

Акселерометрический метод сбора информации о биомеханике опорно-двигательного аппарата человека

Диагностика опорно-двигательного аппарата человека является первостепенной задачей на этапе определения курса реабилитации и восстановительной методики. Повысить точность, эффективность и надёжность средств гониометрических измерений позволяет замена традиционных механических гониометров и угломеров электронными системами с микропроцессорным управлением. Перспективным подходом в создании гониометрического оборудования является применение инерционных систем контроля на базе акселерометрических преобразователей. Целью работы является создание нового подхода к достижению высокоточных гониометрических измерений, изучение возможности применения акселерометрического метода для измерения суставных перемещений.

Принцип применения акселерометров для измерения угла поворота ϕ , основан на измерении вектора полного ускорения \vec{a} общей точки О кинематической пары в двух системах отсчета [1]. При этом вектор полного ускорения \vec{a} определяется измерением четырёх значений ускорений в двух системах координат a_{x1} , a_{y1} , a_{x2} , a_{y2} , полученных при помощи двухкомпонентных акселерометров дифференциального типа, закреплённых на соседних звеньях диагностируемого сустава (рис.1).

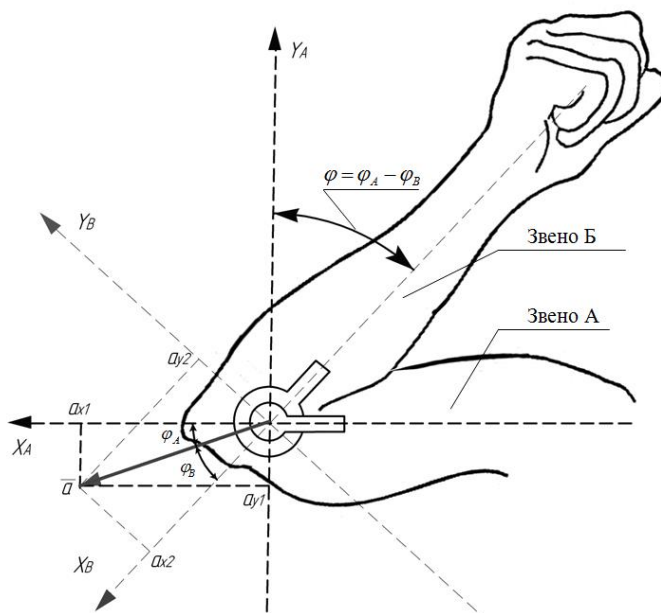


Рис. 1. Акселерометрический метод измерения угла поворота

Ускорение общей точки О биокинематической пары не связано с углом поворота ϕ , а определяется только параметрами общего движения объекта и самой точки О. В результате измерений значений ускорения для каждого акселерометра в двух системах координат на выходе получают четыре сигнала, пропорциональные ускорению общей точки кинематической пары \vec{a} :

$$\left. \begin{aligned} a_{x1} &= K_{x1} a \cos(\phi_A) \\ a_{y1} &= K_{y1} a \sin(\phi_A) \\ a_{x2} &= K_{x2} a \cos(\phi_B) \\ a_{y2} &= K_{y2} a \sin(\phi_B) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

Секция 2. Анализ сигналов и систем

где ϕ_A и ϕ_B - углы между направлением вектора ускорения общей точки О кинематической пары \vec{a} и измерительными акселерометрическими системами (\vec{x}_A, \vec{y}_A) и (\vec{x}_B, \vec{y}_B) соответственно; $K_{x1}, K_{y1}, K_{x2}, K_{y2}$ - коэффициенты преобразования соответствующих акселерометров.

Исходя из соотношений (1) и на основании связей между компонентами вектора линейного ускорения, при движении объекта и смещении акселерометров на угол $\phi = \phi_A - \phi_B$, последний можно определить по формулам [2]:

$$\begin{aligned}\sin \phi &= \frac{a_{x2}a_{y1}/K_{x2}K_{y1} - a_{y2}a_{x1}/K_{y2}K_{x1}}{(a_{x1}/K_{x1})^2 + (a_{y1}/K_{y1})^2}, \\ \cos \phi &= \frac{a_{x2}a_{x1}/K_{x2}K_{x1} + a_{y2}a_{y1}/K_{y2}K_{y1}}{(a_{x1}/K_{x1})^2 + (a_{y1}/K_{y1})^2}.\end{aligned}\quad (2)$$

При технической реализации данного подхода возникают трудности его практического применения, обусловленные громоздкими вычислениями и нестабильностью системы к влиянию мультипликативных помех. Решением данной проблемы является применение фазометрического метода. [3]

Таким образом, применение акселерометрического метода измерения угловых суставных перемещений определяется простыми тригонометрическими соотношениями и позволяет:

- повысить точность и чувствительность измерений;
- исключить возможность свободного хода биокинематической пары, так как по данной методике угол поворота объектов определяется путем преобразования направления мгновенного вектора ускорения в фазу синусоидального колебания;
- минимизировать стоимость практической реализации данного метода, за счет применения двухкоординатных акселерометров.

Литература

1. Демиденко В.П., Попов Г.М., Пупенин А.В. и др. Устройство для измерения параметров углового движения. // Патент №93026518 (РФ) G01P15/00, заявл. 19.05.1993; опубл. 20.12.1996.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров. – М.: Наука, 1986.
3. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р. Проблемы мультипликативной нестабильности дифференциальных измерительных преобразователей электромагнитного поля // Вопросы радиоэлектроники, 2010, Т.1, №1. – С. 117-122.