

УДК629.014.8-235

МОДЕЛЬ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ
ТРАНСМИССИИ С ДВОЙНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТОЙ
GEAR SHIFT PROCESS MODEL OF HYDROMECHANICAL
TRANSMISSION WITH DOUBLE FRICTION CLUTCH

Д.С. Белабенко¹, В.Б. Альгин², д-р. техн. наук, проф.,

¹Минский завод колесных тягачей, г. Минск, Республика Беларусь

²Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

D. Belabenko¹, V. Algin², Doctor of technical Sciences, Professor,

¹Minsk wheel tractor plant, Minsk, Belarus

²The Joint Institute of Mechanical Engineering NASB, Minsk, Belarus

Аннотация. Разработана динамическая схема и математическая модель для моделирования переходных процессов в трансмиссии автомобиля с гидромеханической передачей, содержащей блок из двух фрикционных муфт. Адекватность модели проверена сравнением результатов моделирования и эксперимента.

Abstract. The dynamic scheme and mathematical model for simulation of gear shift processes in the transmission of a car with a hydromechanical transmission, containing a block of two friction clutches, are developed. The correctness of the model is verified by comparing the results of simulation and experiment.

Ключевые слова: математическая модель, динамическая схема, моделирование, гидромеханическая передача.

Key words: mathematical model, dynamic scheme, modeling, hydro-mechanical transmission.

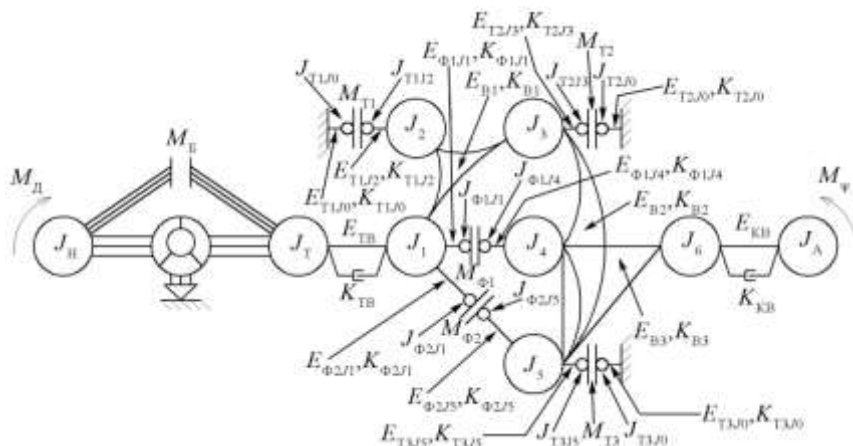
ВВЕДЕНИЕ

Вопросы построения динамических схем и моделирования технических систем в научной литературе описаны достаточно подробно. В большинстве случаев при исследовании переходных процессов в трансмиссии автомобиля процессы в гидроприводе элементов управления (ЭУ) не рассматривают. Вместе с тем, на отдельных режимах

движения, как показано в [1], требуется учет поведения гидропривода. В статье рассмотрен один из таких режимов – переключение передач при использовании ЭУ, входящих в двойную фрикционную муфту (ДФМ).

ДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА

С целью моделирования переходных процессов в гидромеханической передаче (ГМП) МЗКТ-4361 разработана динамическая схема трансмиссии автомобиля, представленная на рисунке 1. Кинематическая схема ГМП приведена в [1].



M – крутящие моменты; J – моменты инерции; E – податливость упругих звеньев;
 K – коэффициент демпфирования упругих звеньев

Рисунок 1 – Динамическая схема трансмиссии автомобиля с ГМП

При разработке динамической схемы учтены положения концепции регулярных механических систем [2], и применена операция нормализации, которая позволяет использовать простой способ для вычисления внутренних крутящих моментов, замкнутых ЭУ в процессе моделирования [3].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений вида:

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} = f(M, u, \lambda) \quad (1)$$

где J – момент инерции сосредоточенной массы; φ – угловое перемещение сосредоточенной массы; t – время моделирования; M – крутящие моменты: двигателя, сопротивления, деформации упругих звеньев, фрикционных ЭУ; u – передаточные числа зубчатых механизмов, λ – индикаторы состояния фрикционов.

Крутящие моменты ЭУ вычисляются по рекомендациям [4] следующим образом:

$$\begin{aligned} M_{\Phi 1} &= (1 - \lambda_{\Phi 1}) \cdot M_{3\Phi 1} + \lambda_{\Phi 1} \cdot M_{С\Phi 1} \\ M_{\Phi 2} &= (1 - \lambda_{\Phi 2}) \cdot M_{3\Phi 2} + \lambda_{\Phi 2} \cdot M_{С\Phi 2} \\ M_{T1} &= (1 - \lambda_{T1}) \cdot M_{3T1} + \lambda_{T1} \cdot M_{СТ1} \end{aligned} \quad (2)$$

где $\lambda_{\Phi 1}$, $\lambda_{\Phi 2}$, λ_{T1} – описывают состояние фрикционов Φ_1 , Φ_2 и T_1 соответственно, принимают значение «1» при скольжении фрикционных дисков, «0» – при замыкании фрикциона; $M_{3\Phi 1}$, $M_{3\Phi 2}$, $M_{3\Phi 3}$ – внутренние крутящие моменты фрикционов в замкнутом состоянии; $M_{С\Phi 1}$, $M_{С\Phi 2}$, $M_{С\Phi 3}$ – моменты трения фрикционов в разомкнутом состоянии.

Уравнения гидравлики и механики решаются в общей системе в процессе моделирования. Модель гидропривода учитывает сопротивление гидравлических магистралей и сжимаемость рабочей жидкости. При этом кроме жесткости отжимных пружин, учитывается жесткость фрикционных и упорного диска, что позволяет использовать универсальные уравнения, которые не изменяются для всех положений поршня фрикциона.

Пример математической модели гидропривода для случая переключения с третьей на четвертую передачу описан в [5]. Работа гидропривода ЭУ отличается особенностями, связанными с наличием ДФМ [5, 6]. Сравнение результатов моделирования и эксперимента показало, что они сопоставимы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная математическая модель трансмиссии отражает процессы в ГМП, представленной нормализованной динамической

*Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»*

схемой, взаимодействующей с моделью гидропривода, что позволяет обрабатывать процесс управления, выявлять и оценивать последствия изменений его параметров.

Математическая модель содержит универсальные дифференциальные и алгебраические уравнения, которые не изменяются для всех этапов включения/выключения фрикциона и смежных передач в ГМП за счет использования индикаторов состояния (движение/останов) поршня ЭУ (применено впервые) и состояния фрикциона (замкнут/разомкнут).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белабенко, Д.С. Определение силовой нагруженности трансмиссии при трогании специального колесного шасси с гидромеханической передачей / Д.С. Белабенко // Актуальные вопросы машиноведения. – 2018. – Вып. 7. – С. 15–21.

2. Альгин, В.Б. Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси: проектирование, технология, оценка свойств / В.Б. Альгин [и др.]; под общ.ред. В.Б. Альгина, В.Е. Старжинского. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 406 с.

3. Algin, V. Models and approaches in design and diagnostics of vehicles planetary transmissions[Electronic resource] / Algin V., Ishin M., Paddubka S. // IOP Conf. Ser: Mater. Sci. Eng. – 393 012042. – P. 1–10. – Mode of access: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/393/1/012042/pdf>. – Date of access: 10.11.2018.

4. Альгин, В.Б. Динамика, надежность и ресурсное проектирование трансмиссий мобильных машин / В.Б. Альгин. – Минск: Навука і тэхніка, 1995. – 256 с.

5. Белабенко, Д.С. Особенности конструкции и рабочего процесса блока взаимодействующих фрикционов гидромеханической трансмиссии/ Д.С. Белабенко // Механика машин, механизмов и материалов, 2019. – № 1. – С. 19–29.

6. Николаев, Ю.И. Особенности конструкции и расчета двойной фрикционной муфты планетарной коробки передач / Ю.И. Николаев, В.С. Гринюк, С.Г. Стаскевич, С.Н. Поддубко // Механика машин, механизмов и материалов, 2009. – Вып. 1. – С. 41–43.

Представлено 08.05.2019