

Цифровая электронная подсистема микромеханического гироскопа с кольцевым резонатором

С.Ю. Иванов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Центральный научно-исследовательский институт химии и механики

им. Д.И. Менделеева

Повышение требований к характеристикам микроэлектромеханических (МЭМ) гироскопов приводит к необходимости применения более сложных алгоритмов и повышения стабильности параметров электронной подсистемы. Одним из наиболее перспективных направлений развития электронных подсистем МЭМ гироскопов является активное применение цифровых технологий [1,2].

На основе математической модели непосредственно кольцевого резонатора [3,4] в среде моделирования Simulink построена комплексная модель гироскопа с кольцевым резонатором и цифровой электронной подсистемой.

Структурная схема микромеханического гироскопа приведена на рис. 1. Чувствительный элемент гироскопа представляет собой кольцевой резонатор из монокристаллического кремния с упругим подвесом, размещенный в магнитном поле постоянного магнита. На поверхности кольца расположены восемь проводников, формирующих при соответствующем подключении контуры первичных и вторичных колебаний. Первичные колебания резонатора возбуждаются силой Ампера, возникающей при пропускании тока через проводники контура в магнитном поле. Для задания тока используются цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и преобразователи напряжения в ток. Напряжение, возникающее при движении проводника контура в магнитном поле, усиливается и оцифровывается аналогово-цифровыми преобразователями (АЦП), определяя текущую амплитуду колебаний резонатора. Все остальные функции, связанные с управлением колебаниями кольцевого резонатора, реализуются в цифровом виде.

Для возбуждения первичных колебаний кольцевого резонатора строго на резонансной частоте реализован полностью цифровой контур фазовой автоподстройки частоты, состоящий из фазового детектора, пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора и генератора гармонических колебаний, управляемого кодом. Для поддержания заданной амплитуды первичных колебаний сигнал возбуждения проходит контур автоматической регулировки усиления, состоящий из амплитудного детектора и ПИД регулятора. Для повышения стабильности параметров гироскопа и получения требуемой полосы пропускания необходимо использование компенсационного преобразования сигнала

угловой скорости. Для этого реализован контур подавления вторичных колебаний с соответствующим ПИД регулятором. Цифровая часть электронной подсистемы построена на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

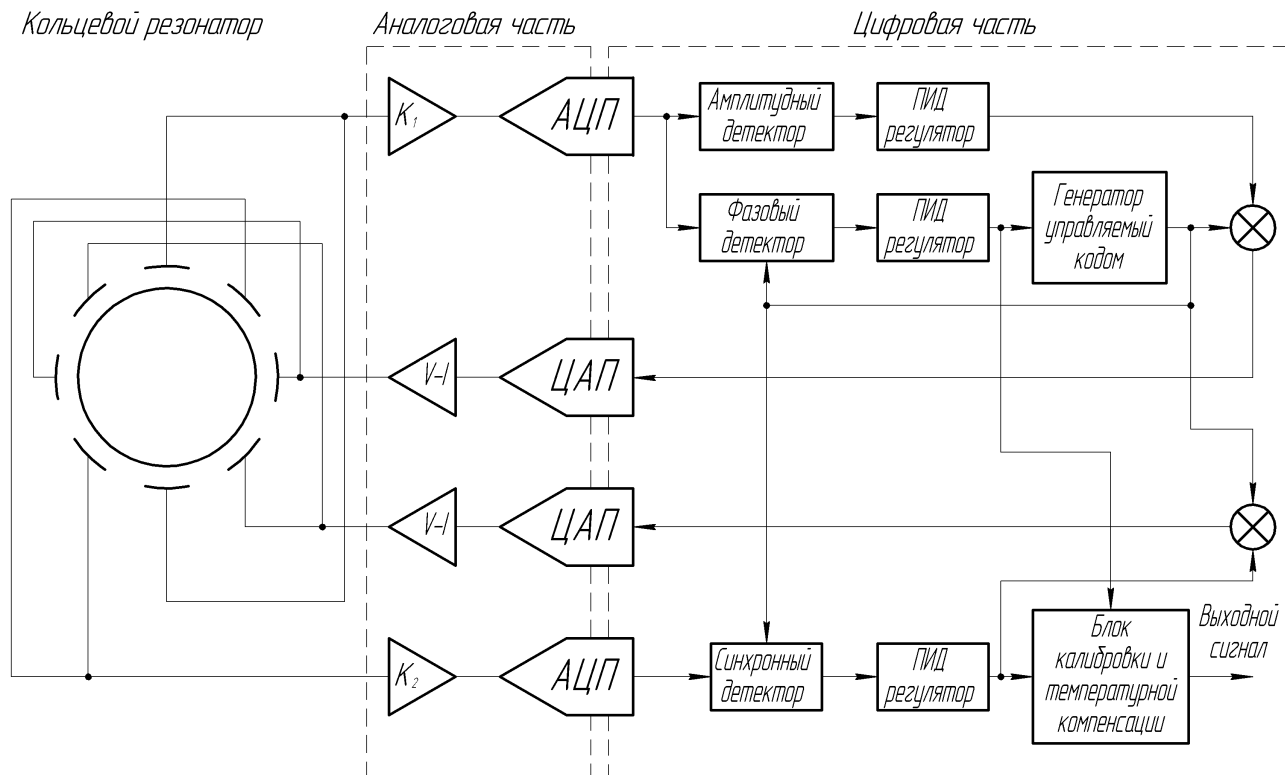


Рис. 1. Структурная схема микромеханического гироскопа с кольцевым резонатором и цифровой электронной подсистемой

Разработанная электронная подсистема гироскопа позволяет реализовать все необходимые алгоритмы управления колебаниями чувствительного элемента. Практическая реализация данной системы показывает хорошее согласование с построенной моделью и потенциал для дальнейшего развития.

#### Литература

1. Trusov A.A., Chpurko I., Schofield A.R., Shkel, A.M. A Standalone Programmable Signal Processing Unit for Versatile Characterization of MEMS Gyroscopes. IEEE Sensors. – 2007. – P. 244 – 247.
2. Trusov A.A. [et al.] Flat is not dead: Current and future performance of Si-MEMS Quad Mass Gyro (QMG) system. Position, Location and Navigation Symposium – 2014. – P.252 – 258.
3. Матвеев В.А., Липатников В.И., Алехин А.В. Проектирование волнового твердотельного гироскопа. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997 – 168 с.
4. Тимошенко С.П. [и др.] Разработка математического описания кольцевого микрогироскопа. // Нано- и микросистемная техника. – 2014. – № 5. – С.18 – 25.