

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПОЛУНАТУРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ТУРБОВИНТОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Крючков А.Н.¹, Стадник Д.М.¹, Нестеров А.А.¹

¹Самарский университет, г. Самара, alexandernest98@mail.ru

Ключевые слова: турбовинтовой двигатель, регулятор частоты вращения, полунатурный стенд, угол установки лопасти винта, втулка винта.

Особенностью автоматического регулирования частоты вращения ротора турбовинтовых двигателей (ТВД) является применения в них гидравлического сервомотора привода поворота лопастей вокруг своей оси. При этом астатический регулятор оборотов включает в себя центробежный тахометрический элемент, расположенный на корпусе двигателя и гидравлический исполнительный элемент, размещенный во вращающийся втулке винта. Невозможность в этой связи выполнения внутренней стабилизирующей обратной связи в регуляторе приводит к значительному ухудшению динамики контура управления оборотами ТВД и значительными колебаниями последних.

В связи с существенной колебательностью переходных процессов, приводящей к снижению ресурса узлов турбовинтового двигателя, возникает необходимость в исследовании статики и динамики системы автоматического управления ТВД на безмоторном полунатурном стенде, включающем штатные агрегаты двигателя, втулку винта, а также компьютер с модулем ввода-вывода, содержащий цифровую модель двигателя.

Для имитации статических и динамических характеристик регулятора частоты вращения турбовинтового двигателя на полунатурном стенде требуется связать гидравлический регулятор оборотов с математической моделью турбовинтового двигателя.

При этом для моделирования работы контура регулирования оборотов за счет изменения нагруженности винта необходимо воспроизводить работу гидропривода угла поворота его лопастей. Так при повышении частоты вращения ротора ТВД регулятор обеспечивает подачу жидкости в канал большого шага, что приводит к увеличению угла установки лопастей винта (на «затяжеление» винта). Поворот лопастей винта на уменьшение угла установки (на «облегчение» винта) происходит за счет центробежных сил, действующих на винт, а также под действием постоянного давления гидравлической жидкости, подаваемой в полость малого шага винта из масляной магистрали двигателя.

На рис.1 показана схема центробежных сил, действующих на винт. Из схемы видно, что поперечные составляющие центробежной силы T_1 и T_2 создают момент, поворачивающий лопасть винта в сторону уменьшения шага, «облегчая» винт.

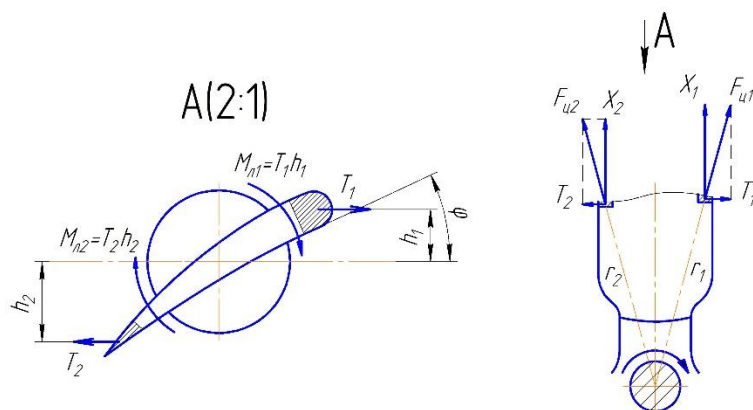


Рисунок 1 – Схема центробежных сил, действующих на винт [1]

Ввиду существенных затруднений в реализации вращения винта на стенде возникает необходимость в разработке системы имитации центробежных сил, обеспечивающей нагрузку на поршень втулки, эквивалентную силе, действующей в реальных условиях.

Принципиальная схема полунатурного стенда с имитацией нагружения втулки винта представлена на рисунке 2. С целью имитации центробежных сил, зависящих от частоты вращения винта, используется трехлинейный регулятор давления. Основным его назначением является формирование выходного давления жидкости $P_{МШ}$, подаваемой в полость канала малого шага. Это давление представляет собой сумму двух составляющих: давление в штатном режиме работы системы $P_{ст}$ и давление $P_{ц}$, имитирующее влияние момента от центробежных сил на поршень втулки. Функционирование стенда происходит следующим образом. Математическая модель ТВД выдает сигнал об изменении заданной частоты вращения n на электродвигатель, приводящий во вращение насос и центробежный механизм регулятора. При увеличении частоты вращения регулятор подает давление $P_{БШ}$ в полость большого шага винта (БШ), “затягивая” его, что приводит к уменьшению частоты вращения до заданного значения. На втулке винта расположен датчик, передающий значение угла установки винта φ в блок с математической моделью ТВД. При уменьшении частоты вращения полость большого шага сообщается со сливом и “облегчение” винта происходит за счет подачи в полость малого шага (МШ) постоянного давления $P_{ст}$ и давления $P_{ц}$, зависящего от частоты вращения винта и имитирующего центробежные силы на винте.

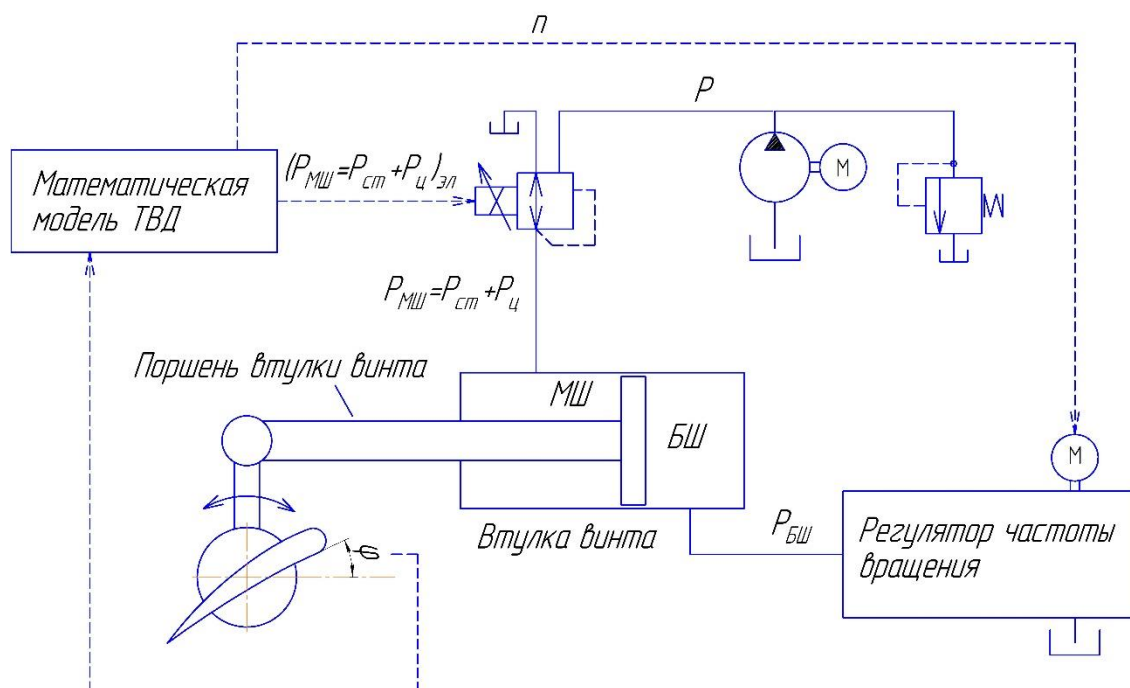


Рисунок 2 – принципиальная схема системы управления частотой вращения двигателя

БШ – полость большого шага; МШ – полость малого шага; n – частота вращения;

φ – угол установки винта; $P_{БШ}$ – давление в полости большого шага винта; $P_{МШ}$ – давление в полости малого шага винта; $P_{ст}$ – постоянное давление в полости МШ; $P_{ц}$ – давление, имитирующее влияние момента от центробежных сил

Список литературы

1. Методика проектировочного расчета и рациональный выбор параметров воздушного винта при разработке многорежимных летательных аппаратов: дис. ... канд.тех. наук: 05.07.02 / Левшонков Никита Викторович. – Казань, 2015. – 107 с.
2. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-20М (серия 6) инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию (редакция 4) издание исправленное и дополненное: ФС по надзору в сфере транспорта МТ РФ / ОАО «Мотор Сич», ГП «Ивченко-Прогресс», «ЗАО АНТЦ «Технолог». – Москва : ЗАО «АНТЦ "ТЕХНОЛОГ"», 2004. – 365 с.

3. Авиационный турбовинтовой двигатель НК-4. Техническое описание / С. В. Жуков, П. И. Кочеров, Л. С. Коровкин [и др.]. – Москва: Государственное издательство оборонной промышленности ОБОРОНГИЗ, 1959. – 220 с.

Сведения об авторах

Крючков А.Н., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета. Область научных интересов: системы управления, динамика и виброакустика пневмогидросистем.

Стадник Д.М., кандидат технических наук, доцент кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета. Область научных интересов: динамика пневмогидравлических систем.

Нестеров А.А., студент Самарского университета. Область научных интересов: гидравлика, гидромашины, системы автоматического управления.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A SEMINATURAL STAND FOR INVESTIGATION OF THE STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE TURBOPROP ENGINE SPEED CONTROLLER

Kryuchkov A.N.¹, Stadnik D.M.¹, Nesterov A.A.¹

¹Samara University, Samara, Russia, alexandernest98@mail.ru

Keywords: turboprop engine, propeller speed controller, modeling.

The article presents the development of a test bench for the study of the static and dynamic characteristics of the speed controller of a turboprop engine. For the study, a semi-natural stand is used, in which a model of a turboprop engine is used.