

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИ НАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Федоров В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Буханченко С.Е.
Томский политехнический университет
vvf4@tpu.ru

Введение

Сегодня в процессе эксплуатации узлы трения современных технических систем большинства машин и механизмов подвержены сложному динамическому нагружению (скоростному, силовому, температурному, вибрационному и т.п.), что приводит к их высокой нагруженности, существенному снижению долговечности и работоспособности [1]. По сути узел трения представляет собой торсионную систему.

Для определения наиболее благоприятных условий функционирования и подбора оптимального сочетания конструктивных материалов и смазочных сред, применяемых в узлах трения, необходимо воспроизводить их реальные условия эксплуатации с максимально возможной точностью. Для решения этой проблемы необходимо обеспечить требуемый закон нагружения исполнительного органа при его определенном угловом положении в механизме при вращательном движении при наличии внешнего силового динамического нагружения.

Разработка математической модели

На основе физической модели привода главного движения (рис.1) для теоретического исследования режимов работы узла скоростного нагружения технической системы была построена блок-схема, изображенная на рис. 2.

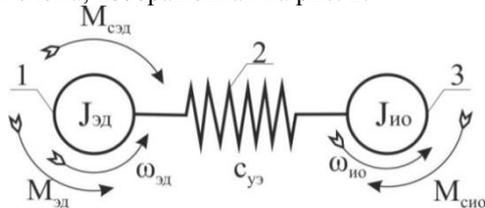


Рис. 1. Физическая модель привода.

Привод главного движения исполнительного органа состоит из блока управления, отслеживающего угловую скорость вращения и

электродвижущий момент на валу электродвигателя через обратную отрицательную связь, механического передаточного устройства – упругого элемента и исполнительного органа. Упругий элемент соединяет вал электродвигателя с валом исполнительного органа. В приводе предусмотрены обратные связи по отслеживанию угла поворота вала электродвигателя и углу закручивания упругого элемента.

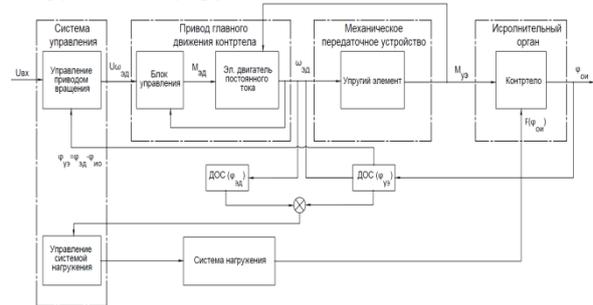


Рис. 2. Блок-схема узла нагружения.

Система управления в процессе работы обеспечивает заданный закон изменения скорости вращения исполнительного органа технической системы и определяет действительный угол его поворота путем суммирования значений угла поворота вала электродвигателя и угла закручивания упругого элемента, при этом в требуемый момент времени обеспечивает приложение нормальной нагрузки на исполнительный орган. Таким образом, обеспечивается формирование заданного закона нагружения исполнительного органа при определенном его угловом положении.

В соответствии с блок-схемой была разработана структурная схема узла скоростного динамического нагружения реальной технической системы, представленная на рис. 3. На ее основе была построена математическая модель.



Рис. 3. Структурная схема узла динамического нагружения.

В соответствии со структурной схемой (рис.3) работа привода главного движения

исполнительного органа описывается системой дифференциальных уравнений в виде:

$$\begin{cases} T_1^2 \frac{d^2 \varphi_{эд}}{dt^2} + 2 \xi_1 T_1 \frac{d\varphi_{эд}}{dt} + \varphi_{эд} = K_1 U_{эс1} + \varphi_{ио} \\ T_2^2 \frac{d^2 \varphi_{ио}}{dt^2} + 2 \xi_2 T_2 \frac{d\varphi_{ио}}{dt} + \varphi_{ио} = \varphi_{эд} + K_2 M_{пр} \end{cases}, \quad (1)$$

Из системы уравнений (1) получены две передаточные функции.

$$W_1(p) = \frac{\varphi_{эд}}{U_{эс1}} = \frac{K_1}{T_1^2 p^2 + 2 \xi_1 T_1 p + 1}, \quad (2)$$

$$W_2(p) = \frac{\varphi_{ио}}{M_{пр}} = \frac{K_2}{T_2^2 p^2 + 2 \xi_2 T_2 p + 1}, \quad (3)$$

Искажение угловой скорости вращения вала электродвигателя $\omega_{эд}$, соответственно его угла поворота $\varphi_{эд}$ системы “электродвигатель – упругий элемент” определяется жесткостью упругого элемента $c_{уз}$, негативное влияние которого компенсируется, согласно структурной схеме, обратной связью по углу закручивания упругого элемента $k_{фюз}$. С другой стороны, искажение угловой скорости вращения исполнительного органа $\omega_{ио}$, соответственно его угла поворота $\varphi_{ио}$, и угла закручивания упругого элемента $\varphi_{уз}$ системы “упругий элемент – исполнительный орган” определяется соотношением потерь на трение в исполнительном органе и жесткости упругого элемента $c_{уз}$.

Для математического моделирования режимов нагружения было написано приложение на базе программного обеспечения LabView компании NI, диалоговое окно которого представлено на рис. 4.

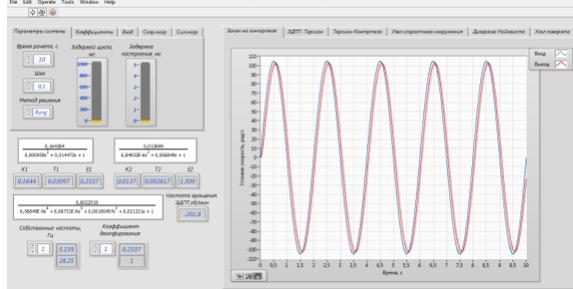


Рис. 4. Диалоговое окно приложения.

Приложение производит расчет и вывод на панель управления коэффициентов передаточной функции, временные и частотные характеристики.

Исследование математической модели

На рисунке 5 приведены законы изменения угловой скорости входного сигнала и угловой скорости на исполнительном органе. Видно, что изменение угловой скорости исполнительного органа происходит с отклонением, наблюдается расхождение сигналов по фазе и амплитуде.

Для получения необходимого закона изменения угловой скорости исполнительного органа во времени был определен закон поправки входного сигнала, позволяющий исключить все потери в приводе вращения.

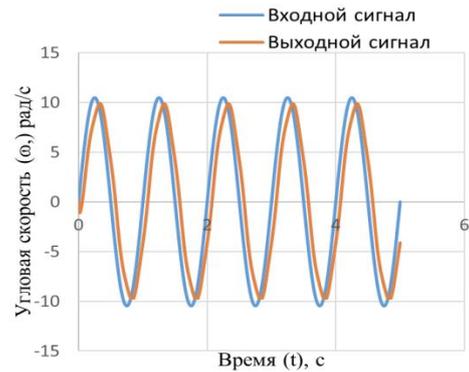


Рис. 5. Расхождение угловой скорости.

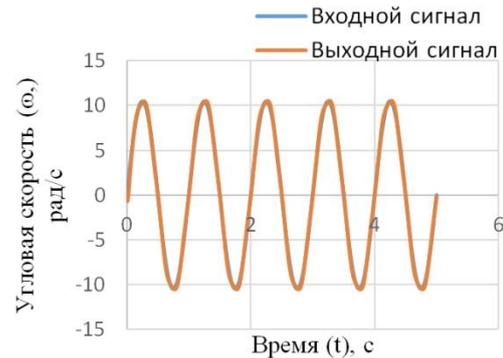


Рис. 6. Изменение угловой скорости после коррекции.

Исходный сигнал был сдвинут по фазе влево, с целью исключить запаздывание угловой скорости, а для устранения искажения угловой скорости по амплитуде коррекцию осуществили коэффициентом $k_{фюз}$ (рис.6).

Заключение

В работе определена передаточная функция привода вращения и проведено теоретическое исследование математической модели, разработано специализированное приложение, позволяющее проводить математическое моделирование динамических режимов нагружения узлов трения. Определены поправочные коэффициенты, позволяющие оптимизировать входной сигнал с учетом негативного влияния потерь в приводе вращения исполнительного органа.

Список использованных источников

1. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник/ Комбалов В.С.— М.: Машиностроение, 2007.— 384 с.
2. Буханченко С.Е. Автоматизированный комплекс для трибодиагностики пар трения вращательного и возвратно-вращательного действия в условиях, максимально приближенных к реальным.// Контроль. Диагностика. Научно-технический журнал российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. — Москва: Изд-во Маш-ние, 2009, №7. С.60-66.