DOI: 10.17117/na.2016.06.02.038

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.038.pdf>

Поступила (Received): 28.06.2016

Головкин С.М.**Исследование возможности повышения
быстродействия электропривода использованием
новой схемы планетарного редуктора
с положительной обратной связью****Golovkin S.M.****Research of a possibility of increase of high-speed
performance of the electric drive use of the new scheme
of a planetary reducer with positive feedback**

В статье приводится описание новой схемы планетарного редуктора с положительной обратной связью по вращающему моменту, а так же результаты экспериментов, подтверждающие возможность нахождения оптимальных инерционных параметров редуктора, обеспечивающих максимальное быстродействие электропривода

Ключевые слова: планетарный редуктор, быстродействие, обратная связь

Головкин Сергей Михайлович

Кандидат технических наук, доцент
Рыбинский государственный авиационный
технический университет им. П.А. Соловьева
г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53

The description of the new scheme of a planetary reducer with positive feedback on a torque, and also the results of experiments confirming a possibility of finding of the optimum inertial parameters of a reducer providing the maximum high-speed performance of the electric drive is provided in article

Key words: planetary reducer, high-speed performance, feedback

Golovkin Sergey Mikhaylovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Rybinsk state aviation technical university named
P.A. Soloviev
Rybinsk, Pushkin st., 53

Современный автоматизированный электропривод включает в себя три основных элемента: электродвигатель, механическую передачу и систему управления. Если исполнительный орган машины в своем движении требует высокого быстродействия, то из представленных элементов электропривода на указанную характеристику большое влияние оказывает механическая передача, а именно приведенный к электродвигателю момент инерции входящих в нее вращающихся деталей: зубчатых колес, валов, водил и т. п.

В целях совершенствования автоматизированного электропривода в рамках повышения его быстродействия была предложена новая схема планетарного редуктора с положительной обратной связью по вращающему моменту [1].

Наличие в структурной схеме рассматриваемого редуктора положительной обратной связи делает задачу исследования динамики особенно актуальной, т. к. сопряжено с устойчивостью привода в целом.

Конструктивная схема редуктора с инерционной нагрузкой на выходном валу показана на рис. 1, где отражены все основные элементы, влияющие на приведенный к валу электродвигателя момент инерции привода.

Рис. 1. Конструктивная схема редуктора с инерционной нагрузкой

Динамическая структурная схема эквивалентной механической системы, учитывающая наличие инерционных масс как внутри редуктора, так и вне него, приведена на рис. 2.

Рис. 2. Последовательно преобразованная структурная схема эквивалентной механической системы привода

Как видно из рис. 2, структурная схема привода последовательно сведена к схеме с двумя контурами обратной связи. Передаточная функция замкнутой системы с отрицательной связью запишется:

$$W(P) = \frac{\varphi_H(P)}{M_\delta(P)} = \frac{1}{P^2} \cdot \frac{W_1(P) \cdot i_3 \cdot (i_1 - i_2)}{1 + W_1(P) \cdot i_3^2 \cdot (i_1 - i_2)^2 \cdot J_H \cdot P^2} =$$

$$= \frac{i_3 \cdot (i_1 - i_2)}{[J_\delta + i_1^2 \cdot J_1 - i_2^2 \cdot J_2 + i_3^2 (i_1 - i_2)^2 \cdot J_H] \cdot P^2}.$$

Введем обозначение:

$$J_{np} = J_\delta + i_1^2 \cdot J_1 - i_2^2 \cdot J_2 + i_3^2 (i_1 - i_2)^2 \cdot J_H.$$

Таким образом, получено выражение для приведенного момента инерции. Присутствие в ней вычитаемого с моментом инерции J_2 свидетельствует о возможности снижения общего приведенного момента инерции привода за счет оптимизации конструкции комбинированной зубчатой муфты. Следует отметить, что данный результат распространяется только на случай присутствия в приводе инерционной нагрузки. При отсутствии инерционной нагрузки структура привода изменяется, становится без обратной связи по вращающему моменту. В этом случае приведенный момент инерции вычисляется обычным способом.

Для исследования характеристик электропривода с планетарным редуктором, был спроектирован и изготовлен лабораторный стенд (рис. 3), включающий в себя электродвигатель 1, исследуемый редуктор 2, тормозное устройство 4 и устройство нагружения инерционными массами 5. Так же в состав стенда входят устройства для измерения вращающего момента на входном 6 и выходном 3 валах редуктора и устройство для измерения частоты вращения вала электродвигателя 7.

Рис. 3. Стенд для исследования характеристик планетарного редуктора

В исследовательском стенде установлен планетарный редуктор с передаточным отношением $i=40$. Контроль угловой скорости осуществлялся при помощи тахогенератора 7, присоединенного к ротору электродвигателя.

Для передачи измеренных параметров на компьютер применяется комплекс весового оборудования, в состав которого входят: адаптер интерфейса и питания и динамический весовой преобразователь. Адаптер интерфейса предназначен для питания динамического преобразователя и преобразования сигналов интерфейса RS-485 в сигналы интерфейса RS-232. Адаптер содержит в себе трансформатор и сетевой фильтр для питания весового преобразователя, а так же обеспечивает передачу сигнала от преобразователя на компьютер через интерфейс RS-232. Весовой преобразователь содержит в своем составе 4 АЦП с выводами для подключения четырех датчиков, а так же выводами для подключения адаптера интерфейса и питания. Динамический весовой преобразователь способен считывать показания с датчиков с частотой 300 измерений с секунду,

т. е. временной интервал между любыми соседними показаниями составляет 0,00333 секунды, что позволяет говорить о возможности исследования быстропротекающих процессов, таких как разгон привода.

К выходному валу редуктора прикладывается инерционная нагрузка. Всего в стенде реализовано четыре варианта: от $J_I = 0.034 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ до $J_{IV} = 0.174 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Результаты экспериментов по определению зависимости времени переходного процесса электропривода с планетарным редуктором от величины инерционной нагрузки приведены на рис. 4.

Рис. 4. График зависимости времени разгона от величины инерционной нагрузки

Как видно из графиков, наличие экстремума во времени переходного процесса при изменении инерционной нагрузки присутствует как и при отсутствии масла в редукторе, так и с ним, что свидетельствует о возможности оптимизации параметров для создания такой конструкции привода, которая может обеспечить наибольшее быстродействие при прочих равных условиях.

Список используемых источников:

1. Головкин С.М. Пат. 2498128 Российская федерация, МПК F 16 Н 37/08, F 16 Н 3/74. Планетарный зубчатый редуктор. Заявитель и патентообладатель Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева. № 2012123692/11 заявл. 07.06.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31. 5 с.

© 2016, Головкин С.М.

Исследование возможности повышения быстродействия электропривода использованием новой схемы планетарного редуктора с положительной обратной связью

© 2016, Golovkin S.M.

Research of a possibility of increase of high-speed performance of the electric drive use of the new scheme of a planetary reducer with positive feedback