

## ЦИФРОВОЕ РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХОПОРНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ ПЛАТФОРМОЙ

**Введение.** Многие современные системы управления измерительными приборами на основе трехопорных управляемых платформ построены по различным схемам и имеют несколько степеней свободы. В последнее время наиболее широкое распространение получили трехопорные платформы, управляемые двумя и более исполнительными двигателями по двум углам поворота относительно третьей неподвижной опоры. В таких платформах можно значительно компенсировать, а в некоторых случаях полностью устранить основные недостатки, присущие управляемым платформам, построенным на принципах Карданного подвеса и сферической опоры. В трехопорных управляемых платформах используются следящие приводы с исполнительными механизмами линейного перемещения, что позволяет легко обеспечить выборку люфтов, так как весовая нагрузка на платформу знакопостоянна.

**Анализ литературы.** Характер динамических процессов в трехопорных управляемых платформах в значительной степени определяется наличием упругих элементов в кинематической цепи электромеханической системы от приводного двигателя до рабочего органа. Возникновение колебаний в режиме буксования в основном обусловлено наличием падающего участка в характеристике внешнего трения. Причем, такой падающий участок особенно характерен при работе электромеханических систем на низких скоростях движения рабочего органа, что часто сопровождается его неплавным движением. Синтез таких систем рассмотрен в [1 - 4]. Однако, синтезированные таким образом системы обладают различными динамическими характеристиками при работе на восходящем и падающем участках характеристики внешнего трения.

**Цель статьи.** Целью данной статьи является синтез робастного управления трехопорной управляемой платформой как трехмассовой электромеханической системы для стабилизации динамических характеристик при изменении рабочих точек на характеристиках внешнего трения.

**Изложение материала исследования, полученных научных результатов.** Рассмотренная система фактически является трехмассовой электромеханической системой с приводным двигателем постоянного тока ПБСТ – 22, замкнутым по скорости вращения. При этом роль первой массы играет момент инерции ротора электродвигателя, роль второй массы играет ходовая гайка совместно с ходовым винтом, а роль третьей массы играет неуравновешенная нагрузка. При этом жесткость зубчатого редуктора, штока с опорным устройством привода является эквивалентной жесткостью между первой и второй массой, а жесткостью между второй и третьей массой является жесткость винта, соединяющая привод с управляемой платформой. Заметим, что между первой массой и неподвижным основанием и между третьей массой и подвижной платформой имеются силы трения, препятствующие движению этих масс. Эквивалентная вторая масса представляет собой объединение массы ходовой гайки и ходового винта, так что при движении ходовой гайки относительно ходового винта возникает сила трения, и, кроме того, возникают силы трения между вращающейся ходовой гайкой и неподвижным основанием и вращающимся ходовым винтом и основанием привода. Приведем эту схему к вращательному движению, обозначив соответствующие моменты инерции первой, второй и третьей масс соответственно  $J_1, J_2, J_3$ .

Введем вектор состояния системы  $\vec{X}(t)$  в следующем виде:

$$\vec{X}^T(t) = \{\omega_3(t), M_{y23}(t), \omega_2(t), M_{y12}(t), \omega_1(t), M_d(t), z(t)\}.$$

В этих уравнениях:  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  - скорости вращения двигателя, ходовой гайки и ходового винта; а также скорости вращения нагрузки;  $M_{y12}, M_{y23}$  - моменты упругости в валах;  $C_{12}, C_{23}$ , и  $\beta_{12}, \beta_{23}$  - жесткости и коэффициенты внутреннего вязкого трения в валах на скручивание;  $T_\mu$  - постоянная времени частотного преобразователя, характеризующая время нарастания момента двигателя;  $K$  - коэффициент усиления частотного преобразователя. В этих уравнениях учтено также наличие падающих участков в зависимостях моментов внешнего трения от скорости вращения двигателя  $\omega_1$  с жесткостью  $\beta_{c1}$ , от скорости вращения ходовой гайки и ходового винта  $\omega_2$  с жесткостью  $\beta_{c2}$  и от скорости вращения нагрузки  $\omega_3$  с жесткостью  $\beta_{c3}$ .

Введем следующие компоненты вектора внешних воздействий  $\vec{w}(t)$ : задающее воздействие скорости вращения  $\omega_3(t)$ , помеха  $f_1$  измерения скорости вращения двигателя  $\omega_d$ , фиктивная помеха  $f_2$  измерения переменной состояния интегратора  $z(t)$  так, что  $\vec{w}(t) = \{\omega_3(t), f_1(t), f_2(t)\}^T$ .

Введем в вектор контролируемых переменных  $\vec{z}(t)$  ошибку  $\varepsilon(t)$  между заданным  $\omega_3(t)$  и фактическим  $\omega_d(t)$  значениями скорости вращения двигателя  $\varepsilon(t) = \omega_3(t) - \omega_d(t)$ , выходное напряжение интегратора  $z(t)$  и

управляющее напряжение на входе частотного преобразователя  $U_{\text{вх}}(t)$  в следующем виде:  
 $\bar{z}(t) = \{\varepsilon(t), z(t), U_{\text{вх}}(t)\}^T$ .

Компонентами вектора  $\bar{y}(t)$  примем измеренные скорости вращения двигателя  $\omega_{\text{ди}} = z(t) + f_1(t)$  и измеренную переменную состояния интегратора  $z_{\text{и}}(t) = z(t) + f_2(t)$  так, что  $\bar{y}(t) = \{\omega_{\text{ди}}(t), z_{\text{и}}(t)\}^T$ .

Введем в вектор возмущений исходной системы  $\bar{w}(t)$  первую компоненту  $M_c(t)$ , действующую на исходную систему в виде момента сопротивления, так что вектор  $\bar{w}(t)$  будет иметь следующий вид:  $\bar{w}(t) = \{M_c(t), \omega_3(t), f_1(t), f_2(t)\}$ . Подадим теперь это возмущение от момента сопротивления  $M_c(t)$  на вход исходной системы, задав ненулевую компоненту первого элемента в первый столбец матрицы  $B_1$ . Введем также это возмущение в вектор контролируемых параметров  $\bar{z}(t)$ , задав ненулевой компонентой первый элемент матрицы  $D_{11}$ .

**Результаты моделирования.** В качестве примера на рис. 1 показаны переходные процессы скорости  $\omega_2$  по заданию на регулятор скорости а) и по моменту сопротивления б). Подбирая матрицы в критерии качества исходной системе удалось получить приемлемые показатели качества переходных процессов как по задающему, так и по возмущающему воздействиям. С помощью одного робастного регулятора, синтезированного без учета влияния характеристики внешнего трения, удалось получить устойчивые переходные процессы для трех рассматриваемых значений коэффициентов наклона характеристики внешнего трения.

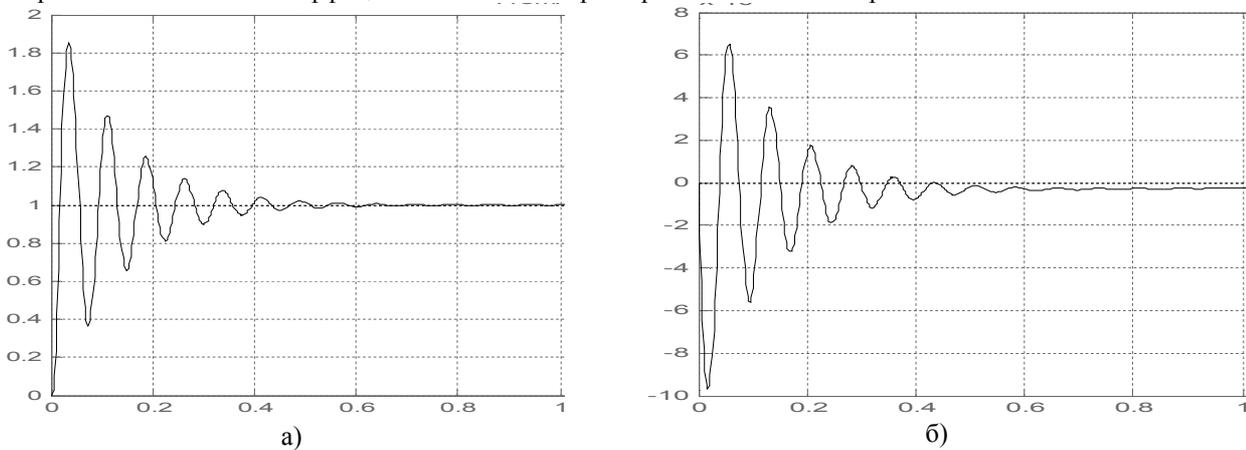


Рис. 1. Переходный процесс скорости  $\omega_2$  по заданию на регулятор скорости а) и по возмущению б).

**Выводы.** Таким образом, в данной работе для стабилизации динамических характеристик трехпорной управляемой платформы как трехмассовой электромеханической системы в режиме буксования при ее работе на различных участках характеристики внешнего трения предложено использовать робастное управление. Для синтеза робастного управления необходимо решать два уравнения Риккати по управлению по наблюдению. Подбирая весовые матрицы в критерии качества синтезируемой системы и параметр толерантности можно получить удовлетворительные переходные процессы при работе системы на различных участках характеристики внешнего трения.

#### Литература.

1. Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиец В.В. Синтез электромеханических систем со сложными кинематическими цепями. Харьков, УИПА.2005. – 511с.
2. Кузнецов Б.И., Осичев А.В., Чаусов А.О. Оптимальное управление главным приводом блюминга в режиме пробуксовки валков. Техническая электродинамика, Киев, 2000, часть 6, с. 23-28.
3. Никитина Т.Б. Синтез многоканальных нелинейных электромеханических систем //Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Харьков. НТУ «ХПИ». – 2005. - №45. - С. 130 – 131.
4. Никитина Т.Б. Синтез приближенно – оптимальных нелинейных систем цифрового управления технологическими процессами с аналитическими нелинейностями //Автоматизация виробничих процесів. Київ. - 2003. - №2(17). - С.62-65.

**Kuznetsov B.I., Nikitina T.B., Kuznetsova L.G.,  
Kolomiets V.V., Bovdyj I.V., Voloshko A.V.**

## **DIGITAL ROBUST CONTROL FOR THREE-POINT GUIDED PLATFORM**

This article deals with digital mathematical model, digital robust control, digital robust observe for three-point guided platform as electrical mechanical systems. There is example of the digital robust control for three-point guided platform.