

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УСТРОЙСТВА ПЕРЕБРОСКИ АЗИМУТАЛЬНОГО ПРИВОДА РАДИОТЕЛЕСКОПА РТ-70

Шматок С.А., д.т.н., проф., Коляска А.Г., студент

НТУУ «КПИ», кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

Введение. При работе радиотелескопа РТ-70 в режимах оценки космического мусора, а так же при управлении космическими аппаратами возникает необходимость смены объектов наблюдения, расположенных рядом в вертикальной или горизонтальной областях пространства. Перевод луча радиотелескопа при этом должен осуществляться без переколебаний и за кратчайшее время, т.е. устройство переброски луча должно быть оптимальным по быстродействию в смысле принципа максимума Понтрягина [1]. При этом необходимо иметь в виду, что подвижная часть антенны радиотелескопа имеет вес 5 тысяч тонн, а точность наведения луча не должна превышать 10 угловых секунд при скоростях переброски не хуже, чем от 2,5 угловых секунд/сек и до 4 угловых мин/сек.

Постановка задачи. Объектом управления можно считать двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, с параметрами, которые позволяют его описывать передаточной функцией вида $W(p) = k_v / (p(1 + pT_M)) \cong (k_v / T_M) \cdot (1 / p^2)$, $T_M \gg 1$, или $W(p) = k_w / p^2$, $k_w = k_v / T_M$. При этом уравнение объекта управления в операторной форме имеет вид $p^2 X(p) = k_w U(p)$ и во временной форме $(d^2 / dt^2) X(t) = k_w u$, при $|u| \leq M$. В пространстве состояния это уравнение

записывается:
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = k_w u. \end{cases} \quad t_0 = 0, x(0) = x_0; x(t_k) = 0 \text{ - новое состояние.} \quad (1)$$

Где T_M - электромеханическая постоянная времени; k_v - коэффициент преобразования двигателя; k_w - коэффициент преобразования двигателя по ускорению; U, u - сигнал управления; M - уровень ограничения сигнала управления; t_0 - начало управления; t_k - конец управления; u^* - оптимальное управление, z - выходной сигнал оптимального регулятора.

Для решения задачи разработки оптимального по быстродействию устройства переброски луча радиотелескопа на новый объект наблюдения воспользуемся методом фазовой плоскости, предложенным А.А.Фельдбаума [2].

Материалы исследований. Составим уравнение фазовой плоскости, для чего из системы двух дифференциальных уравнений исключим явное время t :

$$(dx_2 / dt) \times (dx_1 / dt)^{-1} = k_w u / x_2, \text{ или } (dx_2 / dx_1) \cdot x_2 = k_w u. \quad (2)$$

Проинтегрируем уравнение (2):

$$\int x_2 dx_2 = (\int dx_1) \cdot k_w u,$$

$$k_w u \cdot x_1 = (1/2)x_2^2 - c. \quad (3)$$

$$(1/2)x_2^2 = k_w u x_1 + c$$

Для простоты можно принять, что величина сигнала управления ограничена и принимает значения $k_w u = \pm 1$. Тогда нормированные фазовые траектории можно построить по уравнению: $(1/2)x_2^2 = \pm x_1 + c$, (4) где c – постоянная интегрирования. Как видно из уравнения (4) нормированные фазовые траектории представляют собою параболы с фокусами, направленными вправо и влево вдоль оси абсцисс x_1 на рисунке 1.

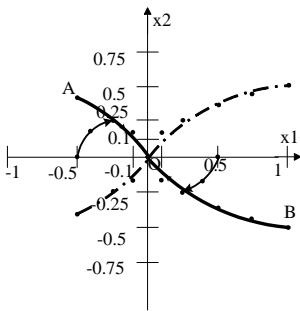


Рисунок 1 – Фазовый портрет

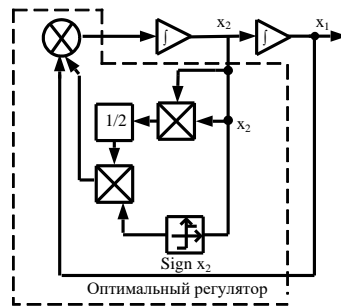


Рисунок 2 – Схема оптимального регулятора

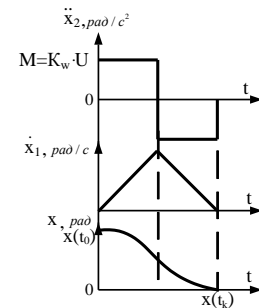


Рисунок 3 – Переходные процессы на выходах интеграторов и системы

Линия АОВ, проходящая через точку начала координат на рисунке 1, получила название линии переключения знака сигнала управления. Это соответствует уравнению:

$$x_1 = (-1/2)x_2^2 \cdot \text{Sign}x_2, \quad (5)$$

которое записывают иногда в другом виде:

$$x_1 + (1/2)x_2^2 \text{Sign}x_2 = 0 \quad (6)$$

Вводим обозначение в уравнении (6) $z = x_1 + (1/2)x_2^2 \cdot \text{Sign}x_2$, тогда оптимальное управление будет иметь вид: $u^* = (k_w u) \cdot \text{Sign}z$ (7)

Момент переключения знака отслеживает оптимальный регулятор, схема которого приведена на рисунке 2, а переходные процессы на выходах интеграторов и системы приведены на рисунке 3.

Выводы: Анализ кривых рисунка 3 показывает, что спроектированное устройство переброски луча антенны радиотелескопа является устройством, оптимальным по быстродействию, не имеющим перерегулирования.

Перечисление ссылок

1. Шматок С.А. Оптимальное управление сложными объектами / С.А. Шматок, В.И. Гостев, О.А. Баранов, И.П. Лессовой. –К.: Радиоаматор 2000. –208с.
2. Фельдбаум А.А. Электрические системы автоматического регулирования / А.А. Фельдбаум. –М.: Оборонгиз, 1957г. -809с.