

УДК 630\*371.7

В.В. Побединский, А.И. Попов  
(V.V. Pobedinsky, A.I. Popov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

## СИНТЕЗ САУ ОКORОЧНОГО СТАНКА В СРЕДЕ MATLAB (SYNTHESIS ACS DEBARKING MACHINES IN MATLAB)

*Разработана методика вывода передаточной функции гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка с использованием метода частотной идентификации объекта управления. Вывод и исследование на устойчивость передаточной функции реализованы средствами MatLab.*

*The technique of output transfer function of the hydraulic drive mechanism clamp rollers debarker, using the method of identifying the frequency of the control object. Derivation and investigation on the stability of the transfer function is implemented means of MatLab.*

### Введение

Для предложенной имитационной модели гидропривода механизма прижима вальцов (МПВ) окорочного станка, реализованной в среде MatLab [1] с целью разработки системы автоматического управления приводом, требуется получить передаточную функцию. Система MatLab располагает специальными средствами для решения такой задачи методом частотной идентификации объекта управления. С этой целью были выполнены исследования, основные результаты которых приведены в настоящей статье.

Исследования включали следующие задачи:

- 1) разработку методики вывода передаточной функции гидропривода МПВ в среде MatLab;
- 2) разработку процедуры идентификации системы, оптимизации и получения передаточной функции инструментальными средствами MatLab;
- 3) исследование САУ на устойчивость и оптимизацию параметров регулятора.

Исходная система управления прижимом вальцового механизма подачи функционирует в замкнутом контуре. Цель построения контура управления заключается в нахождении передаточной функции регулятора, включаемого в контур, обеспечивающего необходимое качество процессов регулирования. Гидропривод, оснащенный системой автоматического управления, образует функционально автономное звено – сервопривод. Структурная схема сервопривода рассматриваемой конструкции приведена на рис. 1. Вывод передаточной функции регулятора включает две основные

задачи: определение вида передаточной функции и расчет ее коэффициентов. Вид передаточной функции регулятора определяется исходя из свойств объекта управления. В данном случае объектом управления является гидропривод, оснащенный золотниковым гидрораспределителем. Такая система в линейном приближении может быть принята как интегральное звено с замедлением [2].

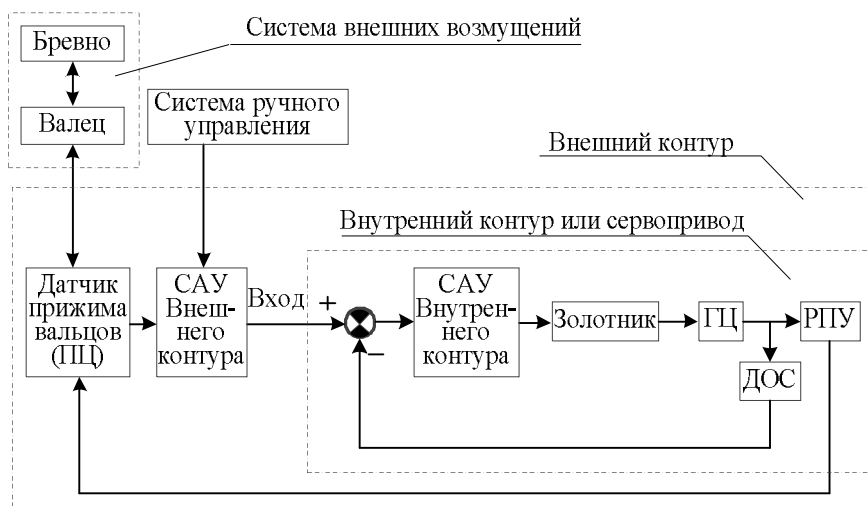


Рис. 1. Структурная схема сервопривода механизма прижима

Звено описывается следующим дифференциальным уравнением [2]

$$T \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{dx_2}{dt} = kx_1. \quad (1)$$

Передаточная функция такого звена имеет вид

$$W(p) = \frac{k}{p(1 + Tp)}, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент усиления;

$T$  – постоянная времени интегрального звена.

Для компенсации интегральной зависимости объекта управления во внутренний контур системы управления должен быть добавлен компенсатор с дифференциальной характеристикой (САУ внутреннего контура), как, например, ПД-регулятор.

Для определения коэффициентов ПД-регулятора необходимо провести исследование объекта управления в разомкнутом контуре. Такое исследование можно сделать методом частотной идентификации системы в линейном приближении средствами MatLab.

Теоретически вывод передаточной функции включает следующие основные положения. При использовании инструментальных средств частотной идентификации систем MatLab в данном случае на вход системы подается линейно частотно-модулированный сигнал. В структуре MatLab

используется утилита «Linear Analysis Tool/Exact Linearization», где анализируются сигналы на входе и выходе системы и строится амплитудно-фазочастотная (АФЧХ) система. По полученной таким образом частотной характеристике системы в приложении «System Identification Tool» с использованием АФЧХ может идентифицироваться система и будет определена ее передаточная функция.

После идентификации системы появляется возможность спроектировать компенсатор системы управления, обеспечивающий достижение требуемых динамических характеристик. Проектирование и оптимизация ПД-регулятора выполняется с использованием утилиты «PID Tuning». Полученная в результате передаточная функция ПД-регулятора будет использоваться в контуре разрабатываемой САУ гидроприводом прижима вальцов.

Для более точной настройки коэффициентов регулятора проводится исследование системы с замкнутым внутренним контуром с полученным ПД-регулятором и выполнение его оптимизации.

В процессе оптимизации проводится исследование реакции сервопривода на ступенчатое воздействие различной амплитуды из диапазона допустимых значений, а также реакции на гармонический сигнал различной амплитуды и частоты. По результатам исследования сервопривода на тестовые воздействия производится коррекция коэффициентов ПД-регулятора.

Таким образом, исследование гидропривода методом оценки частотных характеристик и получение передаточной функции выполняется по следующей методике.

1.1. Из полной имитационной модели механизма прижима вальцов [1], включающей различные подсистемы, выделяется подсистема гидропривода.

Следует учесть, что проведение оценки частотных характеристик разомкнутого контура ГП будет затруднительно в силу технологических ограничений, наложенных на разработанную модель ГП. Поскольку движение штока ГЦ ограничено его длиной, следовательно, его отклик на низкочастотный гармонический сигнал будет всегда ограничен по амплитуде, и это не позволяет для корректного проведения частотной оценки системы в полной мере воспользоваться инструментальными средствами библиотеки «Control Design». Для исключения ограничения амплитуды, вносящего нелинейность в систему, имеет смысл производить исследование ГП в замкнутом контуре с отрицательной обратной связью, включающей в себя пропорциональный регулятор и фильтр высоких частот  $W_f(p)$ , который в данном случае имеет вид

$$W_f(p) = \frac{1}{0,01p + 1}. \quad (3)$$

1.2. На следующем этапе используется утилита «Analysis Tool/Frequency Response Estimation» библиотеки «Control Design». В качестве входного сигнала выбирается линейно-частотно-модулированный сигнал.

1.3. Выполняется анализ результатов оценки частотных характеристик (рис. 2). Оценка характеристик получена как результат частотного отклика системы на линейно-частотно-модулированный сигнал.

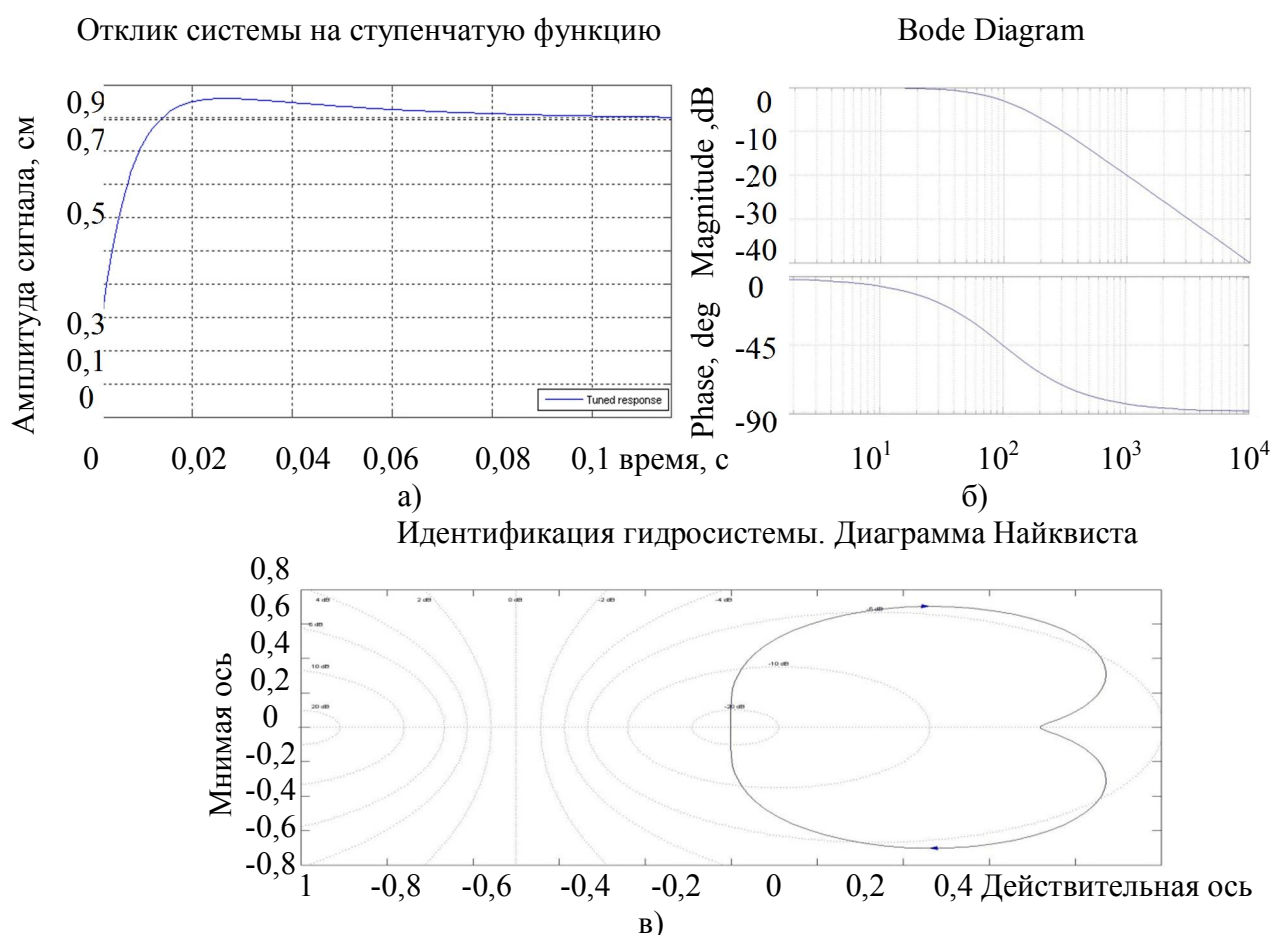


Рис. 2. Исследования результатов идентификации системы ГП и проверка на устойчивость:

- а – график переходного процесса (отклик на ступенчатую функцию) после оптимизации;
- б – график амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик (диаграмма Бode);
- в – график амплитудно-фазовой характеристики (годограф Найквиста)

1.4. Выполняется идентификация системы с получением передаточной функции и проверкой системы на устойчивость.

После получения частотного отклика системы ГП проводится идентификация системы в линейном приближении с помощью утилиты «System Identification Tool».

Эта утилита способна по частотному отклику системы описать ее в виде передаточной функции. При этом утилита рассчитывает степень идентификации. Результаты частотной идентификации системы приведены в виде передаточной функции линеаризованной системы ГП, которая имеет вид

$$W(p) = \frac{14,21p + 345}{p^2 + 23,25p + 479,7}$$

1.5. Результаты идентификации системы дают возможность исследования линейного приближения системы ГП и выполнить проверку на устойчивость. Процедура исследования на устойчивость выполняется в этой же утилите с получением графиков переходных процессов, амплитудно-частотной, фазо-частотной характеристики и амплитудно-фазовой характеристики (годограф Найквиста). Кроме проверки на устойчивость с использованием оптимизатора в утилите «PID Tuner» подобраны параметры ПИД-регулятора, обеспечивающие наилучшее качество регулирования.

1.6. При выполнении второго этапа оптимизации передаточной функции предварительно в контур обратной связи включается ПИД-регулятор с коэффициентами, рассчитанными на предыдущем этапе при оптимизации по передаточной функции линейного приближения. После этого коэффициенты регулятора оптимизируются в указанной утилите при отработке тестовых значений ступенчатого и гармонического сигналов.

### Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка разработана методика вывода передаточной функции системы с использованием метода частотной идентификации системы.

2. Для практического использования в практике проектирования гидропривода с автоматическим управлением дано описание процедуры идентификации системы, оптимизации и получения передаточной функции инструментальными средствами MatLab.

3. Для гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка получено выражение передаточной функции с оптимальными параметрами, обеспечивающими требуемое качество регулирования и устойчивость работы привода во всех диапазонах рабочих частот.

### *Библиографический список*

1. Побединский В.В., Попов А.И., Василевский Д.А. Разработка конструкции прижима вальцов окорочного станка // Вестник Саратовского ГАУ им. Вавилова. Саратов: СГАУ, 2013. № 12. С.53-56.

2. Гудвин Г.К., Гребен С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 912 с.

3. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a. [Электронный ресурс]. URL: [www.mathworks.com/](http://www.mathworks.com/)

УДК 662.753

А.П. Пупышев  
(А.Р. Pupyshnev)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ВЛИЯНИЕ ВИДА ТОПЛИВА НА ДЫМЛЕНИЕ  
ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**  
(KIND OF FUEL IMPACT ON SMOKINESS OF DIESEL ENGINE)

*Проведены исследования по определению дымности при работе на альтернативных видах топлива для тракторного двигателя.*

*The article touches upon smokiness determination for diesel engine in working with different kinds of fuel.*

Автотракторный парк в лесной промышленности РФ состоит в основном из машин, оснащенных дизельными двигателями, а работоспособность этих двигателей определяется техническим состоянием топливной аппаратуры. Переход на альтернативные виды топлива с более высокой вязкостью позволит продлить срок работы этих двигателей даже в условиях запредельного износа плунжерных пар топливных насосов и форсунок.

В качестве такого топлива предлагается использовать отработанное моторное или любое другое машинное масло при невозможности его дальнейшей рекуперации и вероятности попадания в окружающую среду, особенно в условиях удаленных лесоразработок. Масло должно предварительно отстаиваться для удаления механических примесей и воды и фильтроваться. Эксперименты показывают, что при обводнении смазочного масла отстаивание его, особенно в зимнее время, приводит к оседанию воды и примесей на дно резервуара с последующим замерзанием этого осадка. Затем масло можно слить, а осадок утилизировать.

Эксперименты показывают, что дизельный двигатель устойчиво работает на чистом моторном масле. Снижение температуры, несомненно, приведет к увеличению вязкости, что затруднит его подачу к форсункам и нормальную работу двигателя.