OPTIMAL STABILIZATION OF PROGRAMMED MOTION SPEED CONTROLLER

Mangliyeva J.H.[1], Oripov Z.B.[2] (Republic of Uzbekistan), Ibragimov A.D.[3] (Russian Federation), Ramazanov D.H.[4] (Republic of Uzbekistan)
Email: Mangliyeva543@scientifictext.ru

[1]Mangliyeva Juragul Xamrokulovna – Associate Professor;
[2]Oripov Zayniddin Bahodirovich - Assistant,
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING, ENERGY MECHANICAL FACULTY,
NAVOI STATE MINING INSTITUTE,
NAVOI, REPUBLIC OF UZBEKISTAN;
[3]Ibragimov, Alisher Davlatovich - Student,
INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES AND PHARMACY
MARI STATE UNIVERSITY, YOSHKAR-OLA, REPUBLIC OF MARI EL;
[4]Ramazanov Doston Hamrakul ugli - Student,
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING, ENERGY MECHANICAL FACULTY,
NAVOI STATE MINING INSTITUTE, NAVOI, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: *the Authors consider the importance and necessity of effective optimal stabilization of the program motion of the speed controller. The motion of controlled friction speed regulators, which, in addition to passive kinematic connections, imposed a non-ideal conditional connection in the form of constancy of the angular velocity of the receiving shaft. The differential equations of motion of the controlled friction speed controller in the form of Appel's equations are composed. The result is a number of optimal stabilization of the speed controller.*
Keywords: *motion, speed controllers, differential equations, moment of the external forces of the intermediate wheel.*

ОПТИМАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ

Манглиева Ж.Х.[1], Орипов З.Б.[2] (Республика Узбекистан), Ибрагимов А.Д.[3] (Российская Федерация), Рамазонов Д.Х.[4] (Республика Узбекистан)

[1]Манглиева Журагул Хамрокуловна – доцент;
[2]Орипов Зайниддин Баходирович - ассистент,
кафедра технологии машиностроения, энерго-механический факультет,
Навоийский государственный горный институт,
г. Навои, Республика Узбекистан;
[3]Ибрагимов Алишер Давлатович - студент,
Институт естественных наук и фармации
Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл;
[4]Рамазонов ёДостон Хамрокул угли – студент,
кафедра технологии машиностроения, энерго-механический факультет,
Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Республика Узбекистан

Аннотация: *авторы рассматривают важность и необходимость эффективной оптимальной стабилизации программного движения регулятора скорости. Исследованы движения управляемых фрикционных регуляторов скорости, на которые, кроме пассивных кинематических связей, наложена неидеальная условная связь в виде постоянства угловой скорости приёмного вала. Составлены дифференциальные уравнения движения управляемого фрикционного регулятора скорости в форме уравнений Аппеля. Итогом работы является ряд оптимальной стабилизации движения регулятора скорости.*
Ключевые слова: *движения, регуляторов скорости, дифференциальные уравнения, момента внешних сил, промежуточного колеса.*

Рассматривается движение трёх типов фрикционных регуляторов скорости, на два из них, кроме пассивных кинематических связей, наложена неидеальная условная связь в виде постоянства угловой скорости приёмного вала (синхронный регулятор).

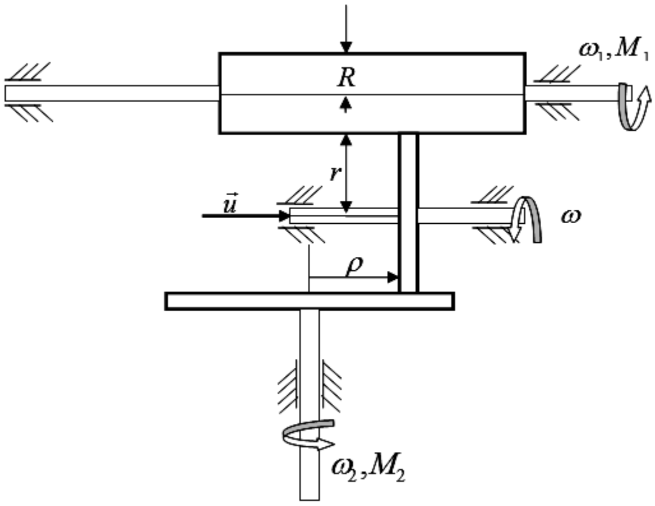

Рис. 1. Регулируемый фрикционный регулятор скорости

На рисунке 1 изображен механизм, который осуществляет передачу вращения от вала 2 к валу 1. При этом, передача вращения осуществляется с помощью горизонтального перемещения промежуточного колеса при воздействии управляющей силы $\vec{u}$. Здесь r , ω - радиус и угловая скорость промежуточного колеса, ω_2 -угловая скорость приёмного вала, R - радиус барабана, ρ - расстояние от оси первого диска до точки контакта.

Задача формулируется следующим образом: каково должно быть движение промежуточного колеса и силовое воздействие на ось промежуточного колеса, чтобы поддерживать постоянное значение угловой скорости ω_2 приемного вала при ограниченном значении момента внешних сил M_2, приложенного к приёмному валу.

На данную систему наложены следующие кинематические связи

$$R\omega_1 = \rho\omega_2,\ r\omega = \rho\omega_2,\ \omega_2 = \omega_2^0\ . \qquad (1)$$

Составлены дифференциальные уравнения движения регулятора скорости в форме уравнений Аппеля для определения движения промежуточного колеса и управляющей силы u

$$\omega_2^{\ 0}\ \rho\cdot\left(\frac{J_1}{R^2}+\frac{J}{r^2}\right)\dot{\rho} = M_2 + \frac{\rho}{R}\cdot M_1\ ,$$

$$m\ddot{\rho} = -(F_{11}+F_{22}) + u\ , \qquad (2)$$

где J_1 J_2 -моменты инерции первого и промежуточного дисков соответственно.

Уравнение движения промежуточного колеса представляет собой нелинейное неавтономное уравнение вида

$$k\dot{\rho} = \frac{k_1(t)}{\rho} + k_2(t) \qquad (3)$$

и не интегрируется в общем случае.

Здесь

$$k = \omega_2^0\left(J + J_1\frac{r^2}{R^2}\right),\ k_1(t) = r^2 M_2(t),\ k_2(t) = r^2\cdot\frac{M_1(t)}{R}. \qquad (4)$$

Показано, что если угловая скорость приёмного вала достаточно велика, то возможно введение малого параметра, позволяющего использовать метод Пуанкаре, и найти с достаточной степенью точности решение дифференциального уравнения промежуточного колеса в этом частном случае. Найден явный вид управляющей силы, с помощью которой осуществляется условная связь,

$$u = \frac{m}{k}\frac{d}{dt}\left(\frac{k_1(t)}{\rho} + k_2(t)\right) - (F_{11}+F_{22}). \qquad (5)$$

Рассмотрен конкретный случай, когда к валам приложены постоянные моменты. В этом случае дифференциальное уравнение для промежуточного колеса также сводится к квадратурам

$$t=\frac{k}{k_2}(\rho-\rho_0-\frac{k_1}{k_2}\ln\left|\frac{k_2\rho+k_1}{k_2\rho_0+k_1}\right|), \qquad (6)$$

где ρ_0-начальное значение ρ , удовлетворяющее уравнениям связей.

Для случая, когда момент, приложенный к приёмному валу, является ограниченной функцией времени, рассмотрен вопрос устойчивости движения промежуточного колеса. На основании критерия Персидского найдены условия его асимптотической устойчивости.

Составлены дифференциальные уравнения движения для второго типа регулятора скорости, в котором, в отличие от предыдущего, изменяется ещё и расстояние между первым и вторым валами.

В случае фрикционного регулятора в классической постановке (Лурье А.И, Азизов А.Г.) рассмотрено влияние упругости промежуточного колеса, представляющего собой твёрдый диск с упругой периферией, на устойчивость частного (стационарного) движения этого редуктора. Предполагается, что проскальзывание площадки контакта в продольном и в поперечном направлениях отсутствует. Учет упругости осуществляется с помощью дискретной модели качения М.К.Келдыша. Составлены дифференциальные уравнения движения регулятора. Найдены условия устойчивости по первому приближению одного из частных движений. Оно включает в себя кинематические и динамические параметры регулятора и промежуточного колеса. Показано, что регулирование скорости осуществляется за счет упругих перемещений промежуточного колеса.

Рассмотрен вопрос оптимальной стабилизации программного движения регулятора скорости (рис.1.) в окрестности многообразия, определяемого условной связью, с учетом неточного выполнения условной связи. Используется метод параметрического освобождения от связей Н.Г.Четаева. Для условной связи будем иметь $\omega_2=\omega_2^0+\zeta$, где ζ -параметр отклонения от сервосвязи.

Используя дифференциальные уравнения движения регулятора в форме Аппеля, составлены дифференциальные уравнения параметрически освобожденной системы в окрестности многообразия, определяемого сервосвязью,

$$(n\rho^2+J_2)\dot{\zeta}+n(\zeta+\omega_2^0)\dot{\rho}\rho=M_2+\frac{\rho}{R}M_1, \qquad (7)$$
$$m\ddot{\rho}=-(F_{11}+F_{22})+u+u_1,$$

где $n=\frac{J_1}{R^2}+\frac{J}{r^2}$, u_1-отклонение управляющей силы от программного значения.

Показано, что система, управляемая по первому приближению. В качестве критерия оптимальности взят интеграл

$$I=\int_0^\infty(\zeta^2+\rho'^2+z^2+u_1^2)dt, \qquad (8)$$

где $z=\dot{\rho}',\rho'$ - отклонение ρ от программного значения.

Показано, что решение вопроса оптимальной стабилизации сводится к построению функции Ляпунова в виде квадратичной формы, имеющей бесконечно малый высший предел. Составлены уравнения для определения коэффициентов функции Ляпунова c_{ik} $(i,k=1,2,3)$, которая определяет оптимальное управление $u_1=-(c_{33}z+c_{13}\zeta+c_{23}\rho')$

В заключении приведены выводы и перечислены основные результаты, полученные:

1. Найден явный вид управляющей силы, реализующей условную связь, наложенную на фрикционный регулятор скорости.
2. В случае ограниченного значения момента внешних сил, приложенного к приёмному валу регулятора скорости, найдены условия асимптотической устойчивости движения промежуточного колеса.
3. Показано, что при постановке задачи с упругой периферией промежуточного колеса регулирование скорости регулятором осуществляется за счет упругих перемещений промежуточного колеса. Найдены условия устойчивости по первому приближению одного из частных движений в этом случае.

Список литературы / References

1. *Четаев Н.Г.* Устойчивость движения. Работы по аналитической механике. М.: Изд. АН СССР, 1962. 535 с.
2. *Пенлеве П.* Лекции о трении. Пер. с франц. М.: Гостехиздат, 1954. 316 с.