

Соколова Я.В., Таванюк Т.Я., Соколов В.И.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Sokolova Ya.V., Tavanyuk T.Ya., Sokolov V.I.

THE SYNTHESIS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF SPECIAL TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH ELECTRO HYDRAULIC DRIVE

Разработана система автоматического управления специальным технологическим оборудованием с электрогидравлическим приводом, позволяющая реализовывать оптимальные законы перемещения выходного звена. Обосновано использование комбинированной системы автоматического управления процесса пластической деформации. Представлены результаты моделирования влияния применения фильтра Калмана-Бьюси в системе автоматического управления на качество регулирования переходных процессов электрогидравлического привода.

***Ключевые слова:** динамические характеристики, корректирующее звено, наблюдатель Калмана, стохастическое возмущение, переходной процесс.*

Введение

Ресурсосберегающие технологии производства и обработки металлов давлением в машиностроении выдвигает ряд задач по повышению эксплуатационных возможностей автоматических машин и механизмов с гидравлическими приводами, повышения их быстродействия, точности и качества переходных процессов. Решение этих задач связано с синтезом систем автоматического управления оборудованием – изменением параметров или структуры привода. В большинстве случаев для достижения цели используют дополнительные корректирующие устройства или комбинированное управление.

Из большого числа корректирующих цепей в автоматических электрогидравлических приводах специального технологического оборудования преимущественно применяют отрицательные обратные связи. Дополнительный отрицательный сигнал поступает в сравнивающее устройство вместе с сигналом главной обратной связи. Конструктивное исполнение корректирующих устройств бывает различным, и в совокупности их можно разделить на две большие группы: гидромеханические и электрические [3, 6, 7].

Цель

Целью работы является синтез системы автоматического управления специального технологического оборудования с электрогидравлическим приводом.

Методика исследования

Для решения задачи повышения точности обработки предлагается использовать комбинированную систему автоматического управления процессом перемещения, в которой изменение напряжения на входе процесса корректируется пропорционально разности фактического и заданного перемещения, благодаря чему обеспечивается возможность реализации оптимальных законов движения выходного звена. Корректировка осуществляется по прямому показателю качества регулирования – изменению перемещения, что позволяет снизить колебательность, т.е. увеличить запас устойчивости ЭГП при сохранении допустимой скоростной ошибки слежения [5].

Структурная схема САУ представлена на рис. 1.

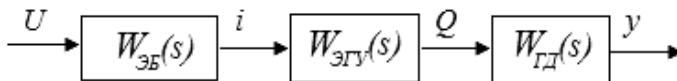


Рис. 1. Структурная схема электрогидравлического привода, как объекта автоматического управления: $W_{ЭБ}(s)$ – передаточная функция электрического блока; $W_{ЭГУ}(s)$ – передаточная функция электрогидравлического усилителя; $W_{ГД}(s)$ – передаточная функция гидродвигателя

Так как на процесс оказывают влияние стохастические возмущающие воздействия $V_0(t)$ и измерение перемещения всегда сопровождается помехами – шумом наблюдения $V_H(t)$, то необходимо рассматривать задачу оптимального управления при неполной информации о состоянии системы. При синтезе системы автоматического управления процессом пластической деформации необходимо находить оптимальную оценку состояния системы [1].

Система автоматического управления процессом при стохастических возмущающих воздействиях должна обеспечивать заданную точность перемещения с учетом переменных параметров объекта управления. Поставленная задача может быть достигнута соответствующим выбором структуры системы управления и параметров настройки регулятора.

Основным управляющим воздействием является изменение напряжения. Основным параметр, который характеризует процесс обработки давлением, – точность позиционирования [2].

Задача синтеза системы автоматического управления процессом пластического формообразования при стохастических возмущающих воздействиях заключается в следующем.

Дифференциальное уравнение объекта управления имеет вид [5]:

$$\begin{aligned} y \cdot s \cdot (T_{0y}s + 1) \cdot (T_{эy}s + 1) &= k_{об} \cdot U + V_0, \\ y \cdot (a_0s^3 + a_1s^2 + a_2s + a_3) &= b_0 \cdot U + V_0, \\ a_0y^{(3)} + a_1y^{(2)} + a_2y^{(1)} + a_3y &= b_0 \cdot U + V_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $y^{(n)}$ – n -я производная по времени выходной координаты состояния объекта управления, $n = 1, 2, 3$;

U – управляющее воздействие,

a_i, b_k – константы, $i = 0, 1, 2, 3, k = 0$.

В матричной форме уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + V_0(t), \\ y &= Cx + V_H(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где x – фазовый вектор переменных состояния объекта автоматического управления;

u – управляющее воздействие;

y – выходная переменная;

A – матрица параметров объекта управления;

B – матрица входных параметров;

C – матрица выходных параметров;

$V_0(t)$ – белый шум объекта;

$V_H(t)$ – шум наблюдения.

Так как основное назначение системы автоматического управления специального технологического оборудования с электрогидравлическим приводом – обеспечение точности перемещения при возмущающих воздействиях, то задача синтеза системы – достижение минимума результирующей ошибки [4].

Любое, даже кратковременное повышение значения напряжения приводит к появлению колебательности в системе. Поэтому необходимо минимизировать дисперсию сигналов для обеспечения необходимых технологических требований к качеству обработки. Критерий оптимальности управления имеет вид:

$$J = \int_0^{t_f} (\tilde{Q}x^2(t) + \tilde{R}u^2(t))dt \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $x(t)$ – фазовый вектор переменных состояния объекта автоматического управления (ошибка управления);

$u(t)$ – управляющее воздействие;

\tilde{Q} – положительно определенная матрица, характеризующая качество управления;

\tilde{R} – величина ограничения управляющего воздействия.

В связи с тем, что стохастическое возмущающее воздействие, приложенное к объекту управления, проявляет себя независимо от управляющего сигнала, то синтез системы автоматического управления процессом давления выполнен с учетом аддитивной помехи.

Поэтому решение задачи синтеза стохастической линейной оптимальной системы при неполной информации о состоянии согласно методу разделения разбивается на две:

- задачу синтеза линейного оптимального наблюдателя;
- детерминированную задачу синтеза оптимальной системы [1].

Первая задача решается синтезом наблюдателя Калмана–Бьюси, структурная схема которого представлена на рис. 2.

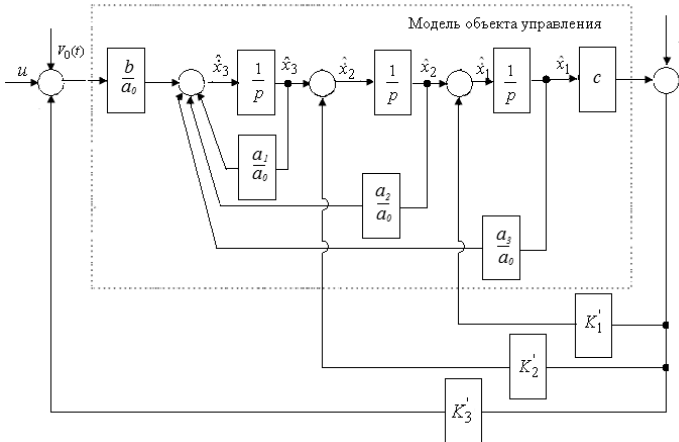


Рис. 2. Структурная схема наблюдателя Калмана–Бьюси:
 K'_1, K'_2, K'_3 – коэффициенты усиления наблюдателя Калмана–Бьюси,
 $V(t)$ – случайный сигнал типа «белый шум»

Для синтеза оптимального линейного регулятора применяется метод динамического программирования.

Результаты исследований

Моделирование системы автоматического управления специальным технологическим оборудованием с электрогидравлическим приводом выполнено с использованием пакета прикладных программ Matlab [6].

На рис. 3 показано влияние вектора коэффициентов усиления наблюдателя Калмана-Бьюси K' на переходной процесс.

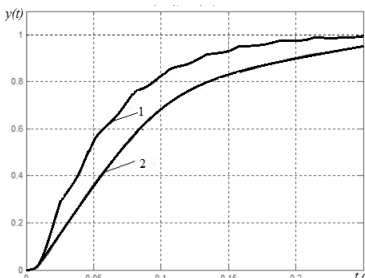


Рис. 3. Переходной процесс САУ: 1 – без использования фильтра Калмана-Бьюси; 2 – с использованием фильтра Калмана-Бьюси

Результаты моделирования показывают, что использование наблюдателя Калмана-Бьюси позволяет подавлять приложенные возмущения, что приводит к улучшению качества переходных процессов, повышению точности перемещения.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований обосновано использование комбинированной системы автоматического управления, в которой изменение напряжения на входе процесса корректируется пропорционально разности фактического и заданного перемещения, благодаря чему обеспечивается возможность реализации оптимальных законов движения выходного звена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов А.А. Теория автоматического управления. ч. 2 / А.А. Воронов, Д.П. Ким, И.М. Лохин. – М.: Высш.шк., 1986. – 504 с.
2. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин – М.: Машиностроение, 1972. – 230 с.
3. Григорьев В.В. Синтез систем автоматического управления / В.В.Григорьев, Н.В. Журавлева, Г.В. Лукьянова. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 108 с.
4. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо. – М.: Бином, 2004. – 195с.
5. Ермаков О.А. Выбор и расчет корректирующих цепей для электрогидравлической следящей системы / О.А. Ермаков – М.: МАДИ, 1985. – 350 с.
6. Лазарев Ю.П. Моделирование процессов и систем в MATLAB / Ю.П. Лазарев - СПб.: Изд. ВHV, 2005. - 512 с.
7. Месропян А.В. Особенности коррекции электрогидравлических следящих приводов / А. В. Месропян // Вестник СГАУ им. С.П.Королева.-2009.- №1.-С. 134-144.

REFERENCES

1. Voronov A.A. Teorija avtomaticheskogo upravlenija. ch. 2 [Theory of automatic control]. Moscow: Higher school., 1986. – 504 p.
2. Gamynin N.S. Gidravlicheskij privod sistem upravlenija [Hydraulic drive of control systems]. Moscow: Mashinostroenie, 1972. – 230 p.
3. Grigor'ev V.V. Sintez sistem avtomaticheskogo upravlenija [the synthesis of automatic control systems]. SP: BHV, 2007. – 108 p.
4. Gudvin G.K. Proektirovanie sistem upravlenija [Designing of control systems]. Moscow: Binom, 2004. – 195 p.
5. Ermakov O.A. Vybór i raschet korrekirujushhijh cepej dlja jelektro-gidra-vlicheskoj sledjashhej sistemy: uch. pos. [Selection and calculation of correcting circuits for electro-hydraulic servo system: a manual]. Moscow: MADI, 1985. – 350 p.
6. Lazarev Ju.V. Modelirovanie processov i sistem v MATLAB [The processes and systems modeling in MATLAB]. SPb.: BHV, 2005. – 512 p.
7. Mesropjan A. V. Osobennosti korrekcii jelektrogidravlicheskih sledjashhijh privodov. Vestnik CGAU Sergej Korolev, 2009, Vol. 1, pp. 134 – 144.

Соколова Я.В., Таванюк Т.Я., Соколов В.И. Синтез системи автоматичного керування спеціальним технологічним обладнання з електрогідравлічним приводом.

Розроблено систему автоматичного керування спеціальним технологічним обладнанням з електрогідравлічним приводом, що дозволяє реалізовувати оптимальні закони переміщення вихідної ланки. Обґрунтовано використання комбінованої системи автоматичного управління процесу пластичної деформації. Представлено результати моделювання впливу застосування фільтра Калмана-Бьюсі в системі автоматичного управління на якість регулювання перехідних процесів електрогідравлічного приводу.

Ключові слова: динамічні характеристики, коригуючі ланка, спостерігач Калмана, стохастичне збурення, перехідний процес.

Sokolova Ya.V., Tavanyuk T.Ya., Sokolov V.I., The synthesis of automatic control system of special technological equipment with electro hydraulic drive.

The automatic control system of special technological equipment with electrohydraulic drive development. The use the combined control system confirmed. Correction is carried out by a direct parameter of quality control - changes movement. Block diagram of the observer reported. Model the effect of the observer Kalman-Byusi on the quality regulation work processes drive perform in the program MATLAB. Improvement drive characteristics when using the filter got. The influence applying the filter on the quality control processes of drive and quality of the movement of the transition process are obtained.. automatic control system for special technological equipment with electrohydraulic drive which allows to realize the optimal law of displacement output unit is designed.

Keywords: dynamics, correction network, Kalman observer, stochastic perturbation, the transition process.

Соколова Я.В. - канд. техн. наук, доцент Восточноукраинского национального университета им. Владимира Даля, г. Луганск, Украина.
e-mail: ya.v.sokolova@inbox.ru

Таванюк Т.Я. – аспирант Восточноукраинского национального университета им. Владимира Даля, г. Луганск, Украина.
e-mail: ttavanyuk@gmail.ru

Соколов В.И. – д-р техн. наук, профессор Восточноукраинского национального университета им. Владимира Даля, г. Луганск, Украина.
e-mail: sokolov@snu.edu.ua