қолданылатын коллекторсыз тұрақты ток электр қозғалтқыштары (BLDC) үшін ерекше өзекті болып табылады. Құюға, штамптауға және өңдеуге негізделген электр қозғалтқыштарын өндірудің дәстүрлі технологиялары геометрияны оңтайландыру, салқындату жүйелерін біріктіру және құрылымдық элементтердің массасын азайту мүмкіндіктерін айтарлықтай шектейді, бұл қызып кетуге, тиімділіктің төмендеуіне және шектеулі жұмыс ресурсына әкеледі.

Энергетикалық тиімділікке және жылу және динамикалық жүктемелерге төзімділікке қойылатын талаптардың артуы жағдайында электр қозғалтқыштарын жобалау мен өндіруде аддитивті технологияларды қолдану барған сайын перспективалы бағыттардың біріне айналып келеді. Аддитивті өндіріс дәстүрлі өндіріс әдістерінде қол жетімді емес күрделі ішкі геометрияларды, интеграцияланған салқындату арналарын және көп материалды құрылымдарды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Алайда, бұл технологияларды кеңінен енгізу аддитивті түрде жасалған электр қозғалтқыштарын жобалаудың, тиімділікті есептеудің және пайдалану сипаттамаларын бағалаудың ғылыми негізделген әдістемелерінің болмауымен шектеледі.

Осыған байланысты докторанттың аддитивті өндірісті қолдана отырып, тұрақты токтың коллекторсыз электр қозғалтқыштарын жобалау және оңтайландыру әдістемесін әзірлеуге және зерттеуге бағытталған диссертациялық жұмысы ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті және сұранысқа ие.

2. Ғылыми нәтижелер және олардың дұрыстығы

Диссертацияда тұжырымдалған ғылыми ережелер, тұжырымдар мен ұсыныстар автордың теориялық және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелеріне, сондай-ақ электр машиналары теориясы мен аддитивті өндіріс саласындағы заманауи жетістіктерді талдауға негізделген. Нәтижелер зерттеудің мақсаттары мен міндеттеріне толығымен сәйкес келеді және сенімді, өйткені олар

электромеханикалық жүйелер теориясының классикалық ережелерін, сандық модельдеу әдістерін (FEA, CFD) қолдануға, сондай-ақ әзірленген прототиптерді эксперименттік тексеруге негізделген.

Нәтижелердің сенімділігі әртүрлі қуатты электр қозғалтқыштарының жылу, электр және механикалық сипаттамаларын зерттеу кезінде алынған есептік және эксперименттік деректердің жақсы конвергенциясымен расталады. Ғылыми тұжырымдар кешенді талдау нәтижелерінен қисынды түрде туындайды және электр қозғалтқыштарының тиімділігі, жылу режимдері мен жұмыс ресурсының сандық көрсеткіштерімен расталады.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- тұрақты токтың коллекторсыз Электр қозғалтқыштарының энергетикалық тиімділігін есептеу әдістемесін әзірлеу, бұл жүктеме кезінде жұмыс кезінде пайдалы әсер ету коэффициентін және қуаттың төмендеуін анықтауға мүмкіндік береді;
- ротор мен қуат бөлігін өзгертпестен интеграцияланған салқындату арналары бар аддитивті оңтайландырылған статорды ауыстыру арқылы электр қозғалтқышының шығыс қуатын 15% - ға дейін арттыру мүмкіндігін белгілеу;
- стандартты алюминий қорытпаларымен салыстырғанда 24% - ға дейін тиімдірек пассивті жылуды таратуды қамтамасыз ететін аддитивті өндіріс әдісімен жасалған Al_2O_3 негізіндегі металл керамикалық материалдардың эксперименттік дәлелденген артықшылығы;
- 3D басып шығару әдісімен жасалған $AlSi10Mg$ қорытпасынан жасалған электр қозғалтқышының корпусын алғаш рет жылу және құрылымдық оңтайландыру жұмыс температурасының 30% - ға дейін төмендеуіне және қозғалтқыш қуатының 15% - ға дейін артуына әкелді.

3. Жұмыстың практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары және робототехникалық жүйелер үшін коллекторсыз тұрақты ток электр қозғалтқыштарын жобалау және жаңарту кезінде алынған нәтижелерді қолдану мүмкіндігінде жатыр. Әзірленген конструктивті шешімдерді, тиімділікті есептеу әдістемесін және аддитивті өндіріс материалдарын таңдау бойынша ұсыныстарды машина жасау кәсіпорындарының инженерлік-техникалық мамандары, ғылыми-зерттеу және жобалау ұйымдары пайдалана алады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы Shell Eco-marathon жарыстары мен formula Student сериялы жарыс автомобильдері үшін энергияны үнемдейтін прототиптерде пайдаланылған электр қозғалтқыштарын әзірлеу кезінде зерттеу нәтижелерін енгізумен расталды.

4. Диссертациялық жұмыстың материалдарын жариялаудың толықтығы

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері Scopus және Web of Science дерекқорларында индекстелетін халықаралық рецензияланатын журналдардағы екі мақаланы, сондай-ақ Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған ғылыми журналдардағы төрт мақаланы қоса алғанда, ғылыми еңбектерде жарияланды. Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша өнертабысқа бір патент тіркеліп, тағы екі патент сараптамадан өтті. Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми-техникалық конференцияларда да ұсынылған.

5. Диссертациялық жұмысты қорғауға ұсыну

Докторант Ибраим Әлібек Саматұлының диссертациялық жұмысы қойылатын талаптарға толық сәйкес келеді. Осы жұмыстың авторы Ибраим Әлібек Саматұлы 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайықты деп есептеймін және осы ғылыми жұмысты диссертациялық кеңесте қорғауға ұсынамын.

Қауымдастырылған профессор
Механикалық инженерия кафедрасы
Риека Университеті
Инженерия факультеті

Санин Троха

Құжаттың ағылшын тілінен қазақ тіліне аудармасын аудармашы Абдилдаева Анжела Эриковна екі мың жиырма алтыншы жылы отызыншы қантарда орындады

Подпись А. Абдилдаева

Алматы қаласы Қазақстан Республикасы
Отызыншы қантар екі мың жиырма алтыншы жылы

Мен, Мынбаева Алия Бактыбаевна, Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің Құқықтық көмек ұйымдастыру және халыққа заңгерлік қызмет көрсету жөніндегі комитеті 16.11.2006 жылы берген № 0000666 мемлекеттік лицензия негізінде әрекет етуші Алматы қаласының нотариусы, аудармашы Абдилдаева Анжела Эриковна қойған қолының түпнұсқалығын куәландырамын. Аудармашының жеке тұлғасы анықталды, әрекетке қабілеттігі мен өкілеттігі тексерілді.

Тізілімде тіркелген № 99
ҚР «Нотариат туралы» Заңына сәйкес өндірілді
Нотариус А. Абдилдаева



ST0803033260130145201Q167030

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия