

УДК 621.22

ДИНАМИКА УЗЛА «ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – ЗОЛОТНИК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ» ГИДРОАГРЕГАТА ТРАКТОРА

Лурье З. Я., д. т. н., проф., Цента Е. Н., асп.

Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПИ»

E-mail: lyakovle@kpi.kharkov.ua

Макей В. А., вед. инж.

ООО «Промгидропривод», г. Харьков

61177, Харьков, пер. Пластичный, 4

E-mail: promgidroprivod@online.com.ua

Викладено результати досліджень динамічних характеристик вузла «електрогидравлічний перетворювач – золотник гідророзподільника» гідроагрегата навісного обладнання трактора з урахуванням нелінійності елементів, двофазності робочої рідини.

Ключові слова: динамічні характеристики, електрогидравлічний перетворювач, золотник, гідроагрегат, навісне обладнання.

Article contains the research results of dynamic characteristics of «electro-hydraulic transducer – hydraulic distributor control valve» of hydraulic unit assembly of the tractor mounting equipment allowing for the components non-linearity, the working fluid two-phasing.

Key words: dynamic characteristics, electro-hydraulic transducer, control valve, hydraulic unit, mounting equipment.

Введение. Значительную роль в гидросистеме трактора играет гидроагрегат (ГА) навесного оборудования (НО), который позволяет улучшить различные операции обработки земли (вспашка, боронование и др.). Для оценки эффективности ГА НО трактора важным являются его динамические характеристики. В связи с этим разработаны математические модели, приведенные в работах [1-3], позволяющие оценить влияние различных параметров на показатели качества переходных процессов, определяемые структурой ГА, элементной базой, законом управления.

Анализ литературных источников. В развитии ГА сельскохозяйственной техники наметилась тенденция соединения функций гидравлики и управляющей электроники, построения ГА в целом чувствительным к нагрузке («гидроагрегаты с LS-регулируемым») [4]. Среди подобных ГА следует отметить ГА фирмы «Bosch» (ФРГ) [5], «Danfoss» (Дания), ИМИНМАШ НАНБ (Беларусь) [6] и разработанный отечественный ГА НО для трактора Т-150К ОАО «ХТЗ». Гидроагрегатами с LS-регулируемым также оснащают свою технику в Западной Европе фирма Atlas-Weyhausen, Allise-Chalmers (США), Kato (Япония) и др. [4]. Однако, отсутствие информации в виде осциллограмм переходных процессов не позволяет дать оценку показателям качества переходных процессов.

Из аналитического обзора работ, посвященных ГА НО, следует, что вопросам динамики уделено недостаточное внимание. Поэтому исследование

динамики ГА НО трактора является актуальной задачей.

Цель работы. Исследование динамических характеристик узла «ЭГП – золотник ГР» как одного из важных составляющих ГА НО трактора, созданного ОАО «ХТЗ», НИИГидроприводом и НПП «Хартрон-экспресс».

Материал и результаты исследования. Настоящая статья посвящена динамическим характеристикам узла «электрогидравлический преобразователь (ЭГП) – золотник гидрораспределителя (ГР)» гидроагрегата (ГА) навесного оборудования (НО) трактора.

В математической модели узла учитывается нелинейность элементов ГА, двухфазность рабочей жидкости (РЖ), положительные перекрытия дросселирующих щелей, ограничения перемещений плунжера ЭГП и золотника ГР.

Для решения поставленной задачи дополним математическую модель узла “электрогидравлический преобразователь – золотник гидрораспределителя”, приведенную в работе [1], следующим образом.

Сформируем на ЭГП управляющее воздействие $U_v(t)$, которое равно разнице между задающим сигналом на ГА и сигналом обратных связей по положению НО или усилию или их комбинации:

$$U_v(t) = \begin{cases} 10,85В & \text{при } 0 \leq t \leq 2,5 \text{ с} , \\ 0 & \text{при } 2,5 < t \leq 5 \text{ с} , \\ -10,85В & \text{при } 5 < t \leq 7,5 \text{ с} , \\ 0 & \text{при } t > 7,5 \text{ с} . \end{cases} \quad (1)$$

Управление $U_y(t)$ выбрано условно и представляет собою ступенчатое воздействие, которое при исследовании динамики систем является типовым и наиболее жестким.

На основе модели, представленной в работе [1], в пакете имитационного моделирования VisSim была построена структурно-функциональная схема, состоящая из блоков исходных данных, сигнала рассогласования между заданием на подъем или опускание НО и сигналами обратных связей о фактическом перемещении штока ГЦ и золотника ГР, процессов в ЭГП и ГР. В состав схемы входят блоки осциллографов (Plot) для визуализации переходных процессов в ГА. Отметим, что давление p_3 , поступающее на торец золотника ГР линейно зависит от перемещения $x_{Э1} = x_{Э1} - \Delta_Э$ плунжера ЭГП₁.

С целью уменьшения объема иллюстраций проведенных исследований из 13-ти осциллограмм переходных процессов приводятся только 4 наиболее важных.

На рис. 1 изображены кривые таких переменных: управляющего воздействия U_y , тока I_1 в цепи электромагнита ЭГП₁, перемещения $x_{ГР0}$ золотника и с учетом положительного перекрытия $\Delta_{ГР}$ (определяемого как $x_{ГР1} = x_{ГР0} - \Delta_{ГР}$), давления p_3 . Осциллограммы получены при $T_L = 0,1$ с и ступенчатых входных сигналах согласно неравенства (1).

Кривые переменных I_1 и p_3 соответствуют подъему НО (при работе ЭГП₁). Аналогичным образом выглядят осциллограммы I_2 и p_4 , полученные при опускании НО (при работе ЭГП₂) (на рисунках не приведены).

Ток I_1 достигает максимального значения, равного 1,05 А, в начальный момент времени, затем выходит на установившееся значение 0,65 А, а при $t = 2,5$ с снижается до значения 0,1 А.

Давление p_3 имеет пиковое значение 0,58 МПа в момент включения (т.е. при $t = 0$), при $t = 2,5$ с снижается до нуля.

Перемещения $x_{ГР1}$ и $x_{ГР0}$ в моменты ступенчатого изменения управляющего сигнала имеют колебания: в начальный период подъема НО имеют пиковые значения соответственно 0,8 и 0,65 см с последующим снижением до 0,7 и 0,55 см. При $t = 5$ с $x_{ГР1}$ и $x_{ГР0}$ также имеют пиковые значения, равные соответственно -0,8 и -1 см (это означает, что золот-

ник движется в обратную сторону при опускании НО), а при $t = 7,5$ с золотник возвращается в исходную позицию.

Во всех процессах есть участки колебаний, что объясняется ступенчатым управляющим воздействием.

При введении апериодического звена с передаточной функцией

$$W(S) = \frac{1}{0,2S + 1} \quad (2)$$

при подаче сигнала 10,85 и -10,85 В согласно неравенства (1) происходит сглаживание кривых. Переходные процессы с такими входными сигналами приведены на рис. 2. Если сравнить рис. 1 и 2, то можно отметить, что кривые рис. 2 более гладкие за счет введения передаточной функции (2). Снизились пиковые значения переменных: I_1 с 1,05 до 0,7 А, p_3 с 0,58 до 0,36 МПа. Кривые $x_{ГР1}$ и $x_{ГР0}$ рис. 2 имеют установившиеся значения в начальный период соответственно 0,7 и 0,55 см (подъем НО), а при t от 5 до 7,5 с соответственно -0,65 и -0,8 см (опускание НО). При $t = 7,5$ с переменные $x_{ГР1}$ и $x_{ГР0}$ по сигналу управления (1) выходят на нулевое значение, а золотник возвращается в исходную позицию.

В целом, проведенные исследования показали, что разработанная модель узла «ЭГП – золотник ГР» отражает качественно и количественно динамические характеристики этой важной составляющей ГА НО.

Осциллограммы, представленные на рис. 1, 2, получены при следующих данных:

активное сопротивление цепи электромагнита $R = 6,66$ Ом; начальный ток $I_0 = 0,1$ А; постоянная времени $T_L = 0,1$ с; электрическое напряжение в сети $U = 12$ В; максимальный ток электромагнита $I_{\max} = 1,8$ А; коэффициент противоэ.д.с. $K_{ПЭ} = 0,15$ Вс/см; коэффициент усиления тяговой характеристики электромагнита $K_{F_i} = 30,67$ Н/А; эффективная площадь плунжера ЭГП $A_Э = 0,5024$ см²; положительное перекрытие плунжера ЭГП – $\Delta_Э = 0,015$ см; диаметр золотника ЭГП $d_Э = 0,8$ см; масса подвижных частей ЭГП $m_Э = 0,01$ кг, максимальный ход плунжера ЭГП $x_{Э\max} = 0,13$ см; положительное перекрытие золотника ГР $\Delta_{ГР} = 0,15$ см; коэффициент жесткости центрирующей пружины $C_{ПР} = 8,8$ Н/см.

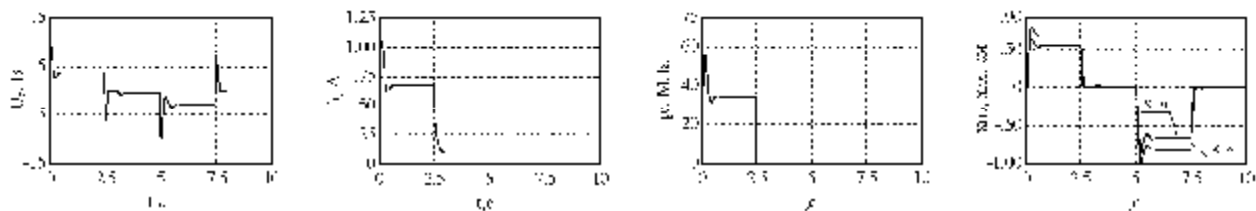


Рисунок 1 – Кривые процессов в модели с двумя ЭГП и золотником ГР при имитации подъема и опускания НО с $T_L = 0,1$ с и ступенчатым входным воздействием

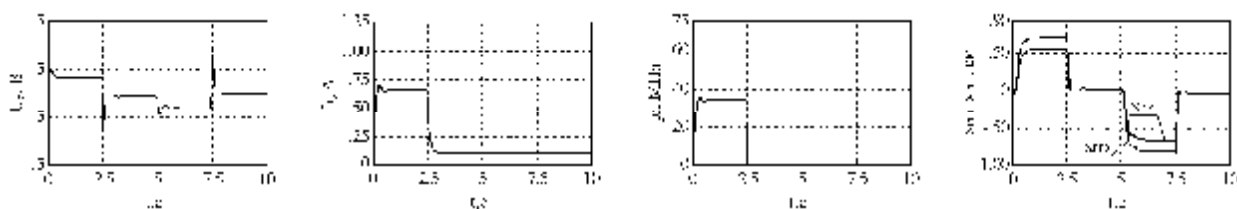


Рисунок 2 – Осциллограммы процессов в модели с двумя ЭГП и золотником ГР при имитации подъема и опускания НО с $T_L = 0,1$ с и сглаженными входными сигналами

Выводы. 1. Построенная на основе модели структурно-функциональная схема и набранная в пакете имитационного моделирования на ЭВМ, позволяет получить динамические характеристики исследуемого узла в режиме подъема и опускания НО и сформировать практические рекомендации по улучшению показателей качества.

2. Для избежания пиков переменных ГА (в частности тока электромагнита, давления на выходе ЭГП, перемещения золотника ГР и др.), в основном вызванных ступенчатыми управляющими воздействиями целесообразно применять для сглаживания кривых, например, апериодические звенья.

3. Проведенные исследования динамики узла «ЭГП – золотник ГР» показали, что подобный узел может быть использован в гидроагрегатах других мобильных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель узла «электрогидравлический преобразователь – золотник гидрораспределителя» гидроагрегата навесного оборудования трактора // Промислова гідроліка і пневматика. – 2007. – № 3 (17). – С. 96 – 98.

2. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель узла «гидрораспределитель – гидроцилиндр» гидроагрегата навесного оборудования трактора // Вісник Східноукраїнського університету імені Володимира Даля. – 2007. – Ч. 2. – № 3 (109). – С. 89 – 93.

3. Лурье З. Я., Цента Е. Н. Математическая модель клапана давления гидроагрегата с чувствительностью к нагрузке // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета / Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 200 – 203.

4. Козлов Л. Г. Вдосконалення систем керування гідроприводів з LS-керуванням: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.03 / Він. держ. техн. ун-т. – Вінниця, 2000. – 19 с.

5. Бондарь В. А. Новые решения в гидроприводе тракторов // Промислова гідроліка і пневматика. – 2003. – № 2. – С. 81 – 84.

6. Строк Е. Я., Бельчик Л. Д. Разработка перспективных конструкций систем управления навесным устройством трактора // Тр. XI Междунар. науч.-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века». – Донецк: ДонНТУ, 2004. – Т. 3. – С. 162 – 166.

Стаття надійшла 05.05.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Саленком О.Ф.