

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОГО ОБРАЩЕННОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТА ТРЕНИЯ
ПРИБОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ**

Э. Ф. КОЛОТИИ

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

При измерении динамического момента трения приборных шарикоподшипников компенсационным методом необходимо создавать компенсирующий момент. Предлагается для этой цели применить индукционный преобразователь с бегущим магнитным полем. Как известно [1, 3], вращающий момент в индукционном механизме возникает только при наличии двух или более переменных магнитных потоков, сдвинутых друг относительно друга по фазе и не совпадающих в пространстве. Большинство современных индукционных механизмов имеют три переменных рабочих магнитных потока, воздействующих на подвижную часть и создающих вращающий момент. Величина этого момента определяется, как

$$M_3 = c \frac{f}{\rho} \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi, \quad (1)$$

где f — частота переменного тока;

ρ — удельное электрическое сопротивление материала диска;

ψ — угол сдвига фаз между магнитными потоками Φ_1 и Φ_2 ;

c — коэффициент пропорциональности.

Приближенно можно считать, что

$$\Phi_1 \equiv I_1 \quad \text{и} \quad \Phi_2 \equiv I_2,$$

где I_1 и I_2 — токи в первой и второй обмотках индукционного механизма.

Если выполняется условие

$$I_1 = \kappa I_2,$$

то есть токи в обмотках пропорциональны, то выражение (1) можно представить в виде

$$M_3 \approx c_1 \frac{f}{\rho} I_1^2 \sin \psi. \quad (2)$$

Таким образом, в этом случае момент, создаваемый индукционным механизмом, можно определить по показаниям амперметра, измеряющего ток в одной из обмоток.

Если шкала амперметра линейна для измеряемого тока, то при градуировке этого амперметра в единицах момента шкала будет квадратичной (растянута в начале и сжата в конце).

Для целей измерения динамического момента трения шарикоподшипников компенсационным методом при вертикальном положении оси подшипника и наличии осевой нагрузки нами был применен тангенциальный индукционный механизм от счетчика реактивной энергии, рассчитанный на напряжение до 100 в и ток до 5 а.

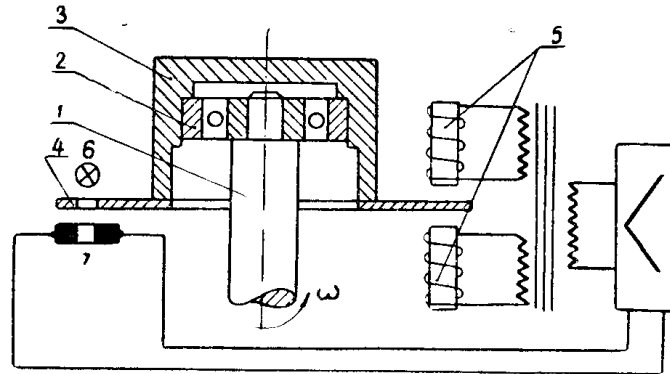


Рис. 1. Схема прибора с индукционным обращенным преобразователем для измерения динамического момента трения

Схема устройства с индукционным преобразователем представлена на рис.1. При вращении вала 1 с постоянной скоростью ω наружное кольцо испытуемого подшипника 2 вместе с маховиком 3 и диском 4 увлекается за счет момента трения подшипника в направлении вращения вала 1. Кроме момента трения $M_{вх}$ на подвижную часть устройства действует компенсирующий момент M_{β} , создаваемый индукционным механизмом 5. Величина тока через обмотки индукционного механизма автоматически устанавливается с помощью преобразователя недокомпенсации [2], состоящего из осветительного устройства 6 и фотосопротивления 7, и усилительного устройства, меняющего ток в обмотках индукционного преобразователя при изменении освещенности фотосопротивления. При установившемся положении равновесия $M_{вх} = M_{\beta}$, и по прибору, измеряющему ток в одной из обмоток индукционного механизма, можно судить о моменте трения подшипника.

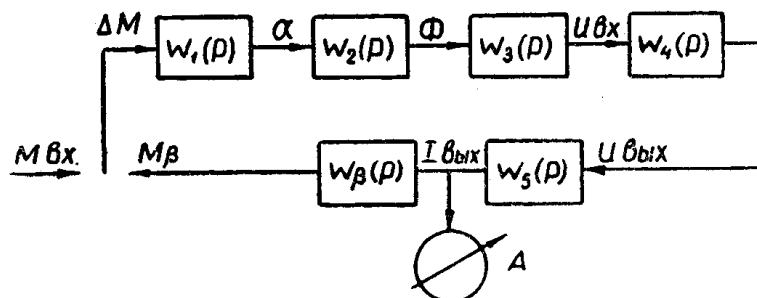


Рис. 2 Структурно-функциональная схема прибора

Структурно-функциональная схема прибора (рис. 2) представляет собой типичную замкнутую одноконтурную систему автоматического регулирования.

Для анализа динамических свойств, вопросов устойчивости, динамических погрешностей, быстродействия и т. д. этого устройства следу-

ет применить математический аппарат теории автоматического регулирования.

Анализ погрешностей подобного устройства удобно произвести на упрощенной структурно-функциональной схеме (рис. 3).

Для цепей компенсационного преобразования передаточная функция или, иначе, динамическая чувствительность имеет вид [2]:

$$S(p) = \frac{I_{\text{вых}}(p)}{M_{\text{вх}}(p)} = \frac{\kappa(p)}{1 + \kappa(p)\beta(p)}, \quad (3)$$

где $\kappa(p) = \frac{I_{\text{вых}}(p)}{\Delta M(p)}$ — передаточная функция цепи прямого преобразования;

$$\beta(p) = \frac{M_{\beta}(p)}{I_{\text{вых}}(p)}$$

— передаточная функция цепи обратной связи.

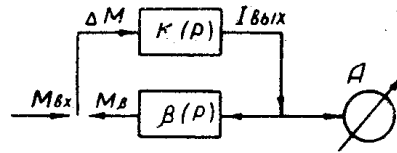


Рис. 3. Упрощенная структурно-функциональная схема прибора

Из выражения (3) находим, что статическая погрешность компенсационной цепи

$$\gamma' = \frac{\Delta S}{S} = \gamma_{\kappa}\alpha + \gamma_{\beta}(1 - \alpha),$$

где $\gamma_{\kappa} = \frac{\Delta \kappa}{\kappa}$ — погрешность цепи прямого преобразования;

$$\gamma_{\beta} = \frac{\Delta \beta}{\beta}$$

— погрешность цепи обратной связи;

$$\alpha = \frac{\Delta M}{M_{\text{вх}}}$$

— относительная недокомпенсация.

В полную погрешность прибора, кроме погрешности компенсационной цепи, следует включить также и погрешность показывающего прибора. Тогда

$$\gamma = \gamma' + \gamma_{\text{пп}},$$

где γ — полная погрешность прибора;

$\gamma_{\text{пп}}$ — погрешность показывающего прибора.

В установившемся режиме величина $\Delta M = 0$, тогда погрешность прибора в целом не зависит от погрешности цепи κ и определяется, как

$$\gamma_{-} = \gamma_{\beta} + \gamma_{\text{пп}},$$

где γ_{-} — погрешность прибора в установившемся режиме. Принимая во внимание тот факт, что основная погрешность индукционного механизма не превышает 0,5% [2], общая погрешность прибора при применении достаточно точного показывающего прибора может быть не выше 1%.

При измерении следует учитывать, что температурная погрешность индукционного измерительного механизма, обусловленная изменением свойств магнитопровода и изменением удельного электрического сопротивления материала диска [см. выражение (1)] при изменениях температуры, может достигать до 1% на 10°C.

Нестабильность частоты питающего напряжения также полностью войдет в общую погрешность индукционного механизма.

Таким образом, для получения высокой точности показаний необходимо применять температурную и частотную стабилизацию устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Под ред. В. Т. Прыткова и А. В. Талицкого. Курс электрических измерений. Ч. I, Госэнергоиздат, М.—Л., 1960.
2. М. М. Фетисов. Новые автоматические компенсационные приборы для измерения неэлектрических величин. Ч. I. ЛДНТП, Л., 1960.
3. П. Н. Горюнов, С. М. Пигин, Н. Н. Шумиловский. Электрические счетчики. Госэнергоиздат, М.—Л., 1951.