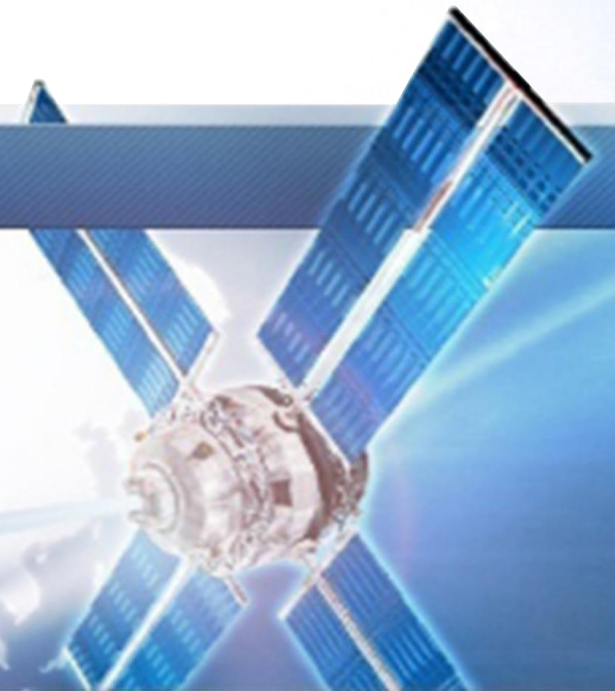




Высоконадежные кварцевые генераторы компании Rakon для применения в малых спутниках ДЗЗ

Ноябрь 2020 г.

Восемнадцатая Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы ДЗЗ из космоса»
Евграфов П.Л., ООО «СД Солюшнс»



О компании Rakon

- Год основания: 1967
- 4 дизайн-центра и 3 производственных площадки
- Производственные мощности и продукция компании отвечают требованиям стандартов ISO и MIL
- Один из немногих европейских поставщиков, компоненты которого сертифицированы Европейским Космическим Агентством (ESA)





SENTINEL

GALILEO



GLOBALSTAR



ROSETTA

ATV

Изделия RAKON были применены при реализации многих международных программ:

Alphabus, AMOS, ATV, BepiColombo, CBERS, Cryosat, Chandrayaan, DORIS, ELISA, ENVISAT, Galileo, Globalstar, Herschel-Planck, Himawari, HTV, IGS, Iridium, Jason, JUNO, LEOStar, Mars Express, METOP, MTG,O3B, PARASOL, PLEIADES, Rosetta, SARAL, SAR-Lupe, Syracuse, Sentinel, Spacebus, SPOT, SWARM, KOMPSAT, Spacebus, EarhCARE, EgyptSat, PRISMA, QZSS, SATCOM, SeoSar,, TanDEM-X, THEOS

Номенклатура изделий космического назначения



Кварцевые резонаторы



Кварцевые фильтры



Кварцевые генераторы (ХО)



Кварцевые генераторы управляемые напряжением (VCXO)



Термокомпенсированные генераторы (ТСХО)



Термостатированные генераторы (ОСХО)






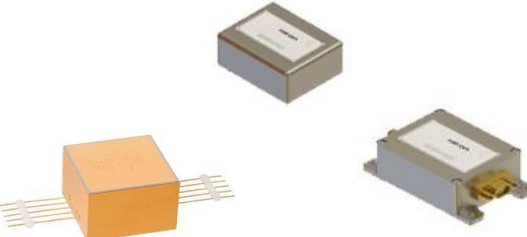
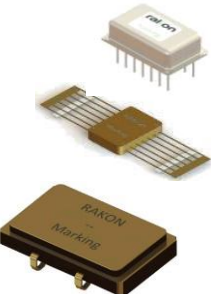


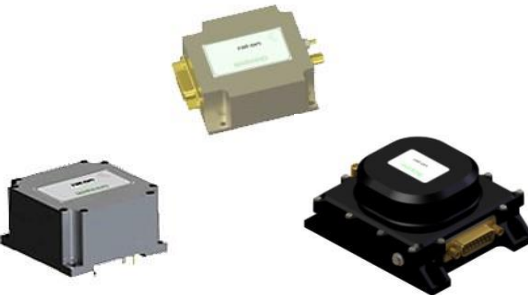
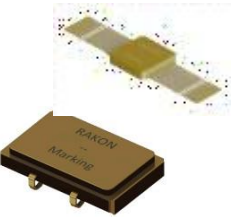


Сверхстабильные генераторы (УСО)



Применение: аппаратура космических аппаратов (навигация, телекоммуникации, научные спутники, спутники ДЗЗ), разгонные блоки, ракетоносители и наземные станции

Номенклатура изделий космического назначения

Кварцевые резонаторы	Кварцевые фильтры	XOs	VCXOs	TCXOs	OCXOs
	High-Rel Космос 	RK105 	RK205 	TE300 	RK407 RK408 
		RK115 	TE200 	TE310 	RK409 RK410 
		RK135 			

- Кварцевые генераторы разработаны с учетом требований стойкости к специальным воздействиям:
 - Суммарная накопленная доза радиации (TID): 100 крад;
в том числе при низкой интенсивности излучения (согласно стандарту ESCC22900): 36 – 360 рад/ч;
 - Стойкость к тяжелым заряженным частицам (LET) с энергиями до 60 МэВ/мг/см²
- Сверхстабильные кварцевые генераторы (mini-USO)- альтернатива атомным стандартам частоты:
 - Температурная стабильность частоты: $\pm 1 \times 10^{-10}$ (-20...+50 °C);
 - Кратковременная стабильность частоты: $\pm 5 \times 10^{-13}$ (1-100 с);
 - Минимальные габаритные размеры: 99 x 88 x 51 мм и вес 550 г (лучший у конкурентов – 794 г)



Ориентация на перспективный и быстрорастущий рынок КА с малым сроком активного существования (САС)

Малые спутники ДЗЗ



- На 2019 г: мировая группировка ДЗЗ - 90 спутников, российская - 9
- До 2025 г планируется запуск еще 353 КА, в том числе 48 - российских
- Рынок спутников ДЗЗ превысит 4 млрд. долларов к 2022 г

Потребность в систематической съёмке земной поверхности с минимальным временным интервалом между просмотрами любого района привела к коренным изменениям структуры космических средств ДЗЗ.

Переход от съёмки объектов или территорий тяжёлыми спутниками сверхдетального разрешения к систематической глобальной съёмке привел к появлению больших группировок (десятки и сотни) малых КА на низких околоземных орбитах.

При этом поддержание структуры размещения спутников и восполнении численности позволяют сократить срок активного существования до 5-8 лет.

Ключевым требованием к малым КА ДЗЗ является относительно низкая величина затрат на разработку, изготовление и выведение на орбиту.



Сравнение компонентов New Space Solutions с традиционными решениями

Основные преимущества новой линейки New Space Solutions по сравнению с ЭКБ класса COTS, используемой ранее в малых и сверхмалых КА: более высокая надежность и стойкость к спецвоздействиям при конкурентной цене.

Hi-Rel Space Market

New Space Market

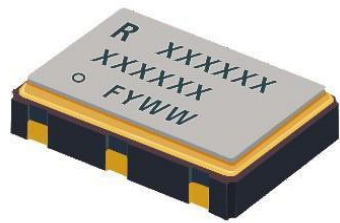
Основное требование	Надежность	Цена
Требования к радиостойкости	Полностью Hi-Rel	Rad-Tolerant
САС	Длительный (15-20 лет)	Короткий (5-8 лет), максимум: 12 лет
Орбита	МЕО/ГЕО/НЕО	LEO
Соответствие стандартам	Строгое соответствие отраслевым стандартам	Требования проекта
Объем проекта	Единицы шт.	Десятки/сотни шт.
Цена	Высокая (€€€€€)	Низкая (€-€€)
Срок поставки	Длительный (30/60 недель)	Короткий (8/12 недель)

Требования к ЭКБ, материалам и процессам при изготовлении генераторов

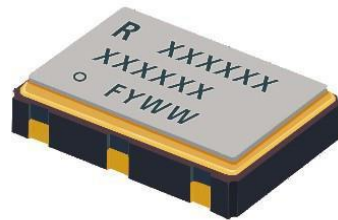
		New Space	Hi-Rel
ЭКБ	Кварцевый кристалл	Изготовлен в соответствии с ESCC3501 с меньшим кол-вом тестов и более низкой ценой материалов	Изготовлен в соответствии с ESCC3501
	Отбор & ускоренное старение	Нет отбора. Проверка на старение в конечной модели генератора	Отбор в соответствии с ESCC3501+ старение в фиктивной модели генератора
	Индуктивность	MIL-PRF-83446	MIL-STD-981 class S
	Другие пассивные компоненты	Уровня качества «Automotive»	Соответствуют ESCC, MIL
	Активные компоненты	Рекомендованные CNES и TRAD	ESCC, MIL
Материалы	Печатная плата	Сертифицированный производитель уровня «Defense»	Сертифицированный производитель ESA (ECSS-Q-ST-70-) Дизайн основан на стандарте ECSS
	Другие материалы		ECSS-Q-ST-70
Процесс	Сборка компонентов	Субподрядчик квалифицированный для ЛА / IPC	Субподрядчик квалифицированный ESA (ESA PID)

Состав линейки New Space Solutions

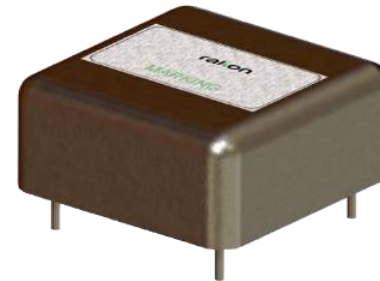
Rad-Tolerant
кварцевый
генератор RK105



Rad-Tolerant кварцевый
генератор, управляемый
напряжением RK205



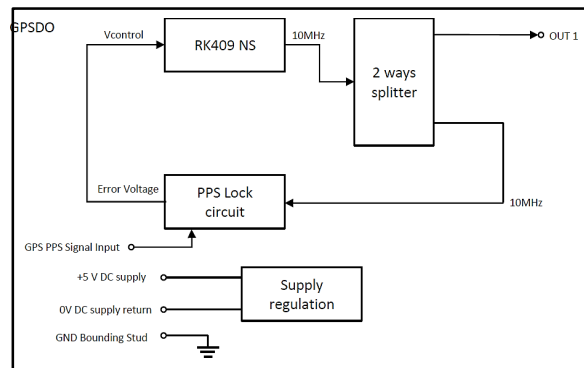
Термостатированный
кварцевый генератор
RK406NS с низким уровнем
шума



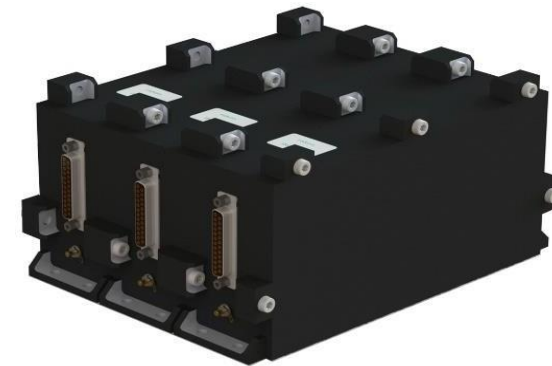
Высокостабильный
термостатированный
кварцевый генератор
RK409NS



Модуль подсистемы определения координат GNSS DO на
базе RK409NS

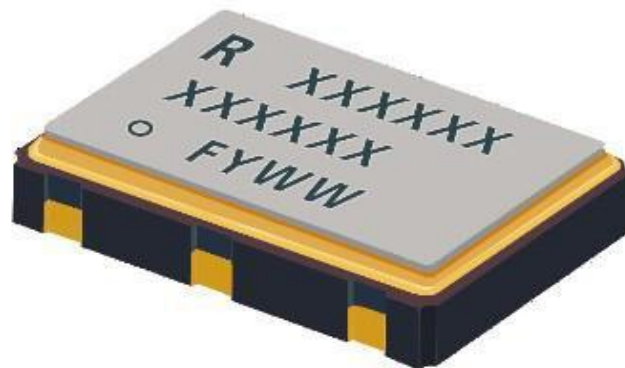


Эталонный опорный генератор MRO (Master
Reference Oscillator)



Серии RK105 и RK205




- Частотный диапазон: 8 ÷ 200 МГц (CMOS),
8 ÷ 1500 МГц (LVDS/LVPECL)
- Температурная стабильность частоты: ±30 ppm (-40...+85°C), ±50 ppm (-55...+125°C)
- Старение: ±15 ppm (10 лет)
- Перестройка частоты (для RK205): ±50 ppm
- **Низкое энергопотребление:** 30 мА
- Напряжение питания: 2,5 или 3 В
- Вид выходного сигнала: CMOS (TTL совместимый), LVDS, LVPECL
- Стойкость к накопленной дозе: 72 крад (LVDS), 100 крад (CMOS)
- Стойкость к SEL: 32,4 МэВ (CMOS/LVDS), 62,5 МэВ (LVPECL)
- **Стойкость к перегрузкам:** до 5000 г (согласно MIL-STD-883, Method 2001)

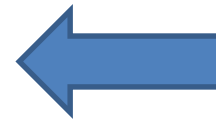


Размеры корпуса 5,0 x 3,2 x 1,2 мм

Новая серия RK406NS

- Опорные частоты: 10 и 100 МГц
- Температурная стабильность частоты: $\pm(0,25 \div 1)$ ppm (-40...+70°C)
- Старение: 1 ppm (10 лет)
- Низкое энергопотребление: 0,4 Вт (в вакууме)
- Уровень плотности фазовых шумов (при отстройке 10кГц): -163 дБн/Гц

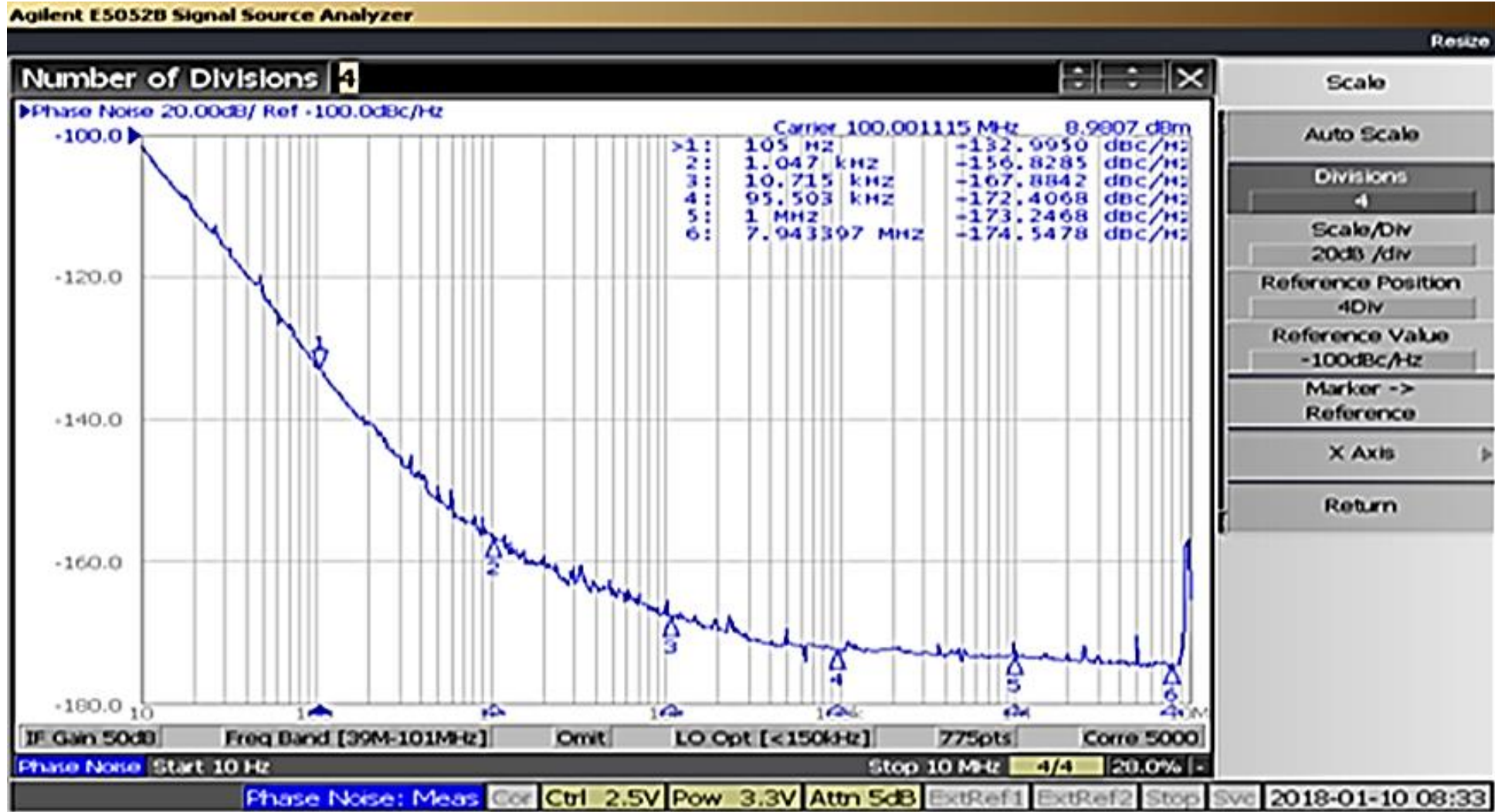
Delivery option to be selected	Dimensions	
FoB (Function on Board)	36x27x10 mm ³	
Pin through hole w/o cover	36x27x12 mm ³	
Pin through hole	36x27x14 mm ³	



минимальная
высота всего 10 мм

График плотности мощности фазовых шумов генератора RK406NS

RK406NS 100 МГц



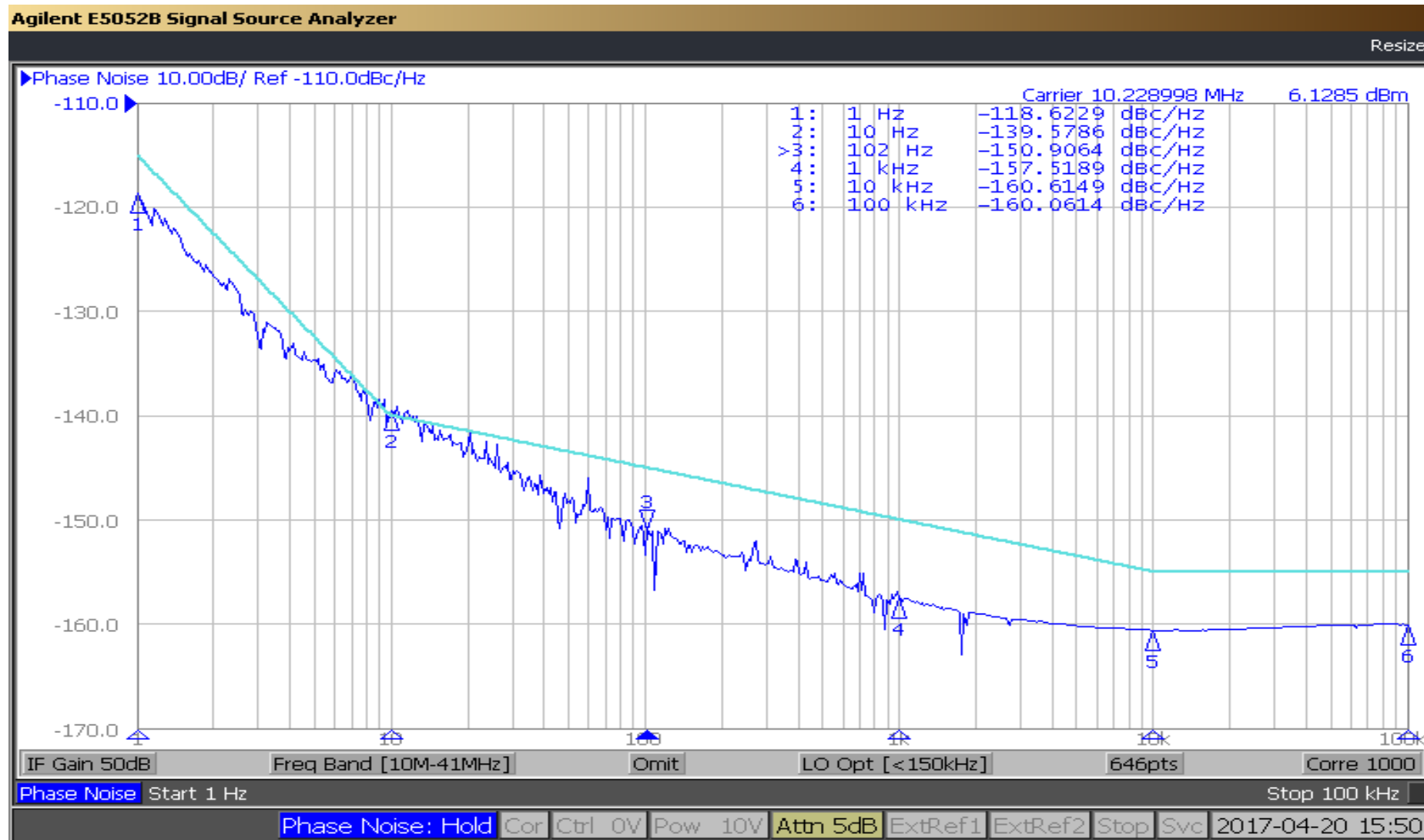
Новая серия RK409NS

- Опорная частота: 10 МГц
- Температурная стабильность частоты: $\pm(0,25 \div 1)$ ppm (-40...+70°C)
- Старение: $\pm 0,2$ ppm (за 10 лет)
- **Низкое энергопотребление:** **0,8 Вт (вакуум)**
- Напряжение питания: 5 В (стандарт); 12В, 15В
- Уровень плотности фазовых шумов (при расстройке 10 кГц): -160 дБн/Гц
- Радиационная и LET стойкость: 30 крад; 43 МэВ/мг/см²



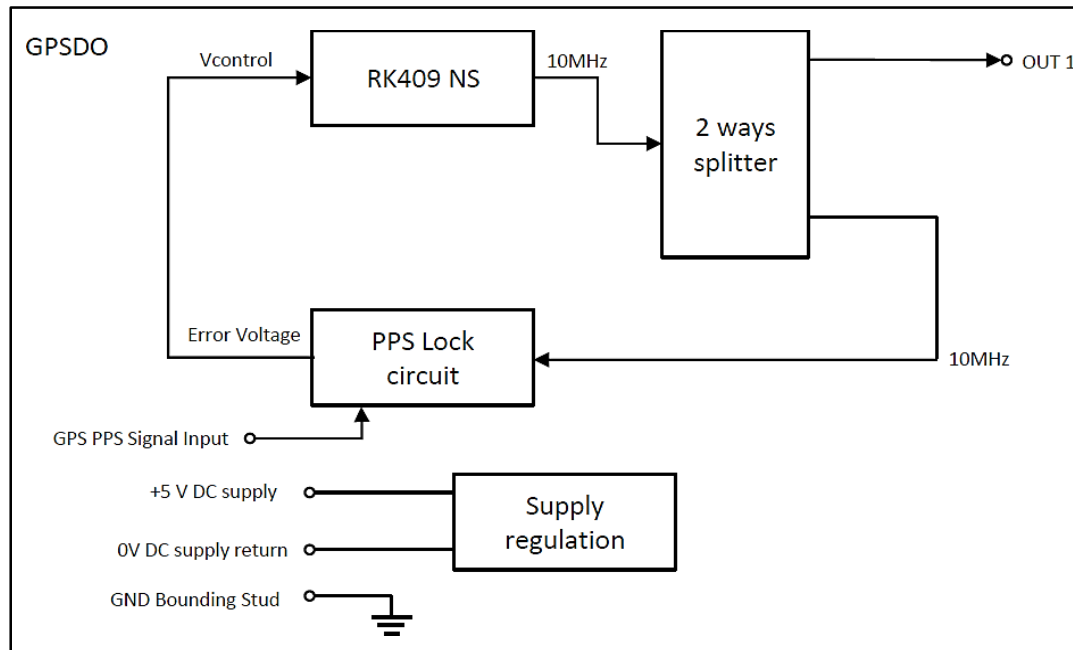
График плотности мощности фазовых шумов генератора RK409NS

RK409NS 10 МГц



GNSS DO (модуль системы определения координат)

- На основе ОСХО RK409NS
- Альтернатива Space CSAC (атомные часы в форм-факторе чипа)
- Синхронизация внешним сигналом точного времени 1 PPS
- **Кратковременная стабильность (1с):** 2×10^{-13}
- **Уровень фазовых шумов:** -145 дБн/Гц (на частоте 10МГц)
- **Радиационная и LET стойкость:** 30 крад; 40 МэВ/мг/см²

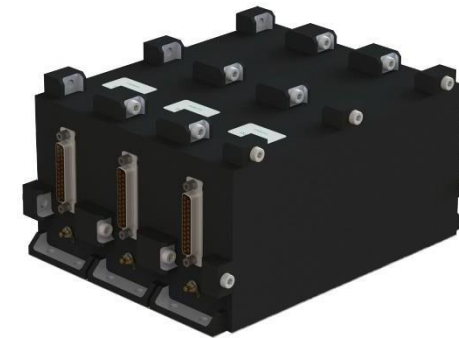
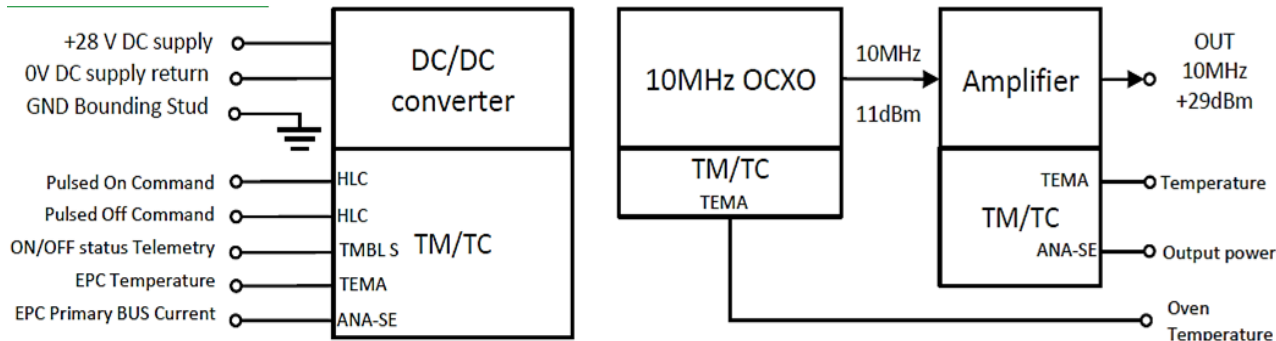


Сравнение характеристик с чип-атомными часами

Частота 10 МГц		CSAC	Rakon's GPSDO
Диапазон рабочих температур		-10°C ... +70°C	-25°C ... +70°C
Старение / год		10 ppb	10 ppb
Девиации Аллана (1с)		3×10^{-10}	2×10^{-13}
Уровень плотности мощности фазовых шумов	расстройка 1 Гц расстройка 10 Гц расстройка 100 Гц расстройка 1 кГц расстройка 10 кГц	-50 дБн/Гц -70 дБн/Гц -113 дБн/Гц -128 дБн/Гц -135 дБн/Гц	-110 дБн/Гц -137 дБн/Гц -147 дБн/Гц -155 дБн/Гц -160 дБн/Гц
Максимальный уход частоты в диапазоне температур -10°C ... +70°C		±50 ppb	±50 ppb
Стойкость к накопленной дозе (TID)		20 крад	30 крад
Магнитная чувствительность		±5x10 ⁻¹¹ /Gauss	±5x10 ⁻¹¹ /Gauss
Потребляемая мощность (при 25°C)	установив. режим режим разогрева	<120 мВт <140 мВт	<800 мВт <3 Вт

MRO (Master Reference Oscillators)

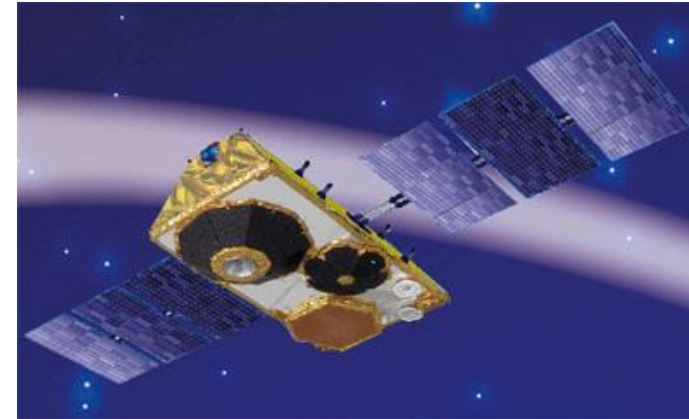
- Частотный диапазон: 10 ÷ 100 МГц
- Питание: 50/70 В или 28 В (встроенный DC/DC-преобразователь)
- Суммарная стабильность: $\pm 0,2$ ppm за 12 лет
- Уровень фазовых шумов: -160 дБн/Гц (на частоте 10МГц)
- Встроенный блок распределения опорного сигнала (до 48 выходов)
- Синхронизация внешним сигналом точного времени 1 PPS
- Встроенный телеметрический/телекомандный интерфейс (ТМ/ТС)
- Выходная мощность опорного сигнала до 23 дБм



Размеры 60 x 150 x 130 мм

Низкопотребляющая серия RK407

- Название миссий: Globalstar-2, VeriColombo, JUNO, MORE, AMOS-4, MTSAT, EDRS-A, SWARM
- Применение: GPS-приемники



Globalstar-2

Высокостабильные серии RK408/409/410

- Название миссий: HTV (H-II Transfer Vehicle), Cygnus, Himawari, QZSS, O3B, ELISA, SAR-Lupe, Alphasat, SATCOM, Syracuse, Argos, Satcom BW, Prisma, COSMO-SkyMed, Spacebus
- Применение: DORIS – французская система точного определения орбиты и позиционирования



HTV

Руководитель направления
Дмитрий Нестеров
Email: D.Nesterov@sdsolutions.ru
(812) 385 20 10, добавочный 120

Инженер по применению
Павел Евграфов
Email: P.Evgrafov@sdsolutions.ru
(812) 385 20 10, добавочный 162



г. Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12а
+7 (812) 385-20-10; +7 (967) 969-54-29
+7 (812) 385-11-91
www.sdsolutions.ru