

УДК 519-7

А.К. Клименко, канд. техн. наук

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ ОБРАТНОЙ МОДЕЛИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА

Аннотация. Рассматривается задача использования дискретной обратной модели для улучшения следящего привода. Формулируются показатели качества привода. Исследуется влияние дискретности времени обратной модели на получаемые показатели качества.

О.К. Клименко, канд. техн. наук

ПРО ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДИСКРЕТНОЇ ЗВОРОТНОГО МОДЕЛІ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СЛІДКУЮЧОГО ПРИВОДУ

Анотація. Розглядається задача використання дискретної оберненої моделі для поліпшення привода, що стежить. Формулюються показники якості привода. Досліджується вплив дискретності часу оберненої моделі на одержувані показники якості.

А. К. Klymenko, PhD

ON THE INFLUENCE OF PARAMETERS DISCRETE INVERSE MODEL ON QUALITY OF SERVO DRIVE

Abstract. The problem of using the discrete reverse model for improving a tracking drive is considered. The quality figures of the drive are formulated. An influence of discreteness of time of reverse model on received quality of figures is researched.

Введение. В решении задач управления и контроля часто возникает проблема создания обратной модели (ОМ) реального динамического объекта (ДО). Идеальная ОМ реального динамического объекта, как известно, физически неосуществима. Применение средств дискретной вычислительной техники позволило найти технические решения ОМ для ДО, описываемых уравнениями произвольного порядка. Эти ОМ являются приближенными. В них максимально сохраняются свойства идеальных. Первым из таких решений ОМ явилось корректирующее устройство, признанное изобретением [1]. Известны использования указанной ОМ в адаптивной системе [2] и в следящем приводе (СП) [3]. Основными конструктивными параметрами создаваемой ОМ являются, помимо параметров ДО, дискретность времени и конструктивный временной сдвиг. Параметры ДО принимаются неизменяемыми. В работе [2] рассматривалось влияние конструктивного временного сдвига на показатели качества создаваемой адаптивной системы.

В данной работе рассматривается влияние дискретности ОМ на показатели качества СП, который выступает как ДО, и оцениваются потери, затрачиваемые на улучшение этих показателей.

Анализ известных решений. Сначала рассмотрим те исходные данные, которые используются при конструировании ОМ, а также при оценке ее показателей качества.

Предполагается, что ДО, для которого требуется создать ОМ, линейный, стационарный, устойчив, а также может обладать чистым временным запаздыванием.

© Клименко А.К., 2011

В качестве исходного математического описания ДО выступает его переходная характеристика (ПХ) $h(t)$, именуемая также и кривой переходного процесса. ПХ может быть получена как различными аналитическими способами, так и методами электронного моделирования.

Она представлена в непрерывном времени. Обратная модель, описанная в [2], является замкнутой импульсной системой, конструктивными параметрами которой выступают дискретность времени T и конструктивный временной сдвиг. Динамический объект в дискретном времени описывается импульсной переходной функцией (ИПФ), которая является реакцией на входное воздействие в виде кратковременного импульса единичной площади. Числовой массив ИПФ может быть получен из кривой переходного процесса ДО $h(t)$ и имеет вид:

$$k(n+\tau) = h(t)\Big|_{t=(n+\tau)T} - h(t)\Big|_{t=(n-1+\tau)T}, \quad n \in [0, N_1],$$

где n – дискретное время, T – дискретность (шаг квантования) времени, N_1 – время затухания переходного процесса, τ – конструктивный временной сдвиг в сторону опережения, представленный в дискретном времени.

При выполнении данной работы используется ОМ, приведенная в [2]. Она описывается математической зависимостью:

$$c(n) = \left\{ \left(1 - \frac{h_{-1}}{h_{ust}} \right) x(n) - \sum_{m=1}^{N_1} c(n-m)k(m+\tau) \right\} / k(\tau),$$

$$\tau \geq 1,$$

где $x(n)$ и $c(n)$ – соответственно входной и выходной сигналы ОМ, $k(\cdot)$ – ИПФ ДО, $h_{-1} = h(t)\Big|_{t=T_0-T}$,

$k(\tau) = k(n + \tau)|_{n=0}$, $h_{уст}$ – установившееся значение ПХ ДО.

Известны показатели качества следящих систем, определяемые по кривой переходного процесса. Они же могут быть применены и для оценки влияния параметров ОМ на показатели качества скорректированного СП. Для этого достаточно построить кривую переходного процесса комплекса «ОМ—СП». Если бы ОМ была идеальной, то ПХ комплекса «ОМ—СП» представляла бы собой единичную ступенчатую функцию. Реальная же ПХ отличается от идеальной, и эти отличия могут выступать как показатели качества скорректированного СП.

Таковыми показателями с их символьными обозначениями являются: время переходного процесса T_l ; перерегулирование σ ; временное запаздывание T_z ; передний фронт переходного процесса T_{pf} .

В случае идеальной ОМ каждый из этих показателей должен быть равным нулю. Но на практике это недостижимо, поэтому желательно их минимизировать.

Исследование влияния величины конструктивного временного сдвига ОМ в случае использования ее в одном из классов адаптивных систем проведено в работе [2]. Для этого была создана инструментальная схема в виде комплекса из последовательно соединенных ОМ и СП. Были построены кривые ПХ созданного комплекса «ОМ—СП» при одном значении дискретности времени и различных значениях конструктивного временного сдвига. Примеры таких графиков показаны на рис.1. На рис.2 показаны графики зависимости показателей качества ОМ T_l , T_z и σ от величины конструктивного временного сдвига τ , получаемых на основании анализа приведенных на рис.1 кривых. Зависимости показателей качества от величины τ отличаются друг от друга, причем улучшение одного из показателей может сопровождаться ухудшением другого.

Из указанных рисунков следует, что при заданной дискретности времени можно путем изменения конструктивного временного сдвига получить либо доступное значение одного из показателей качества, либо желаемую совокупность показателей. Возникает необходимость решить задачу получения желаемых показателей качества СП путем изменения дискретности времени ОМ.

Исходные данные и постановка задачи. Исследование влияния дискретности времени ОМ на показатели качества СП проводится численным методом. Исходным математическим описанием СП выступает его ПХ в непрерывном времени $h(t)$.

Предполагается, что для заданного СП возможно построение кривых переходного процесса комплекса «ОМ—СП», аналогичных изображенным на рис.1. Они соответствуют одному значению дискретности времени T и семейству значений конструктивного временного сдвига τ .

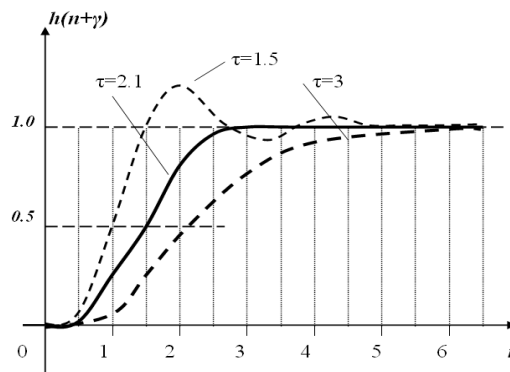


Рис.1. Примеры кривых переходного процесса при различных τ

На основании анализа полученных кривых могут быть построены графики зависимостей показателей качества скорректированного СП от конструктивного временного сдвига ОМ. Эти графики изображены на рис.2. Символом τ^* обозначено значение сдвига, при котором время переходного процесса комплекса «ОМ—СП» является минимальным.

Методика построения кривых, изображенных на рис.1 и 2, изложена в работе [2].

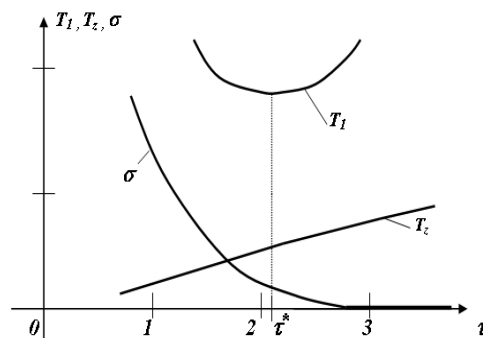


Рис.2. Зависимости показателей качества ОМ от параметра τ

Приведенные выше сведения о динамических параметрах ДО и методике построения показанных кривых являются исходными данными в дальнейшей работе.

Ставится задача установить зависимости показателей качества скорректированного СП от величины дискретности времени ОМ. Предполагается, что для каждого значения этой дискретности устанавливается оптимальное значение конструктивного временного сдвига.

Подлежат оценке также потери, обусловленные получением желаемых показателей качества.

Результаты исследования. На выбор дискретности создаваемой ОМ влияют следующие обстоятельства. Полагается, что выходная информация, которая квантована по времени, поступает на вход аналогового объекта. Частота квантования обратно пропорциональна дискретности. Для уменьшения ошибок в аналоговом объекте, порождаемых квантованием по времени входного сигнала, необходимо обеспечить достаточно высокую частоту квантования, что достигается уменьшением дискретности ОМ.

При выборе максимального значения дискретности ОМ необходимо учитывать существенное влияние его на сложность конструкции и объем вычислительных операций. Скорость выполнения вычислительных операций в ОМ определяется количеством операций, выполняемых за время переходного процесса СП T_{sp} :

$$V_N(T) = T_{sp} / T^2,$$

где символом $V_N(T)$ обозначена скорость. Она обратно пропорциональна квадрату дискретности времени и резко увеличивается при уменьшении дискретности, усложняя при этом ОМ.

Рассмотрим влияние дискретности времени на показатели качества создаваемой ОМ.

Для проведения исследований создается инструментальная схема из последовательно соединенных ОМ и СП, в которой можно изменять задаваемые конструктивные параметры. На вход комплекса подается единичная ступенчатая функция, а с выхода снимается кривая переходного процесса (ПХ). По ПХ определяются показатели качества.

Первой из подзадач исследования влияния дискретности времени на показатели качества ОМ является построение кривой зависимости оптимального значения конструктивного временного сдвига τ от величины дискретности времени. Методика решения этой подзадачи состоит в следующем. Выбирается желаемый показатель качества созданного комплекса (например, минимум времени переходного процесса при заданном значении перерегулирования). Задается числовое значение дискретности времени T . Затем подаются различные значения параметра τ , для каждого из которых строится кривая ПХ комплекса «ОМ-СП». Получается семейство кривых, аналогичных изображенным на рис.2. На основании анализа кривых строятся зависимости показателей качества от конструктивного временного сдвига. Находится оптимальное значение последнего, которое на рис.2 обозначено символом τ^* .

Берется инструментальная схема. Задаются значения параметров T и τ^* , строятся кривые переходного процесса, определяются и регистрируются показатели качества.

Излагаемая методика может быть продемонстрирована на следующем примере. Пусть ПХ исходного СП имеет вид:

$$h(t) = 1 - 7,5 \cdot e^{-100t} + 8,58 \cdot e^{-93t} - e^{-21t} \cdot [2,08 \cdot \cos(30 \cdot t) - 0,145 \cdot \sin(30 \cdot t)].$$

Задаются значения дискретности времени T от 0,005 до 0,05 с. Задается также и значение перерегулирования σ порядка одного процента как желаемый показатель качества. По величине σ определяется оптимальное значение конструктивного временного сдвига τ^* . Для каждой пары значений параметров T и τ^* строятся кривые переходных процессов комплекса «ОМ-СП», по которым определяются его показатели качества.

На рис.3 приведены графики зависимостей пока-

зателей качества скорректированного СП от величины дискретности времени. Все обозначения такие же, как на рис.2.

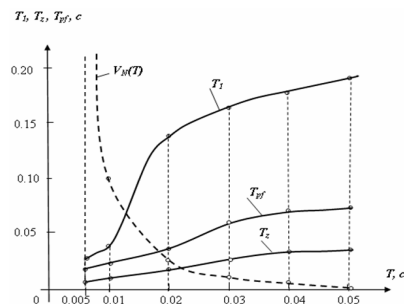


Рис.3. Примеры зависимости показателей качества ОМ от дискретности времени

График скорости вычислительных операций $V_N(T)$ изображен пунктирной линией.

Вывод. Все показатели качества скорректированного СП зависят от выбранных значений дискретности времени и конструктивного временного сдвига ОМ. Любому заданному значению дискретности времени однозначно соответствует оптимальное значение конструктивного временного сдвига в отношении выбранного показателя качества. В целом за счет уменьшения дискретности (повышения рабочей частоты) ОМ можно улучшить одновременно все показатели качества скорректированного СП. Но, как правило, за получаемое улучшение приходится платить. В нашем случае уменьшение дискретности времени требует усложнения используемых в ОМ блоков памяти и резкого увеличения количества вычислительных операций в единицу времени.

Список использованной литературы

1. А. с. СССР 1406563, МКИ G 05 В 5/01. Корректирующее устройство / Клименко А.К., Клименко В.Г. (СССР). – № 4041877/24-24; заявл. 25.03.86; опубл. 30.06.88. Бюл. № 24.
 2. Клименко А.К. О получении желаемых показателей качества в адаптивной системе с обратной моделью / А.К. Клименко // Автоматика. Автоматизация. Эл.технические комплексы и системы (ААЭКС). – 2009. – № 1. – С. 157-165.
 3. Клименко А.К. О возможности использования дискретной обратной модели в следящих системах / А.К. Клименко // Тематич. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика» науково-тех.журнал «ЕЛЕКТРОІНФОРМ» – Львів: ЕКОінформ. – 2009 – С.97-98.
- Получено 03.06.2011



Клименко
 Александр Константинович,
 канд.техн. наук,
 доцент Бердянского
 госпедуниверситета,
 г. Бердянск Запорожской обл.,
 т. 06153-703-29,
 моб. 099-304-73-79,
 E-mail: aklym@ukr.net