

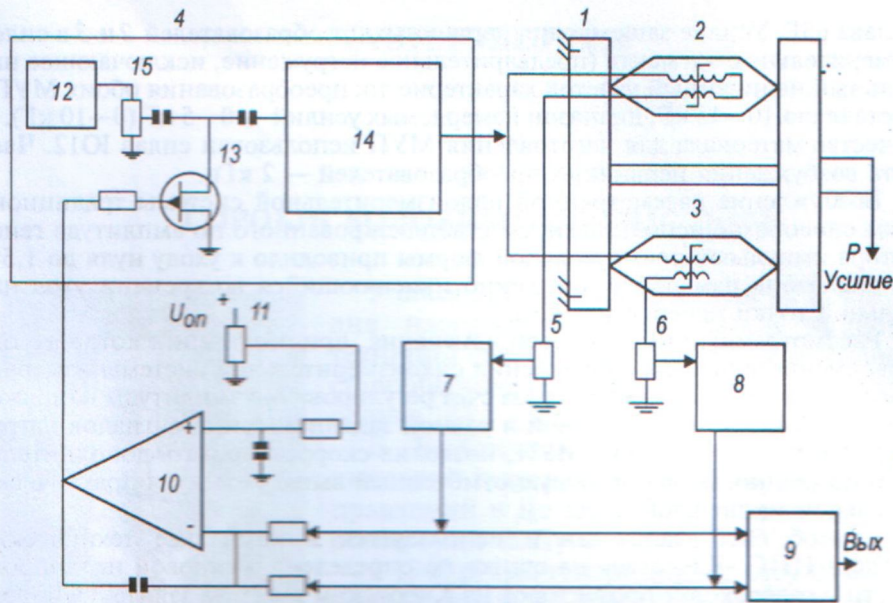
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЙ

А. И. Ришан, канд. техн. наук

При разработке первичных измерительных преобразователей, например, усилия, толщины и других, существенным является поиск методов компенсации дополнительных погрешностей данных преобразователей, обеспечивающих требуемые метрологические характеристики при воздействии дестабилизирующих факторов. Предпочтительно создание замкнутых структурных схем, при которых корректируется не одна из составляющих погрешности, а суммарная погрешность всего первичного преобразователя, включающая и медленно изменяющиеся случайные погрешности ухода нуля. Однако методы коррекции погрешности, основанные на замкнутых структурных схемах, предполагают наличие в первичном преобразователе как минимум двух каналов преобразования, например, сдвинутых по фазе на $\pi/2$ радиан [1] или π радиан [2], или приводящие к изменению двух выходных сигналов измерительного преобразователя в противоположных направлениях, что позволяет включить последние в цепь отрицательной обратной связи замкнутой структурной схемы питания измерительного преобразователя.

Анализ дифференциальных способов измерения усилия, содержащих силоизмерительную систему с нагружаемыми и разгружаемыми преобразователями усилий, в которых измеряемое усилие определяется по разности выходных сигналов последних, показал возможность применения для них структурного метода достижения инвариантности. Для его осуществления возбуждение преобразователей в силоизмерительной системе необходимо производить таким образом, чтобы одновременно с нагружением силоизмерительной системы измеряемым усилием поддерживалась неизменной и равной заданной сумма выходных сигналов нагружаемого и разгружаемого преобразователей усилий.

Функциональная схема аппаратной реализации разработанного способа измерения усилий с применением магнитоупругих первичных преобразователей (МУП) приведена на рисунке. Силоизмерительная система 1 содержит два МУП, один из которых 2 работает на растяжение (разгружение), а другой 3 — на сжатие (нагружение). Оба МУП запитаны по параллельной схеме от одного генератора 4 синусоидальных колебаний, содержащего также вход регулирования коэффициента передачи по переменному току. Выходные сигналы обоих МУП снимаются с потенциометров 5 и 6, включенных последовательно с магнитоупругими преобразователями 2 и 3 соответственно в качестве нагрузки генератора 4. С выхода потенциометра 5 сигнал датчика 2 растяжения поступает на детектор 7, а с потенциометра 6 сигнал, пропорциональный усилию сжатия, поступает на детектор 8. Выходной аналоговый сигнал, пропорциональный измеряемому усилию, снимается с выхода инструментального дифференциального усилителя 9, подключенного двумя входами к выходам детекторов 7 и 8. Изменением коэффициента передачи усилителя 9 осуществляют масштабирование результатов измерений. Одновременно оба сигнала с выходов детекторов 7 и 8 суммируются на инвертирующем входе интегрирующего усилителя 10, на неинвертирующий вход которого поступает сигнал от опорного источника 11. Выходной сигнал интегратора 10, воздействуя на вход регулирования АРУ генератора 4, управляет амплитудой выходного питающего напряжения последнего таким образом, что сумма сигналов обоих МУП поддерживается неизменной и равной сигналу опорного источника 11. Так как в процессе нагружения с увеличением (или уменьше-



Функциональная схема аппаратной реализации дифференциального способа измерения усилий

нием) сигнала одного из МУП происходит пропорциональное уменьшение (или увеличение) сигнала другого, поддерживаемая неизменной сумма сигналов обоих МУП не влияет на сам процесс измерения и на получение выходного сигнала, определяемого как разность сигналов МУП 2 и 3.

В свою очередь генератор 4 состоит из задающего генератора 12, каскада АРУ 13 и усилителя 14 напряжения и мощности. Глубина АРУ регулируется потенциометром 15 и составляет 50–60 дБ. При исходной настройке устройства, реализующего рассматриваемый способ измерения усилия, цепь АРУ вначале отключается и производится совмещение характеристик преобразования МУП 2 и 3, а также осуществляется выбор начальной (нулевой) точки преобразования. С этой целью увеличивается сигнал от опорного источника 11 до величины, при которой интегратор 10 входит в насыщение. Потенциометром 15 регулирования глубины АРУ выставляется необходимый уровень амплитуды возбуждения обоих МУП, а потенциометрами 5 и 6 — допустимый уровень сигналов на выходах детекторов 7 и 8. При выбранных уровнях сигналов на выходах последних производится настройка нулевой (начальной) точки преобразования соответствующим изменением одного из потенциометров 5 или 6 до получения нулевых показаний регистрирующего прибора, подключенного к выходу дифференциального усилителя 9.

Включение цепи АРУ осуществляется уменьшением сигнала от опорного источника 11 до уровня, при котором начинает работать цепь отрицательной обратной связи (цепь стабилизации суммы сигналов детекторов 7 и 8), что контролируется выходом интегратора 10 из состояния насыщения. Необходимая глубина отрицательной обратной связи устанавливается уровнем выходного сигнала задающего генератора 12 (потенциометр 15) и зависит от величины задающего сигнала, поступающего от опорного источника 11. Масштаб выходного аналогового сигнала, пропорционального измеряемому усилию P , устанавливается изменением коэффициента передачи инструментального усилителя 9.

При практической реализации способа был использован силовой измерительный элемент Н-образной формы (см. рисунок), выполненный из

сплава 65Г. Усилие заземления первичных преобразователей 2 и 3 в силоизмерительном элементе (предварительное нагружение, исключаяющее начальный нелинейный участок характеристик преобразования обоих МУП) составляло 10—15 кГ, диапазон измеряемых усилий — 0—5 кГ (0—10 кГ). В качестве материала для изготовления МУП использован сплав Ю12. Частота возбуждения первичных преобразователей — 2 кГц.

Возбуждение рассмотренной силоизмерительной системы традиционным способом с использованием стабилизированного по амплитуде генератора импульсов прямоугольной формы приводило к уходу нуля до 1,5% от диапазона измерения (медленно изменяющийся во времени уход начальной точки преобразования).

Рассмотренный выше способ измерения, при реализации которого одновременно с началом нагружения силоизмерительной системы измеряемым усилием поддерживается (за счет регулирования амплитуды напряженного возбуждения) неизменной и равной заданной сумма сигналов нагружаемого и разгружаемого МУП, позволил скорректировать дополнительную погрешность, вызывавшую отмеченный выше уход нуля практически более чем на порядок.

Способ был реализован и используется в комплексе технических средств ИИС «Качество» на станке по определению силовой неоднородности и разбраковке протекторов на Кировском шинном заводе. Одновременно используются четыре канала измерения (по приведенной на рисунке структурной схеме) для получения информации о радиальных и боковых биениях изготовленного протектора.

Возможна реализация данного способа измерения и с применением тензометрических первичных преобразователей при условии питания тензометрического моста переменным напряжением от генератора 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. №845553 (СССР). Ультразвуковое устройство измерения толщины ленты / А. И. Ришан — Оpubл. 25.03.82 Бюл. № 10.
2. А. С. №1047268 (СССР). Ультразвуковой толщиномер / А. И. Ришан, М. Н. Гуманюк — Оpubл. 7.03.83 Бюл. №1.