

07;12

Компенсация избыточного шума в волоконно-оптическом гироскопе с ответвителем типа 3×3

© Э.И. Алексеев, Е.Н. Базаров

Институт радиотехники и электроники РАН, Фрязино

Поступило в Редакцию 6 марта 1997 г.

Теоретически показано, что в волоконно-оптическом гироскопе с контурным ответвителем типа 3×3 и дифференциальным усилителем на выходе может быть достигнута компенсация избыточного шума источника излучения, являющегося одним из основных факторов, ограничивающих точностные характеристики волоконно-оптического гироскопа.

Один из путей повышения точности волоконно-оптических гироскопов связан с использованием в них суперфлуоресцентных волоконных источников излучения [1]. Такие источники близки по свойствам к тепловым и характеризуются высоким уровнем избыточного шума. Эксперименты показывают, что избыточный шум доминирует над другими шумами уже при мощностях на фотодетекторе порядка 10 мВт [2]. Поэтому проблема уменьшения его влияния на точность гироскопов представляет большой интерес.

В когерентно-оптической связи для подавления избыточного шума гетеродина используется балансное детектирование [3]. Балансное детектирование можно применить и в волоконно-оптических гироскопах, используя в качестве опорного сигнала излучение источника, задержанное на время прохождения света по оптическому тракту волоконно-оптических гироскопов. Однако реализация балансного детектирования в обычной "минимальной" схеме волоконно-оптических гироскопов с входным и контурным ответвителями типа 2×2 сопряжена с рядом трудностей, связанных с обеспечением когерентного взаимодействия информативного и опорного сигналов. В настоящей работе показано, что эта проблема решается значительно проще при использовании в схеме волоконно-оптического гироскопа направленного ответвителя типа 3×3 .

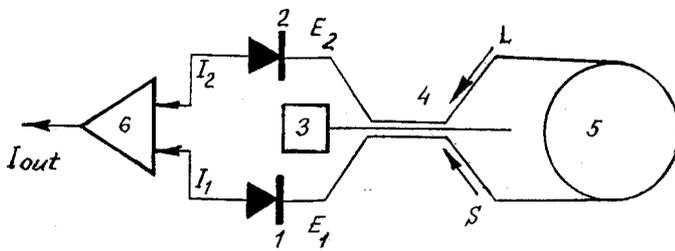


Схема волоконно-оптического гироскопа с ответвителем типа 3x3.

На рисунке представлена простейшая схема волоконно-оптического гироскопа с ответвителем типа 3x3. Излучение от источника (3) поступает через направленный ответвитель типа 3x3 (4) на входы чувствительного контура (5), а затем — на фотодетекторы (1) и (2), выходы которых подключены к дифференциальному усилителю (6). Хотя такая схема волоконно-оптического гироскопа встречалась ранее в ряде работ [4,5], проблема избыточного шума в ней, насколько нам известно, до сих пор не рассматривалась.

Каждая из встречных волн L и S в схеме (см. рисунок) является и информативной (сигнальной) и одновременно — опорной для другой волны, причем с точностью до множителя (эту оговорку мы будем в дальнейшем опускать), в случае идеального направленного ответвителя имеем:

$$\begin{aligned} L &= A \exp(i\varphi) \exp(-i\varphi_0), \\ S &= A \exp(i\varphi) \exp(i\varphi_0). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь A и φ — соответственно амплитуда и фаза волн, а φ_0 — невзаимный (саньяковский) фазовый сдвиг.

Сигналы, поступающие на фотодетекторы:

$$\begin{aligned} E_1 &= S + \exp(i\varphi_1)L, \\ E_2 &= L + \exp(i\varphi_1)S, \end{aligned} \quad (2)$$

где φ_1 — разность фаз сигналов, прошедших через направленный ответвитель по "прямому" и "перекрестному" каналам.

Токи фотодетекторов (которые считаются идентичными):

$$I_1 = |S|^2 + |L|^2 + \exp(i\varphi_1)LS^* + \exp(-i\varphi_1)SL^* + n_1,$$

$$I_2 = |S|^2 + |L|^2 + \exp(i\varphi_1)SL^* + \exp(-i\varphi_1)LS^* + n_2,$$

где n_1 и n_2 — шумы фотодетектирования.

На выходе дифференциального усилителя

$$I_{\text{out}} = 2|A|^2 \sin \varphi_1 \cdot \sin(2\varphi_0) + n_1 - n_2. \quad (4)$$

Таким образом, избыточный шум, обусловленный фоновой засветкой фотодетекторов, оказывается скомпенсированным. Из (4) следует также, что волоконно-оптический гироскоп с контурным направленным ответвителем типа 3×3 и балансным детектированием работает в квадратурном режиме, его оптический масштабный коэффициент такой же, как и в "минимальной" схеме, однако электрический масштабный коэффициент меньше, поскольку $\varphi_1 \neq \pi/2$.

Рассмотренная схема представляет интерес для волоконно-оптического гироскопа грубого и среднего классов точности. Для волоконно-оптических гироскопов высокой точности можно использовать модифицированную "минимальную" схему с направленным ответвителем типа 3×3 .

Авторы признательны В.П. Губину и Н.И. Старостину за полезные дискуссии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 96-02-18434.

Список литературы

- [1] *Wysocki P.E., Digonnet M.J.F., Kim B.J., Shaw H.J.* / J. Lightwave Technol. 1994. V. 12. P. 550–567.
- [2] *Burns W.K., Moeller R.P., Dandridge A.* / IEEE Photonics Technol. Letters. 1990. V. 2. P. 606–609.
- [3] *Sterlin R., Batting R., Heinchoz P.D., Weber H.P.* / Opt. Quant. Electron. 1986. V. 18. N 6. P. 445–454.
- [4] *Burns W.K., Moeller R.P., Villarruel C.A.* / Electron. Lett. 1982. V. 18. P. 648–650.
- [5] *Poisel H., Trommer G.F., Buhler W.* et al. / Electron. Lett. 1990. V. 26. P. 69–70.