

УДК 621–05

Т.С.САЛЫГА, асис., НТУ «ХПИ», Харьков,

А.В. КРАСИЛЬНИК, вед. инж. ОПК «Гидроэлекс», Харьков

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОТОВИЛОМ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

В статье рассмотрены вопросы моделирования каскада управления регулятором расхода мотвила зерноуборочного комбайна с дистанционным пропорциональным управлением, определяются его динамические характеристики. По результатам анализа графиков переходных процессов корректируются параметры динамической структуры регулятора до достижения необходимой скорости регулирования.

У статті розглянуті питання моделювання каскаду управління регулювачем витрати мотвила зернозбирального комбайна з дистанційним пропорційним керуванням, визначаються його динамічні характеристики. За результатами аналізу графіків перехідних процесів корегуються параметри динамічної структури регулювальника до досягнення необхідної швидкості регулювання.

Questions of the cascade modeling of management of expense of a reel regulator of a grain combine with remote proportional control are considered in article. The dynamic characteristics of the regulator are defined. Parameters of dynamic structure of a regulator until achievement of necessary speed of regulation are corrected as the result of the analysis of schedules of transient process.

Одним из основных направлений развития сельского хозяйства является повышение качества зерноуборочной техники и расширение ее технических возможностей. Для решения этой задачи, в частности, предлагается использовать гидравлический привод мотвила зерноуборочных комбайнов вместо существующего механического.

В данной статье рассматривается нелинейная модель каскада управления регулятором расхода с дистанционным пропорциональным управлением, определяются его динамические характеристики, которые корректируются по результатам исследования динамической структуры регулятора.

Математическая модель контура управления золотником ДРГ составлена с учетом допущения, что пульсации давления и расхода в линии питания электрогидравлического преобразователя отсутствуют.

Исходной информацией для анализа является начальный вариант функциональной схемы контура управления, которая представлена на рис.1.

В схеме приняты следующие обозначения:

1. Масштабный усилитель напряжения (МУ);
2. элемент сравнения;
3. усилитель напряжения – ток (коэффициент пропорциональности K_y);
4. пропорциональный магнит;
5. электрогидравлический преобразователь;

- 6. золотник дросселя регулируемого гидроуправляемого;
- 7. дроссель;
- 8. датчик положения.

$U_{вх}$ – входное задающее напряжение;
 $U_{ос}$ – напряжение на выходе датчика положения;

$U_{оп}$ – опорное напряжение;

$P_{упр}$ – давление питания электрогидравлического преобразователя;

$P_{ЭМП}$ – давление на выходе ЭМП.

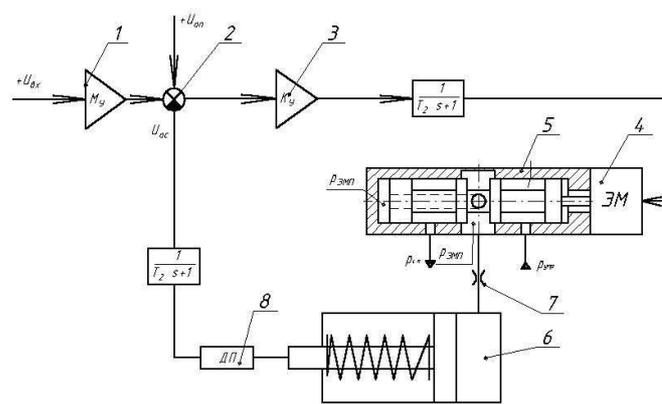


Рис.1.Функциональная схема контура управления золотником ДРГ

На основании представленной функциональной схемы составлена схема замещения контура управления золотником ДРГ для исследования при помощи пакета прикладных программ, рис. 2.

Схема замещения включает в себя модели золотника ДРГ – QДРГ, электрогидравлического преобразователя – QЭГП, апериодического звена QАПЗВ, GДР – дросселя, а также компонента, назначение и описание которых приведено в таблице 1. Конструктивно золотник ДРГ можно представить в виде подпружиненного гидроцилиндра, принципиальная схема которого приведена на рис. 3.

Главная модель

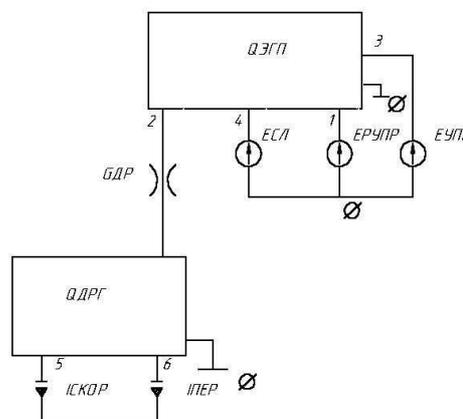


Рис. 2 .Схема замещения контура управления золотником ДРГ

Таблица 1. Описание главной модели контура управления

Обозначение компонент	Назначение
ЕСЛ	Независимый источник, моделирует величину давления на сливе ЭГП
ЕРУПР	Моделирует величину давления питания рабочей жидкости, поступающее на вход ЭГП
ЕУПР	Моделирует напряжение управления, поступающее от задатчика на вход электронной системы управления
GДР	Потребитель (рассматривает получаемую энергию), моделирует проводимость дросселя
ИСКОР	R-интегратор. Служит для фиксации текущей скорости золотника ДРГ
ИПЕР	Служит для фиксации текущего перемещения золотника ДРГ.

Схема замещения золотника (рис.4) выполнена в виде многополюсника с четырьмя внешними полюсами: ВХ, СКОР, ПЕР, БАЗ.

К полюсу ВХ подводится поток РЖ от ЭГП. Полюс ПЕР служит для передачи в главную модель текущего перемещения золотника ДРГ. К полюсу СКОР из главной модели подключена внешняя нагрузка в виде массы движущихся частей ДРГ (сумма масс золотника, пружины и др.), а также БАЗ – является базой отсчета.

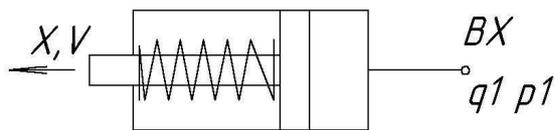


Рис. 3. Расчетная схема ДРГ

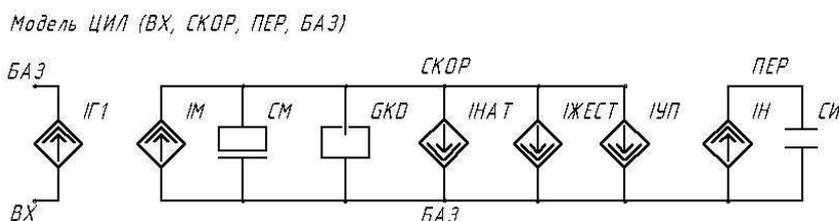


Рис. 4. Схема замещения ДРГ

Описание компонент, входящих в состав схемы замещения золотника ДРГ, представлено в табл. 2.

Конструктивная схема ЭГП представлена на рис. 5. Преобразователь состоит из электромагнита пропорционального 1 типа ПЭМ-6, якорь которого кинематически связан с золотником 2. Золотник 2 с противоположного электромагниту торца поджат давлением обратной связи, которое равно давлению на выходе ЭГП. Диапазон хода якоря электромагнита составляет 0 – 2 мм, а ход золотника ± 1 мм от среднего положения. Диаметр золотника равен 6 мм, ширина пояса золотника равна 5 мм (положительное перекрытие в процессе моделирования будем изменять в пределах 0 – 0,3 мм). Делитель выполнен в виде отверстия диаметром 5 мм, ось которого перпендикулярна оси золотника ЭГП

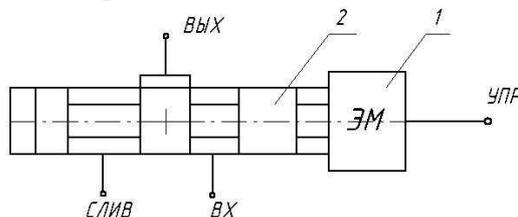


Рис.5 Принципиальная схема ЭГП

К электрогидравлическому преобразователю подключается три линии:

1. к линии ВХ подключен выход редукционного клапана, поддерживающего давление питания на входе ЭГП $p_{упр} = 16 \text{ кг/см}^2$;
2. линия ВЫХ подключается к полости управления золотника ДРГ;
3. линия СЛИВ сообщается со сливом.

Таблица 2. Описание схемы замещения золотника ДРГ

Обозначение компонент	Назначение
ИГ1	Зависимый источник расхода. Моделирует расход РЖ в полость управления золотником ДРГ, идущий на создание скорости движения золотника.
ИМ	Зависимый источник. Моделирует силу, действующую на золотник ДРГ в зависимости от давления на выходе ЭМП.
СМ	Компонента моделирующая массу (инерционность) золотника.

Продолжение таблицы 2

G КД	Моделирует потери силы, идущие на преодоление сил вязкостного трения в паре золотник ДРГ – втулка.
I НАТ	Моделирует силу предварительного натяжения возвратной пружины ДРГ.
I ЖЕСТ	Зависимый источник силы. Моделирует силу, действующую на золотник ДРГ со стороны пружины.
I УП	Источник силы. Служит для моделирования упоров, ограничивающих перемещение золотника ДРГ.
I Н, С Н	Интегратор скорости поршня. Необходим для определения текущего значения перемещения золотника ДРГ.

Схема замещения ЭГП представлена на рис. 6. Она выполнена в виде многополюсника с пятью внешними полюсами: ВХ, ВЫХ, СЛИВ, УПР, БАЗ. Полюс Вх подключается к источнику постоянного давления РЖ, полюс ВЫХ подключается к полости управления золотником ДРГ, полюс СЛИВ соединяется со сливом, полюс УПР воспринимает сигнал, поступающий на обмотку электромагнита, полюс БАЗ является базой отсчета.

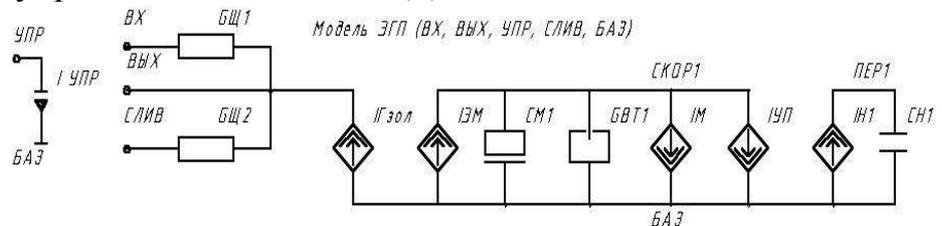


Рис.6. Схема замещения ЭГП

Описание компонент, входящих в данную схему замещения, приведено в табл.3.

Таблица 3. Описание схемы замещения электрогидравлического преобразователя

Обозначение компонента	Назначение
I УПР	Разомкнутая дуга, служит для фиксации величины тока, подаваемого от обмотки электромагнита.
G Ц1, G Ц2	Потребители. Предназначены для определения расхода через щели 1 и 2 регулируемого дроссельного делителя.
С М1	Масса золотника ЭГП.
I М	Моделирует силу, возникающую в результате воздействия давления РЖ в полости обратной связи по давлению
I ЭМ	Моделирует силу воздействия электромагнита в зависимости от величины силы тока, подаваемого на его обмотку
G ВТ1	Моделирует действие сил вязкого трения.
I УП	Моделирует ограничение перемещения золотника ЭГП.
I Н1, С Н1	Интегратор. Служит для фиксации текущего перемещения золотника ЭГП.
I Гзол	Моделирует расход рабочей жидкости, поступающий в камеру обратной связи по давлению ЭГП при перемещении золотника.

Для моделирования динамики электронного блока управления и обмотки электромагнита в систему управления было введено апериодическое звено с передаточной функцией: $\frac{1}{T_1 s + 1}$. Поскольку конструкция электронного блока на

момент исследования не разработана, то постоянную времени апериодического звена принимаем из практических соображений в диапазоне 0,005 – 0,020 с. Схема замещения апериодического звена приведена на рис.7. Проведем машинное исследование при следующих исходных данных: $K_y = 1$, $\delta = 0,1$ мм, диаметральный зазор золотниковой пары равен 0,006 мм

Модель АПЗВ (ВХ, ВЫХ, БАЭ)

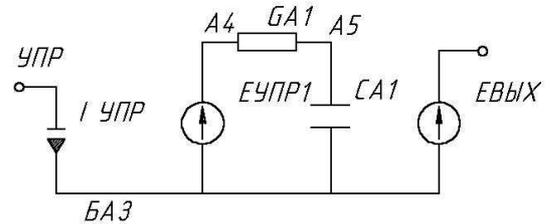


Рис. 7. Схема замещения апериодического звена

График переходного процесса показан на рис. 8.

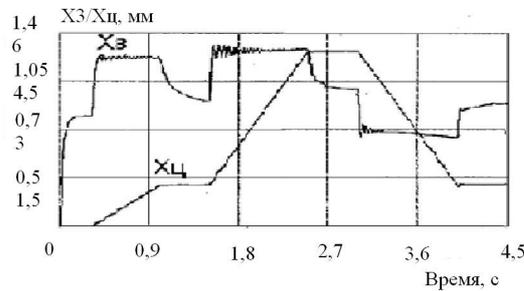


Рис.8.Переходной процесс при $K_y=1$; $\delta = 0,1$ мм

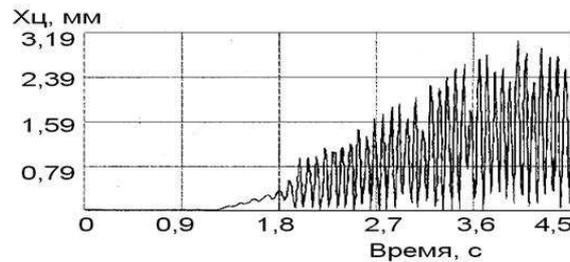


Рис. 9.Переходной процесс при $K_y=1$; $\delta = 0,1$ мм

где $X_{ц}$ – перемещение золотника ДРГ, а X_3 – перемещение золотника ЭГП. Система неустойчива, частота гармонических колебаний составляет ~ 60 Гц. Увеличив величину положительного перекрытия дроссельного делителя ($\delta = 0,3$ мм), получим график переходного процесса (рис 9.).

Система устойчива, но обладает низкой статической точностью. Характер переходного процесса золотника ДРГ – колебательный затухающий. С увеличением K_y система стремится к незатухающим колебаниям. График переходного процесса при $K_y = 2$ показан на рис.10.

Для выполнения поставленных требований к регулятору установим на выходе электрогидравлического преобразователя постоянный дроссель диаметром 0,6 – 0,8 мм. Проводим машинное исследование системы при следующих условиях: $K_y=1$, $\delta=0,3$, $d_{др}=0,6$ мм.

Результат машинного исследования показан на рис.11.

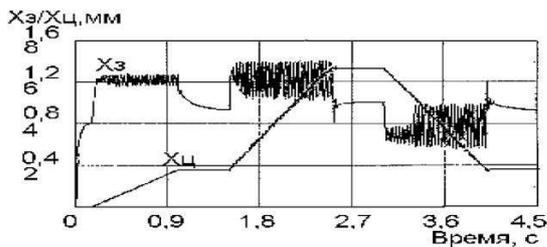


Рис.10.Переходный процесс при $K_y=2$; $\delta=0,3\text{мм}$

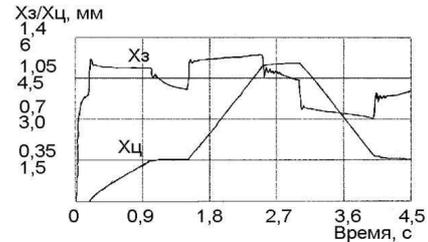


Рис. 11.Переходный процесс при $K_y=1$; $\delta=0,3\text{мм.}; d_{др}=0,6\text{мм}$

Переходный процесс регулятора – аperiodический, переходный процесс ЭГП – малоколебательный. Диапазон регулирования позиции золотника ДРГ составил 0,3 и 0,7 см, что соответствует требуемому диапазону регулирования расхода.

Таким образом, динамические характеристики каскада управления удовлетворяют поставленным требованиям.

В результате выполнения машинного эксперимента были получены графики переходных процессов регулирования положения золотника дросселя регулируемого гидроуправляемого. Исследование исходных графиков показало необходимость увеличения положительного перекрытия дроссельного делителя и введения дополнительного дросселя на выходе ЭГП. Величина положительного перекрытия $\delta = 0,3$ мм, диаметр дросселя $d_{др} = 0,6$ мм. В результате время переходного процесса перемещения золотника ДРГ составило 1,1 с, погрешность позиционирования золотника ДРГ менее 1 %, что соответствует техническим требованиям к регулятору.

Список литературы: 1. Бондарь В.А. Новыє рішення в гидроприводі тракторів // Промислова гідроліка і пневматика. — 2003. — № 2. — С. 81 — 84. 2. Попов Д.Н. Динаміка і регулювання гідро- і пневмосистем.: Учебник для ВУЗів, 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1987. — 464 с. 3. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления. — М.: Машиностроение, 1972. — 376 с. 4. Следящие приводы. Часть 2. Под ред. Б.К. Чемоданова. — М.: Энергия, 1976. — 384 с. 5. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода. К.: Техника, 1977. — 320 с.

Поступила в редколлегию 15.03.2012

УДК 539.3

Е.Н. МИХАЙЛУЦА, ст. преп., директор центра непрерывного образования, ЗГИА, Запорожье

СТАЦИОНАРНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ОБОЛОЧКИ С УПРУГИМ СОЕДИНЕНИЕМ СЛОЕВ

Получено стационарное решение задачи о движении несимметричной нормальной нагрузки вдоль бесконечно длинной двухслойной цилиндрической оболочки с тонким упругим соединением. Исследовано влияние диссипативных свойств прослойки на картину напряженно-деформированного состояния конструкции.

Ключевые слова: диссипация, инерциальность прослойки, преобразование Фурье.

Отримано стаціонарне рішення задачі про рух невісесиметричного нормального навантаження вздовж нескінченно довгої двошарової циліндричної оболонки з тонким пружним з'єднанням.