

Результаты оценки надежности дают возможность обнаружить слабые элементы в случае недостаточного уровня надежности, а также элементы, надежность которых выше уровня, обусловленного тактико-техническими требованиями. Слабые элементы требуют усиления, а элементы конструкции с повышенным уровнем надежности можно

при необходимости рассматривать как резерв массы. Изложенная методология может быть использована при оценке эффективности конструкторско-технологических решений. Согласно этой методологии предпочтение нужно отдавать тем вариантам решений, которые соответствуют наиболее высоким уровням надежности.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РЕЗОНАНСНЫХ РЕЖИМОВ ВЫВОДА ИЗ ПЛОСКОГО ШТОПОРА САМОЛЁТА ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ

© 2012 Темляков Ю. Н

ФГУП «СибНИАим. С. А. Чаплыгина», Новосибирск

INTENSIFICATION OF THE RESONANS ROCKING TECHNIQUE FOR THE RECOVERY OF TRANSPORT AIRCRAFT FROM FLAT SPIN

© 2012 Temljakov Ju. N.

The problem of spin recovery for regional-category passenger aircraft is considered.

The efficiency of resonans rocking technique for recovery from flat spin is demonstrated by the mathematical modeling. It is shown that disturbances of resonans by means of longitudinal control with variable frequency of elevator deflections is the most efficient for spin recovery, if the conventional standard "positional" technique fails.

В последние годы после ряда катастроф исследование режимов штопора пассажирских самолётов транспортной категории относится к числу наиболее актуальных проблем в области безопасности полётов. Как известно, современное поколение пилотов гражданской авиации не имеет опыта вывода самолётов из сложного пространственного положения. Поэтому оказывается необходимой разработка автоматических систем опознавания режимов штопора и вывода из него. С этой точки зрения представляет интерес резонансный метод вывода как достаточно простой для реализации на базе существующих бортовых систем и, как известно, иногда единственно эффективный.

В представленной работе за исходный вариант возбуждения резонансного режима принято гармоническое возмущение с известной резонансной частотой и далее рассмотрены

следующие варианты его интенсификации:

1. Оптимальное по быстродействию управление в каналах тангажа и крена

Реализован конкретный вариант решения краевой задачи оптимального управления с применением принципа максимума Л. С.Понтрягина в процессе численного интегрирования П-системы обыкновенных дифференциальных уравнений, включающей математическую модель объекта управления и сопряжённую систему уравнений.

2. Переменная частота периодических отклонений органов управления

Поскольку резонансная частота в возмущённом движении для каждой конкретной конфигурации и вариантов загрузки заранее не известна, был предложен метод раскачки с переменной возрастающей частотой колебаний руля высоты для генерирования резонансных всплесков в решениях для угла атаки с

целью реализации его динамического заброса в область докритических значений.

Решения уравнений движения самолёта в режиме вывода из штопора иллюстрируют качественно более высокую эффективность резонансной раскачки по сравнению с известными «стандартными» методами.

Представление решений на плоскости с координатами «начальная частота - темп нарастания частоты» изолиниями времени вывода самолёта на околокритический угол атаки выявляет многократное уменьшение длительности переходного процесса достижения заданного околокритического угла атаки при гармонических колебаниях руля высоты по косинусоидальному закону с возрастающей по линейной программе частотой по сравнению с реализуемым при ступенчатых отклонениях рулей направления и высоты на вывод из штопора.

С целью оценки влияния угла атаки, на котором происходит восстановление безотрывного обтекания, на эффективность резонансного метода с переменной частотой, были проведены расчёты времени $T_{кр}$ достижения заданного критического угла атаки. Результаты представлены на плоскости с координатами «критический угол атаки – темп нарастания частоты периодического возмущения». Выявляются области полной потери эффективности резонансного вывода по мере увеличения темпа нарастания частоты в результате излишне быстрого «прохождения через резонанс» без достаточного развития резонансных всплесков, причём максимальное быстродействие достигается только при наибольших из рассмотренных значениях критического угла атаки. Следовательно, проявляется необходимость уменьшения темпа нарастания частоты с приближением к резонансной. Этот результат может быть получен при изменении частоты периодического возмущения по апериодическому экспоненциальному закону.

Сопоставление с соответствующим вариантом решения для линейной

программы изменения частоты выявляет радикальное повышение интенсивности резонансного режима вывода. Это проявляется в полном устранении опасности излишне быстрого прохождения через резонанс и в существенном расширении области максимальных показателей быстродействия в сторону меньших критических углов атаки.

3. Полигармоническое возмущение

Дальнейшее ускорение темпа выхода на малые критические углы атаки обеспечивает сочетание нелинейной программы изменения частоты с применением полигармонической возмущающей функции с единичной амплитудой, сформированной добавлением к исходному косинусоидальному сигналу гармоники с утроенной частотой и в 6 раз меньшей амплитудой в соответствии с скорректированным представлением «релейной» периодической функции рядом Фурье.

Сочетание применения нелинейной программы изменения частоты с полигармоническим периодическим управляющим воздействием по моменту тангажа обеспечивает существенное повышение быстродействия вывода самолёта на докритические углы атаки, по сравнению с реализуемым в случае косинусоидального возмущения, с выполнением условий ограничения по эффективности и располагаемой угловой скорости перекладки руля высоты реальными бустерами.

4. Одновременное с перекладкой руля направления «против штопора» отклонение органов поперечного управления

В заключение продемонстрировано, в какой степени применение рекомендуемых методов интенсификации резонансных режимов вывода из штопора обеспечивает возможность компенсации вероятных демпфирующих нестационарных эффектов срывного обтекания и пространственного траекторного движения, затрудняющих процесс резонансной раскачки.