

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОПРИВОДОВ: ВТОРЖЕНИЕ В ОБЛАСТЬ «БОЛЬШИХ СИСТЕМ»!

Колганов А.А., директор
ООО «НПФ «Гидромеханика»

К сказанному в статье добавим, что статистически нарастающая неудовлетворительность работы гидроприводов (в частности) в металлургической отрасли подвигла собственников и инвесторов предприятий на поиск кардинальных путей решения проблем, среди которых:

- консультационные услуги представителей западных фирм и приобретение по их рекомендациям дорогостоящего импортного оборудования (комплектующих).

- выбор подрядных организаций (на конкурсной основе), призванных обеспечить безотказную работу гидросистем предприятия. Собственные технические службы при этом упраздняются.

Сразу же оговоримся, что ни первое, ни второе мероприятие не даст желаемых результатов, так как вопрос лежит не в плоскости надежности элементов гидроприводов и (или) профессиональной подготовки техников службы главного механика. Вопрос лежит в иной плоскости. В какой? Об этом речь пойдет далее. Для того чтобы разобраться в нынешних проблемах гидроприводов, необходимо уяснить, что под таковыми понимает статистическое большинство инженеров-разработчиков, а потому обратимся к первичным определениям. В Советском энциклопедическом словаре (СЭС) (Москва, «Советская энциклопедия» 1987г.) читаем:

Гидропривод – совокупность устройств с одним или несколькими объемными гидравлическими двигателями для приведения в движение механизмов и машин с помощью жидкости под давлением. Жирным шрифтом мы выделили ключевые слова. Перепишем определение только с ключевыми словами.

В журнале «Гидравлика и пневматика» № 9 2003 г. была опубликована статья под названием «Анализ гидроприводов», в которой есть такие строки: «В настоящее время ... сложилась парадоксальная ситуация: заводы и фирмы выпускают гидромашины и гидроаппаратуру с высоким удельным к.п.д., а гидроприводы и гидросистемы в целом не отличаются этими показателями. При этом наблюдается не только перерасход энергии, но и снижение показателей надежности и долговечности гидросистем и машин...»

Я думаю, что со сказанным согласятся многие, а потому многим также будет не безынтересно рассмотрение ситуации как процесса. Такой подход, как правило, применяют при рассмотрении и проектировании так называемых больших систем и суперсистем, которые невозможны без системного анализа.

Гидропривод – совокупность устройств с гидравлическими двигателями.

...Любую человеческую деятельность можно интерпретировать через аппарат теории управления, так как любые наши шаги не бессмысленны, а направлены на достижение каких-либо целей (осознаваемых или неосознаваемых – это не важно).

Итак, из теории суперсистем известно, что любое управление можно интерпретировать как совокупность взаимовложенных средств-приоритетов, оказывающих определяющее воздействие на объект управления. Эта совокупность образует собой матрицу (таблицу-перечень) где вперёдистоящий (старший) приоритет объемлет последующие приоритеты (наподобие матрешки), а, следовательно, оказывает более мощное управляющее воздействие (это своего рода иерархия властных возможностей). Ниже приведены эти приоритеты:

1. Концепция управления (замысел управления).
2. Идеология управления (теория управления).
3. Закон (законы) управления.
4. Структура, осуществляющая управление (исполнительная часть).
5. Система контроля над управлением.

Если соотнести определение гидропривода с вышеприведенной ма-

трицей, то видно, что определение касается лишь четвертого и пятого приоритетов, а именно структуры (элементной базы, собранной в какую-либо гидравлическую схему, и никак не связано с приоритетами высших порядков (нематериальными категориями, несущими как раз самое мощное управляющее начало).

Но, понимаем ли мы это или нет, любое управление всегда концептуально определено (вложено в какую-либо концепцию), причем цели управления могут противоречить этой концепции. В этом случае общесистемные факторы будут препятствовать управлению или даже его подавлять.

Любые проблемы гидропривода, такие как гидроудары, прыжки, перегрев рабочей жидкости, а тем более мгновенные отказы оборудования, это практически всегда конфликт субъективного (спроектированного) управления с иерархически высшим, объемлющим (объективным) управлением первого и второго приоритетов, о которых подавляющее большинство проектировщиков не имеют ни малейшего представления. Ведь управление всегда субъективно, но управлять возможно только лишь объективными процессами.

Итак, формулировка гидропривода в своем первичном – системообразующем представлении не «подымается» выше банального перечня элементной базы (что практически



может быть значимо лишь для снабженцев). Никак не соотносится, не то, что с концепцией, даже с теорией управления, а из общефизических законов имеет лишь ссылку на наличие жидкости под давлением.

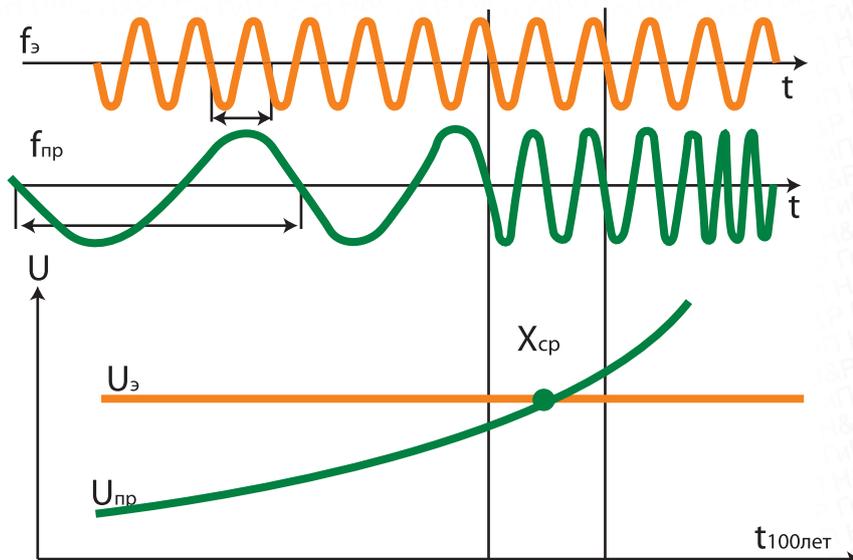
Такая формулировка (приписываемая академику Артоболевскому И.И.) блокировала на долгие годы развитие теории гидропривода и действительно такой теории пока не встретишь, зато в достаточном количестве имеются частные теории гидравлических прессов, станочных гидроприводов, летательных аппаратов, мобильных машин и т.д. Дело в том, что в этих теориях внесена определенность в принадлежности гидропривода, вследствие чего абстрактный гидродвигатель приобретает конкретные информационные характеристики, а также цели управления, для достижения которых формируются целевые функции, как правило, на фундаменте теории автоматического управления (ТАУ). Ну а сама теория автоматического управления стоит на каком фундаменте?

Обратимся опять к матрице, характеризующей иерархию властных возможностей управления.

Из нее видим, что любая теория всегда стоит на фундаменте концепции или генерального замысла. Какой может быть генеральный замысел у теории управления? Это, конечно же, **устойчивость** управления.

В настоящее время под устойчивостью (см. СЭС или специальную литературу) принято понимать способность системы после примененного к ней некоего воздействия возвращаться в исходное состояние. Мера отклонения от исходного состояния системы (в ТАУ называется статической ошибкой) является управляющим сигналом для регулятора, осуществляющего управление (так называемое пропорциональное управление (соответственно П-регулятор), но результат такого управления несет в себе дефект, так как он сформирован на основе уже свершившегося отклонения от цели управления (ошибки управления).

Практические задачи, требующие



более высокого качества управления, побудили разработчиков к поиску новых идей регуляторов. В результате чего (в рамках второго приоритета) появились такие регуляторы, как ПИ (пропорционально-интегральные), ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальные) и ПД (пропорционально-дифференциальные), но в основе их всех лежит все та же статическая ошибка несущая все тот же дефект управления (см. концепцию).

Итак, генеральным замыслом теории автоматического управления являются **искусственно формируемые границы приемлемого управления (две ошибки)** и удержание, а точнее раскачивание, параметра между этими двумя ошибками **с частотой, не допускающей уже динамическую ошибку** (или перерегулирование).

Такое управление во многих случаях оправдано, но у него есть предел, и этот предел определен частотным соотношением субъекта и объекта управления.

Напомним, что частота – это единица, деленная либо на длительность периода колебаний, либо на полную продолжительность неперiodического процесса, который рассматривается как колебательный процесс, содержащий в себе только полный цикл одного единственного колебания:

$$f = 1/T$$

размерность частоты $(f) = 1/(\text{единица измерения времени})$

С момента появления регулируемых насосов вопросы построения систем гидроавтоматики во многом упростились. Наладка же такой гидроавтоматики в основном заключалась в выборе значения «постоянной времени» (термин ТАУ) – параметре, характеризующем инерционные свойства объекта управления. В нашем же случае это возможная частота переключений регулируемого насоса (изменений подачи от 0 до номинала) при которой не возникает гидроударов. Это частота в принципе неизменна вне зависимости от марок насосов и их производителей и определена конструктивным замыслом, а так же свойствами материалов, из которого эти насосы сделаны.

На графике эта частота показана как эталонная ($f_{\text{э}}$) и соответствует частоте (быстродействию) субъекта управления.

Ниже показана среднестатистическая частота управляемых процессов ($f_{\text{пр}}$ – частотность объекта управления), которыми управляли посредством гидропривода, и ее изменение примерно за 100 лет существования промышленной гидравлики. В принципе эта кривая характеризует развитие научно-технического прогресса. Понятно, что требования к быстродействию одного из первых гидроприводов – гидропривода поворота орудийной башни на крейсере, сделанном в конце позапрошлого века на Невском заводе в Петербурге, и тре-



бования к быстродействию гидросистемы современного прокатного стана, скорость проката которого 70 м/сек. совершенно различны. На графике показано соотношение двух частотных диапазонов – возможности субъекта управления (в частном случае регулируемого насоса) и все возрастающая частота технологических процессов, которыми необходимо управлять (объект управления)

U_9 – скорость изменения эталонной частоты практически неизменна, поэтому представлена в виде прямой.

U_{np} – скорость изменения частотных характеристик объектов управления все увеличивается. Это связано с научно-техническим прогрессом в индустриальных обществах, поэтому и линия имеет вид экспоненты.

Вот как отобразил этот процесс автор статьи в журнале «Гидравлика и пневматика» № 9 2003г.

«Современные СДМ (строительно-дорожные машины) характеризуются высокой энерговооруженностью, универсальностью, большой разветвленностью гидрокommunikаций, большим количеством исполнительных гидродвигателей, необходимостью широкого совмещения рабочих операций при обеспечении регулируемых стабильных скоростей рабочих органов СДМ вне зависимости от нагрузки...»

Жирным шрифтом мною выделены ключевые фразы, которые позволяют

классифицировать гипотетическую «современную» гидросистему.

По признакам совмещения рабочих операций и одновременного регулирования скоростей рабочих органов это типичная «большая система». Под таковой понимается система, элементами которой являются также системы, причем имеющие собственные целеполагания, а также частотные характеристики объекта управления, превышающие возможное быстродействие субъекта управления.

На графике пересечение прямой и экспоненты обозначено X_{cp} и называется точкой срыва. В этой точке совпадают частоты двух процессов. Как известно, это область возникновения резонанса, после которой следует полная потеря управления. Потеря управления связана с тем, что быстродействие регулятора становится ниже, чем частота изменения управляемых процессов. Иными словами, регулятор уже не способен успевать регулировать.

В контексте данного анализа развития гидроприводов можно сказать, что на заре становления промышленной «гидравлики» практически весь XX век инженеры, занимаясь технологиями своего времени, создавали в основном простые технические системы и теории, позволяющие их строить. Вся эта деятельность стояла на фундаменте концепции, определявшей устойчивость как способность системы возвращаться в исходное состояние.

С развитием научно-технического прогресса задачи технологического плана все усложнялись, и «мы» не заметили, как начали вторгаться в область «больших систем», бесконфликтное существование которых возможно лишь на фундаменте иной концепции. Эта концепция предполагает под устойчивостью полную предсказуемость в смысле предсказуемости поведения объекта в определенной мере под воздействием внешней среды, внутренних изменений и управления (ультраустойчивость).

Специалисты ООО «НПФ «Гидромеханика» долгие годы занимаются методологией построения внутренне ненапряженных «больших систем» и получения эффекта ультраустойчивости.

В следующем номере журнала мы рассмотрим ряд методологических приемов построения таких систем. А пока скажем, что такие разработки есть и эффективно используются в промышленности.

Источники гидравлического питания, построенные на основе ультраустойчивости, разработанные в «Гидромеханике» получили название гидравлических модулей. На фотографии показаны два таких модуля. Они способны заменять собой так называемые насосно-аккумуляторные станции. Набирая гидравлические модули в группу, мы можем создать источник гидропитания любой требуемой мощности. При использовании их в любых индустриальных системах гидроудары исключены в принципе.

Наши разработки, касающиеся гидроприводов, не имеют аналогов в мире и методология их построения опережает западную на 30 лет (если считать с момента появления первых изобретений (авторских свидетельств) по этой тематике в 1975 г). ■

ООО «НПФ «Гидромеханика»

Россия, 630024,
г. Новосибирск, а/я 10,
ул. Мира, 26

тел./факс: (383) 347-88-07,
353-39-81, 211-92-28

e-mail: npf_1@hydromech.nsk.su

