

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ НАКЛОНОМЕРЫ

Рассмотрены классификация и принципы построения магнитоотриксционных наклономеров на продольных и крутильных упругих ультразвуковых волнах (УЗВ) для автоматизированного гексаподного технологического оборудования.

С развитием гексаподного обрабатывающего оборудования возникает необходимость в регистрации углов наклона рабочих узлов с высокой точностью, повышая, тем самым, уровень технической безопасности системы. Высокоточная идентификация углов наклона β технологического объекта управления (ТОУ) возможна с использованием метода магнитоотриксционного измерительного преобразования и создания нового вида устройств – магнитоотриксционных наклономеров [1]. Основой их построения служат первичные магнитоотриксционные преобразователи перемещений с разными кинематическими цепями, что отражается на их общей классификационной схеме (рис. 1) и функциональных возможностях.

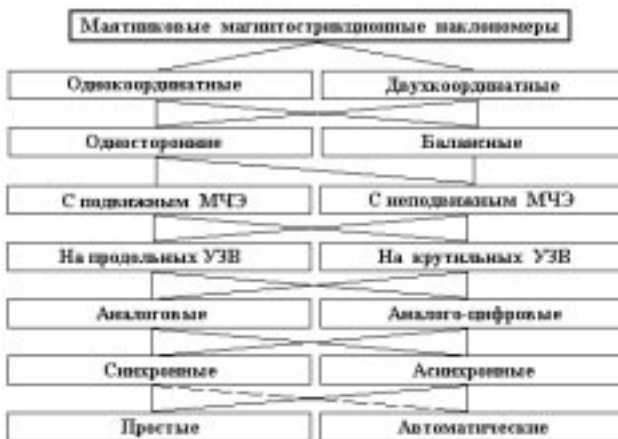


Рисунок 1. Классификация магнитоотриксционных наклономеров

Магнитоотриксционные наклономеры, выполненные по схеме рис.2, позволяют регистрировать наклоны ТОУ до $\beta \leq 45^\circ$ в двухкоординатной системе, используя амплитудный метод идентификации [2]. По токовому сигналу усилителя записи УЗ в зоне магнитомеханического преобразования магнитоотриксционного чувствительного элемента МЧЭ, образованной обмоткой входного сигнального распределенного магнитоотриксционного преобразователя РМП и кольцевого магнитного преобразователя МК (поляризатора), с частотой $f_{onp} = 1/T_{onp}$ генератора опроса ГО возбуждаются упругие УЗВ:

$$\sigma x(t) = \text{sign} \sum_j \sigma x_{ij}(t),$$

представляющие собой сумму деформационных напряжений $\sigma x_{ij}(t)$ в i -сечениях волновода по $j=2,3,4,8$ -перепадам видеоимпульса записи.

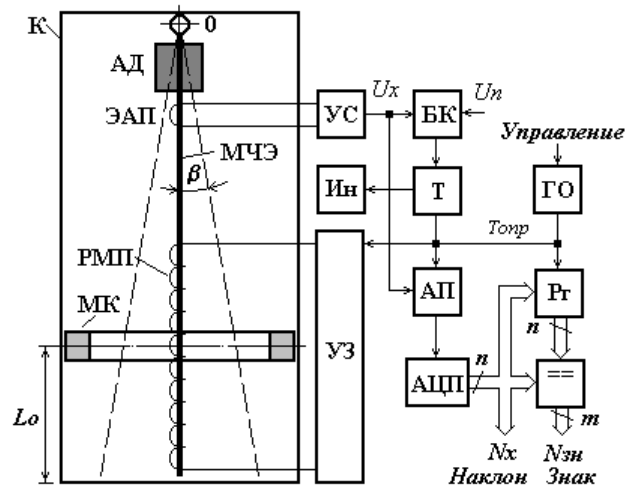


Рисунок 2. Схема маятникового двухкоординатного магнитоотриксционного накломера на продольных УЗВ: АД – акустический демпфер, Ин – индикаторный элемент, Т – триггер, АП – аналоговая память, Рег – регистр.

Зондирующие УЗВ проходят по МЧЭ длиной Lx с фазовой скоростью Vnp в сторону выходного сигнального электроакустического преобразователя ЭАП:

$$\sigma x(t) = \text{sign} \sum_j \sigma x_{ij}(t - Tx) \cdot \exp(-\delta \cdot Lx),$$

и им считаются в зоне магнитоупругого преобразования через время $Tx = Lx/Vnp$, испытывая при этом затухание, определяемое декрементом δ затухания волны. На выводах ЭАП формируются информационные сигналы, усиленные усилителем УС до напряжения:

$$Ux(t) = \text{sign} \left\{ Ky \cdot W \varepsilon \frac{d[Boo(t) \cdot Si]}{dt} \right\},$$

где Ky – коэффициент линейного усиления УС, $W \varepsilon$ – эффективное число витков индуктивного ЭАП, $Boo(t)$ – индукция магнитоупругого преобразования, Si – площадь поперечного сечения МЧЭ, сравниваются балансным компаратором БК с опорным напряжением $Un(t)$:

$$\Delta Ux(t) = \text{sign}[Un(t) - Ux(t)],$$

и преобразуется аналого-цифровым преобразователем АЦП в цифровой n -разрядный код Nx с последующим вычислением m -разрядного кода Nzn знака наклона ТОУ.

Амплитудный метод преобразования углов наклона ограничивает точность приборов до величины основной погрешности $\gamma_0 = 2\%$. Пороговая чувствительность определяется величиной младшего кванта АЦП блока кодирования и вычислений БКВ.

Смещение L_0 поляризатора МК вдоль корпуса К наклономера в пределах сигнального РМП дает возможность регулировать чувствительность при разных углах отклонения от вертикали (вектора гравитации) его маятникового акустического тракта АТ. Однако использование продольных информационных УЗВ в тракте нуждается в организации проводной связи сигнальных РМП и ЭАП с усилителями записи УЗ и считывания УС, что снижает параметрическую чувствительность на малых углах β наклона TOY и надежность в целом.

Выполнение МЧЭ наклономеров на кольцевых структурах с электромагнитно-акустическим методом возбуждения упругих УЗВ кручения [3, 4] освобождает их от отмеченных недостатков (рис. 3). Информационной величиной здесь выступают время-импульсные сигналы $T_x = 2 \cdot L_x / V_{кр}$, образованные в результате трансляции через АТ с отражающей нагрузкой ОН крутильных УЗВ нулевого порядка, не имеющих дисперсию скорости $V_{кр}$.

Протяженность АТ наклономеров с время-импульсным выходным сигналом первичного магнитострикционного преобразователя перемещений [1] является одним из основных показателей разрешающей способности в процессе кодирования углов наклона TOY :

$$N_x = T_x \cdot f_o = 2 \cdot \pi \left(\frac{\beta^\circ}{360^\circ} \right) \frac{2 \cdot R}{V_{кр}} f_o \approx 0.01745 \cdot \beta \frac{2 \cdot R}{V_{кр}} f_o,$$

где R – радиус изгиба МЧЭ, с установленной частотой f_o дискретизации измерительного генератора БКВ. Этот параметр наиболее высокий в магнитострикционных наклономерах *одностороннего* преобразования, выполняемых по схеме рис. 3а, позволяя работать в диапазоне не менее $\beta = (350-355)$ угловых градусов с погрешностью $\gamma_o = (0.5-1.0)\%$ нормальных условиях.

Балансная схема (рис. 3б) магнитострикционных наклономеров при той же разрешающей способности и точности результирующего кода БКВ:

$$N_x = \text{grad}(T1 - T2) = \text{grad} \left[\frac{2(L1 - L2)}{V_{кк}} \cdot f_o \right],$$

где $T1, T2$ – временные интервалы угла наклона TOY , $L1, L2$ – длина дифференциальных акустических трактов, обладает вдвое меньшим диапазоном угловых преобразований, но дает возможность при необходимости проводить температурную коррекцию выходного информационного сигнала на основе логометрического вычисления, расширяя область технического применения приборов данной группы.

Список использованной литературы:

1. Демин С.Б. Информационно-измерительные системы металлорежущего оборудования. Уч. пособие. – Пенза: Изд-во ПензГУ, 2000.
2. Патент РФ №2075728. Ультразвуковой преобразователь углов наклона // С.Б. Демин.
3. Патент РФ №1811265. Ультразвуковой наклономер // С.Б. Демин.
4. Патент РФ №2035693. Наклономер // С.Б. Демин.

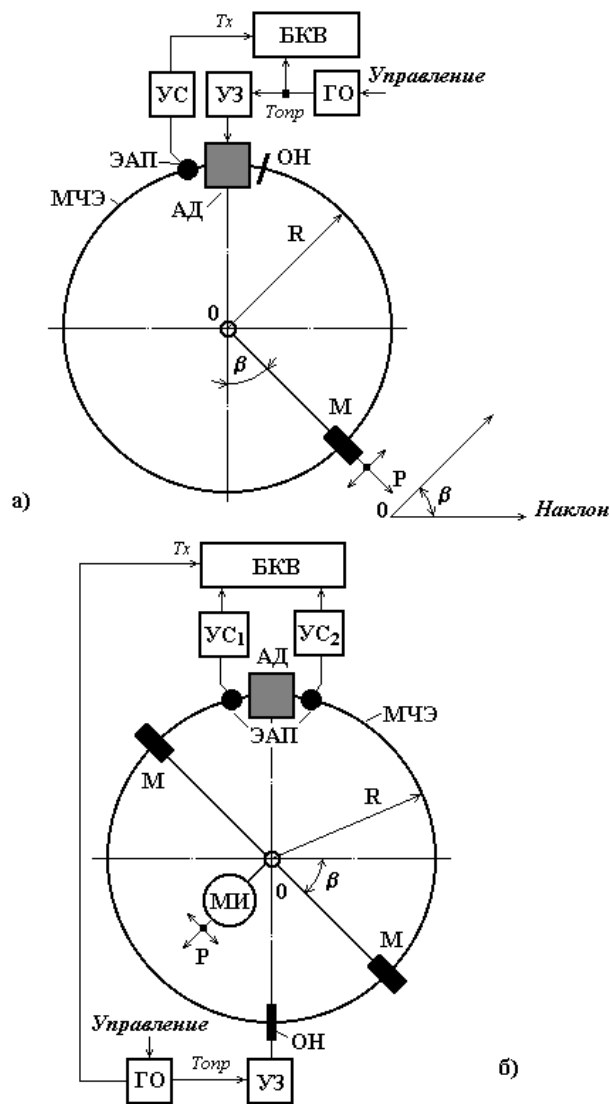


Рисунок 3. Структурные схемы одностороннего (а) и балансного (б) маятниковых однокоординатных магнитострикционных наклономеров на УЗВ кручения: Р – сила тяжести, М – подвижный поляризатор

Следовательно, обладая высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками [1-4], рассмотренная группа приборов может быть использована в составе информационных магнитострикционных систем специализированного технологического оборудования.