

ОПТИМАЛЬНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАДИОТЕЛЕСКОПА

Шматок С.А. дтн, проф., Красных Д.В., магистр
кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

Вступление. В течение многих лет существует устойчивый интерес специалистов к электроприводам с упругими связями, что подтверждает важность и актуальность разработки и исследования систем этого класса.

Обычно ограниченная жесткость связей между двигателем и исполнительным органом механизма, а иногда и между отдельными элементами механизма обусловлена конструктивными особенностями и требованиями уменьшения массы и габаритов. Поэтому пожелание увеличить жёсткость конструкции (или получить фиксированную динамику) далеко не всегда могут быть выполнены.

Пренебрежение упругостью при анализе и синтезе системы может привести к ошибочным результатам [1].

Основными показателями, на которые влияет наличие упругостей в электромеханической системе, являются:

- запаздывание команды на исполнительном органе
- наличие колебаний в системе
- частичная либо полная потеря устойчивости.

Цель работы. Разработка по возможности общих способов настройки регуляторов унифицированных систем электропривода с упругими связями, а также синтез электротехнических средств коррекции, обеспечивающих плавное движение исполнительного органа при приемлемом быстродействии.

В частности, изучение применения оптимального стохастического управления для повышения качества управления двухмассовой упругой системой на примере радиотелескопа.

Изложение основного материала. Для наглядности привяжемся к реальному объекту и рассмотрим азимутальный электропривод локационной установки.

Функциональная схема скоростного электропривода радиотелескопа, рассматриваемого в данной работе, приведена в [1].

Крупные радиотелескопы с параболическим зеркалом, используемым дляadioастрономических исследований и космической связи, представляют собой сложные инженерные конструкции. Главное зеркало 1, диаметр которого может достигать десятков метров, монтируется на опорно-поворотном устройстве 2. Уравновешивание его обеспечивается с помощью противовеса 3.

Направление на заданную точку космического пространства обеспечивается в результате совместной работы азимутального и угломестного приводов, первый из которых обеспечивает поворот опорно-поворотного устройства на катках 5 вокруг вертикальной оси, а второй – поворот зеркальной части относительно горизонтальной (угломестной) оси.

Азимутальный ЭП включает в себя редукторы 4 и двигатели М1 и М2, получающие питание от реверсивных тиристорных преобразователей с согласованным совместным управлением ТП1 и ТП2.

Скоростная подсистема должна быть выполнена так, чтобы при разумном ограничении размерности вектора координат, по которому осуществляется её замыкание, в результате обеспечения требуемого характера изменения скорости двигателя при максимально возможном быстродействии обеспечивалось отсутствие в скорости исполнительного органа колебаний на частоте одного или двух низкочастотных резонансов при ограничении высокочастотных колебаний на доступном уровне и при наилучшей возможности реакции системы на основное возмущающее воздействие.

В многомассовой системе возможно замыкание системы через упрощенный наблюдатель, в основу которого положена двухмассовая модель объекта, собственные частоты которой выбраны равными частотам собственно нижнего резонансного тона многомассового механизма.

Для заданного объекта требуется разработать систему управления, оптимальную в смысле минимизации критерия

$$J = \lim M[\rho_1 z^2(t) + \rho_2 u^2(t)]$$

считая за выходную переменную скорость вращения ИО.

Расчёт коэффициентов оптимального регулятора будет выполнен на основе расширенного векторно-матричного описания,ключающего в себя и фильтр, формирующий заданный вид случайного момента нагрузки:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + G\bar{\omega}_\eta \\ y = Dx \end{cases}$$

где $\bar{\omega}_\eta$ - векторный случайный процесс типа «белого шума», x – n -мерный вектор состояния системы, u – m -мерный вектор управления, A – $(n \times n)$ -мерная матрица системы, B – $(n \times m)$ -мерная матрица входа. Матрица D размером $(l \times n)$ устанавливает связь между полным вектором состояния x и l -мерным вектором выходных переменных y , для управления движения которых и проектируется регулятор.

В конкретном примере матрицы, входящие в данную систему имеют вид[3]:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_{\ddot{y},\ddot{o}}} & -\frac{1}{\rho_{\ddot{y},\ddot{o}}\dot{O}_{\ddot{y},\ddot{o}}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{\dot{O}_{i_1}} & 0 & -\frac{1}{\dot{O}_{i_1}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\dot{O}_{\ddot{n}}} & 0 & -\frac{1}{\dot{O}_{\ddot{n}}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\dot{O}_{i_2}} & 0 & -\frac{1}{\dot{O}_{i_2}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\dot{O}_\eta} \end{bmatrix} \quad \hat{A} = \begin{bmatrix} 1 \\ \rho_{\ddot{y},\ddot{o}}\dot{O}_{\ddot{y},\ddot{o}} \end{bmatrix}^{\dot{o}}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\dot{O}_\eta} \end{bmatrix}^{\dot{o}}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}^{\dot{o}}$$

Пусть объект управления характеризуется численными значениями параметров: $T_{\text{я.у}} = 0.05$ с; $\rho_{\text{я.у}} = 0.1$; $T_{M1} = 1,5$ с; $T_{M2} = 0.07$ с; $T_c = 5,7$ с;

Используя ППП MatLab и методику, приведенную в [4], в результате синтезируем оптимальный линейный регулятор.

$K =$

0.8872 1.3276 6.3690 -0.5955 0.6729

$S =$

0.0044	0.0066	0.0318	-0.0030	0.0034
0.0066	3.3379	9.7401	-0.8958	1.0083
0.0318	9.7401	170.1229	1.8393	-6.5388
-0.0030	-0.8958	1.8393	1.7819	-2.3908
0.0034	1.0083	-6.5388	-2.3908	3.4428

$E =$

1.0e+002 *
-2.0089
-0.0102
-0.0026 + 0.0166i
-0.0026 - 0.0166i
-0.1000

Выводы. Таким образом был разработан общий способ настройки регуляторов унифицированных систем электропривода с упругими связями, а также синтез электротехнических средств коррекции. Значения полюсов замкнутой оптимальной системы свидетельствуют об устойчивости синтезированной системы.

Перечень ссылок

1. В.И. Ключев. Теория Электропривода: Учеб. Для вузов.- 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704с.: ил;
2. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г.: Автоматизированный Электропривод с упругими связями. - 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992.-228 с.:ил;
3. А.В. Башарин, Ю.В.Постников: Примеры расчёта автоматизированного электропривода на ЭВМ: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 512 с.: ил;
4. Шматок С.О., Подчашинський Ю.О. Автоматизоване проектування систем керування на основі MatLab. Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 173с.