

УДК 629.7.062.2

Принцип работы и синтез основных параметров электрогидравлического привода с комбинированным регулированием скорости выходного звена

А.В. Найденов

Аннотация

В работе представлено описание принципов работы электрогидравлического привода с комбинированным регулированием скорости выходного звена. Рассмотрена методика синтеза основных параметров привода.

Ключевые слова

электрогидравлический привод; регулирование скорости; комбинированный; синтез параметров.

В настоящее время уже созданы и разрабатываются новые самолеты с полностью или частично электрифицированной системой приводов, например А-380, А-400М и F-35. На таких самолетах необходимо применять автономные рулевые электрогидравлические приводы (АГП), в состав которых входит встроенная насосная станция. Известны различные схемы АГП, с дроссельным, объемным, объемно-дроссельным и электромоторным регулированием скорости выходного звена. На упомянутых выше самолетах применены АГП с электромоторным регулированием, так называемые электрогидростатические приводы, которые, однако, имеют некоторые недостатки [1]. Среди эксплуатирующихся типов АГП нет приводов, в полной мере удовлетворяющих требованиям к приводу

управления основными рулевыми поверхностями маневренных и перспективных транспортных самолетов с неустойчивой аэродинамической компоновкой.

К авиационным рулевым приводам предъявляется ряд обычных, но жестких требований: высокая энергоотдача, быстродействие, обеспечивающее качественное траекторное управление самолета, хорошие энергетические свойства, стабильность внешних характеристик, высокая надежность и отказобезопасность, большой ресурс работы и приемлемая стоимость изготовления и обслуживания. Устойчивость самолетов с малоустойчивой или неустойчивой аэродинамической компоновкой обеспечивается работой автоматической системы повышения устойчивости, исполнительными агрегатами которой являются основные рулевые приводы. Особенности работы такой системы требуют, чтобы рулевой АГП имел очень высокую чувствительность, обеспечивая отработку управляющих сигналов малой амплитуды, вплоть до величины $(0,1...0,2)\%$ от максимального сигнала. Важна также высокая статическая и динамическая жесткость привода.

Можно сказать, что группа общих требований связана, прежде всего, с отработкой средних и больших скоростей выходного звена, характерных для траекторного управления полетом. Она наилучшим образом выполняется при использовании объемного или электромоторного способов регулирования скорости выходного звена. В гидравлическом контуре объемного и электрогидростатического приводов отсутствуют функциональные дросселирующие элементы, поэтому в них обеспечиваются высокие значения КПД, которые достигаются уже при небольших нагрузках. Однако приводам такого типа присущи некоторые недостатки, среди которых можно назвать:

сложность конструкции регулируемых насосов, обеспечивающих высокую точность реверсивного регулирования подачи (для приводов объемного регулирования скорости выходного звена),

сравнительно низкое качество отработки малых сигналов управления, вызванное трудностями обеспечения стабильных низких скоростей вращения нагруженного электродвигателя (при электромоторном регулировании) и тем, что при таких сигналах полезный выходной расход насоса является малым остатком после вычитания из теоретической подачи насоса нестабильной величины утечек жидкости,

уменьшенную по сравнению с дроссельными приводами статическую жесткость приводов, вызванную меньшим коэффициентом передачи привода по давлению,

уменьшенную динамическую жесткость приводов, вызванную пониженной жесткостью жидкости в полостях гидроцилиндра из-за малого давления в полостях слабонагруженного привода.

Повышенные требования к работе привода на малых амплитудах сигнала рассогласования, характерные для его работы в системе повышения устойчивости самолета, наилучшим образом могут быть выполнены при использовании дроссельного регулирования скорости выходного звена. В дроссельном приводе скорость перемещения выходного звена регулируется за счет изменения сопротивления рабочих окон золотникового гидрораспределителя (ЗГР), стоящего между насосом и гидроцилиндром. Для ЗГР характерны высокие значения коэффициента усиления по давлению, при правильном выборе параметров привода такой способ регулирования скорости обеспечивает наименьшие ошибки слежения, высокое быстродействие и жесткость привода. Отработанные агрегаты дроссельного привода обеспечивают его высокую чувствительность, требуемую для работы в системе повышения устойчивости самолета. Однако большие потери мощности при дросселировании обуславливают сравнительно низкую энергетическую эффективность этого способа регулирования скорости и при значительных сигналах рассогласования привода приведут к большому тепловыделению, которое потребует использования в составе АГП мощного теплообменника.

Таким образом, для обеспечения общих требований предпочтительно объемное или электромоторное регулирование скорости выходного звена, а выполнение повышенных требований к работе на малых амплитудах сигнала рассогласования лучше обеспечивается дроссельным регулированием скорости. Удовлетворение обеих групп требований возможно при организации комбинированного регулирования скорости выходного звена привода, обеспечивающего амплитудно-зависимый переход от дроссельного способа регулирования скорости выходного звена к объемному или электромоторному.

Требуемая принципиальная структура комбинированного регулирования скорости привода приведена на рис.1 а. В общем случае структура содержит некий регулятор с непрерывной характеристикой, обеспечивающий плавный переход от одного способа регулирования к другому в зависимости от абсолютной величины сигнала рассогласования следящего контура привода. При малых сигналах рассогласования в приводе (не более нескольких процентов от максимальной величины) реализуется дроссельное регулирование скорости, при котором обеспечивается высокая чувствительность и жесткость привода, а потери мощности на дросселирование незначительны в силу малости сигнала

рассогласования. При увеличении абсолютной величины сигнала рассогласования регулятор постепенно меняет способ регулирования скорости на объемный или электромоторный. При значительных сигналах рассогласования часть структуры, предназначенная для дроссельного регулирования, не должна рассеивать заметную долю энергии потока рабочей жидкости, поступающей из насоса. Важно отметить, что показанный на схеме регулятор лишь описывает соответствующую функцию, его реализация в виде специального агрегата или устройства не обязательна. Кроме того, при малых сигналах рассогласования объемный или электромоторный способы регулирования могут сохраняться, но должны уступать дроссельному регулированию по эффективности своего влияния на скорость выходного звена привода. Такая редуцированная принципиальная структура приведена на рис.1 б). Таким образом, комбинированный способ регулирования скорости выходного звена окончательно можно определить как способ, при котором по мере увеличения абсолютной величины рассогласования следящего привода преимущественно дроссельное регулирование скорости постепенно меняется на объемное или электромоторное регулирование.

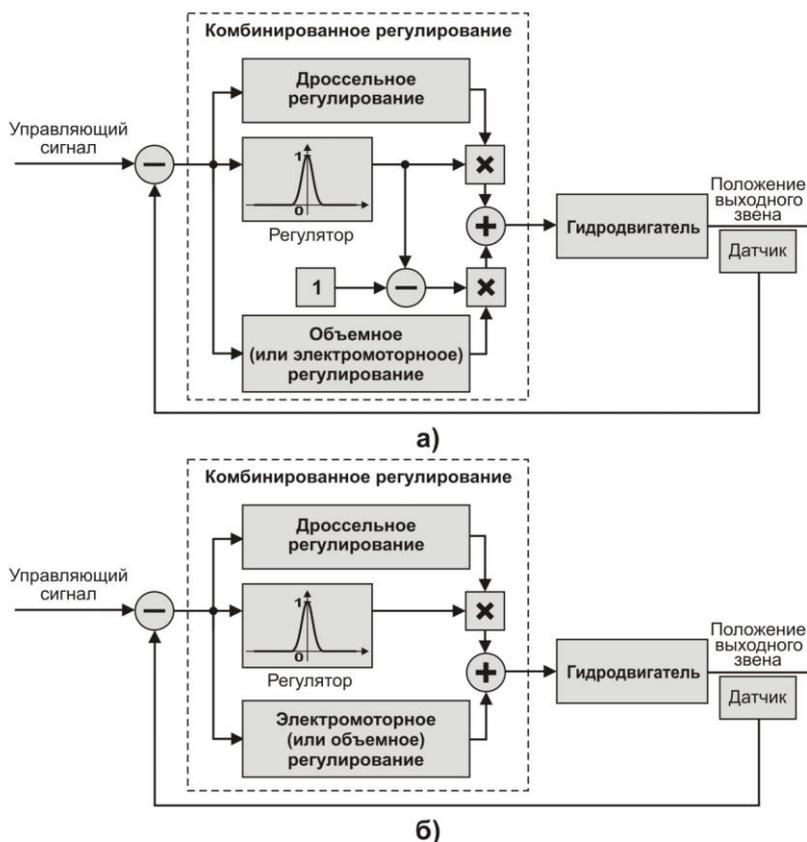


Рис.1. Принципиальная структура комбинированного регулирования скорости выходного звена привода: а) общая структура, б) редуцированная структура

В соответствии с описанной принципиальной структурой была разработана схема АГП с комбинированным регулированием скорости выходного звена, особенностью которой является отсутствие специального устройства, выполняющего функции регулятора смены режимов работы [2].

Для этого привода и близкой к нему схемы электрогидростатического привода была разработана методика синтеза основных конструктивных и режимных параметров, обеспечивающих выполнение заданных в типовом техническом задании условий.

Исходными данными для синтеза параметров АГП являются: максимальная скорость выходного звена, максимальная развиваемая сила на нем, координаты промежуточной точки предельной механической характеристики, максимальное перемещение выходного звена, оценка силы трения в цилиндре, максимальный управляющий сигнал, максимальное давление на выходе насоса и давление на его входе, напряжение питания электродвигателя, оценка максимальной скорости вращения вала электродвигателя, его механического КПД с присоединенным насосом, объемного КПД насоса.

Алгоритм методики синтеза параметров АГП реализован в нескольких распространенных компьютерных пакетах и приложениях, например в Microsoft Office Excel и MATLAB, и предусматривает использование базы данных по располагаемым типоразмерам предлагаемых промышленностью агрегатов: насосов и электродвигателей. Работа программ происходит в интерактивном режиме, т.е. после ввода исходных данных программа последовательно выводит расчетные параметры и запрашивает пользователя его скорректированную величину с учетом выбора того или иного типоразмера промышленного агрегата, после ввода выбранного значения параметра расчет остальных параметров корректируется.

Разработанная методика синтеза предназначена как для научных расчетов, так и для обучения студентов ВУЗов авиационно-космической отрасли. В дальнейшем данную методику планируется использовать в качестве лабораторного практикума студентов кафедры «Системы приводов авиационно-космической техники».

Библиографический список:

1. Ермаков С.А., Живов Ю.Г., Константинов С.В. и Г.С., Кувшинов В.М., Митриченко А.Н., Редько П.Г., Петров В.Н., Селиванов А.М., Концепция развития систем рулевых приводов перспективных самолетов, Вопросы

авиационной науки и техники, Научно-технический сборник НИИСУ, Серия Стандартизация и унификация авиационной техники, выпуск №2, М., 2007, стр.32...47.

2. Квасов Г.В., Константинов С.В., Редько П.Г., Селиванов А.М., Тычкин О.В., Автономный электрогидравлический привод с комбинированным управлением скорости выходного звена. Патент РФ на изобретение №2305210, М.: Роспатент, Официальный бюллетень "Изобретения. Полезные модели" №24, 2007.

Сведения об авторе:

Найденов Алексей Владимирович, студент Московского авиационного института (государственного технического университета), МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993; тел. 8-926-531-93-44, e-mail: naydenov.alexey@gmail.com,

