

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Виброконтактный преобразователь для прибора управляющего контроля

к.т.н. Г. М. Тромпет, д.т.н. А. Я. Красильников

Виброконтактные системы управляющего контроля уже продолжительное время используют на различных шлифовальных станках [1]. В последние годы приборы управляющего контроля, основанные на виброконтактном принципе измерения, применяют и на многоцелевых станках (рис. 1) [2]. В настоящее время в Уральском ГТУ (г. Екатеринбург) ведется работа по созданию аналогичных устройств для станков с параллельной кинематикой [3].

Вместе с тем при исследовании метрологических и технологических возможностей указанных устройств возникают теоретические вопросы, связанные с формированием сигналов.

Первичным измерительным элементом таких приборов является виброконтактный измерительный преобразователь (рис. 2) [4 и 5], состоящий из

двух связанных друг с другом узлов. В первый узел входят раскачивающий электромагнит 2 и колебательная система 1 (вибратор), во второй — колеба-

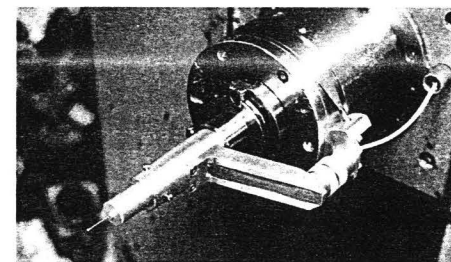


Рис. 1. Измерительный модуль многоцелевого станка
мод. ИС500ПМФ4

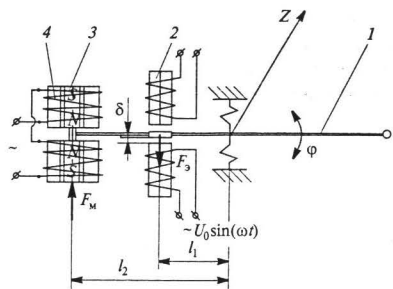


Рис. 2. Схема виброконтakтного измерительного преобразователя

тельная система, постоянный магнит 3 и катушка 4 индуктивности (генератор).

Усилие, развиваемое магнитным полем раскачивающего электромагнита, можно определить согласно работе [6], как $F_3 = \Phi_3^2 / (2\mu_0 S_3)$, где Φ_3 — магнитный поток в цепи электромагнита; μ_0 — магнитная проницаемость воздуха; S_3 — площадь сердечника электромагнита.

Согласно второму закону Кирхгофа уравнение цепи электромагнита имеет вид

$$i_z r = U_0 \sin(\omega t) - W_3 d\Phi_3 / dt, \quad (1)$$

где i_z — ток в обмотке электромагнита; r — активное сопротивление обмотки; $U_0 \sin(\omega t)$ — питающее напряжение с амплитудой U_0 и частотой ω ; t — время; W_3 — число витков обмотки.

Рассматривая колебательный контур как систему с одной степенью свободы, представим дифференциальное уравнение движения при крутильных колебаниях в виде

$$J_z \ddot{\phi} + h \dot{\phi} + k\phi = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2)$$

где J_z — момент инерции системы относительно оси z (см. рис. 2); ϕ — угол поворота системы; h — коэффициент сопротивления (затухания колебаний); k — коэффициент крутильной жесткости; Q_1 и Q_2 — возмущающие моменты от действия соответственно раскачивающего электромагнита и постоянного магнита; Q_3 — возмущающий момент, обусловленный случайными процессами, возникающими при взаимодействии колебательной системы с контролируемыми деталями.

Выразим возмущающие моменты Q_1 и Q_2 через соответствующие магнитные потоки [7]:

$$Q_1 = I_1 \Phi_3^2 / (2\mu_0 S_3); \quad Q_2 = I_2 \Phi_r^2 / (2\mu_0 S_r), \quad (3)$$

где I_1 и I_2 — расстояния от точки закрепления колебательного контура до точек приложения силы F_3 и силы F_M постоянного магнита (см. рис. 2); Φ_r — магнитный поток в генераторе; S_r — площадь сечения магнитного потока, пронизывающего обмотку генератора.

В общем случае электромагнитный поток является сложной нелинейной, а зачастую и неоднозначной функцией тока. Однако при небольших значениях магнитной индукции в зазоре (что имеет место в электромагнитном вибраторе) можно считать эту функцию линейной. Тогда $\Phi_3 = W_3 i_z / R$, где $R = (\delta - l_1 \phi) / (\mu_0 S_3)$; δ — воздушный зазор между якорем и сердечником электромагнита (см. рис. 2). Таким образом, электромагнитный поток в вибраторе $\Phi_3 = [(\mu_0 S_3 W_3) / (\delta - l_1 \phi)] i_z$.

Выражение для магнитного потока генератора представим в виде [8] $\Phi_r = H_c l_m / R_3$, где H_c — коэрцитивная сила постоянного магнита; l_m — его длина; R_3 — усредненное сопротивление воздушного зазора между постоянным магнитом и обмоткой катушки индуктивности.

Учитывая, что сопротивление проводов этой обмотки на порядок меньше, чем сопротивление воздушного зазора, а возмущающий момент ввиду его стохастичности следует рассматривать отдельно, получим из выражений (2) и (3)

$$J_z \ddot{\phi} + h \dot{\phi} + k\phi = \frac{\mu_0 S_3 W_3 l_1}{2(\delta - l_1 \phi)} i_z^2 + \frac{H_c^2 l_m^2 l_2}{2\mu_0 S_r R_3}. \quad (4)$$

Уравнение генератора представим в следующем виде [9]:

$$E = -W_r d\Phi_r / dt = L di_r / dt + r_z i_r, \quad (5)$$

где E — ЭДС; W_r — число витков обмотки генератора; L — индуктивность катушки; i_r — ток в обмотке генератора; r_z — суммарное сопротивление, включающее в себя сопротивление обмотки, проводов и нагрузки.

Уравнения (1), (4) и (5) описывают работу виброконтakтного измерительного преобразователя, что дает возможность рассчитать его выходные параметры по заданным входным условиям, исследовать зоны устойчивой работы виброконтakтного механизма

преобразователя, а также изучать влияние стохастического процесса изменения размеров деталей, контролируемых в процессе обработки, на метрологические показатели всей измерительной системы.

Список литературы

1. Тромпет Г. М., Романов В. А. Прибор с вибрирующим шумом для управления работой станка // Станки и инструмент. — 1976. — № 1. — С. 29.
2. Тромпет Г. М., Федотов В. А., Александров В. А. Заводские испытания измерительного модуля на многоцелевом станке // Машиностроитель. — 2005. — № 7. — С. 16–18.
3. Тромпет Г. М., Александров В. А. Результаты использования измерительно-информационной системы для металлоре-

ших станков // Инновации в машиностроении: Сб. статей 2-й Всероссий. науч.-практич. конф. — Пенза: ПГТУ, 2002. — С. 101–102.

4. А. с. 1245865 СССР, МКИ G 01 B 7/14. Виброконтakтный датчик-измеритель отклонений.

5. Пат. 2284466 РФ, МПК G 01 B 7/00. Виброконтakтный датчик-измеритель отклонений размеров.

6. Тромпет Г. М., Клиских Н. А., Бородин И. Б. Математическое описание виброгенераторных преобразователей // Автоматизация технологических процессов в машиностроении: Межвуз. сб. — Свердловск: УПИ, 1977. — Вып. 1. — С. 107–112.

7. Тромпет Г. М., Красильников А. Я. Виброконтakтный преобразователь для измерительного модуля многоцелевого станка // СТИИ. — 2007. — № 2. — С. 18–20.

8. Гевондян Т. А., Киселев А. Т. Приборы для измерения и регистрации колебаний. — М.: Машгиз, 1962. — 467 с.

9. Браславский Д. А. Приборы и датчики летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1985. — 390 с.