

**Миниатюрный датчик вращения ВГ103ПТ
(приложение – цифровая версия ВГ103ПД)**

В настоящем руководстве содержатся:

- сведения по устройству;
- советы по использованию и установке.



**ВГ103ПТ – это миниатюрный сверхмалозумящий прецизионный
волоконно-оптический гироскоп:**

0.02 град/√ час	шум
1 град/час	сдвиг
0.7 Вт	потребление
55 г	вес

По совокупности точностных, энергетических и габаритно-массовых характеристик в настоящее время не имеет аналогов на рынке. ВГ103 содержит в общем пластиковом корпусе: чувствительный к вращению волоконно-оптический блок (ОБ); плату аналоговой электроники для обработки оптического сигнала и контроля компонентов. Особенностью модели является практически полное отсутствие металлических узлов.

Изготавливается с использованием патентованной технологии, когда все оптические компоненты формируются последовательно вдоль одного отрезка оптического волокна.

Несмотря на пластиковый корпус, ВГ103 отличается очень высокой механической прочностью и переносит предельно жесткие ударные и вибрационные перегрузки.

Схема прямого оптического преобразования, используемая в ОБ, обеспечивает оптимальную модуляцию и фильтрацию оптического сигнала вращения. Плата электроники преобразует оптический сигнал и детектирует его компоненту на частоте 75 кГц. Напряжение U_{Ω} на дифференциальном выходе датчика пропорционально скорости его вращения Ω . Датчик готов к измерению практически мгновенно (<20 мс) после подачи питания +5В.

ОБЩЕЕ

ВГ103 разработан с требованием прочности в предельно жестких температурных и механических условиях. Должен устанавливаться внутри сухого отсека и храниться при низкой влажности. Электроника не имеет защиты от перенапряжения или напряжения неправильной полярности. Корпус датчика не герметичен (время выравнивания влажности 30 часов). Влага внутри датчика – главный фактор риска и, наряду с неправильным питанием, является основной причиной сокращения срока службы. Рекомендуется рассматривать ВГ103 как деликатное устройство, чувствительное к статическому разряду и повышенной влажности. Ошибки при подключении могут привести к необратимому отказу или сокращению срока службы.

Некорректная установка и считывание сигнала могут ухудшить измерительные характеристики прибора или его помехоустойчивость. Необходимо избегать деформации корпуса и выходных контактов – следуйте рекомендациям по установке и подключению, приведенным далее .

При возникновении сомнений при подключении, установке или применении ВГ103 рекомендуем обратиться к разработчику. Это позволит избежать ошибочных действий, результатом которых может быть отказ или некорректная работа датчика.

ПИТАНИЕ

Для нормального функционирования использовать стабилизированное и хорошо отфильтрованное напряжение 5В (±5%). Превышение питания приводит к перегреву некоторых компонентов и, в итоге, к выходу прибора из строя. Импульсы напряжения в линии питания (например, множественные прерывания питания/заземления) могут пройти через емкостные мосты до чувствительных компонентов (СЛД) и привести к их пробою.

ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Выходной сигнал датчика U_{Ω} поставляется через два контакта (OUT-, OUT+). Напряжения на контактах (U^+ , U^-) имеют начальное смещение $U^0 = 1В$ относительно **GND** (Общий питания). Знаки зависимости от угловой скорости на выходах OUT- и OUT+ - противоположные.

Использование дифференциального съема сигнала

$U_{\Omega} = (U^+ - U^-)$ позволяет минимизировать шумы и погрешности считывания.

$$U^+ = U^0 + \frac{1}{2} \cdot MK \cdot \Omega$$

$$U^- = U^0 - \frac{1}{2} \cdot MK \cdot \Omega$$

$$U_{\Omega} = MK \cdot \Omega$$

MK – масштабный коэффициент, типичное значение 6 мВ/град/с, ± 15% - технологический разброс индивидуальных коэффициентов. Диапазон выходных напряжений ±2В – адаптирован к большинству АЦП. Импеданс каждого выхода 1 кОм относительно **GND**. Определяется защитными резисторами (см. рекомендуемую диаграмму подключения).

ДИАГНОСТИКА

Отказ датчика (существенное изменение реакции на вращение, либо ее отсутствие) в большинстве случаев определяется при анализе начального смещения и/или тока потребления. Смещение возвращается как $U^0 = \frac{1}{2} \cdot (U^+ + U^-)$ *. Признаки отказа:

- отклонение U^0 от номинала более 10% (99%);
- отличие тока потребления от паспортного более 20 мА (70%).

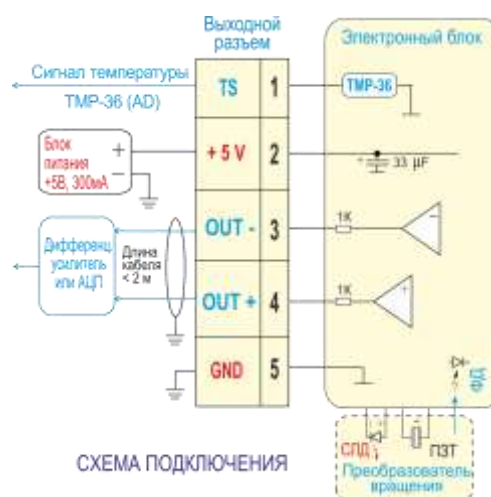
* в цифровой версии датчика – ВГ103ПД U^0 является диагностическим сигналом DS и входит в состав цифровых данных.

УСТАНОВКА

Для фиксации ВГ103 можно применять винтовое соединение, клеевое соединение, поджим к установочной поверхности.

- Винтовое соединение

Использовать винты M2 – M3 (момент = 3-7Н*см) через отверстия 4.5 мм на фланцах. Во избежание разрушения корпуса рекомендуется использовать эластичные прокладки под шайбы.



- Клеевое соединение

Хорошие результаты в широком диапазоне температур дает применение силиконовых клеев при толщине клеевого шва 0.1-0.2мм. Применяйте специфические активаторы поверхности.

Для аккуратного съема используйте лезвие. В некоторых случаях удобно применить двусторонний скотч. Для проверки клеевого метода можно запросить муляж датчика (пластиковый корпус)

- Поджим

Датчик можно фиксировать поджатием к установочной поверхности. Усилие поджатия нужно прикладывать вдоль направляющей цилиндрической части корпуса. Величину силы разумно выбирать с учетом веса датчика и условий эксплуатации.

- Установочная поверхность

Применение в условиях вибраций требует внимания к установочной поверхности, т.к. из-за относительной мягкости корпус ВГ103 может следовать за вибрационной деформацией основания. Главный резонанс (с учетом установленного датчика) должен находиться за пределами спектра возможных вибраций. В противном случае может резко возрасти чувствительность показаний к вибрациям на высоких частотах.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ

Используйте легкие и гибкие провода (кабели). Рекомендуется механически фиксировать соединительные провода в непосредственной близости (10-20мм) от контактов выходного разъема. Это позволяет предотвратить механическую нагрузку на контакты в условиях вибраций и ударов. Можно использовать свободную верхнюю поверхность датчика для клеевой фиксации кабеля или легкого зажима. Следите, чтобы изгибы проводов или кабеля не привели к деформации контактов. Убедитесь в отсутствии «земляных» петель. Проверьте необходимость экранирования подводящего кабеля с учетом его длины.

ПРИМЕНЕНИЕ

ВГ103 является практически совершенным датчиком абсолютной угловой скорости $U_{\Omega} = МК \cdot \Omega$. Выходное напряжение (разность напряжений на выходных контактах) строго пропорционально угловой скорости вращения и мгновенно на нее реагирует (0.1 мс). Датчик готов к работе в течение 20 мс после подачи питания. Переходные явления при самопрогреве практически отсутствуют.

Существуют незначительные отклонения от «идеальности». Они проявляются как слабые зависимости выходного сигнала от «посторонних» физических факторов и приводят к погрешности измерения (преобразования). Разделяются на три группы: шумы, погрешности сдвига, погрешности масштабного коэффициента.

Шум – естественные квантовые флуктуации светового потока и электрический шум электронных цепей приводят к выходному шуму 2 мкВ/√Гц, который имеет равномерную спектральную плотность в рабочей полосе частот датчика 0- 1 кГц. Датчик не реагирует на постоянное ускорение, однако, есть слабая реакция на вибрацию через динамическую деформацию корпуса $U_a(dg/dt)$. Отклик пропорционален частоте и амплитуде вибрации (для частот <1 кГц), для оценки использовать 1 мкВ/g на частоте 100Гц. Широкополосная вибрация приводит к некоторому увеличению выходного шума, но не сдвига

Сдвиг – имеет несколько независимых компонентов:

а) «электронный» - $U_0(t^\circ)$ - хорошо воспроизводимый и стабильный при постоянной температуре сдвиг, определяемый смещениями операционных усилителей и погрешностями детектирования сигнала. Его типичное значение 0.1мВ. Примерно линейно зависит от температуры с таким же размахом в рабочем диапазоне (-40С...+70С). Хорошо моделируется.

б) «оптический» - $U_b(t)$ - нестационарный сдвиг интерференционной природы. Проявляется как медленные вариации сигнала (10с – 100с) даже при постоянной температуре. Этот сдвиг определяет предельную стабильность датчика. Для ВГ103 типичная амплитуда вариаций <5 мкВ. Практически не моделируется.

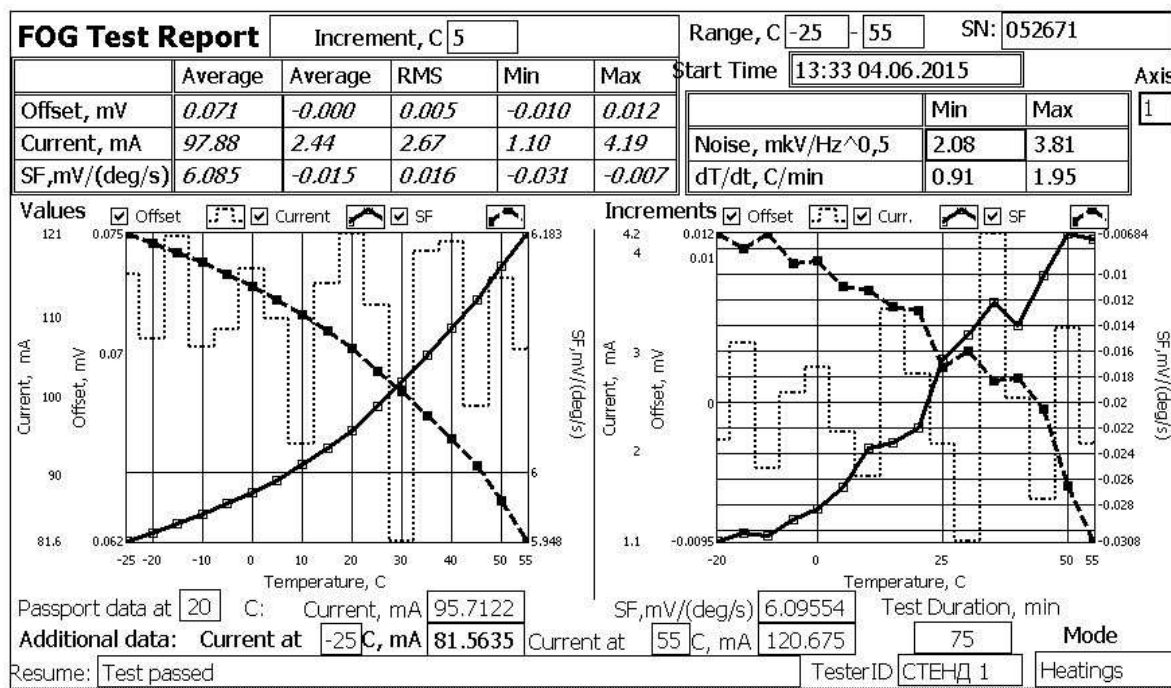
в) «магнитный» - $U_m(H)$ - сдвиг, определяемый линейными эффектом Фарадея и «нефарадеевским» откликом. Оптическая архитектура датчика уменьшает магнитный отклик, так, что типичное значение не превышает 5 град/час на 1 Гаусс. Тонкой регулировкой поляризации можно технологически уменьшить магнитный отклик до 1 град/час на 1 Гаусс. Эта процедура - «магнитная фильтрация» - может быть проделана по заказу при изготовлении датчика. Остаточный «нефарадеевский» сдвиг может быть подавлен только при использовании экрана.

Масштабный коэффициент - т.к. сигнал вращения получается интерференцией оптических волн - он зависит от температуры (через длину волны светодиода), а на границе измерительного диапазона – отклоняется от линейной зависимости (5-10%).

$$MK(t^\circ, \Omega) = MK \cdot k_t \cdot k_\Omega, \quad k_\Omega = 1 - K_2(\Omega/\Omega_m)^2, \quad k_t = 1 + T_1 \cdot t^\circ + \dots$$

Зависимость от температуры k_t почти линейная и моделируется с ошибкой 0.1-0.3%.

Датчик после изготовления проходит температурный тест. Проверяются температурные зависимости: тока потребления, МК, сдвига, шума. На рис ниже – типовой отчет ПСИ (датчик №052671).



ПРИЛОЖЕНИЕ

ИНТЕРФЕЙС И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ВЕРСИИ ДАТЧИКА

В цифровой версии датчика - ВГ103ПД дополнительно устанавливается плата АЦП для преобразования сигналов аналогового датчика. Она содержит 24-разрядный АЦП ADS1251, несколько 10-разрядных АЦП и процессор на базе PIC16F873. Плата АЦП выполняет следующие функции:

- 24-х разрядное преобразование выходного напряжения U_{Ω} в последовательный код;
- 10-и разрядное преобразование «медленных» сигналов температуры, тока потребления, напряжения питания, диагностического сигнала **DS**. Эти дополнительные данные (**Xdata**) используются для диагностики состояния, температурной коррекции и т.п.);
- передача данных в виде последовательного цифрового кода по стандарту RS232.

Стандарт RS232 обеспечивает надежную и помехозащищенную передачу цифровых данных. В стандарте RS232 вся информация передается в виде пакета (посылки) из нескольких последовательных байтов. Байт это восьмиразрядное двоичное число. Поэтому для передачи, например, 24 разрядного числа требуется три байта, а 10 разрядного – два байта. Алгоритм кодирования и расшифровки передаваемых данных определяется протоколом связи. Протокол связи также определяет: скорость передачи и параметры установки порта, частоту обновления передаваемых данных, методы контроля истинности принимаемой информации.

Расположение платы АЦП непосредственно в корпусе датчика позволило увеличить помехозащищенность и надежность передачи данных угловой скорости и располагать датчик на достаточном удалении (до 3-х метров) от ВУ потребителя. В отличие от аналоговой версии, цифровой датчик готов к работе в течение 1с после подачи питания. Цифровой Датчик может быть подключен непосредственно к персональному компьютеру.

Электрический интерфейс

Назначение	Название контакта	Обозначение	Сведения
Питание	Питание +5В	+5V	Вход питания 4.75В-5.25В, 0.3А макс , стабилизированное, отфильтрованное
	Общий питания	GND	
Цифровой выход	Цифровой выход	RS232 TXD	Асинхронный порт, 8 бит данных, 1 стоп бит, без контроля четности
	Общий цифровой	DGND	Соединен с «Общим питания»

Мода порта по умолчанию - 115 кБод, частота обновления 1200 Гц \pm 100ppm, эффективная полоса – 300 Гц.

Опции (при заказе):

38 кБод, частота обновления 300.0 Гц \pm 100 ppm, эффективная полоса сигнала 100 Гц.

9.6 кБод, частота обновления 75.00 Гц \pm 100 ppm, эффективная полоса -30 Гц.

* плата АЦП имеет также «скоростную» моду -115 кБод с частотой обновления 4.8 кГц и эффективной полосой 1.6 кГц. В этой моде передаются только «усеченные» 14-разрядные данные угловой скорости без дополнительных данных. При этом АЦП (цена младшего разряда 305 мкВ) не разрешает шум аналогового датчика 2 мкВ/√Гц (\approx 60 мкВ в рабочей полосе 1 кГц).

Запаздывание цифрового значения угловой скорости

Запаздывание цифрового значения угловой скорости составляет не более 1.5 периода ($T=1/1200$ в основной моде) обновления данных. Это следует из того, что значение измеренной угловой скорости относят к середине интервала измерения, а время передачи данных меньше T .

Формат и структура данных

Передача данных о скорости вращения (U_{Ω}) осуществляется в 24 разрядном формате (тремя байтами), а дополнительных данных - в 16 разрядном формате (двумя байтами для каждой величины). За один сеанс связи по каналу RS232 передается посылка из восьми байт, включающих три байта данных скорости и один байт данных одного из дополнительных «медленных» данных, также байт синхронизации, байт с номером байта «медленных» данных, и два байта контрольного слова.

Таблица 1 Структура данных, передаваемых по интерфейсу RS232 .

Передаваемые Данные	Обозначение	Разрядов	Соответствующий Аналоговый сигнал	Диапазон измерения	Цена младшего разряда
Напряжение на выходе ВОГ	U_{Ω}	24	$U_{\Omega} \cdot (2.5/2^{23})$ [В]	+2.0...-2.0 В	$2.5/2^{23}$ [В] (~0.298 мкВ)
Температура	T	16	$T \cdot (250/2^{15} - 50)$ [°C]	-50...+150°С	$250/2^{15}$ [°C]
Напряжение питания	V	16	$U \cdot (10/2^{15})$ [В]	0...10 В	$10/2^{15}$ [В]
Ток потребления	I	16	$I \cdot (0.25/2^{15})$ [А]	0... 0.25 А	$0.25/2^{15}$ [А]
Сигнал диагностики	DS	16	$DS \cdot (2.5/2^{15})$ [В]	0... -2 В	$2.5/2^{15}$ [В]
Резерв	R1	16	-	-	-
Резерв	R2	16	-	-	-
Резерв	R3	16	-	-	-
Резерв	R4	16	-	-	-

Данные резервных каналов R1...R4 передаются, но не используются.

* Формат данных в «скоростной» моде

Посылка - два байта, старший бит каждого байта - синхронизация, 14 бит данных.

Байты:

0	1
Старший бит - 1	Старший бит - 0
Старшие 7 бит данных	Младшие 7 бит данных

Таблица 2. Структура данных в посылке

Номер байта	0	1	2	3	4	5	6	7
Передаваемые данные	Байт синхр. (0xdd)	Напряжение на выходе U_{Ω} , байты: старший младший средний			Счетчик посылки	Старший или младший байт «медленных» данных	Контрольное слово, байты: Старший младший	
Символ байта	Sinx	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	Count	T, V, I, DS, R1...R4 (H/L)	CCL(H)	CCL(L)

Величина контрольного слова равна сумме значений байтов 1...5. Значение байта синхронизации 0xdd. Значение счетчика Count увеличивается на единицу в каждой следующей посылке.

Таблица 3. Полный цикл из 16 восьмибайтовых посылок

Номер посылки	Байты							
	Sinx	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	Count	T, V, I, KS, R1...R4 (H/L)	CCL(H)	CCL(L)
0	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x00	T(H)	CCL(H)	CCL(L)
1	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x01	T(L)	CCL(H)	CCL(L)
2	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x02	V(H)	CCL(H)	CCL(L)
3	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x03	V(L)	CCL(H)	CCL(L)
4	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x04	I(H)	CCL(H)	CCL(L)
5	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x05	I(L)	CCL(H)	CCL(L)
6	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x06	DS(H)	CCL(H)	CCL(L)
7	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x07	DS(L)	CCL(H)	CCL(L)
.....								
14	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x0E	R4(H)	CCL(H)	CCL(L)
15	0xdd	U_{Ω} (H)	U_{Ω} (L)	U_{Ω} (M)	0x0F	R4(L)	CCL(H)	CCL(L)

Частота обновления «медленных» дополнительных данных в 16 раз меньше чем данных U_{Ω} .

Применение

При работе с цифровым датчиком необходимо учитывать искажение сигнала ВОГ при преобразовании в цифру. Так, компоненты выходного сигнала (при угловой, линейной вибрации),

на высоких частотах (более 600 Гц) детектируются некорректно. Рекомендуется обеспечить отсутствие или физическое демпфирование угловых и линейных вибраций, поскольку дополнительной фильтрации аналогового сигнала не производится (выходной ФНЧ ВГ103 - 1кГц).