

УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ И ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИЯХ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Буханченко С.Е., Пустозеров К.Л., Зувев А.В.

Научный руководитель: Буханченко С.Е., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: triboss@tpu.ru

Одно из основных применений устройств, для измерений крутящих моментов вызвано необходимостью измерения мощности, передаваемой вращающимися валами машин и механизмов. Повышение точности измерений эффективной мощности на валах позволяет: более точно определять коэффициент полезного действия машин и механизмов, улучшает качество эксперимента и тем самым позволяет выявлять влияние малозаметных факторов на их экономичность и долговечность. В связи с этим, на сегодняшний момент, актуальна проблема определения параметров наиболее ответственных и нагруженных узлов машин и механизмов в динамических условиях, максимально приближенных к реальным условиям их функционирования [1].

Существует множество устройств, для регистрации крутящего момента в различных приводах машин и механизмов, однако наибольшее распространение получили устройства торсионного типа. Их классификация приведена на рис. 1.

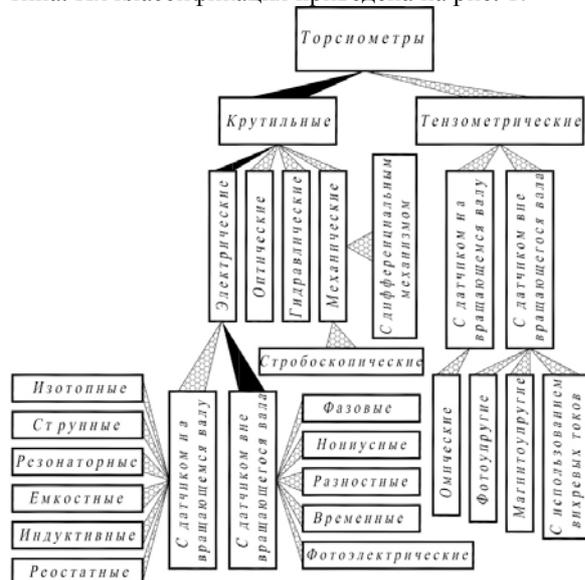


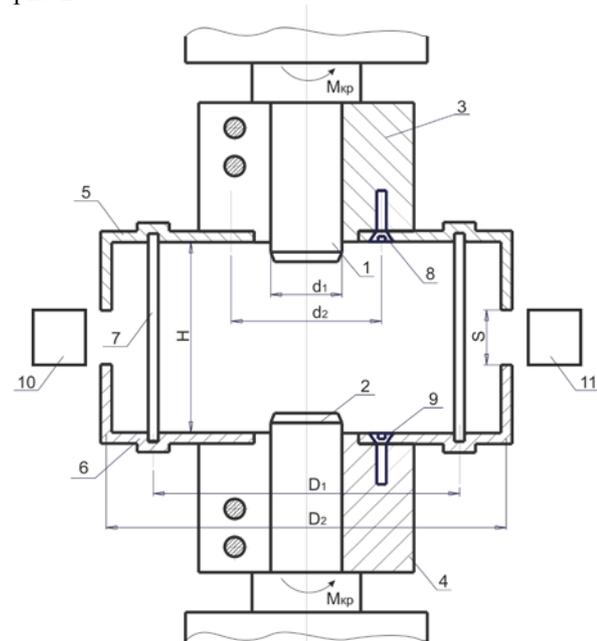
Рис.1. Классификация устройств регистрации крутящего момента торсионного типа.

В настоящее время торсионные приборы применяются практически во всех отраслях машиностроительной промышленности. В торсионных приборах измерение крутящего момента сводится к определению величины деформации упругого элемента, расположенного в цепи передачи.

В данной статье предлагается конструкция малогабаритного бесконтактного устройства регистрации крутящего момента, представленного на рис.2. Устройство относится к измерительной технике и предназначено для регистрации крутя-

щего момента статически и динамически нагруженных узлов при вращательном и возвратно-вращательном движениях исполнительных органов машин и механизмов. Устройство реализует непрерывную регистрацию активных и пассивных крутящих моментов для минимизации временных затрат на проведение измерений и повышения достоверности результатов измерений с расширением функциональных возможностей за счет минимизации погрешностей, вносимых устройством измерения.

В данной статье предлагается конструкция малогабаритного бесконтактного устройства регистрации крутящего момента, представленного на рис.2.



Устройство состоит из двух стяжных полу-муфт 1 и 2, на торцам которых винтами 8 и 9 закреплены чашки 5 и 6. Между собой чашки 5 и 6 жестко соединены через торсион 7, представляющей собой белечью клетку, образуя зазор величиной S . Напротив зазора S установлены датчики 10 и 11 регистрирующие перемещения торцов чашек 5 и 6 вследствие приложения крутящего момента. При одном направлении вращения происходит уменьшение зазора S , а в другом – увеличение. По изменению величины зазора S определяют величину крутящего (тормозного) момента.

Конструкция торсионна может быть разнообразной, в зависимости от типа вращения исполнительного органа (вращательный или возвратно-вращательный) и динамических нагрузок, возникающих в приводе (рис. 3). На рис. 3а и 3б пред-

ставлена конструкция торсиона преимущественно для однонаправленного вращательного, а на рис. 3в и 3г – для возвратно-вращательного движений исполнительного органа.

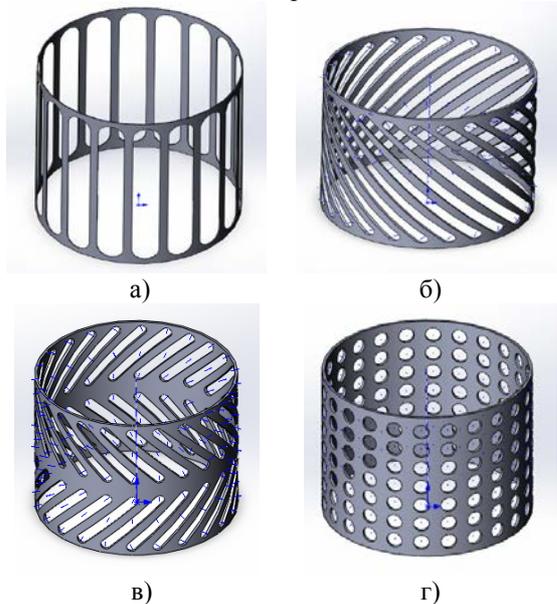


Рис. 3. Типы торсионов.

Точность устройства регистрации крутящего момента будет зависеть от жесткости конструкции, обусловленной величинами и соотношениями диаметров чашек D1 и D2, высотой торсиона H, толщиной чашек и торсиона. Кроме того, точность будет зависеть от типа, вида и количества применяемых датчиков измерения зазора S.

Определение площади поперечного сечения торсиона производилось по формуле [2]:

$$d_T \geq \sqrt[4]{\frac{360}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{10}{\varphi_T} \cdot \frac{l_T \cdot M_{кр}}{G}}$$

где d_T – условный диаметр торсиона, характеризующий площадь его поперечного сечения;

l_T, φ_T – длина и угол закручивания торсиона;

G – модуль сдвига;

$M_{кр}$ – крутящий момент.

При разработке устройства регистрации крутящего момента к конструкции торсиона предъявлялись следующие требования.

Во-первых, точность измерения здесь тем выше, чем больше угол закручивания торсиона. Поэтому расчет допустимой жесткости производился исходя из требований минимального искажения переходных процессов.

Во-вторых, ограничение осевого размера осуществлялось исходя из требований к компактности. Однако его увеличение снижает изгибную жесткость упругого элемента.

В-третьих, поскольку привод вращения работает в докритической области, то торсион спроектирован так, чтобы при минимальной жесткости на кручение критическая скорость была выше рабочего диапазона.

Для спроектированного устройства измерения крутящего момента была проведена градуировка. Максимальное расхождение теоретических и экспериментальных данных составило 0,1%. Появление этой погрешности обусловлено следующими основными факторами:

- точность геометрии торсиона;
- неоднородность свойств материала торсиона;
- зависимость модуля упругости материала от температуры.

Погрешность, связанная с упругим гистерезисом не наблюдалась.

Разработанный датчик крутящего момента работает при скоростях вращения до 6000 об/мин и имеет высокую линейную точностную характеристику. При угле закручивания 3 градуса его разрешающая способность составляет $\pm 0,05^\circ$.

К достоинствам разработанного устройства можно отнести:

- бесконтактный способ измерения;
- малые габариты и вес устройства;
- простота конструкции и трудоемкость изготовления;
- расположение датчика вне вращающейся конструкции;
- возможность использования различных типов датчиков;
- низкая стоимость;
- простота балансировки и тарировки;
- высокая точность измерений при установке большого количества датчиков вдоль образующей чашек.

К недостаткам же следует отнести: высокие требования, предъявляемые к соосности соединяемых валов и необходимость проведения балансировки при работе на высоких скоростях.

Устройство регистрации крутящего момента данной конструкции успешно прошло опробование на автоматизированном триботехническом комплексе для испытания конструкционных материалов и смазочных сред в статических и динамических режимах [3], подана заявка на изобретение.

Литература

1. Фролов Л. Б. Измерение крутящего момента. – М.: Энергия, 1967. – 120 с., ил.
2. Орлов П. И. Основы конструирования. В 2-х книгах. Кн. 2. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.: ил.
3. Буханченко С.Е. Автоматизированный комплекс для трибодиагностики пар трения вращательного и возвратно-вращательного действия в условиях, максимально приближенных к реальным // Контроль. Диагностика. – 2009. – №7. С. 60-66.