

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ УДАРНОЙ СКОРОСТИ

METROLOGICAL ANALYSIS OF STRIKING VELOCITY SENSORS

г. Омск, Омский государственный технический университет
The Omsk State Technical University

Inductive sensors are considered to be special design for measurement of the velocities body directly before and after the blow, in which is allowed amplitude of the signal from 1 to 100 V depending on size of the sensor and values of striking velocity. The analysis of inaccuracy of the measurement by sensor by means of voltmeter V4-17 and oscilloscope S9-8 gives inaccuracy not more than 5%.

Индукционный датчик (А.с. № 2110072 RU, МКИ G 01 P 3/12/ Стихановский Б.Н. // Открытия. Изобретения. 1998. № 12) измеряет скорости тел непосредственно до и после удара и имеет простую, ударопрочную, надежную и недорогую конструкцию. Амплитуда сигнала – от 1 до 100 В в зависимости от типоразмера датчика, т.е. на 1-3 порядка выше, чем, например, у тензодатчиков, что позволяет повысить точность, помехозащищенность и заметно снизить затраты на усилители и эксплуатацию измерительного комплекса. Существенное отличие этого датчика от известных заключается в том, что момент механического удара совмещен по времени с разрывом магнитной цепи датчика, т.е. когда в измерительной катушке наводится максимальная ЭДС, пропорциональная скорости удара. Были изготовлены и испытаны несколько модификаций датчиков: с постоянным магнитом (МП) и электромагнитом (ЭМ). Разрыв магнитной цепи осуществлялся либо непосредственно самим бойком или инерционным элементом, заключенным внутри датчика.

Для датчика МП ЭДС, индуцируемая в измерительной катушке $e = \pi d w B v$, где d - диаметр витков катушки, w - число витков, B - магнитная индукция в зазоре постоянного магнита, T_d . Для уменьшения погрешности преобразования магнитная индукция в зазоре должна быть постоянной на начальном пути перемещения витков катушки, что возможно только при небольших перемещениях.

Погрешности датчика МП обусловлены уменьшением магнитного потока постоянного магнита в результате магнитного старения и под воздействием внешних условий; нелинейностью функции преобразования в области малых скоростей ($< 1 \text{ м·с}^{-1}$) и скоростей ($> 10 \text{ м·с}^{-1}$) - погрешностью отсчетного устройства.

Магнитное старение $\beta = (\Delta B/B) \cdot 100\%$ в зависимости от марки материала и положения рабочей точки меняется от десятичных долей процента до нескольких процентов за один год. Например, для ЮНДК24 $\beta = 0,5-1,7\%$, для ЮНДК25БА $\beta = 0,2-1,5\%$, для ЮНДК35Т5 $\beta = 0,2-0,6\%$.

Для уменьшения магнитного старения нужно применять методы магнитной стабилизации.

Под воздействием внешних условий стабильность характеристик будет соблюдаться, если возможные размагничивающие действия на постоянный магнит не выводят его за точку отхода линии возврата от кривой размагничивания. Эту составляющую погрешности можно исключить при периодической поверке датчиков.

Наибольшая погрешность от нелинейности функции преобразования составляет 3%.

Другие составляющие погрешности носят как случайный, так и систематический характер, поэтому суммирование их достаточно сложно и они нормируются обычно пределом допускаемой погрешности измерения, в нашем случае это 3-5%.

При измерении ударной скорости ЭМ датчиком погрешности, обусловленные старением магнита, отсутствуют, но возникают погрешности, связанные с нестабильностью питающего напряжения, с изменением температуры окружающей среды, с неточностью изготовления катушки датчика.

Отсчетное устройство, в качестве которого использовался импульсный цифровой вольтметр В4-17 и осциллограф С9-8, вносит свои погрешности в результат измерения.

Главными источниками основной погрешности цифрового вольтметра являются неточность коэффициента преобразования АЦП вследствие дискретности уровней квантования, погрешность источников опорного напряжения, генератора счетных импульсов, погрешности входного делителя, влияние электрических шумов и наводок, нестабильность и неточность параметров отдельных элементов схемы.

Основными источниками дополнительных погрешностей являются влияние частоты и формы кривой измеряемого напряжения, изменение температуры окружающего воздуха, влажности, напряжения питающей сети.

Так как при градуировке вольтметра частоту сигнала устанавливают в пределах нормальной области частот, в которой частотные погрешности практически не проявляются, то при измерении амплитуды ударного импульса в области низких и высоких частот возникают дополнительные систематические погрешности, увеличивающиеся при снижении и повышении частоты по отношению к частоте градуировки. Эти погрешности могут достигать 15-20% и являются одними из доминирующих. Для повышения точности измерений вводится частотная поправка в соответствии с формулой:

$$U_d = U_B (1 - Q_q/100), \quad (1)$$

где U_d – действительное значение измеряемого напряжения;

U_B - показания вольтметра;

Q_q – частотная погрешность вольтметра, %.

Погрешность вследствие отклонения формы кривой от градуировочной также является одной из основных методических погрешностей вольтметра и может быть выражена в виде:

$$Q_\Phi = F(\tau, Q, f), \quad (2)$$

где τ, Q, f - длительность, скважность, частота сигналов.

На практике точно учесть эту погрешность трудно, т.к. сложно получить уравнение связи между погрешностью и коэффициентами искажения.

Основные и дополнительные погрешности нормируются в форме приведенной погрешности.

При измерении напряжений в смежных областях частот по отношению к нормальной следует иметь в виду, что смежные области частот должны иметь смежные классы точности.

Погрешность при измерениях электронным вольтметром В4-17 может составлять 2%, импульсным (двухлучевым с памятью) осциллографом С9-8 – до 2,3%.

Суммарная погрешность измерения будет до 5%.