

ИНДИКАТОРНЫЙ ГИРОСТАБИЛИЗАТОР НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ ГИРОСКОПЕ

Распопов В.Я.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация

Волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) по параметрам точности, массе, габаритам, потребляемой энергии и динамическим характеристикам [1] остаются широко применяемыми датчиками угловой скорости при построении индикаторных гиросtabilизаторов (ИГС) [2]. Предпочтительно использование ВОГ, построенных по схеме с замкнутым контуром [3].

На рис. 1 приведена структурная схема ВОГ с замкнутым контуром.

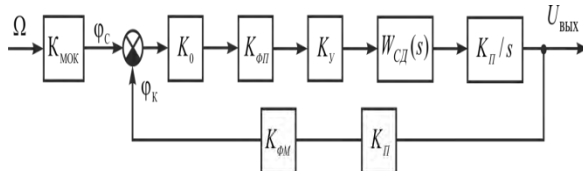


Рис. 1. Структурная схема одноосного ВОГ с замкнутым контуром

Структурная схема отображает последовательные преобразования входного сигнала (угловая скорость Ω) в выходной сигнал (напряжение $U_{\text{вых}}$). Коэффициент передачи первого звена называется масштабным коэффициентом оптического контура и определяется $K_{\text{моk}}$:

$$K_{\text{моk}} = 2\pi LD / \lambda c, \text{ рад/с}^{-1},$$

где L, D – длина оптоволоконна и диаметр оптоволоконного контура;

λ, c – длина волны и скорость света.

Коэффициент преобразования фазы Саньяка в мощность излучения K_0 (Вт/рад), поступающего на фотоприёмник, зависит от мощности излучения излучателя, от потерь в оптическом тракте и его поляризационных характеристик. Фотоприёмник, как устройство преобразования сигнала, характеризуется чувствительностью $K_{\text{фп}}$ (А/Вт) и коэффициентом усиления $K_у$. Передаточная функция синхронного детектора может быть представлена апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{сд}}(s) = \frac{1}{T_{\text{сд}}s + 1}, \quad (1)$$

где $T_{\text{сд}}$ – постоянная времени ($T_{\text{сд}} < 1/\omega_{\text{с}}$); $\omega_{\text{с}}$ – частота среза разомкнутой системы.

После интегратора с коэффициентом передачи $K_и$ в прямой цепи формируется выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, которое содержит информацию об измеряемой угловой скорости вращения Ω . Контур обратной связи замыкается через фазовый модулятор, на который подается пилообраз-

ное напряжение, формируемое в электронном блоке с коэффициентом передачи $K_{\text{п}}$. Фазовая амплитуда пилообразной модуляции автоматически поддерживается у значения 2π , а фаза Саньяка компенсируется пилообразным сигналом с частотой $f_{\text{к}}$:

$$f_{\text{к}} = D\Omega / n_{\text{п}}\lambda,$$

где Ω – измеряемая угловая скорость;

$n_{\text{п}}$ – показатель преломления используемого волокна.

Коэффициент передачи фазового модулятора:

$$K_{\text{фм}} = \pi / U_{\text{п}}, \text{ рад/В},$$

$U_{\text{п}}$ – полуволна напряжения.

Передаточная функция ВОГ в соответствии с рис. 1 и с учётом (1) приводится к форме:

$$W_{\text{вог}}(s) = \frac{U_{\text{вых}}(s)}{\Omega(s)} = \frac{K_{\text{пц}}K_{\text{моk}}}{(T_{\text{сд}}s + 1)s + K_{\text{пц}}K_{\text{моk}}} = \frac{K_{\text{мв}}}{T_{\text{в}}^2s^2 + 2\xi_{\text{в}}T_{\text{в}}s + 1}, \quad (2)$$

где $K_{\text{пц}} = K_0K_{\text{фп}}K_уK_{\text{сд}}K_и$ – коэффициенты передачи прямой цепи;

$K_{\text{ос}} = K_{\text{фм}}K_{\text{п}}$ – коэффициент передачи обратной связи;

$$T_{\text{в}} = \sqrt{\frac{T_{\text{сд}}}{K_{\text{пц}}K_{\text{ос}}}};$$

$$\xi_{\text{в}} = \frac{1}{2} \sqrt{T_{\text{сд}}K_{\text{пц}}K_{\text{ос}}};$$

$K_{\text{мв}} = K_{\text{моk}}K_{\text{ос}}$ – масштабный коэффициент ВОГ, определяемый по формуле:

$$K_{\text{мв}} = \frac{2\pi LD}{c\lambda K_{\text{фм}}K_{\text{п}}}. \quad (3)$$

В предположении независимости работы каналов стабилизации, на рис. 2 приведена структурная схема ИГС с ВОГ [2].

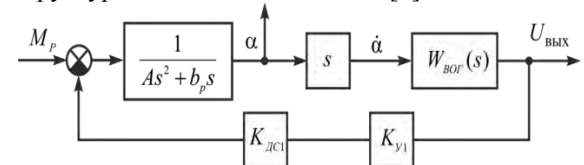


Рис.2. Структурная схема гиросtabilизатора с ВОГ по одному каналу

($K_{\text{дс1}}, K_{\text{у1}}$ – коэффициенты передач двигателя и усилителя в цепи стабилизации)

Передаточная функция гиросtabilизатора в соответствии с рис. 2. и с (2) имеет вид:

$$\frac{\alpha(s)}{M_p(s)} = (T_B^2 s^2 + 2\xi_B T_B + 1) \div \left\{ s \left[AT_B^2 s^3 + T_B (2A\xi_B + T_B b_p) s^2 + (A + 2\xi_B T_B b_p) s + (b_B + K_{MB} K_{ДС1} K_{У1}) \right] \right\} \quad (4)$$

Из (4) следует, что в установившемся режиме гиросtabilизатор с ВОГ, как и с любым другим датчиком угловой скорости, имеет дрейф со скоростью:

$$\dot{\alpha} = \omega_{ДР} = M(b_p + K_{MB} K_{ДС1} K_{У1}).$$

Имея в виду температурную зависимость величины K_{MB} [4], следует ожидать и зависимость дрейфа гиросtabilизатора от температуры.

Предположим, что все звенья в цепи стабилизации безинерционные, за исключением платформы и рамы, тогда для качественной оценки поведения гиросtabilизатора с ВОГ на качающемся основании можно применить отношение:

$$\frac{\alpha(s)}{\gamma(s)} = - \frac{i^2 (J_p s^2 + h_p)}{A s^2 + (b_p + i K_{MB} K_p) s + i^2 h_p} \quad (5)$$

где A – момент инерции ИГС относительно оси подвеса;

J_p – осевой момент инерции двигателя стабилизации;

i – коэффициент передачи редуктора;

b_p, h_p – коэффициенты вязкого трения в осях подвеса платформы ИГС и в подшипниках ротора двигателя;

K_p – коэффициент передачи по каналу стабилизации;

γ – угол качки основания;

α – угол поворота платформы ИГС.

Отношение (5) можно использовать для предварительного частотного анализа поведения гиросtabilизатора на качающемся основании.

1. Лукьянов, Д.П., Распопов, В.Я., Филатов, Ю.В. Прикладная теория гироскопов. Учебник.- СПб.: ГНЦ РФ – ОАО «ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – 315 с.
2. Распопов, В.Я. Теория гироскопических систем. Гиросtabilизаторы. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 388с.
3. Интерферометрические волоконно-оптические гироскопы с линейным выходом. Прилуцкий, В.Б. и др. // Сб. материалов XI Санкт-Петербургской Международной конференции по интегрированным навигационным системам. – СПб., 2004. – С. 129-136.
4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы.- М.: Машиностроение, 2007.- 399 с.

УДК.628.984

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Савкова Т.Н., Кравченко А.И., Колесник Ю.Н.

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь*

Изменение принципов конструирования световых осветительных приборов с использованием светодиодов (СД) продиктовано физическими процессами полупроводников. Одним из основных способов создания надёжных и эффективных светодиодных приборов основан на параллельном планировании тепловых, электрических, оптических и спектральных свойств источника освещения [1].

Важнейшая проблема при проектировании световых приборов с СД – обеспечение требуемого теплового режима СД. Большинство параметров СД, в основном определяющие их превосходство над другими источниками света – срок службы и световая отдача – сильно зависят от температуры активной области. Превышение температуры « $p-n$ » – перехода ведёт к уменьшению светового потока и ускоренной деградации кристалла. На температуру перехода влияет путь распределения тепла между переходом и окру-

жающей средой (определяется тепловым сопротивлением), мощность рассеивания светодиода, температура окружающей среды, а также ток питания [2,3].

Существует несколько способов определения температуры активной области светодиодов. Методы, основанные на зависимости прямого напряжения светодиода от температуры [4] – [8], являются косвенными, контактными, требующие калибровочных измерений.

По методу [9], температура « $p-n$ » – перехода определяется по смещению спектрального максимума излучения в область коротких длин волн при повышении температуры. Данный способ характеризуется большой погрешностью из-за наличия шумов и возможной интерференции в спектре излучения СИД. Отличительной особенностью метода [10], является определение зависимостей длины волны от температуры для заданных точек в выбранной длинноволновой