

## К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕРЕНИИ МОМЕНТА ТРЕНИЯ ПРИБОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ

Э. Ф. КОЛОТИЙ, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научным семинаром факультета автоматике и вычислительной техники)

В настоящей работе приводятся соображения по дальнейшей разработке и применению электрических методов измерения моментов трения шарикоподшипников, которые, по нашему мнению, являются наиболее перспективными для целей создания комплексных установок по исследованию динамических и статических моментов трения и автоматов по разбраковке подшипников на годные и бракованные по всей программе, предусмотренной техническими условиями.

На предприятиях подшипниковой промышленности в условиях массового производства контроль качества подшипников по их основной характеристике — моменту трения — ведется выборочно, что связано, в первую очередь, с отсутствием достаточно производительных приборов. За последние годы на отдельных предприятиях разработан и внедрен ряд приборов для измерения динамического момента трения и момента трогания (статического момента трения), но эти приборы и устройства, в основном, механического типа, производят замеры только одного параметра, для измерения других параметров или повторения измерений требуется соответствующая ручная подготовка аппаратуры. Разработанные на подшипниковых заводах 2ГПЗ и 4ГПЗ полуавтоматические приборы с использованием фотоэлектрических преобразователей для контроля динамического момента трения методом выбега и сокращенного выбега являются началом автоматизации контроля подшипников только по динамическому моменту трения с производительностью около 250 подшипников в час.

Необходимость стопроцентного контроля подшипников в условиях производства диктуется не только тем, что это позволит значительно повысить технологический уровень производства, особенно приборных подшипников, для которых допустимые моменты трения составляют десятые и сотые доли грамсантиметров, но и потому, что современное точное приборостроение нуждается в весьма добротных подшипниках.

Анализ применяемых методов и приборов [1], несмотря на кажущуюся их простоту, показывает, что с точки зрения повышения производительности полных испытаний (по моментам трения и трогания) подшипников, точности измерений и эксплуатационных характеристик почти все эти методы мало перспективны. Как нам представляется, при современном состоянии электроизмерительной техники далеко не исчерпаны все возможности контроля такой массовой продукции в народном хозяйстве.

Для создания автоматических приборов для полного испытания подшипников необходимо совместить в одной установке контроль динамического момента трения при заданных скоростях и момента трогания на десяти азимутах, как это предусмотрено техническими условиями на приборные шарикоподшипники, с выдачей информации результатов испытания, удобной для контролера при работе на полуавтоматах и для полностью автоматической разбраковки на автоматах.

На основе имеющихся приборов пневматического типа, ДМП-2 маятникового типа, МДШ-1 с водяным манометром, МКТ-1, основанном на методе разгона, С-24 — на методе выбега, и полуавтоматических приборах 2ГПЗ и 4ГПЗ осуществить поставленную задачу не представляется возможным без очень больших затрат. Кроме того, для исследования динамических моментов трения от момента трогания до максимальных скоростей, составляющих десятки тысяч оборотов в минуту, практически нет вообще испытательных стендов, за исключением одной установки, разработанной в институте машиноведения АН СССР, предназначенной для испытания пары приборных подшипников. Кстати заметить, эта установка сложна и неэффектна, так как требует ряда измерений угловых скоростей маховика с осциллографированием, построения графиков изменения угловых скоростей от времени, последующего графического дифференцирования, в результате которого определяется динамический момент трения для каждого промежутка времени [2].

Наиболее перспективными для автоматизации контроля качества приборных подшипников и исследования их моментов трения в зависимости от скорости вращения являются приборы компенсационного типа, основанные на электрических методах измерения с использованием различных типов преобразователей и, особенно, преобразователей обращенного типа.

Используя известные преимущества электрических методов измерения неэлектрических величин и, в частности, метода измерения моментов трения подшипников с применением обращенных преобразователей [3, 4], на кафедре электроизмерительной техники получены необходимые положительные результаты, позволяющие утверждать весьма большую перспективность их для комплексной автоматизации контроля подшипников по моментам трения.

Ниже изложен в общем виде только компенсационный метод измерения динамического момента трения с применением электромагнитного преобразователя, другие методы (индукционный для измерения момента трения и трогания, электромагнитный для измерения момента трогания и временный метод для измерения момента трения) описаны в последующих статьях этого же сборника.

Для целей измерения динамического момента трения приборных шарикоподшипников компенсационным методом при вертикальном положении оси предлагается применить электромагнитный обращенный преобразователь. Принцип работы устройства с электромагнитным обращенным преобразователем заключается в следующем. При вращении вала 2 (рис. 1) с заранее известной постоянной скоростью  $\omega$  наружное кольцо испытуемого подшипника 1 вместе с маховиком 3, создающим осевую нагрузку, увлекается в направлении вращения вала за счет момента трения подшипника. Момент трения компенсируется моментом, развиваемым электромагнитом Э (рис. 2), приложенным к подвижной части через сердечник 5. Величина тока через электромагнит автоматически устанавливается устройством, состоящим из мостовой цепи с фо-

тосопротивлениями, осветительного устройства (на рисунке не показано), перекрывающего флажка 4 и усилителя. При уравновешенном состоянии моста напряжение на входе усилителя равно нулю и по электромагниту Э ток не протекает. Если на выходе моста возникает напряжение, то протекает ток через электромагнит, который стремится повернуть подвижную часть так, чтобы вернуть мост в положение равновесия. При вращении вала 2 под-

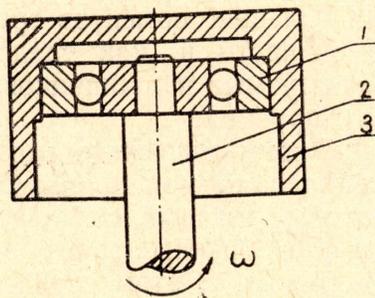


Рис. 1. Схема подвижной части.

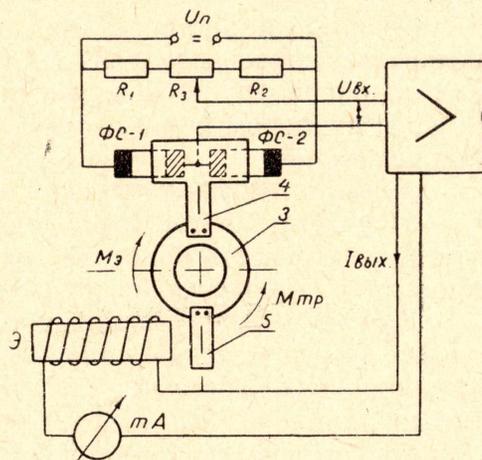


Рис. 2. К принципу работы прибора с электромагнитным обращенным преобразователем.

вижная часть устройства устанавливается в новое положение равновесия, когда  $M_{тр} = M_{э}$ ; на выходе моста в этом случае есть напряженные разбаланса.

Структурная схема устройства с электромагнитным обращенным преобразователем приведена на рис. 3.

На подвижную часть прибора действуют два противоположных момента: момент трения  $M_{вх}$  и момент электромагнита  $M_{β}$ . Под действием разности моментов  $\Delta M$  подвижная часть прибора поворачивается на некоторый угол  $\alpha$  относительно начального положения. Это вызывает, во-первых, изменение величины зазора ( $\delta$ ) между сердечником электромагнита и подвижным сердечником 5 (рис. 2) и, во-вторых, изменение тока  $I_{ввых}$  через электромагнит. Обе эти величины ( $\delta$  и  $I_{ввых}$ ) функционально связаны с выходной величиной электромагнита  $M_{β}$ . В равновесном состоянии подвижной части  $M_{вх} = M_{β}$  и  $\Delta M = 0$ , но  $\alpha \neq 0$ . Измеряя в этом случае ток через электромагнит, можно судить о моменте трения шарикоподшипника. Таким образом, амперметр А может быть отградуирован непосредственно в единицах измерения момента.

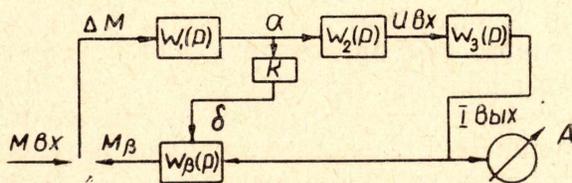


Рис. 3. Структурно-функциональная схема прибора с электромагнитным обращенным преобразователем.

Из структурной схемы прибора наглядно видно, что данное устройство представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования, поэтому для решения вопросов устойчивости, быстродействия, нахождения переходной характеристики и передаточной функции устройства можно воспользоваться математическим аппаратом, глубоко разработанным в теории автоматического регулирования.

Наличие в приборе дополнительной обратной связи ( $\alpha \rightarrow \delta \rightarrow M_{\beta}$ ) приводит к снижению статической точности измерения по сравнению с одноконтурными системами, так как в этом случае погрешность коэффициентов преобразования цепи  $\alpha \rightarrow U_{\text{вх}} \rightarrow I_{\text{вых}}$  войдет в общую погрешность прибора.

Основными достоинствами устройства с электромагнитным обращенным преобразователем для измерения динамического момента трения шарикоподшипников по сравнению с описанным в литературе [3, 4, 5] прибором с магнитоэлектрическим обращенным преобразователем являются:

- а) возможность измерения значительно больших моментов трения;
- б) отсутствие токоподводов к подвижной части и, как следствие этого, возможность более быстрой смены испытуемых подшипников, что приводит к возрастанию производительности прибора.

Для получения возможности измерения динамического момента трения при изменении направления вращения вала можно применить еще один электромагнитный преобразователь, который создавал бы момент, приложенный к подвижной части и направленный в противоположную сторону по отношению к моменту трения. В этом случае при нулевом напряжении на выходе усилителя токи через оба электромагнита должны быть равны нулю (или быть одинаковыми). Полярность напряжения на входе усилителя должна так управлять изменением токов через электромагниты, чтобы поворот подвижной части под действием силы тяги электромагнитов приводил к уменьшению напряжения разбаланса моста с фотосопротивлениями.

Макет устройства с двумя электромагнитными преобразователями был изготовлен и испытан на кафедре электроизмерительной техники Томского политехнического института, работа макета была удовлетворительной при глубоком демпфировании подвижной части.

Таким образом, на примере применения электромагнитного обращенного преобразователя для измерения динамического момента трения шарикоподшипников наглядно видно, что возможности применения электрических методов измерения параметров приборных шарикоподшипников далеко не исчерпаны и возможно создание новых, более точных и более производительных электрических приборов, измеряющих момент трения шарикоподшипников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Бруевич, З. М. Брейтман, Ю. М. Резников. Технические измерения в подшипниковой промышленности. Машгиз, 1963.
2. Р. М. Матвеевский. Исследование трения в приборных шарикоподшипниках. Машгиз, 1957.
3. А. М. Туричин. Электрические измерения неэлектрических величин, ГЭИ, 1959.
4. М. М. Фетисов. Новые автоматические компенсационные приборы для измерения неэлектрических величин. Ч. I и II, ЛДНТП, 1960.
5. П. М. Пфлиер. Электрические измерения механических величин. Машгиз, 1948.