

УДК 629.735

Ю.В. Колеватов, канд. техн. наук,
В.И. Сабельников, канд. техн. наук,
Э.Н. Куликов,
А.Н. Серьезнов, д-р техн. наук

ФГПУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», г. Новосибирск

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИВОДОВ СИСТЕМ НАГРУЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ В ЛАБОРАТОРИЯХ ПРОЧНОСТИ

Приведены состав, технические характеристики и ряд принципиальных схем электрогидроприводов систем нагружения стенов для статических и ресурсных испытаний авиационных конструкций в лабораториях прочности. Отмечены преимущества и недостатки. Представлены результаты проведенных исследований по разработке схемных решений и оптимизации структуры электромеханического привода нагружения. Предложен способ (Патент на изобретение по заявке № 2009109027/28 (012099) от 22.03.2010) испытания летательных аппаратов на прочность электромеханическими приводами.

There are the structure, technical characteristics and principle schemes of electrohydrodrives of the loading systems of benches for static and life tests of the aviation structures in the strength laboratory conditions. It is shown the advantages and shortcomings. It is shown the results of made out the investigations of scheme decisions and the optimization of the structure of electromechanical drive of loading. It is proposed the method (Patent for invention at patent application # 2009109027/28 (012099) of 22.03.2010) of aircraft test on strength by the electromechanical drives.

Введение

При создании летательных аппаратов (ЛА) в лабораторных комплексах прочности определяются статическая прочность и ресурс конструкции и элементов самолетов. На рис. 1 показана программа наземных прочностных ресурсных испытаний планера пассажирского самолета. Для создания в стендовых условиях переменных нагрузок, моделирующих реальный полет ЛА, используются многоканальные электрогидравлические приводы (ЭГП).

В последние годы концепция совершенствования ЛА следующего поколения предъявляет высокие требования к испытаниям в лабораториях прочности (ЛП), что требует дальнейшего комплексного совершенствования ЭГП и поиска принципиально новых подходов в создании и совершенствовании систем и элементов испытательных стенов.

Основной раздел

При совершенствовании ЭГП и создании новых типов приводов необходимо решать следующие задачи: уменьшение сроков и стоимости испытаний, повышение точности и увеличение скорости воспроизведения заданных нагрузок, повышение КПД и повышение надежности испытательной техники, сокращение эксплуатационных и энергетических затрат, создание интеллектуальных систем управления, использование новой элементной базы, улучшение экологической обстановки, разработка новых перспективных способов испытаний и др.

В СибНИА им. С. А. Чаплыгина электрогидроприводы используются в ЛП в течение нескольких десятилетий.

Электрогидравлические приводы включают в себя маслонасосные станции (МНС) и системы нагружения (СН).

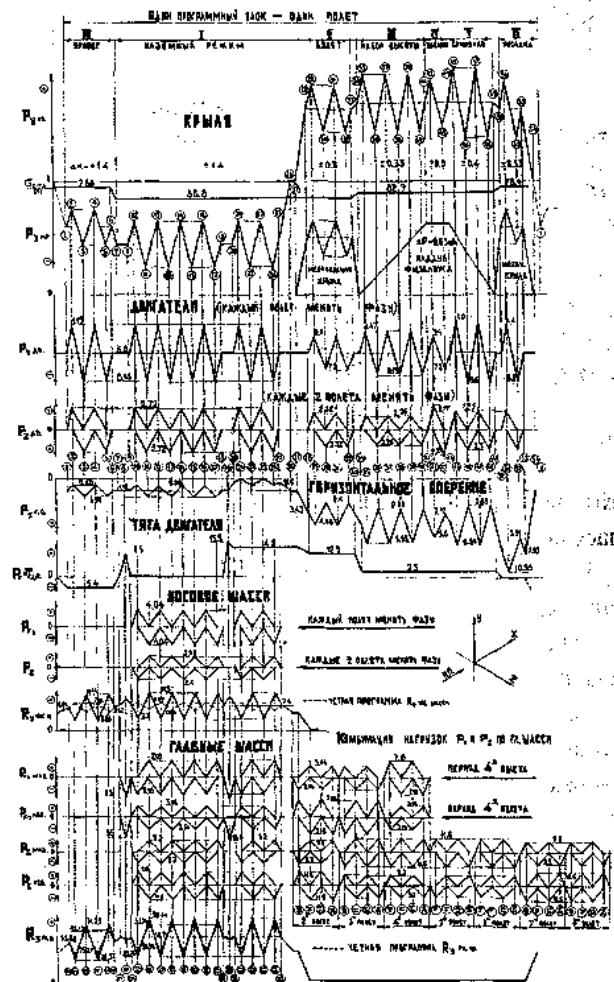


Рис. 1. Схемы программ нагружения планера пассажирского самолета.

Маслонасосные станции, используемые в лабораториях прочности для испытания самолетов отечественных (ИЛ-96, ТУ-204 и др.) и зарубежных (Боинг 747, А-380 и др.), имеют производительность от 1500 до 7700 л/мин и номинальное давление 25 МПа. В лаборатории прочности СибНИА производительность МНС равна 7200 л/мин. Во введенной в эксплуатацию в 2009 году МНС, имеющей производительность 3500 л/мин, по сравнению с существующими, автоматизированы основные технологические процессы: регулировка производительности насосов, поддержание заданной температуры масла в расходном баке, стабилизация давления во всасывающем коллекторе и др. [1].

В МНС системы управления, автоматизации и контроля построены с использованием современных микропроцессорных систем управления, сбора, обработки и регистрации информации. Использован модульный принцип монтажа гидросистемы.

Системы нагружения содержат обычно десятки каналов нагружения. На каждый канал нагрузки задаются независимо. Применяемые в ЛП модули (сервоприводы) компонуются с гидроцилиндрами одностороннего и двухстороннего действия. На рис. 2 представлен типовой канал нагружения фирмы MTS (США). На рис. 3 показана схема [2], применяемая в СибНИА, которая по сравнению с предыдущей имеет следующие отличительные признаки. Она позволяет при аварийных ситуациях осуществлять автоматическую блокировку силовозбудителей, фиксировать нагрузку и затем определять причину неисправностей или аварии. После устранения причины аварии имеется возможность без слива рабочей жидкости из системы продолжить испытания объекта. При необходимости можно разгрузить конструкцию – слить жидкость из силовозбудителей. Подобная схема применена при ресурсных прочностных испытаниях RRJ-100 в СибНИА.

Система разгрузки по схеме (рис. 3) требует предварительной ручной регулировки дросселей 6(1) и 6(2). Для автоматизации этой технологической операции предложена схема, описанная в патенте [3].

Рассмотренные ЭГП имеют ограничения по точности, скорости нагружения, и сравнительно низкий КПД, что приводит к значительным экономическим и временным издержкам в производстве, эксплуатации и обслуживании, усложняют экологическую обстановку. Кроме этого, при использовании в испытательных стендах ЭГП применяются две энергетические системы: гидравлическая и электротехническая, что приводит к значительному увеличению номенклатуры комплектующих изделий.

При испытаниях легких самолетов и других ЛА могут быть использованы объемногидравлический и гидростатический приводы. В объемногидравлическом приводе [4] величину периодической знакопеременной нагрузки регулируют количеством жидкости, подаваемой в весовые гидравлические силовозбудители, выполненные в виде емкостей.

Гидростатические приводы [5] могут быть использованы для испытания элементов ЛА с малыми нагрузками и тонкой обшивкой (давление в камере до 2–5 мм. вод. ст.) и при незначительной деформации конструкции.

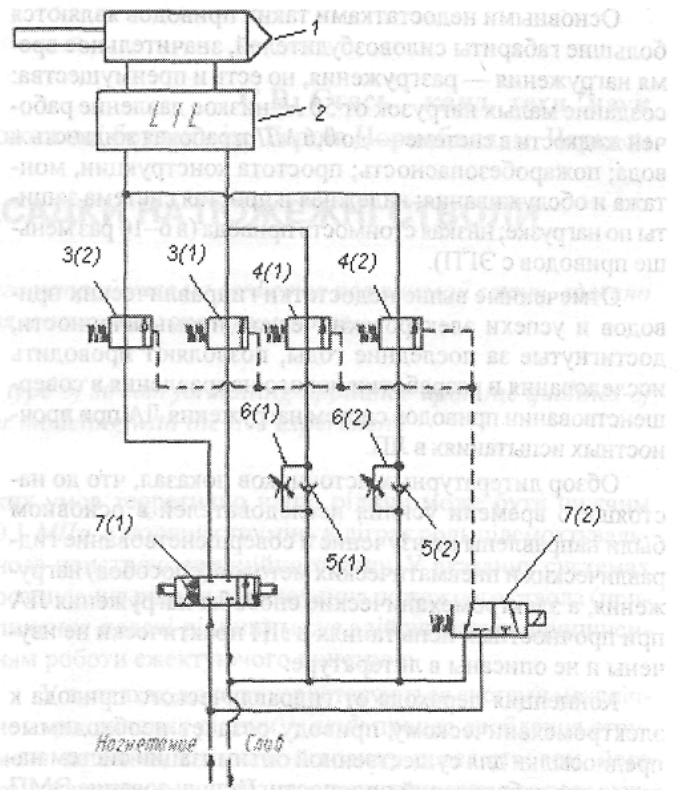


Рис. 2. Принципиальная схема канала нагружения фирмы MTS с гидроцилиндром двухстороннего действия:

- 1 — гидроцилиндр; 2 — ограничитель нагрузки;
- 3(1), 3(2) — клапаны подачи; 4(1), 4(2) — клапаны слива; 5(1), 5(2) — клапаны обратные; 6(1), 6(2) — дроссели;
- 7(1), 7(2) — электроуправляемые усилители.

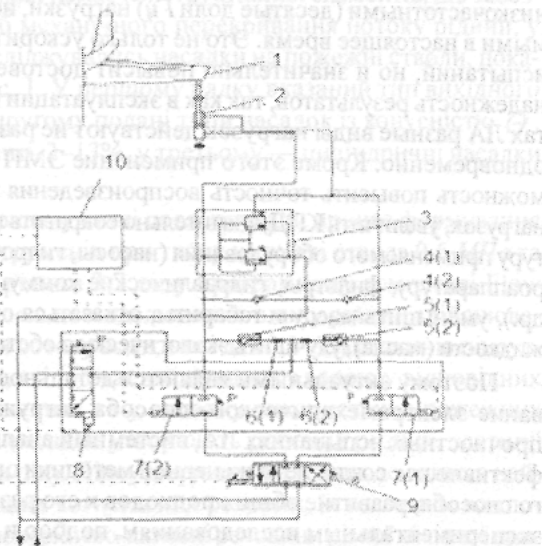


Рис. 3. Принципиальная схема ЭГП с гидроцилиндрами двухстороннего действия:

- 1 — испытываемая конструкция; 2 — гидроцилиндр;
- 3 — клапан предохранительный;
- 4(1), 4(2) — клапан обратный;
- 5(1), 5(2) — гидрозамки; 6(1), 6(2) — дроссели;
- 7(1), 7(2), 8 — гидравлические распределители;
- 9 — электрогидравлический усилитель;
- 10 — автоматическая система управления.

Основними недостатками таких приводов являються більші габарити силовозбудителів, значительное время нагужения — разгужения, но есть и преимущества: создание малых нагужок от 50 Н; низкое давление рабочей жидкости в системе — до 0,6 МПа; рабочая жидкость — вода; пожаробезопасность; простота конструкции, монтажа и обслуживания; надежная и простая система защиты по нагужке; низкая стоимость привода (в 6–10 раз меньше приводов с ЭГП).

Отмеченные выше недостатки гидравлических приводов и успехи электротехнической промышленности, достигнутые за последние годы, позволяют проводить исследования и разработки нового направления в совершенствовании приводов систем нагужения ЛА при прочностных испытаниях в ЛП.

Обзор литературных источников показал, что до настоящего времени усилия исследователей в основном были направлены на изучение и совершенствование гидравлических и пневматических методов (способов) нагужения, а электромеханические способы нагужения ЛА при прочностных испытаниях в ЛП практически не изучены и не описаны в литературе.

Концепция перехода от гидравлического привода к электромеханическому приводу создает необходимые предпосылки для существенной оптимизации систем нагужения лабораторий прочности. Использование ЭМП предусматривает переход на новую физическую основу процесса нагужения. Такой переход значительно изменяет систему нагужения и позволяет решать ряд новых задач по исследованию прочности конструкций.

При использовании электромеханических силовозбудителей для испытаний на прочность авиационных конструкций возможно одновременно приложении нагужок среднечастотных (единицы, десятки Гц) воздействий с низкочастотными (десятые доли Гц) нагужки, используемыми в настоящее время. Это не только ускорит процесс испытаний, но и значительно повысит достоверность и надежность результатов, так как в эксплуатации при полетах ЛА разные виды нагужок действуют не раздельно, а одновременно. Кроме этого применение ЭМП дает возможность повысить точность воспроизведения заданных нагужок, увеличить КПД, значительно сократить номенклатуру применяемого оборудования (насосы, гидробаки, гидроаппаратуру, фильтры, гидравлические коммуникации и др.), уменьшить массу и габариты, отказаться от рабочей жидкости (масла), улучшить экологическую обстановку.

Поэтому актуальными являются детальное исследование электромеханического способа нагужения при прочностных испытаниях ЛА, системный анализ его эффективности, создание инженерной методики оценки этого способа, развитие общих подходов к его разработке и экспериментальным исследованиям, подбор и разработка полноразмерной элементной базы.

В СибНИА работы по возможности использования электромеханических приводов в системах нагужения ЛП начаты в 2008 году. Проведен сравнительный анализ концепций развития систем рулевых приводов самолетов и систем нагужения авиационных конструкций в ЛП [6]. Анализ показал, что эти концепции имеют много общих направлений, которые в перспективе необходимо решать, опираясь на опыт создания самолетов новых поколений

(«электрических»). Такая концепция позволяет исключить гидропривод в ЛП при испытаниях ЛА.

Применительно к системам нагужения предложены схемные решения электромеханического привода и оптимизирована его структура. Подобраны серийно выпускаемые приводы нового поколения, наиболее полно отвечающие изложенным выше направлениям совершенствования систем нагужения ЛП. В качестве одного из вариантов силовозбудителей рассмотрены электромеханические линейные приводы фирмы «Exlar» [7].

Для эффективного использования ЭМП в режиме «тяги-толкая» и расширения функциональных возможностей рассмотренных ЭМП авторами предлагается способ испытания ЛА на прочность, в котором величину и скорость периодической знакопеременной нагужки осуществляют электромеханическими приводами [8].

Выводы

Рассмотренное электромеханическое направление совершенствования существующих систем нагужения ЛП приведет к их кардинальному изменению и позволит в перспективе перейти при испытаниях ЛА в лабораториях прочности принципиально к новой полностью электрифицированной системе нагужения.

Литература

1. Куликов, Е.Н., Сабельников, В.И., Колеватов, Ю.В. и др. Гидропривод лаборатории статических и ресурсных испытаний натуральных авиационных конструкций // Авиационная промышленность. — 2008. — № 2. — С. 53—57.
2. Сабельников, В.И., Колеватов, Ю.В., Медведева, И.Н. Гидросистема для нагужения авиационных конструкций при прочностных испытаниях. Патент № 2305264 Россия // БИ-2007-№24.
3. Куликов, Е.Н., Сабельников, В.И., Медведева, И.Н. и др. Гидросистема для нагужения авиационных конструкций при прочностных испытаниях. Патент № 2372597 Россия // БИ-2009-№ 31.
4. Сабельников, В.И., Метёлкин, Н.Г., Скларов, А.А. Способ испытаний летательных аппаратов на прочность и устройство для его осуществления. Патент № 2199101 Россия // БИ-2003- № 5.
5. Сабельников, В.И., Мальцев, А.В. Устройство для испытания летательных аппаратов на прочность. Патент № 2300747 Россия // БИ-2007-№ 16.
6. Редько, П.Г., Серьёзов, А.Н., Куликов, И.Н. и др. Сравнительный анализ концепций развития приводов самолетов и испытательных стендов лабораторий прочности // Авиационная промышленность. — 2009. — № 2. — С. 51—56.
7. Сабельников, В.И., Колеватов, Ю.В., Загорский, Б.В. Перспективы использования современных приводов в системе нагужения при прочностных испытаниях авиационной техники // Гидравлика Пневматика Приводы. — 2010. — № 2. — С. 22—23.
8. Серьёзов, А.Н., Куликов, Е.Н., Сабельников, В.И., Колеватов, Ю.В. Способ испытания летательных аппаратов на прочность и устройство для его осуществления. Решение РОСПАТЕНТ о выдаче патента на изобретение по заявке № 2009109027/28(012099) от 22.03.2010.

Надійшла 06.12.2010 р.