

УДК 621.22.62-82

## КОРРЕКЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Таванюк Т.Я., Соколова Я.В.

## CORRECTION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS AUTOMATIC ELECTROHYDRAULIC ACTUATORS MACHINE BUILDING EQUIPMENT

Tavanyuk T.Ya., Sokolov Ya.V.

*Рассмотрены методы коррекции электрогидравлических приводов. Обосновано использование пропорционально-дифференциального регулятора для коррекции динамических характеристик электрогидравлического следящего привода оборудования для обработки давлением. Даны рекомендации по выбору рациональных параметров настройки корректирующего звена.*

**Ключевые слова:** динамические характеристики, корректирующее звено, передаточная функция, переходной процесс.

**Введение.** Современные требования к машиностроительному оборудованию, в частности, оборудованию для механической обработки материалов, предъявляют всевозрастающие требования к качеству регулирования автоматических приводов, а именно их быстрдействию и качеству переходного процесса. Стремление достигнуть высокой точности за счет увеличения коэффициента усиления разомкнутого контура привода (т.е. его добротности) дает появление недопустимой колебательности привода в переходном процессе.

В связи с этим появляется необходимость в изменении параметров или структуры привода. Для того чтобы обеспечить требуемый запас устойчивости, можно оценить возможность изменения конструкций элементов и устройств привода с целью уменьшения постоянных времени соответствующих им динамических звеньев. Существенная переделка агрегатов привода не всегда возможна, а иногда и не дает желаемого результата (если инерционная нагрузка на привод большая, а силы трения в исполнительном механизме незначительные). Поэтому выход из затруднительного положения находят при использовании дополнительных корректирующих устройств [1].

**1. Анализ последних исследований и публикаций.** Из большого числа корректирующих цепей в автоматических электрогидравлических

приводах машиностроительного оборудования преимущественно применяют отрицательные обратные связи. В некоторых случаях последняя охватывает только часть следящего привода, например, гидродвигатель и усилитель мощности, в других – почти весь. 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 [2,3].

Цель статьи. Целью данной работы является разработка рекомендаций по коррекции динамических характеристик автоматического электрогидравлического привода машиностроительного оборудования, выбору типового корректирующего звена для следящего привода оборудования для механической обработки материалов и его параметров настройки.

**2. Материалы и результаты исследования.** Используют следующие гидромеханические методы коррекции электрогидравлических следящих приводов (ЭГСП) с дроссельным регулированием:

1. Введение перетечки жидкости между полостями гидроцилиндра.

Известно, с увеличением утечек и перетечек в гидродвигателе колебательность следящего привода снижается. Вместе с тем постоянные повышенные утечки и перетечки снижают точность слежения в установившемся режиме работы следящего привода, поэтому применяют корректирующее устройство, работающее по принципу динамических перетечек жидкости. Оно создает перетечки жидкости при переходном процессе и прекращает их в установившемся режиме работы.

2. Обеспечение дополнительной обратной связи путем использования упругости опоры гидроцилиндра.

3. Подключение демпфера к золотнику.

4. Включение дополнительных обратных связей, создающих сигналы по производным от давления в полостях гидроцилиндра или по производным от перемещения его штока.

Общий подход при выборе корректирующего устройства вытекает из поставленной задачи: снизить колебательность, т.е. увеличить запас устойчивости ЭГСП при сохранении допустимой скоростной ошибки слежения. Дополнительная обратная связь не должна реагировать на установившуюся скорость следящего привода. Ее отрицательный сигнал должен быть пропорционален второй производной от перемещения выходного звена, т.е. его ускорению. Только в этом случае можно решить поставленную задачу.

При корректировании ЭГСП с дроссельным регулированием с помощью электрических устройств используют различные вспомогательные контуры, которые составлены из элементов, обладающих емкостью, индуктивностью и активным сопротивлением. Соединения из таких элементов позволяют получить динамические звенья с характеристиками, близкими к характеристикам форсирующих звеньев первого и второго порядков, или реальные дифференцирующие звенья [4]. Электрические корректирующие устройства могут быть включены последовательно в цепь управления электромеханическим преобразователем, а также могут быть применены для организации в основном контуре привода дополнительных обратных связей, создающих сигналы по производным от отдельных переменных величин по времени.

Методы корректирования, основанные на применении электрических устройств, достаточно просто осуществить. Они особенно целесообразны в тех случаях, когда необходимо исправить характеристики изготовленного привода или

привода, собираемого из готовых модулей. Однако электрические устройства не всегда обеспечивают требуемую надежность работы привода, и кроме того, они могут вызвать появление помех, искажающих формируемые в контуре привода сигналы управления. Отмеченные недостатки электрических корректирующих устройств в меньшей степени проявляются при использовании гидромеханических корректирующих устройств. Однако такие устройства обычно органически связаны с конструкцией ЭГУ или исполнительного гидродвигателя, и поэтому их применение должно быть предусмотрено при создании привода.

Исходя из вышеизложенного, для коррекции динамических свойств ЭГСП с дроссельным регулированием оборудования для обработки давлением следует рекомендовать последовательную установку в цепь электромеханического преобразователя ЭГУ корректирующего звена - пропорционально-дифференциального регулятора с передаточной функцией

$$W_k(s) = Ts + k, \tag{1}$$

где  $T$  – постоянная времени корректирующего звена;  $k$  – коэффициент передачи корректирующего звена.

Следует отметить, что корректирующее звено может быть выполнено как электрическое устройство или запрограммировано при использовании ЭВМ для управления ЭГСП и формирования главной обратной связи.

Для моделирования динамических характеристик ЭГСП с корректирующим звеном в среде *Simulink* пакета *MATLAB* разработана блок-диаграмма, которая представлена на рис. 1.

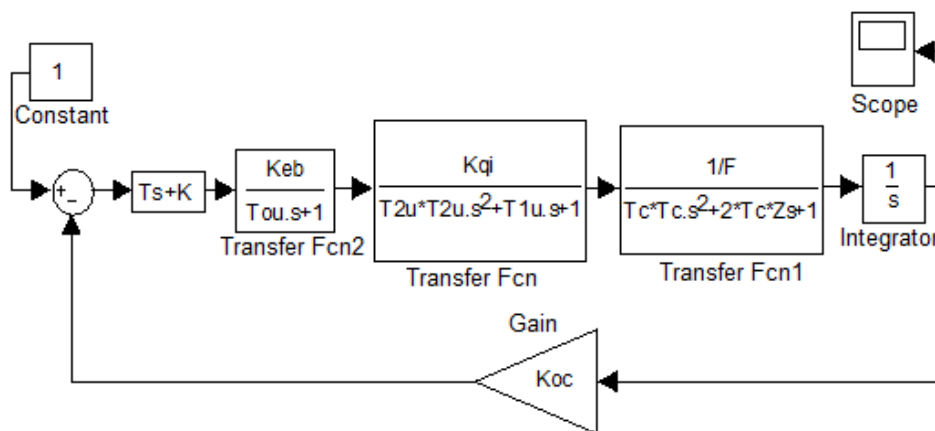


Рис. 1. Блок-диаграмма для моделирования динамических характеристик ЭГСП с корректирующим звеном в среде *Simulink* пакета *MATLAB*

На рис. 2 показано влияние постоянной времени  $T$  корректирующего звена на переходной процесс при коэффициенте передачи  $k=0$  (расчет выполнен для привода с максимальной нагрузкой 160 кН и скоростью слежения 0,05 м/с). Как видно, несмотря на то что переходной процесс перестает быть аperiodическим, он имеет все же монотонный характер. Это вполне допустимо для автоматического привода специального технологического оборудования, в частности, ЭГСП оборудования обработки давлением.

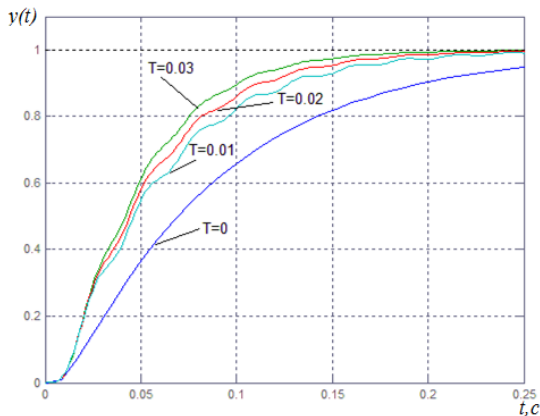


Рис. 2. Влияние на переходной процесс постоянной времени  $T$  корректирующего звена

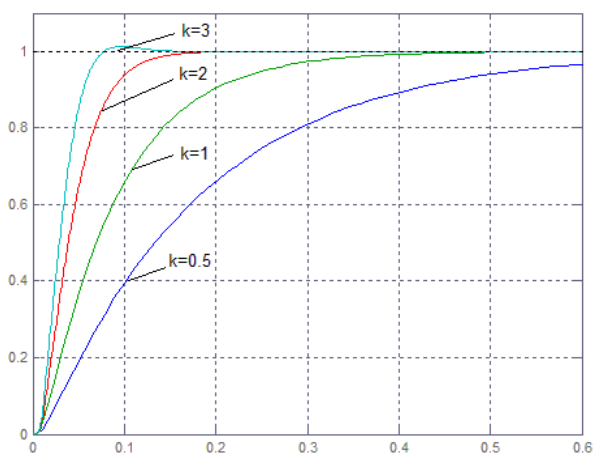


Рис. 3. Влияние на переходной процесс коэффициента передачи  $k$  корректирующего звена

Характер влияния на переходной процесс коэффициента передачи  $k$  корректирующего звена при постоянной времени  $T=0$  представлен на рис. 3 для тех же основных параметров привода.

Результаты моделирования влияния параметров корректирующего звена на качество регулирования показывают, что вопрос о выборе оптимальных параметров настройки должен решаться отдельно для конкретного привода. Для рассмотренного примера, в частности, следует рекомендовать значения постоянной времени  $T$  в

диапазоне 0,01...0,03 с и коэффициента передачи  $k$  в диапазоне 1...2, что позволяет повысить быстродействие привода более чем в 2 раза.

**Вывод.** Таким образом, на основании проведенных исследований обосновано использование пропорционально-дифференциального регулятора для коррекции динамических характеристик электрогидравлического следящего привода машиностроительного оборудования для механической обработки материалов, а также даны рекомендации по выбору рациональных параметров настройки корректирующего звена.

### Литература

1. Данилов Ю.А. Аппаратура объёмных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики / Ю.А. Данилов, Ю.Л. Кириловский, Ю.Г. Колпаков. - М.: Машиностроение, 1990. - 272с.
2. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления/ Н.С. Гамынин - М.: Машиностроение, 1972. - 230с.
3. А.М. Киринос Гидропневмопривод металлургических машин / А.М. Киринос, М.Л. Босняк – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. - 84с.
4. Ермаков О.А. Выбор и расчет корректирующих цепей для электро-гидравлической следящей системы: уч. пос./ О.А. Ермаков - М.: МАДИ, 1985. - 350с.
5. Месропян А. В. Особенности коррекции электрогидравлических следящих приводов / А. В. Месропян // Вестник СГАУ им. С. П. Королева, 2009. - №1. - С. 134-144
6. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы./ Д.П. Ким – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
7. И.В.Черных. Simulink: Среда создания инженерных приложений / И.В.Черных - "Диалог-МИФИ", Москва, 2004. - 491с.
8. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB./ Лазарев Ю. - СПб.: Изд. BHV, 2005. – 512 с.

### References

1. Danilov JU.A. Apparatura objomnyh gidroprivodov: Rabochie processy i harakteristiki / JU.A.Danilov, JU.L Kirilovskij, JU.G. Kolpakov. - M.: Mashinostroenie, 1990. - 272s.
2. Gamynin N.S. Gidravlicheskiy privod sistem upravlenija/ N.S. Gamynin - M.: Mashinostroenie, 1972. - 230s.
3. A.M. Kirnosov Gidropnevmoпривод metallurgicheskikh mashin / A.M. Kirnosov, M.L. Bosnjak – Novokuzneck: SibGIU, 2008. - 84s.
4. Ermakov O.A. Vybor i raschet korrektrirujshhih cepej dlja jelektro-gidravlicheskoj sledjashhej sistemy: uch. pos./ O.A. Ermakov - M.: MADI, 1985. - 350s.
5. Mesropjan A.V. Osobennosti korrekcii jelektrogidravlicheskih sledjashhih privodov / A. V. Mesropjan // Vestnik CGAU im. S. P. Koroleva, 2009. - №1. - S. 134-144
6. Kim D.P. Teorija avtomaticheskogo upravlenija. T.1. Linejnye sistemy./ D.P. Kim – M.: Fizmatlit, 2003. – 288 s.
7. I.V.Chernyh. Simulink: Sreda sozdanija inzhenernyh prilozhenij / I.V.Chernyh -"Dialog-MIFI", Moskva, 2004. - 491s.

8. Lazarev JU. Modelirovanie processov i sistem v MATLAB./ Lazarev JU. - SPb.: Izd. BHV, 2005. - 512 s.

**Таванюк Т.Я., Соколова Я.В. Корекція динамічних характеристик автоматичного електрогідравлічного приводу машинобудівного устаткування.**

*Обґрунтовано використання пропорційно-диференційного регулятора для корекції динамічних характеристик електрогідравлічного слідкуючого приводу устаткування для обробки тиском. Дані рекомендації що до вибору раціональних параметрів настроювання коригуючої ланки.*

**Ключові слова:** динамічні характеристики, коригуюча ланка, передавальна функція, перехідний процес.

**Tavanyuk T.Ya., Sokolova Ya.V. Correction of dynamic characteristics automatic electrohydraulic actuators machine building equipment**

*The automatic control system of special technology equipment with electrohydraulic drive development. The use the combined control system confirmed. Correction is carried out by direct parameter of quality control - changes*

*movement. Blok diagram of the observer reported. Model the effector the observer Kalman-Byusi on the quality regulation work processes drive perform in the program MATLAB. Improvement drive characteristic 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 processes obtained.*

**Key words:** dynamic performance, corrective element, the transfer function, the transition process.

**Таванюк Тетяна Яківна** – к.т.н., доцент кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

**Соколова Яна Володимирівна.** – к.т.н., доцент, докторант Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

*Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.*

Стаття подана 10.11.2015.