

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАТОРА**

Студент гр. 120401 Дулуб Я. В., студент гр. 120411 Абгарян Ж. С.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) относится к гироскопическим приборам и позволяет измерять угловую скорость подвижного объекта. Конструктивно представляет собой металлический резонатор, собственная частота колебаний которого определяет его измерительные характеристики, в частности коэффициент передачи. При изменении температуры резонатора меняется и его собственная частота, что приводит к изменению коэффициента передачи. Для сохранения точности измерения необходимо измерять частоты с высокой точностью и, на основе полученных данных, корректировать величину коэффициента передачи. Таким образом, целью работы является выбор структуры и расчет параметров частотомера. На основании проведенного анализа литературных источников выбран метод обратного счета [1] с аппаратной реализацией на базе микроконтроллера. Структура построения для выбранного метода должна содержать как минимум два счетчика параметры частоты работы и интервалы счета, которых необходимо определить.

Для ВТГ с резонансной частотой равной  $f = 5430$  Гц, обеспечение среднего уровня точности требует измерения частоты собственных колебаний  $\Delta f$  с погрешностью не более 0,01 Гц. Расчет среднего значения измеренной частоты  $f_{из}$  производится по формуле [1]:

$$f_{из} = (f_э N) / M, \quad (1)$$

где  $f_э$  – эталонная частота (частота дискретизации);  $N$  – число импульсов входной частоты (соответствует полному числу периодов);  $M$  – число импульсов эталонной частоты (целое число с погрешностью определения  $\pm 1$ ).

Таким образом,  $M$  с погрешностью измерения  $\pm 1$  является основным источником погрешности, поэтому основной задачей является определение значения эталонной частоты  $f_э$  и числа периодов входной измеряемой частоты  $N$  при которых погрешность измерения будет меньше или равна заданной. На основе (1) выражение для абсолютной погрешности:

$$\Delta f = \max |f - f_{из}| = \max |f - (f_э \cdot N) / (M \pm 1)|. \quad (2)$$

Используя выражение (2), был проведен цикл расчетов, в котором для значения частоты дискретизации из диапазона 1–10 МГц с шагом изменения 1 МГц (ограничение до 10 МГц обусловлено необходимостью проведения дополнительных вычислений), определялось необходимое значение  $N$ , обеспечивающее точность измерения и проверялось условие  $M \leq 2^{32}$  (максимально возможная величина счета). На основе полученных данных было выявлено, что абсолютная погрешность менее заданной получается при  $N$  не меньше 400 и  $f_э = 10$  МГц. При этих значениях число полных периодов эталонной частоты составит  $M \approx 740000$ , т. е. необходимая разрядность счетчика должна быть равна  $2^{32}$ , а частота тактирования вычислительно ядра контроллера должна быть не менее 100 МГц. В результате анализа вариантов универсальных контроллеров наиболее подходящим для решения задачи реализации частотомера является микроконтроллер stm32f407 [2].

В ходе выполнения работы был выбран метод определения частоты, осуществлен расчет параметров и выбран микроконтроллер для аппаратной реализации.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

**Литература**

1. Касаткин, А. С. Автоматическая обработка сигналов частотных датчиков / А. С. Касаткин. – М.: Энергия, 1966. – 123 с.
2. Техническое описание микроконтроллера STM32F407xx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00037051.pdf>.