

**ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА ТРОГАНИЯ  
ПРИБОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ**

Э. Ф. КОЛОТИЙ

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

При измерении момента трогания приборных шарикоподшипников к подвижной части, состоящей из маховика, надетого на наружное кольцо подшипника, прикладывается постепенно возрастающий момент [1]. Для создания такого момента предлагается применить индукционный механизм с бегущим магнитным полем, подобный тому, который применяется в счетчиках электрической энергии. Как известно, вращающийся момент индукционного измерительного механизма равен [2, 4]

$$M_3 = \kappa f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi, \tag{1}$$

где  $\kappa$  — коэффициент пропорциональности;

$f$  — частота переменного тока;

$\psi$  — разность фаз между магнитными потоками  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ .

На рис. 1 представлена схема устройства с индукционным механизмом для измерения момента трогания шарикоподшипников. С помощью цепи запуска 1 приводится в действие генератор линейно возрастающего напряжения 2, на выходе которого появляется постепенно увеличивающееся напряжение  $U_r$  (рис. 2). Это напряжение воздействует на модулятор 3, выдающий переменное напряжение  $U_m$ , амплитуда кото-

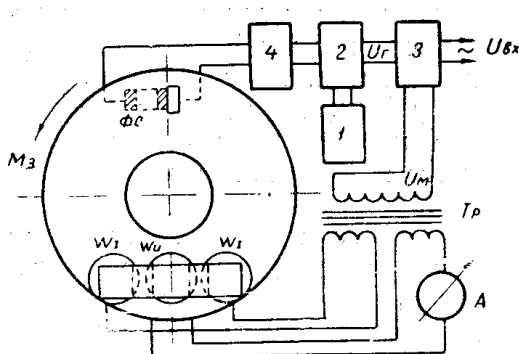


Рис. 1. Схема устройства с индукционным механизмом для измерения момента трогания

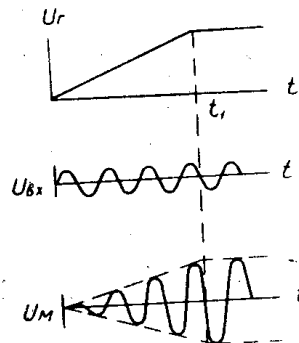


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений.

рого возрастает в соответствии с ростом напряжения 2. Через согласующий трансформатор  $T_r$  напряжение с выхода модулятора поступает на обмотки  $w_1$  и  $w_u$  индукционного измерительного механизма, который

развивает момент  $M_{\beta}$ , приложенный к подвижной части и возрастающий в соответствии с ростом амплитуды на выходе модулятора. Показания амперметра А, включенного в цепь одной из обмоток индукционного механизма, увеличиваются в течение времени  $t_1$ , пока момент  $M_{\beta}$  не превысит несколько момент трогания подшипника. В этом случае под действием разности моментов  $\Delta M = M_{\beta} - M_{тр}$  происходит поворот подвижной части на некоторый угол, что приводит к срабатыванию фиксирующего устройства 4 с фотоспротивлением и прекращению дальнейшего роста напряжения на выходе генератора 2 (момент времени  $t_1$ ). По показаниям амперметра определяется значение момента трогания шарикоподшипника. Для получения значения момента трогания при другом взаимном расположении колец подшипника необходимо повернуть одно кольцо (в данном случае внутреннее) относительно другого на угол, определяемый техническими условиями для данного типа подшипников (например, на  $36^\circ$ ), и снова запустить измерительную схему. Для разбраковки подшипников по моментам трогания в условиях массового производства все эти операции (запуск измерительной схемы, фиксация и сброс показаний амперметра, поворот внутреннего кольца подшипника на определенный угол, сигнализация о браке) легко автоматизируются.

Вследствие того, что обмотки индукционного механизма питаются от одного трансформатора, выполняется условие

$$I_1 = \kappa_1 I_2,$$

где  $I_1$  и  $I_2$  — токи в обмотках  $\omega_I$  и  $\omega_u$  индукционного механизма;  $\kappa_1$  — коэффициент пропорциональности.

Принимая во внимание, что для индукционного механизма  $\Phi_1 \equiv I_1$  и  $\Phi_2 \equiv I_2$ , равенство (1) можно переписать в следующем виде:

$$M_{\beta} = \kappa_2 f I_1^2 \sin \psi. \quad (2)$$

Отсюда видно, что шкала прибора, измеряющего ток в одной из обмоток индукционного механизма, при градуировке ее в единицах момента является квадратичной (растянута в начале и сжата в конце). Это обстоятельство является весьма важным при измерении очень малых моментов трогания, поскольку чувствительность подобного прибора при измерении малых моментов значительно выше, чем при измерении больших моментов.

Погрешность подобного устройства для измерения момента трогания складывается в основном из погрешности метода [1], погрешности преобразования  $I_1$  в  $M_{\beta}$  и погрешности показывающего прибора.

Погрешность преобразования  $I_1$  в  $M_{\beta}$  определяется нестабильностью характеристик индукционного механизма, а также нестабильностью частоты питающего переменного напряжения и колебаниями окружающей температуры.

Основная погрешность индукционных механизмов составляет около 0,5% [3], однако, температурная погрешность их доходит до 1% на  $10^\circ\text{C}$ . Поэтому для получения точной работы индукционного преобразователя необходимо поддерживать неизменную температуру в помещении, где производятся измерения момента трогания подшипников.

Из выражения (2) видно, что частотная погрешность индукционного преобразователя полностью определяется нестабильностью частоты питающего напряжения.

Для получения большой точности измерения момента трогания с помощью индукционного преобразователя необходимо, кроме введения температурной и частотной стабилизации, учесть также и погреш-

ность метода измерения. В этом случае общая погрешность измерения при применении показывающего прибора класса 0,5 может быть доведена до 1%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Ф. Колотий, И. Г. Лещенко. К вопросу об измерении момента трогания приборных шарикоподшипников. (Статья помещена в этом сборнике).
  2. А. В. Фремке. Телеизмерения. Госэнергоиздат, М.—Л., 1958.
  3. М. М. Фетисов. Новые автоматические компенсационные приборы для измерения неэлектрических величин. Ч. I, ЛДНТП, Л., 1960.
  4. П. Н. Горюнов, С. М. Пигин, Н. Н. Шумиловский. Электрические счетчики. Госэнергоиздат, М.—Л., 1951.
-