

Карлов К. С., Георгієв Ю. В., Красноруцький А. О.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ АВІАЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОСИСТЕМ

Анотація. У статті розглянуто проблему методів діагностики асинхронних двигунів авіаційних електросистем, які характеризуються значними похибками, тривалим часом діагностування. Розроблена система діагностики, на відміну від відомих систем контролю стану асинхронних двигунів, дозволяє одночасно контролювати як електричні, так і механічні несправності при роботі двигуна під навантаженням при неякісній системі електроживлення. Розроблена функціональна схема діагностичної системи може бути використана для практичної реалізації у фізичній формі. Використання запропонованої системи бортової діагностики дозволить забезпечити безперервну інформацію про стан основних елементів асинхронних двигунів відповідно до сучасних вимог і реальних умов експлуатації.

Ключові слова: асинхронний двигун, діагностування, спектральний аналіз, годограф Парка.

Annotation. The article discusses the problem of diagnostic methods for asynchronous motors in aviation electrical systems, which are characterized by significant errors and long diagnostic times. The developed diagnostic system, unlike known systems for monitoring the condition of asynchronous motors, allows simultaneous monitoring of both electrical and mechanical faults during motor operation under load with a poor-quality power supply system. The developed functional diagram of the diagnostic system can be used for practical implementation in physical form. The use of the proposed on-board diagnostic system will provide continuous information about the condition of the main elements of asynchronous motors in accordance with modern requirements and real operating conditions.

Keywords: inertial navigation, SINS, accelerometer, gyro, combat maneuvers.

У теперішній час асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором застосовуються у такому відповідальному обладнанні, як паливні системи, електросистеми, гідравлічні системи. Працездатність цього обладнання безпосередньо впливає на безпеку польотів, саме через це необхідно проводити контроль двигунів для запобігання відмов в польоті.

Проведений аналіз сучасних методів діагностування електричних машин показує, що найбільш прийнятним методом є контроль електричних параметрів з подальшим виконанням спеціального аналізу отриманого сигналу. Для аналізу струмів асинхронного двигуна був обраний метод вектора Парка, який дозволяє діагностувати такі несправності як: міжвиткові замикання статора, ексцентриситет повітряного зазору, дефекти стрижнів і кілець короткозамкненого ротора та інші несправності

Ефективність методу вектору Парка підтверджена математичним моделюванням. Для застосування цього методу необхідно мати еталонні параметри (напруги, струми, характеристики перехідних процесів, спектри напруг та струмів) машини. Ці параметри можна отримати експериментально, або шляхом моделювання.

Параметри машини при виникненні типових відмов не завжди вдається отримати експериментально. Тому є необхідність у створенні моделей електричних машин, які дозволяють отримати як еталонні параметри, так і параметри при виникненні відмов.

Щоб запобігти накладенню частот, викликаних різними пошкодженнями, і уникнути спотворення реальної картини стану двигуна, застосовують метод аналізу спектрів векторів Парка струму і напруги. Цей метод відрізняється від простого спектрального аналізу сигналів струму тим, що при формуванні спектрів модуля вектора Парка будь-яка характерна частота амплітудно-модульованого сигналу враховується лише один раз.

У спектрі струму гармоніки, що відповідають різним типам несправностей, мають свої відмінні ознаки. Це означає, що виявлення у спектрі струму певних гармонік чітко вказує на наявність конкретної електричної чи механічної несправності в електродвигуні або у пристрої, який він приводить у дію.

Оцінку стану та типу несправності обмотки статора, а також інших несправностей асинхронного двигуна, можна виконати з високою точністю за допомогою аналізу спотворень годографа вектора Парка струму.

Метод аналізу векторів Парка дозволяє розрізняти та ідентифікувати специфічні частотні компоненти, що відповідають певним типам несправностей, роблячи його ефективним інструментом для діагностики стану електродвигунів.

Беручи до уваги сучасний стан діагностичного обладнання для асинхронних двигунів і розглянутих вище алгоритмів діагностування розроблено структурну схему апаратури для комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів.

Система діагностики асинхронного двигуна включає в себе наступні модулі контролю дефектів електродвигуна: наявність міжвиткового короткого замикання в фазі обмотки статора; пошкодження стану «білячої клітки» обмотки ротора; пробій ізоляції обмоток; виникнення дисбалансу мас оберткового механізму; пошкодження підшипників і контроль появи «інших дефектів».

Парка метод дозволяє отримати достовірні результати діагностики при роботі двигуна під навантаженням і при неякісній системі напруги живлення. Для контролю стану підшипників та інших дефектів, що викликають вібрацію, використовується метод вібраційного аналізу з попереднім розкладанням сигналу за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Це дає можливість диференціювати тип і ступінь пошкодження механічних елементів за частотами, що збігаються з частотами можливих пошкоджень, і виявляти дефекти.

Для роботи кожного модуля передбачені алгоритми, які синтезуються в загальній функціональній схемі діагностичної системи. Запропонована структура діагностичної системи охоплює основні види пошкоджень електродвигуна, включаючи профілактичний контроль стану ізоляції та загального вібраційного стану електродвигуна. Для контролю виникнення міжвиткових коротких замикань у фазі обмотки статора та пошкодження обмотки ротора використовується сучасний метод векторного підходу Парка.

Розроблена система діагностики, на відміну від відомих систем контролю стану асинхронних двигунів, дозволяє одночасно контролювати як електричні, так і механічні несправності при роботі двигуна під навантаженням при неякісній системі електроживлення. Розроблена функціональна схема діагностичної системи може бути використана для практичної реалізації у фізичній формі. Використання запропонованої системи бортової діагностики дозволить забезпечити безперервну інформацію про стан основних елементів асинхронних двигунів відповідно до сучасних вимог і реальних умов експлуатації.

Для роботи кожного модуля передбачені алгоритми, які синтезуються в загальній функціональній схемі діагностичної системи. Запропонована схема діагностичної вбудованої системи ідеалізована, але архітектура системи дозволяє використовувати скорочений набір обраних модулів. Забезпечення постійного контролю стану асинхронних електродвигунів в реальних умовах експлуатації з виявленням ранніх стадій відмов є складним і найважливішим завданням, вирішення якого є більш ефективною і економічною альтернативою плановому технічному обслуговуванню і створює більшу безпеку при своєчасному виконанні діагностування.

У якості датчиків пропонується використовувати:

- трансформатори струму;
- датчиків вібрації– модулі для Arduino на LM393 (SW–18010P);
- датчиків магнітного поля– датчики Холла. Аналогово;
- цифровий перетворювач.

Цифровий перетворювач бажано обрати виробництва National Instruments, тому що вони мають дуже високу надійність і точність перетворення і призначені для роботи з математичним забезпеченням LabVIEW National Instruments.

Аналіз даних може бути виконаний на ПК з відповідним математичним забезпеченням.

Найбільш розвинені засоби для обробки інформації пропонує LabVIEW National Instruments.

Запропонована структурна схема комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів та розглянута можливість її апаратної реалізації з оцінкою вартості. Вартість запропонованого

комплексу становить значно меншу ціну ніж за закордоні аналоги.

Застосування пропонуємої апаратури дозволить підвищити ефективність контролю асинхронних двигунів, виявляти несправності на ранніх стадіях виникнення, прогнозувати стан двигунів тим самим зменшити імовірність відмов у польоті.

Список використаних джерел:

1. A.I. Купін Інформаційна технологія для групової діагностики асинхронних електродвигунів на основі спектральних характеристик та інтелектуальної класифікації / А. І. Купін, Д. І. Кузнецов, 2010 –64с.
2. Oleg Gubarevych Use of Park's Vector Method for Monitoring the Rotor Condition of an Induction Motor as a Part of the Built-In Diagnostic System of Electric Drives of Transport/ Oleg Gubarevych, Juraj Gerlici, Oleksandr Kravchenko, Inna Melkonova and Olha Melnyk, 2009 –40с.
3. Oleg Gubarevych Synthesis of the structural diagram with algorithms of the units of the on-board diagnostic system of induction motors of vehicles/ Oleg Gubarevych, Melkonova, Hryhorii Melkonov, Olha Melnyk, Mariia Miroshnykova, 2011 –46с.
4. T. ORLOWSKA Simple diagnostic technique of a single IGBT open-circuit faults for an SVM-VSI vector controlled induction motor drive/ T. ORLOWSKA-KOWALSKA, P. SOBANSKI, 2012 –14с.
5. Mohammed Obaid Mustafa On Fault Detection, Diagnosis and Monitoring for Induction Motors/ Mohammed Obaid Mustafa, 2019.–275с.

Карлов Кирило Сергійович – слухач інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: kirillkarlov989@gmail.com

Георгієв Юрій Вікторович – старший викладач кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 21029, email: yura.georgsev.74@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>

Красноруцький Андрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Динамівська 3а, інд. 61023, email: krasnorycki@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>

Karlov Kyrylo Sergeyevich – student from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: kirillkarlov989@gmail.com

Andriy Oleksandrovych Krasnorutsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aircraft and Helicopter Aviation Equipment, Faculty of Engineering and Aviation, Ivan Kozhedub National Air Force University, Kharkiv, 3a Dynamivska St., ind. 61023, email: krasnorycki@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>

Krasnorutskyi Andriy Oleksandrovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aviation Equipment of Airplanes and Helicopters, Faculty of Aviation Engineering, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 3a Dynamivska St., ind. 61023, email: krasnorycki@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>