DOI: 10.17117/na.2016.11.02.055

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.055.pdf>

Поступила (Received): 03.11.2016

Воронина В.Ю.**Лабораторная установка для исследования муфт обгона****Voronina V.Yu.****Laboratory installation for research of clutches overtaking**

Предложена конструкция лабораторной установки для изучения коэффициента трения произвольных пар материалов при поступательном перемещении. Установка позволяет проводить измерения при различных значениях скорости и нормального давления. Предусмотрена трансформаторная связь с подвижным объектом установки для передачи первичной информации в частичной форме

Ключевые слова: коэффициент трения, относительная скорость, сила нормального давления

The design of a laboratory setup to study friction of arbitrary pairs of materials during the forward movement. The setup allows measurements at different values of velocity and normal pressure. Provided transformer connection with a movable object position for transmission of primary information in partial form

Key words: the coefficient of friction, relative velocity, the force of normal pressure

Воронина Валерия Юрьевна

Студент

Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

г. Владимир, ул. Горького, 87

Voronina Valeriya Yurievna

Student

Vladimir state university named Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs
Vladimir, Gorkogo st., 87

В кинематических цепях приборов и машин находят применение муфты обгона, которые обеспечивают совместное вращение ведущего и ведомого валов при одном направлении вращения и разделения кинематической цепи при реверсе (1,4). Замыкающим элементов муфт обгона чаще всего служат подпружиненные шарики, реже – ролики. Клиновая поверхность зоны замыкания обычно образуется на втулочной части (полумуфте), при этом вторая часть в зоне замыкания имеет цилиндрическую форму. В процессе создания новой конструкции проводят испытания для подтверждения расчетных параметров. Испытания необходимо проводить в условиях приближенных к реальным, в частности испытательный стенд должен имитировать приведенные моменты инерции ведущего и ведомого звеньев кинематической цепи механизма, в котором будет применяться муфта.

Предлагаем основные технические решения по созданию установки для исследования муфт обгона. Установка состоит из электромеханической части и электрического блока.

Рис. 1. Конструктивная схема установки

На рис.1 муфта представлена полумуфтами 1,2 и шариками 3 (пружины в шариках не показаны). Полумуфта 1 закреплена на ведущем валу 4, который приводится во вращение реверсивным электродвигателем 5, а полумуфта 2 –

На ведомом валу 6, имеющем тормоз 7 в виде электрической машины постоянного тока в режиме генератора. Электрической нагрузкой генератора 7 служит реостат 8. Для регулирования моментов инерции ведущей и ведомой цепей установки предусмотрены инерционные грузы 9, 10, которые устанавливаются на консольных хвостовиках валов электрических машин 5, 7. Выявление параметров движения осуществляется с помощью зубчатых дисков 11, 12, закрепленных, соответственно, на ведущем 4 и ведомом 6 валах.

При каждом диске имеются по два оптических преобразователя, представленные неподвижными осветителями 13,14 и фотоприемниками 15, 16 для диска 11 и осветителями 17, 18 с фотоприемниками 19, 20 для диска 12.

Оптические преобразователи ориентированы так, что их оптические лучи пересекают зубчатую зону дисков. Фазовое положение оптических преобразователей показано на рис. 2, где ретушированными точками отражено сечение лучей, а их позиционный номер соответствует позиционному номеру соответствующего фотоприемника. Угловой сдвиг β каждой пары преобразователей меньше углового шага α зубчатой зоны дисков.

Рис. 2. Совмещённый разрез А-А и Б-Б по рис.1

Рис. 3. Стилизованные функции частоты вращения

Предварительно поясним характер функций скорости ведущего вала $\dot{\varphi}_4$ и ведомого вала $\dot{\varphi}_6$ (φ угол поворота) – см. рис. 3.

При отсутствии замыкающих элементов муфты (шариков 3) под действием момента двигателя 5 будет вращаться только ведущий вал 4. Пусть регулятором двигателя установлена частота вращения – φ_A . Если в момент времени t_1 переключить двигатель на реверс, то частота вращения будет уменьшаться до нуля (точка В), затем возрастать обратным законом до второй стационарной точки Q. Характер функции частоты $\dot{\varphi}_4$ на участке AQ определяется из уравнения движения

$$J_4 \ddot{\varphi}_4 + M_5(\varphi) = 0 \quad (1)$$

где J_4 – суммарный момент инерции всех ведущего вала 4;

$M_5(\varphi)$ – механическая характеристика двигателя.

Теперь рассмотрим движение с комплектной муфтой. Очевидно характер функции $\dot{\varphi}_4$ на участке АВ останется прежним. В точке В характеристики начинается клиновое замыкание шарика муфты, которое сопровождается упругой деформацией и трением. Начиная с точки В ведущая полумуфта 1 за счет указанного взаимодействия начнет поворачивать ведомую полумуфту 2 и вал 6. В точке D диаграммы переходные процессы заклинивания завершатся и далее на участке DH будет совместное вращение.

Уравнение движения ведущего вала на участке BCD без учёта момента торможения тормоза 7

$$J_4 \ddot{\varphi}_4 + f(\varphi) \cdot J_6 \ddot{\varphi}_4 + M_5(\varphi) = 0, \quad (2)$$

где J_6 – суммарный момент инерции всех элементов ведомого вала 6;

$f(\varphi)$ – передаточная функция на этапе заклинивания.

Для ведомого вала получим

$$J_6 \ddot{\varphi}_6 + J_4 \ddot{\varphi}_6 / f(\varphi) + M_5(\varphi) / f(\varphi) = 0. \quad (3)$$

Начиная с точки D (см. рис. 3) оба вала вращаются совместно увеличивая частоту вращения до стационарного значения – точка H на рис. 3.

Уравнение движения на участке DH

$$(J_4 + J_6) \ddot{\varphi}_4 + M_5(\varphi) = 0. \quad (4)$$

При интегрировании уравнений (1) – (4) следует принимать результат решения на предыдущем участке за начальные условия следующего участка.

Электронный блок установки предназначен для управления и измерения необходимых параметров. Он содержит:

- регулятор напряжения питания электродвигателя 5;
- тахометрический канал с цифровым индикатором;
- канал измерения времени зацепления с цифровым индикатором;
- блок питания, обеспечивающий стабилизированным напряжением + E микросхем;
- тумблер с группой контактов (T_M).

Схемотехнический электронный блок построен на типовых цифровых элементах. На рис. 4 приведена схема выделения момента перехода функции $f(\dot{\varphi}_4)$ через нуль. Схема построена на двух формирователях 21,22 (триггеры Шмидта),

трёх RS – триггерах 23 – 25, трёх конъюнкторов 26 – 28 и линии задержки одно-вибратор 29. Эпюры напряжений, характеризующие работу схемы показаны на рис. 5.

Рис. 4. Схема выделения момента перехода частоты вращения через нуль

Рис. 5. Эпюры напряжений на выходах элементов схемы рис. 4

Исходное состояние триггеров 23 – 25 реализуются обычным образом – фронтом включения питания. При вращении ведущего вала 4 на участке AQ характеристики зубцы диска 11 будут пересекать лучи фотоприёмников 15,16 сначала в последовательности 15, 16 (участка АВ), затем в последовательности 16, 15 (участка ВQ). Короткий прямоугольный импульс формирователя 21 переворачивает триггер 23 в единичное состояние, а импульс формирователя 22 переворачивает в единичное состояние триггер 24. Если срабатывание триггера 24 произошло после, то его импульс фронта через конъюнктор 26 обеспечит установку триггера 25 в единичное состояние. При обратном направлении вращения импульсы формирователей 21, 22 следуют в обратной последовательности, при этом фронт импульса триггера 23, проходит через конъюнктор 27 и обеспечивает сброс триггера 25.

Рис. 6. Схема формирования интервала зацепления

Рис. 7. Эпюры напряжений на выходах элементов схемы рис. 6

Таким образом, высокий потенциал на единичном выходе (а) соответствует знаку минус частоты вращения, а момент переключения триггера соответствует моменту t_2 – точка В рис. 3. Сброс триггеров 23, 24 осуществляется задним фронтом (срезом) импульса задержки одновибратора 29.

Схема выделения временного интервала срабатывания приведена на рис. 6, эпюры напряжений – на рис.7.

Интервалы прохождения дисками 11, 12 углов β фиксируются триггером 30,31. Эти интервалы записываются в счётчики. Коды счётчиков формируются импульсом генератора 34 при прохождении через конъюнктор 35, 36. Сравнение кодов счётчиков осуществляется схемой сравнения 37 по запросу с линии задержки 38. Для приведения в прямоугольную форму импульсов фотоприёмников 19,20 применены формирователи 39,40. Интервал времени вращения t_{2-3} формируются триггером – импульс со схемы сравнения 37 переводит триггер 41 в единичное состояние, а фронт импульса с выхода (ϕ) триггера 25 (см. рис. 4) – в нулевое состояние. Для текущего сброса используется задний фронт импульса задержки 38 и дизъюнкторы 42 – 44. Заметим, что для исключения ложного срабатывания в схеме 37 не должны сравниваться минимум один младший разряд (в зависимости от разрядности счётчиков 32, 33).

Рис. 8. Схема каналов времени переключения

Для индикации суммарного времени переключения – интервал $t_1 - t_4$ – применена схема рис.8. Начало измерения частоты вращения ϕ_A обуславливается произвольным по времени перебросом тумблера установки на реверс электродвигателя 5. Поэтому в схеме применён счётный триггер (Т – триггер) 43 управления, работающий совместно с триггером 44 фиксации. В исходном положении триггеры в нулевом положении. Когда тумблер установки переброшен в положение «реверс» его контактная пара S_1 замкнута. Тогда конъюнктор 45 пропускает короткие импульсы среза с выхода триггера 30 (см. рис. 6). Первый поступающий на вход Т триггера 43 приводит его в единичное состояние, а второй – в нулевое, при этом переходит в единичное состояние триггер 44 (Для исключения ложного срабатывания в случае применения микросхем с малым быстродействием применена линия задержки 46). Инверсным выходом триггер 44 за блокирует конъюнктором 45 дальнейшее прохождение импульсов управления, одновременно он блокирует с помощью конъюнктора 47 прохождение импульсов генератора на вход счетчика 48 начальной частоты вращения вала 4. Таким

образом, код частоты ϕ_A будет оставаться в счётчике 48 до очередного переброса тумблера (T_M).

Поскольку в процессе эксперимента уровень напряжения на двигатель постоянен, то частота вращения валов в точке Н диаграммы по модулю одинаковы с частотой вращения в точке А. Для записи кода ϕ_H применён счётчик 49, который управляется сигналом схемы рис. 6. При равенстве кодов счётчиков 48 и 49 схема сравнения 50 переводит триггер 51 в нулевое состояние. Таким образом, длительность импульса на входе триггера 51 равна суммарному времени переключения t_{1-4} .

Преобразование выявленных временных интервалов t_{2-3} и t_{1-4} в цифровую форму для индикации является типовой задачей и здесь не приводится. Также типовым является тахометрический канал при числе зубцов диска кратным 60. Заметим, что дискретность измерения временных интервалов в фазовом выражении для зубцовых дисков составит 0,004 рад.

Работает установка следующим образом. В соответствии с программой испытаний оператор с помощью резистора 8 устанавливает момент торможения ведомого вала (иногда его принимают равным нулю), грузами 9,10 – значения моментов инерции ведущего и ведомого валов, регулятором напряжения – исходную частоту вращения ведущего вала. После выхода ведущего вала на стационарную частоту вращения (ϕ_A) оператор перебрасывает тумблер (T_M) в положение «реверс». Далее процесс измерения происходит в автоматическом режиме. После завершения переходного процесса результат эксперимента будет отражён на цифровых индикаторах.

Таким образом, предлагаемая установка для исследования муфт обгона позволяет выявить основные эксплуатационные параметры в автоматическом режиме. Электронный блок установки построен на типовых элементах электроники, что обеспечивает его технологичность.

Список используемых источников:

1. Гулина Н.В. Детали машин: учеб. пособие / Н.В. Гулина, В.Г. Ключев, С.А. Юрков. 3-е изд. Стер. Спб.: изд-во «Лань», 2013. 416 с.
2. Никитин, Н.Н. Курс теоретической механики: учебник / Н.Н. Никитин. 8-е изд. Стер. Спб.: изд-во «Лань», 2011. 720 с.
3. Шарыгин, Л.Н. Проектирование конкурентноспособных технических изделий: учебник / Л.Н. Шарыгин. Владимир: изд-во ВИТ-принт, 2013. 290 с.
4. Шарыгин, Л.Н. Электроуправляемый редуктор / Л.Н. Шарыгин, Н.А. Елгаев // сб. «Современные тенденции в науке: новый взгляд» – Тамбов: изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2011. С. 152-154.