

УДК 621.2.082.18

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Мусина Л. С., Петров П. В.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Силовые гидромеханические системы, как правило, состоят из целого ряда подсистем, имеющих самостоятельное функциональное назначение. При их разработке основное предпочтение отдается системам, построенным на электрогидромеханической элементной базе. Такие системы отличаются высокой надёжностью, долговечностью и способностью реализовывать большие усилия на исполнительных механизмах при ограниченно малых габаритных размерах.

Разработка и проектирование современных гидромеханических устройств силового гидропривода в основном базируется на общих машиностроительных методиках расчёта деталей и механизмов, а также на огромном систематизированном опыте практической эксплуатации этих объектов. Процесс проектирование подобных систем имеет ряд специфических особенностей, одна из которых заключается в тесной связи между принципиальной схемой и конструкцией. Переход от математической формулы к реальной конструкции – достаточно сложный процесс. Далёко не все желаемые функции могут быть воплощены в реальную конструкцию при современном уровне развития техники и технологии. Требования к автоматике обычно противоречивы: с одной стороны, нужно получить высокую точность и надёжность, с другой – необходимо иметь малые массу и габариты. Любое конструктивное решение, как правило, является компромиссным, и найти оптимальный вариант в данных условиях является очень сложной задачей.

Параметрическая оптимизация всей системы приходится на этап отработки и конструктивной доводки. Основная доля затрат приходится именно на эти этапы. В традиционной методике проектирования до 30-50 % общих затрат составляют затраты на экспериментально-доводочные исследования и испытания. Большая часть времени затрачивается на выявление причин отказа и дальнейшее их устранение. С целью сокращения времени и средств на данных этапах предлагается частичная замена экспериментальной отработки вычислительным экспериментом.

Задачей первоочередной важности становится всё более широкое внедрение и совершенствование методов проведения автоматизированного вычислительного эксперимента на виртуальном стенде, в основу которого будут положены математические модели, алгоритмы и программы расчёта. Только в этом случае появится возможность реализовать идею замены огневых стендовых испытаний численным экспериментом на ЭВМ. В свою очередь это позволит в минимальные сроки и при ограниченно малых финансовых вложениях реализовать (синтезировать) новые системы управления с улучшенными показателями качества.

Численное исследование имеет ряд существенных трудностей. Наличие нелинейных явлений в системе значительно затрудняет её теоретическое исследование. Как правило, такие системы описываются нелинейным дифференциальным уравнением высокого порядка. При такой постановке вопроса наиболее оптимальным вариантом исследования являются методы, основанные на фундаментальных уравнениях сохранения с учётом существенных нелинейностей, что способствует значительному повышению адекватности моделей.

К примеру, такое нелинейное явление, как автоколебания. При определённых условиях в силовых гидравлических приводах наблюдаются автоколебания значительной амплитуды. При этом исполнительные силовые механизмы начинают

перемещаться рывками, что приводит к нарушению нормальной работы, а в ряде случаев к полной потере работоспособности системы. Возникновению таких колебаний при движении механизмов, приводимых гидроприводом, могут способствовать: наличие нерастворённого в масле воздуха; неравномерная или чрезмерная затяжка планок или клиньев направляющих; неравномерная нагрузка на направляющие; недостаточная смазка или задиры на направляющих; установка гидроцилиндра непараллельно направляющим; перекос уплотнений штока цилиндра и др.

Одной из наиболее часто встречающихся причин возникновения автоколебаний в силовых приводах является наличие фрикционного (сухого) трения. К примеру, в станочных гидроприводах имеют место тяжёлые суппорты, перемещающиеся по направляющим. При «ползучих» скоростях движения суппортов наблюдаются устойчивые и хорошо воспроизводимые автоколебания.

Однако, даже ограничиваясь одной причиной (то есть «сухим» трением), мы сталкиваемся с большими трудностями, обусловленными стохастическим характером этого существенно нелинейного явления, трением, изменением состояния трущихся пар, влиянием внешних условий и т.п.

Не принижая значения определения автоколебательных режимов, отметим, что имеются и другие проблемы, связанные с трением. Так, в гидромеханике существует обычная дилемма: доля уменьшения утечек и перетечек. Для этого необходимо увеличивать мощность уплотнений, но при этом увеличивается трение. Обычно требуется ответить на такого рода вопросы, как: «Если трение увеличится на 1%, то как и на сколько изменятся статические и динамические характеристики? Какие трущиеся пары следует использовать в данной ситуации? Как изменится точность? и т. п.». В такой постановке вопросов единственно реальной альтернативой остаются численные методы.

Таким образом, изучение всевозможных особенностей физических процессов и дефектов становится важным как при её проектировании, так и при её дальнейшей эксплуатации, для чего необходимо создавать сопроводительные (сопровождение систем в течение их жизненного цикла) и диагностические модели, позволяющие своевременно выявлять неполадки и предотвращать развитие типовых дефектов.