

possible to apply the embedding theory for the synthesis of control systems.

Due to the rapid development of microprocessor-based automation hardware to modern systems control makes more and more stringent requirements. Therefore there is a need to develop new methods of management objects with delay, taking into account the requirements imposed on the specific control systems.

Often observed in the control systems of a situation in which an object parameter with delay described by the equations for continuous systems, and regulated two-position control system. To improve the quality indicators for such systems developed mathematical tool called "hybrid dynamic systems".

In the description of modern control systems, as with delays, and without them ever more widely used the description in a state space. This presentation is most convenient to work with multi-dimensional control systems.

For transition from differential-difference equations to the model in state space we can use the structural form, called the canonical form of observability. In this case the physical meaning of the state variables of the object is conserved.

Because many of today's controllers have the ability to work in the description of the system in state space, the results of the calculation of regulators and compensators simply apply to particular processes.

Studying the issues of control of objects with delay is an important part of modern control systems. The use of modern microprocessor means allows approaching the problem of forming control actions on objects with delay from the point of view of applying increasingly complex algorithms in mathematical terms.

УДК 681.5

И.А. Хаустов, проф., д-р техн. наук
(ВГУИТ, г. Воронеж, Россия);

А.Н. Юсупбеков, д-р техн. наук
(ТГТУ, г. Ташкент, Узбекистан);

Д. С. Карпович, канд. техн. наук; Т.П. Фокин
(БГТУ, г. Минск)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АППРОКСИМАЦИИ ЗВЕНА (1-W(p)) РЕАЛЬНО ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИМ ЗВЕНОМ И АПЕРИОДИЧЕСКИМ ЗВЕНОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА

При управлении сложными объектами с большими запаздываниями зачастую требует реализацию функции $(1-W(p))$ для реализации предиктора или системы управления в целом. Данная функция

имеет сложности при реализации, обусловленные в том числе и большим запаздыванием функции $W(p)$.

Рассмотрим вариант, где нам необходимо получение функции $(1-W(p))$ путем аппроксимации звена запаздывания реально-дифференцирующим элементом.

Для этого исходную передаточную функцию со звеном чистого запаздывания

$$W_{зд}(p) = \frac{1 * e^{-\tau_{зд}p}}{T_{зд}^2 p^2 + 2T_{зд}\xi_{зд}p + 1},$$

где $\tau_{зд}$ – величина чистого запаздывания, $T_{зд}$ – постоянная времени исходной передаточной функции, $\xi_{зд}$ – коэффициент демпфирования, можно представить в виде последовательного соединения реального дифференцирующего звена и звена второго порядка вида:

$$1 - W_{зд}(p) \cong \frac{kp}{T_d p + 1} * \frac{1}{T_d^2 p^2 + T_1 p + 1}$$

где коэффициенты аппроксимирующей функции связаны с параметрами исходной функции следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} k &= 2T_{зд}\xi_{зд} + \tau_{зд}; \\ T_d &= \frac{0.5\tau_{зд} - \frac{T_{зд}^2}{\tau_{зд}}}{\frac{2T_{зд}\xi_{зд}}{\tau_{зд}} + 1}; \\ T_2 &= T_{зд}; \quad T_1 = 2T_{зд}\xi_{зд} \end{aligned} \quad [1]$$

Определим, какое влияние оказывает величины параметров исходного объекта на ошибку аппроксимации. Для этого произведём ряд симуляций с изменением одного параметра при неизменных иных параметрах и построим графики изменения модуля ошибки площади под кривой.

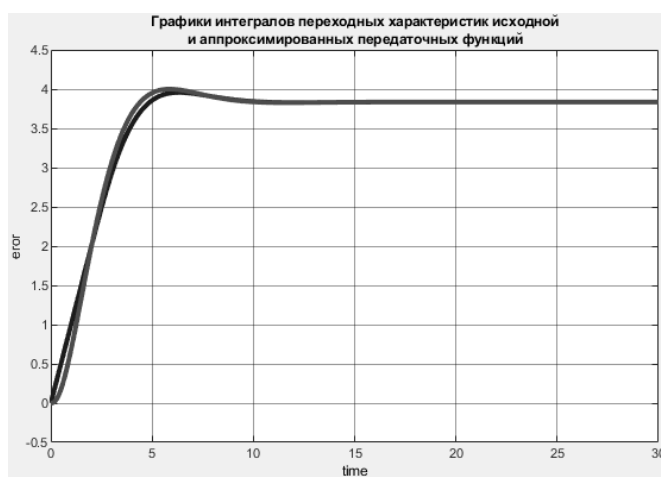


Рисунок 1 – Графики переходных характеристик исходной (синий) и аппроксимированных (красный) передаточных функций

После ряда симуляций можно получим следующую поверхность модуля ошибки аппроксимации (error) в зависимости от параметров

объекта ($\tau_{зд}$ и $T_{зд}$) (рис.2).

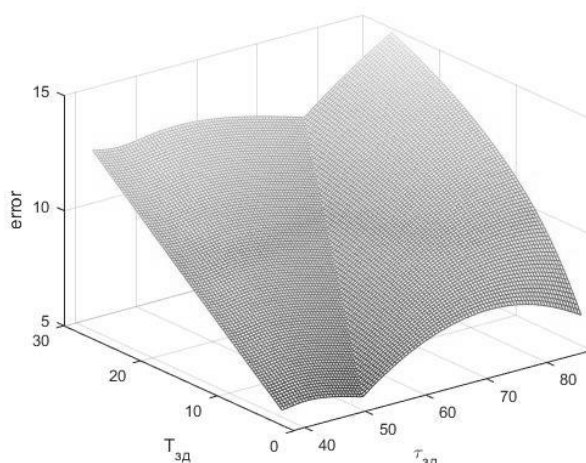


Рисунок 2 – График изменения модуля ошибки площадей под кривыми в зависимости от величины постоянной времени объекта, $T_{зд}$ и запаздывания $\tau_{зд}$

Анализ данных, представленных на рис. 2, позволяет сделать вывод о том, что модуль ошибки аппроксимации имеет тенденцию к снижению при уменьшении постоянной времени объекта $T_{зд}$ и запаздывания $\tau_{зд}$, однако при этом изменение является нелинейным и имеет ярко выраженный минимум, характер изменения которого является линейным. При этом условие корректной аппроксимации для минимизации ошибки может быть дополнено следующим условием:

$$T_{зд} = 1,5 + 1,125 * (\tau_{зд} - 51).$$

УДК 681.5

Д.В. Шиман, канд. техн. наук;

С.И. Карпович, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);

Ё.Б. Кадиров, канд. техн. наук

(НГГТУ, г. Навои, Республика Узбекистан)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА С ИНОСТРАННЫМИ СТУДЕНТАМИ

В процессе обучения иностранных студентов очень часто во весь рост встаёт вопрос языкового барьера. Особенно актуальным такой барьер является при организации занятий со студентами негуманитарных специальностей. Наличие на слайдах презентаций на нативном для студентов языке существенно повышает вовлеченность обучающихся.

Если при этом повысить долю материала, преподаваемого на родном для студентов языке, на взгляд авторов, можно еще сильнее повысить интерес студентов к изучаемому материалу.