УДК 629.78.533.6.013:621.45 https://doi.org/10.15407/itm2019.03.016

О. Л. ТОКАРЕВА, Н. С. ПРЯДКО, К. В. ТЕРНОВА

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕКТОРОМ ТЯГИ РАКЕТНОГО ДВИГУНА

Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лєшко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: tokel@ukr.net

Високе енергонапруження рідинного ракетного двигуна (РРД) та його агрегатів істотно позначається на динаміці перехідних процесів, що протікають в них та виникають при зміні положення керуючих органів. Для аналізу стійкості процесу керування й оцінки точності керування РРД необхідно знати динамічні частотні характеристики виконавчих органів системи керування (СК). Визначення якості перехідних процесів, рішення задачі вибору оптимального варіанту СК і аналіз її особливостей вимагають дослідження динамічних характеристик при різних значеннях динамічних параметрів (передавальних коефіцієнтів регуляторів, постійних часу і коефіцієнтів підсилення передавальних функцій окремих агрегатів РРД).

Для космічних ступенів ракет (КСР), з урахуванням специфіки їх функціонування, розглядається задача керування вектором тяги маршового РРД з використанням комбінованої системи керування вектором тяги (КСКВТ). КСКВТ для КСР складається з великогабаритної інтерцепторної газодинамічної системи керування вектором тяги (ГСКВТ) і системи керуючих реактивних сопел. Така комбінація виконавчих органів СК здатна ефективно виконувати програму польоту і парирувати нештатні збурення, що виникають при польоті КСР.

Мета роботи – розробка структурної схеми та розрахунок комплексної передавальної функції інтерцепторної ГСКВТ у складі КСКВТ, побудова частотних характеристик за попередніми оцінними значеннями динамічних параметрів для подальшого аналізу стійкості і якості КСУВТ.

Розроблено функціональну схему комбінованої системи керування маршового двигуна, що складається з інтерцепторного вузла вприскування (ІВВ) компонента палива як виконавчого органу ГСКВТ по каналу наведення та системи керуючих сопел як виконавчого органу каналу стабілізації КСР. Розроблено структурну схему ГСКВТ з ІВВ. За первинними оцінними значеннями динамічних параметрів розраховано перехідну функцію та амплітудно-фазові частотні характеристики комплексної передавальної функції ГСКВТ. Аналіз результатів числових досліджень дозволив виділити режим функціонування, що відповідає якісному процесу керування. Подальші дослідження спрямовані на аналіз якості (стійкості) ГСКВТ і пошук оптимальних комбінацій значень динамічних параметрів з метою підвищення ефективності КСКВТ для маршових двигунів КСР.

Ключові слова: *космічний ступінь ракети, ракетний двигун, система керування вектором тяги, динамічні характеристики, газодинамічна система, комбінована система керування.*

1. *Гликман Б. Ф.* Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989. 296 с
2 *Бабкин А. И., Белов С. И., Рутковский Н. Б. и др.* Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками. М.: Машиностроение. 1989. 456 с.
3 *Махин В. А., Присняков В Ф., Белик Н. П.* Динамика жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение. 1969. 383 с.
4 *Мошкин Е. К.* Динамические процессы в ЖРД. М.: Машиностроение. 1964. 254 с..
5 *Попов Е. П.* Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука. 1989. 304 с.
6 *Kovalenko N. D., Sheptun U. D., Kovalenko T. A., Strelnikov G. A.* The new concept of thrust vector control for rocket engine. Системні технології. 2017. № 6 (107). С. 120–127.
7 *Коваленко Т. А., Коваленко Г. Н., Сироткина Н. П.* Управление вектором тяги ЖРД космической ступени ракеты-носителя при возникновении массовой асимметрии. Техническая механика. 2016. № 1. С 51–59.
8 *Зайцев Г. Ф.* Теория автоматического управления и регулирования. К.: Вища школа. 1989. 431 с.
9 *Мамонова М. В., Прудников В. В., Прудникова И. А.* Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы. Физмат лит. 2011. 400 с.
10 *Гимадиев А. Г.* Автоматика и регулирование двигательных установок ракетных и космических систем. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет. 2010. 201 с.
11 *Коваленко Н. Д.* Управление сверхзвуковыми газовыми потоками в реактивных соплах. Киев: Наукова думка. 1992. 208 с.
12 *Коваленко Н. Д.* Ракетный двигатель как исполнительный орган системы управления полетом ракет. Днепропетровск: Институт технической механики НАН и НКА Украины. 2004. 412 с.

Отримано10.08.2019,
в остаточному варіанті 26.09.2019