

УДК 629.7.01/02

Бадах Валерій Миколайович, к.т.н., доц., **Єременко Роман Олександрович**
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Проблема розробки перспективного електрогідравлічного привода більш електричного літака

***Анотація.** Проведено пошук і огляд публікацій у сфері розробки та проектування електрогідропривода більш електричного літака. Одним із ключових напрямків досягнення поставлених цілей у підвищенні ступеня електрифікації літаків цивільної авіації є збільшення обсягу електричної потужності, що передається від генераторів до приводів системи керування літаком. У цьому випадку приводи, що споживають електричну енергію можуть бути гібридними гідравлічними, електрогідравлічними або електромеханічними, і їхня конструкція і принцип роботи є предметами передових досліджень у світовій галузі авіабудування. Але є певні труднощі, що виникають на етапі концептуального проектування електричних приводів, котрі зумовлені відсутністю достатньої кількості апробованих напрацювань у даній сфері авіаційного виробництва.*

***Ключові слова:** Більш Електричний Літак, More electric aircraft, гідропривод, електрогідропривод, системи керування.*

FlightPath 2050 Goals [1] визначає пріоритетні напрямки розвитку європейської та світової авіаційної промисловості на першу половину 21го століття, адже передбачається значне збільшення долі комерційних пасажирських авіаперевезень, що створює нові виклики для галузі авіабудування. Доволі жорсткі рамки, що встановлює ACARE [1] (зменшення викидів CO₂ на 75%, NO_x на 90%, зменшення рівнів шумового забруднення на 65%) повинні будуть досягатись шляхом переходу до більш екологічно-чистих та ефективних систем генерації, передачі та споживання енергії на борту літака, що відповідає концепції Більш Електричного Літака (БЕЛ), також відомої як More Electric Aircraft (MEA).

На даний момент розвиток концепції БЕЛ виражається у поступовій заміні енергетичних систем, що не пов'язані зі створенням тяги на борту літака з таких, що передають енергію шляхом протяжної механічної проводки, через пневматичні та гідравлічні системи на такі, що передають енергію через електричні системи. Основними напрацюваннями в даному напрямку є розробка електричної системи керування і передачі потужності до приводів систем керування (Power-by-wire) та розробка систем життєзабезпечення і комфорту, а також систем запобігання обмерзанню поверхонь літака що не відбирають повітря від компресора газотурбінного двигуна.

Розвиток БЕЛ вимагає переосмислення класичної архітектури електричної і суміжних систем літака, адже вони повинні будуть забезпечувати енергією широкий ряд різноманітних споживачів, і значну частину потужності буде відбирати система керування літака. Розробляється широкий ряд технічних концепцій, пов'язаних зі створенням електричних систем, здатних ефективно генерувати, передавати, зберігати електричну енергію і живити споживачів із великою потужністю на борту літака за принципом “on demand”, деякі з них наведені у [2-7].

Значна кількість запропонованих та наразі не апробованих варіантів підвищення ступеня електрифікації літака породжує певну невизначеність при розробці перспективних приводів систем керування, котрі повинні будуть працювати в системах БЕЛ. Це зумовлено тим, що авіаційному виробництву властива інерція у впровадженні нововведень, а також воно є дорогим і вимагає значних затрат часу та праці, тому великий інтерес наразі приділяється вдосконаленню існуючих методів ескізного проектування і моделювання на ранніх стадіях розробки авіаційної техніки, коли наявна найбільша свобода вибору технічних рішень. Але наразі відзначається і те, що відсутність конкретних концептуальних рішень щодо архітектури

майбутньої ефективної електричної і суміжних систем негативно впливає на можливість точного передбачення ефективності впровадження запропонованих перспективних електрогідравлічних (ЕГП) та електромеханічних (ЕМП) приводів у системах керування літаком [8, 9]. Зокрема, у зазначених джерелах відзначається що при застосуванні ЕГП та ЕМП відсутній приріст ефективності літака в польоті, і можливе навіть певне збільшення його ваги і витрат палива, виходячи із наведених результатів розрахунків. Проте, перспективність ЕГП та ЕМП у системах БЕЛ може розглядатись і з точки зору зручності технічного обслуговування як окремих агрегатів і систем, так і всього літака загалом, адже загальноприйнята концепція БЕЛ відзначає відхід від централізованих гідравлічних систем передачі потужності, тобто усунення протяжних трубопроводів, з'єднань, агрегатів і пов'язаних із ними робіт з обслуговування та ремонту. Також, не виключена перспектива покращення питомої потужності таких приводів і систем в цілому.

Значна розгалуженість напрямків досліджень, відсутність точних моделей перспективних електричних систем зумовлює певну нестачу конкретики на стадії концептуального проектування власне силових приводів, котрі наразі досліджуються і розробляються паралельно із системами, що повинні їх живити.

Розглядаючи можливість створення ефективного ЕГП для БЕЛ, джерело [10] відзначає і посилається на значну кількість шляхів підвищення їх ефективності, такі як: специфічні методи керування насосом або мотором, використання зворотного зв'язку по зусиллю, використання системи регенерації енергії, тощо. Відзначається, що запропоновані варіанти підвищують ефективність, але при цьому ускладнюється конструкція ЕГП, підвищується його вартість і складність стратегії керування таким приводом, а також відзначається можливість погіршення динамічних характеристик, тому автори в даному випадку розглядають підхід до покращення ефективності привода шляхом удосконалення стратегії керування на різних режимах його роботи.

Значна кількість невідомих факторів на сучасному етапі впровадження концепції БЕЛ, високий ступінь міждисциплінарності необхідних досліджень, значна інтегрованість систем літака, все це ускладнює пошук оптимального рішення при розробці перспективного ЕГП, адже в залежності від обраних вихідних параметрів електричної системи, системи керування і літака в цілому, перспективним може виявитись будь який із вже запропонованих, або ще не досліджених варіантів ЕГП або ЕМП.

Список використаних джерел

1. FlightPath 2050 Goals. URL: <https://www.acare4europe.org/sria/flightpath-2050-goals> (дата звернення: 19.09.2020)
2. Tardy, Alain, Xavier Roboam, Pericle Zanchetta, Dushan Boroyevich, Rolando Burgos, Jean-Luc Schanen, Frédéric Wurtz, Bruno Sareni, and Patrick Wheel. "Towards More Optimization for Aircraft Energy Conversion Systems." 2015.
3. Setlak, Lucjan. "Overview of Aircraft Technology solutions compatible with the concept of MEA." *Czasopismo Techniczne* (2015).
4. Jia, Yijiang, and Kaushik Rajashekara. "An induction generator-based ac/dc hybrid electric power generation system for more electric aircraft." *IEEE Transactions on Industry Applications* 53, no. 3 (2017): 2485-2494.
5. Gao, Fei, Serhiy Bozhko, Alessandro Costabeber, Greg Asher, and Pat Wheeler. "Control design and voltage stability analysis of a droop-controlled electrical power system for more electric aircraft." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64, no. 12 (2017): 9271-9281.
6. Ni, Kai, Yongjiang Liu, Zhanbo Mei, Tianhao Wu, Yihua Hu, Huiqing Wen, and Yangang Wang. "Electrical and electronic technologies in more-electric aircraft: A review." *IEEE Access* 7 (2019): 76145-76166.
7. Tariq, Mohd, Ali I. Maswood, Chandana Jayampathi Gajanayake, and Amit K. Gupta. "Modeling and integration of a lithium-ion battery energy storage system with the more electric aircraft 270 V DC power distribution architecture." *IEEE Access* 6 (2018): 41785-41802.
8. Chakraborty, Imon, Dimitri N. Mavris, Mathias Emeneth, and Alexander Schneegans. "A methodology for vehicle and mission level comparison of More Electric Aircraft subsystem solutions: Application to the flight control

- actuation system." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering* 229, no. 6 (2015): 1088-1102.
9. Garriga, Ana García, Parithi Govindaraju, Sangeeth Saagar Ponnusamy, Nicola Cimmino, and Laura Mainini. "A modelling framework to support power architecture trade-off studies for More-Electric Aircraft." *Transportation Research Procedia* 29 (2018): 146-156.
 10. Bahrami, Mohamad, Ali Tivay, Keivan Baghestan, S. M. Rezaei, and Mohammad Zareinejad. "An energy-saving robust motion control of redundant electro-hydraulic servo systems." In *2016 4th International Conference on Robotics and Mechatronics (ICROM)*, pp. 459-464. IEEE, 2016.