

поля: проблеми, вплив, моніторинг. "Сборник докладов восьмой российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности". Санкт-Петербург, 2004, стр.543.

УДК 638.235.231

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛІВ ВИСОКОЧАСТОТНИЙ UA Г4-301

Анатолій Марьєнко*, Михайло Прокоф'єв, Анатолій Сітнік, Борис Петруня, Андрій Величко

* ВАТ «МЕРИДІАН» ім. С. П. Корольова, НТУУ «КПІ», НДЦ «ТЕЗІС»

Анотація: Наведено технічні характеристики та принципи побудови генератора сигналів високочастотного UA Г4-301.

Summary: Characteristics and principles of design of the generator of signals high-frequency UA Г4-301 are resulted.

Ключові слова: Генератор сигналів високочастотний, синтезатор.

Потреби України у вимірювальних генераторах сигналів задовольняються за рахунок закордонних приладів та застарілих генераторів, що випускалися за часів Радянського Союзу. Поступово застарілі генератори сигналів вичерпують свій робочий ресурс, але замінити їх приладами вітчизняного виробництва до нинішнього часу не можливо, оскільки якісні вимірювальні генератори не випускаються, а закордонні прилади мають значну вартість. Оскільки в Україні існує попит на вимірювальні генератори у ВАТ «МЕРИДІАН» ім. С. П. Корольова за участю НДЦ «ТЕЗІС» НТУУ «КПІ» було розроблено для серійного виробництва генератор сигналів високочастотний UA Г4-301.

I Загальні відомості про генератор сигналів високочастотний UA Г4-301

Генератор сигналів високочастотний UA Г4-301 призначений для метрологічного забезпечення розробок, виробництва і перевірки радіотехнічної апаратури в умовах лабораторій, ремонтних організацій і органів перевірки, а також у складі автоматизованих робочих місць. Прилад є джерелом синусоїдального сигналу в діапазоні частот від 5 Гц до 1200 МГц, а також сигналу з амплітудною (АМ), частотною (ЧМ) та імпульсною (ІМ) модуляцією. Галузь застосування – радіозв'язок, мобільна, телевізійна, радіовимірювальна техніка високих і надвисоких частот.

Прилад відповідає вимогам ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия» і ГОСТ 9788-89 «Генераторы сигналов измерительные. Общие технические требования и методы испытаний».

Генератор сигналів високочастотний UA Г4-301 має технічні характеристики і режими робіт, представлені в табл.

Таблиця

Частотні параметри в режимі немодульованих коливань	
Діапазон частот вихідного сигналу	від 5 Гц до 1200 МГц
Похибка встановлення частоти не більше	$\pm 1,5 \times 10^{-7}$
Нестабільність частоти при незмінних зовнішніх умовах за 15-хвилинний інтервал часу після встановлення робочого режиму не більше	$\pm 2 \times 10^{-8}$
Спектральні характеристики	
Рівень гармонік і субгармонік відносно рівня основної частоти не більше, дБ	-25
Рівень негармонійних складових при відстроюванні на 20 кГц від несучої не більше, дБ	-60
Відносна спектральна щільність потужності фазових шумів вихідного сигналу при відстроюванні від несучої на 20 кГц в діапазоні частот:	
від 1000 до 1200 МГц не більше, дБ/Гц	-100
від 500 до 1000 МГц не більше, дБ/Гц	-106
від 250 до 500 МГц не більше, дБ/Гц	-112
від 125 до 250 МГц не більше, дБ/Гц	-118
від 80 до 125 МГц не більше, дБ/Гц	-124

Продовження Таблиці

Параметри вихідного сигналу	
Межі регулювання рівня вихідної потужності, дБм	від -127 до +13
Основна похибка встановлення опорного рівня вихідної потужності 13 дБм не перевищує, дБ	±1
Нестабільність рівня вихідної потужності в нормальних умовах застосування за довільно вибраний 15-хвилинний інтервал часу не більше, дБ	0,1
Номінальний вихідний опір, Ом	50
Параметри сигналів модулювання	
Діапазон частот напруги модулювання для всіх режимів внутрішньої модуляції (АМ, ЧМ, ІМ) з кроком 1 Гц	від 5 Гц до 20 кГц
Похибка встановлення частоти внутрішнього джерела напруги модулювання не більше	±10 ⁻⁶
Параметри амплітудної модуляції	
Амплітудна модуляція здійснюється в діапазоні несучих частот, МГц	від 0,1 до 1200
Межі регулювання коефіцієнта АМ, %	від 0 до 100
Максимальна похибка коефіцієнта АМ не більше, %	15
Параметри частотної модуляції	
Максимальна девіація частоти в режимі ЧМ не менше, кГц	500
Похибка встановлення девіації частоти не більше, %	15
Параметри імпульсної модуляції	
Імпульсна модуляція здійснюється на частотах несучої більше 80 МГц	-
В режимі внутрішньої ІМ параметри імпульсів наступні: меандр з несиметричністю форми не більше, % імпульси тривалістю, мкс	5 від 0,5 до 20
Послаблення коливань несучої частоти в паузах між імпульсами не менше, дБ	40
Параметри режиму автоматичного переустановлення частоти	
Діапазон частот автоматичного переустановлення частоти	від 10 Гц до 1200 МГц
Період автоматичного переустановлення частоти, с	від 0,1 до 100
Крок автоматичного переустановлення частоти	від 10 Гц до 1200 МГц
Інші параметри	
Час встановлення частоти сигналу не більше, мс	50
Робота приладу в режимі дистанційного програмного управління каналом RS232-С та каналом загального користування.	є
Діапазон робочих температур, °С	від 5 до 40
Габарити, мм	360 x 160 x 420
Маса, кг	12

II Конструкція і робота приладу

Загальний принцип роботи приладу пояснюється за допомогою структурної схеми, наведеної на рис. 1. Генератор складається з наступних вузлів: еталонний генератор 10 МГц, блок опорних частот, синтезатор, подільник частоти, змішувач, блоки автоматичного керування потужністю у діапазоні частот від 80 до 1200 МГц (АРП ВЧ) і в діапазоні частот від 0,1 до 80 МГц (АРП НЧ), перемикач діапазонів, атенуатор, формувач сигналів модулювання, контролер, клавіатура та блок індикації.

Робота блоків, у яких формуються всі необхідні для приладу частоти, синхронізована частотою еталонного генератора 10 МГц, який є термостатованим кварцовим генератором з довготривалою нестабільністю частоти в робочому інтервалі температур не більше $\pm 1,5 \times 10^{-7}$.

Розглянемо більш докладно блок синтезаторів і блок опорних частот, оскільки від їх побудови залежить діапазон, точність, стабільність, час встановлення частоти та якість спектру вихідного сигналу генератора.

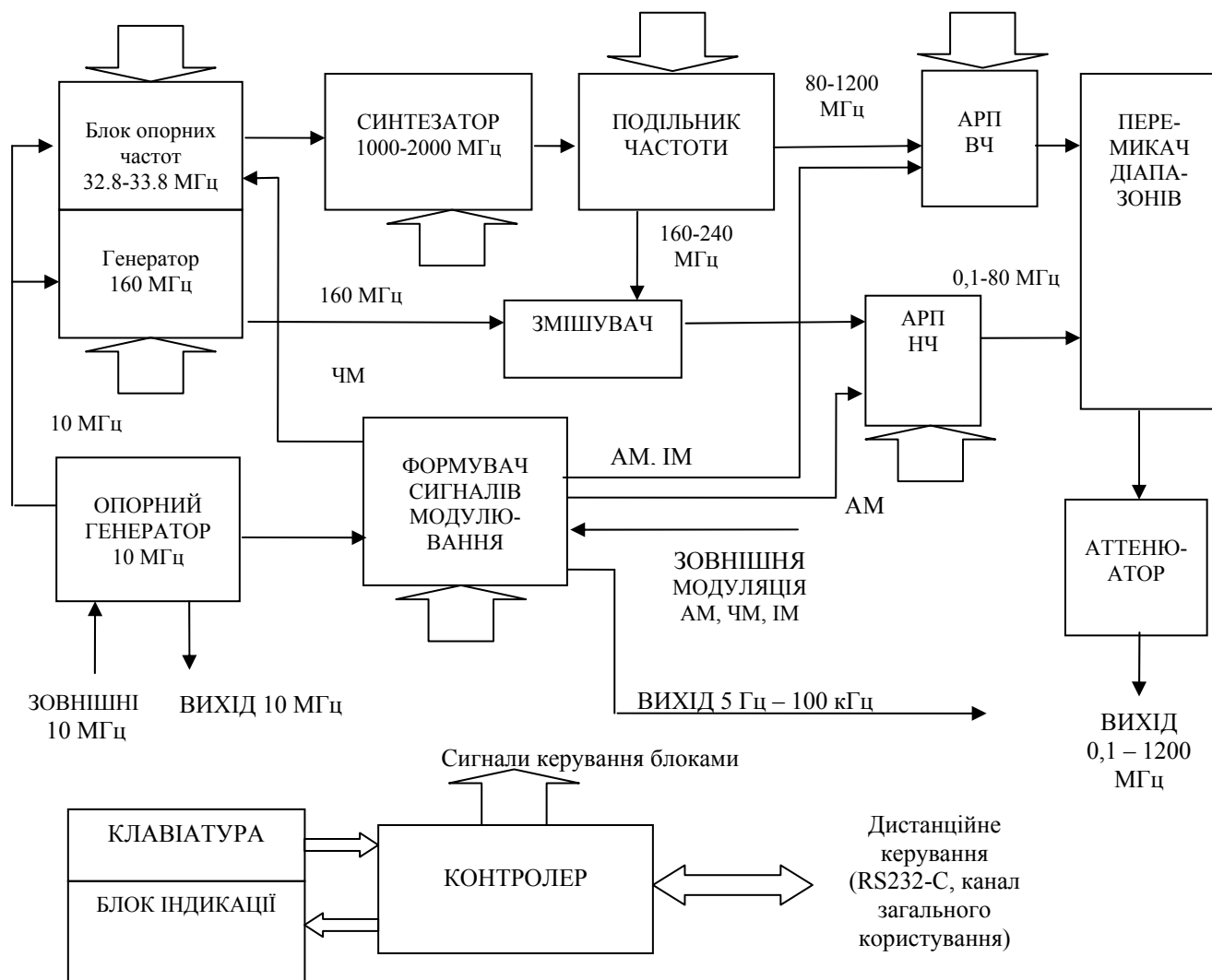


Рисунок 1 – Структурна схема генератора сигналів UA Г4-301

Основою приладу є виконаний за методом непрямого когерентного синтезу частот (НКСЧ) октавний синтезатор, який формує сигнал у діапазоні частот від 1000 до 2000 МГц. Структурну схему блока синтезатора наведено на рис. 2. Основні вузли блока синтезатора: цифровий синтезатор частот (ЦСЧ), генератори, які керуються напругою (ГКН), фазочастотний дискриміна́тор (ФЧД), фільтри низької частоти (ФНЧ).

ЦСЧ включено в зворотну гілку кільця фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), де він виконує роль дрібного подільника частоти. ЦСЧ виконано на мікросхемі прямого цифрового синтезу частот (ПЦСЧ) AD9952. Перевагами такої побудови петлі ФАПЧ є простота і можливість забезпечення сітки частот від 10 Гц і вище при достатньо високій частоті опори 32 – 33 МГц. Недоліком є наявність завад дрібності, які мають місце при деяких співвідношеннях частоти опори і вихідної частоти ПЦСЧ. Фірмовиробник не приводить у технічному опису на AD9952 інформації, яка б надавала розробнику можливість використати мікросхему в широкому діапазоні частот з упевненістю, що завади дрібності на рівні мінус 60 дБ відносно основної частоти будуть відсутні. Було проведено аналіз побічних складових у всьому діапазоні частот октавного синтезатора при різних співвідношеннях опорної та вихідної частоти та вибрано такі співвідношення, які дозволяють забезпечити необхідний результат.

ГКН виконано на мікросхемах POS1400 та POS2000 фірми Minicircuits. POS1400 та POS2000 перекривають діапазон частот від 1000 до 1400 МГц та від 1400 до 2000 МГц відповідно. ГКН охоплені кільцем ФАПЧ. Функцію ФАПЧ щодо порівняння частоти та фази вихідного сигналу ЦСЧ та сигналу опорної частоти, який надходить з блоку опорних частот, виконує ФЧД на мікросхемі AD9901

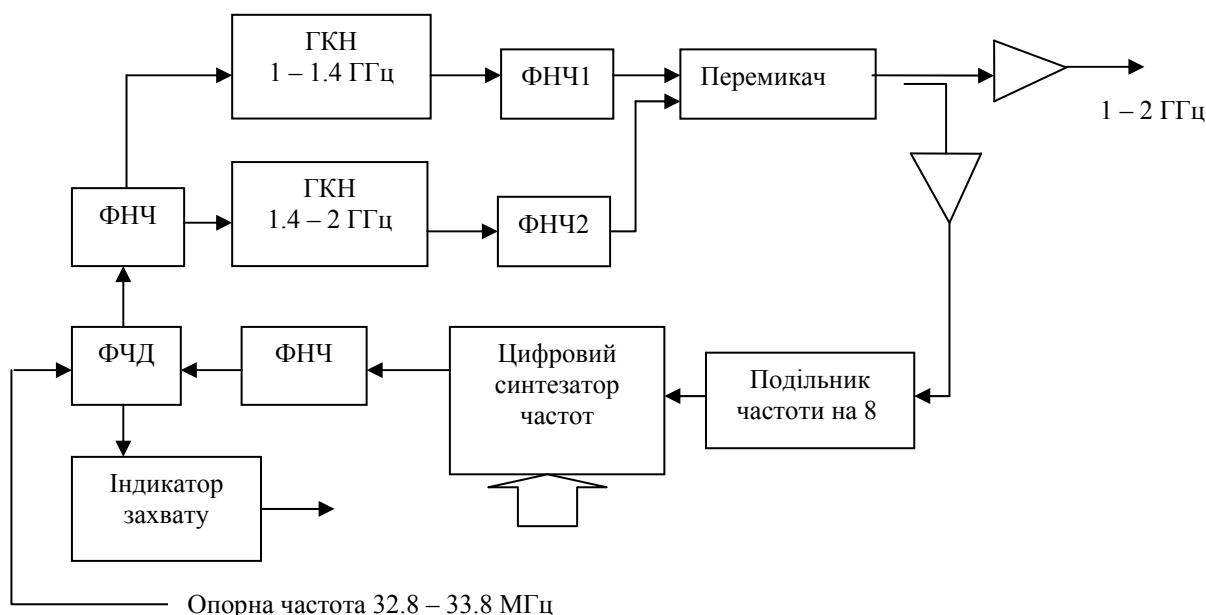


Рисунок 2 – Структурна схема блоку октавного синтезатора

Оскільки AD9952 працює за принципом ПЦСЧ, найбільш якісний вихідний сигнал можна отримати, коли його частота складає менше 40 відсотків частоти опори. На опорний вхід ЦСЧ надходить сигнал з частотою 125 – 250 МГц, який є результатом ділення на 8 частоти основної октави від 1000 до 2000 МГц. Отже якісний вихідний сигнал AD9952 може бути в діапазоні до 50 МГц. В нашому випадку опорна частота сигналу з блоку опорних частот вибрана в діапазоні 32,8 – 33,8 МГц і тому саме в цьому проміжку практичним методом були виділені конкретні частоти, при яких рівень завад дрібності найменший.

Вихідна частота ЦСЧ надходить до фільтра нижніх частот (ФНЧ) і далі на вхід ФЧД. ФНЧ призначений для придушення комбінаційних сигналів з виходу ЦСЧ. На другий вхід ФЧД поступає опорна частота 32,8 – 33,8 МГц, конкретне значення якої залежить від вибраної вихідної частоти ЦСЧ. Сигнал похибки з ФЧД безпосередньо надходить на один із вибраних залежно від частоти ГКН.

Опорні частоти 32,8 – 33,8 МГц формуються в блоці опорних частот, структурна схема якого наведена на рис. 3. Однією з вимог до опорного генератора є можливість перебудови вихідної частоти в межах 32,8 – 33,8 МГц з деяким кроком, тому найбільш оптимальною (з точки зору простоти побудови і високих характеристик за фазовими шумами) є структура НКСЧ.

Генератор опорних частот 32,8 – 33,8 МГц складається з ГКН у діапазоні частот від 1049,6 до 1081,6 МГц, який охоплено кільцем ФАПЧ, і подільника частоти на 32 (мікросхема MC12033 фірми MOTOROLA). Як ГКН використано мікросхему ROS-1121V фірми Minicircuits, яка має високі показники за рівнем фазових шумів і лінійну модуляційну характеристику в робочому діапазоні частот. Кільце ФАПЧ виконано на синтезаторі UMA1015AM фірми PHILIPS. Два ФНЧ (ФНЧ3 та ФНЧ4) відрізняються постійними часу. ФНЧ3 вмикається в режимі немодульованих коливань і має малу постійну часу для найбільш ефективного придушення високочастотних завад. ФНЧ4 має велику постійну часу і вмикається в режимі ЧМ для виконання вимог за мінімальною частотою модуляції 5 Гц. В режимі ЧМ сигнал з блоку формування сигналів модулювання безпосередньо подається в лінію керування ГКН через суматор, в якому відбувається додавання сигналу ЧМ до сигналу керування ГКН від синтезатора з ФАПЧ.

Генератор опорної частоти 160 МГц реалізовано на мікросхемі синтезатора з ФАПЧ ADF4110 фірми Analog Devices і мікросхемі генератора MAX2620 фірми MAXIM.

Формування діапазону вихідних частот приладу 80 – 1200 МГц відбувається послідовним діленням на два частоти октавного синтезатора з наступною фільтрацією вихідних сигналів. Нижній діапазон частот 0,1 – 80 МГц формується за допомогою змішувача, на який надходить сигнал гетеродина 160 – 240 МГц з проміжного подільника частоти і сигнал опорної частоти 160 МГц з блоку опорних частот.

З подільника частоти сигнал 80 – 1200 МГц поступає на блок автоматичного регулювання потужності високих частот (АРП ВЧ). Сигнал нижнього діапазону 0,1 – 80 МГц подається відповідно на АРП НЧ. Формування і встановлення рівня вихідного сигналу генератора відбувається за допомогою блоків АРП

ВЧ и АРП НЧ і відлікового атенуатора. Регулювання вихідної потужності в межах 5 дБ з кроком 0.1 дБ і її стабілізація виконується в блоках АРП ВЧ и АРП НЧ. Далі сигнал проходить через перемикач, який залежно від діапазону частот вихідного сигналу під'єднує вихід АРП ВЧ і АРП НЧ на вхід відлікового атенуатора. Атенуатор регулює вихідний сигнал генератора сигналів в межах від мінус 127 до 13 дБм з кроком 5 дБм.

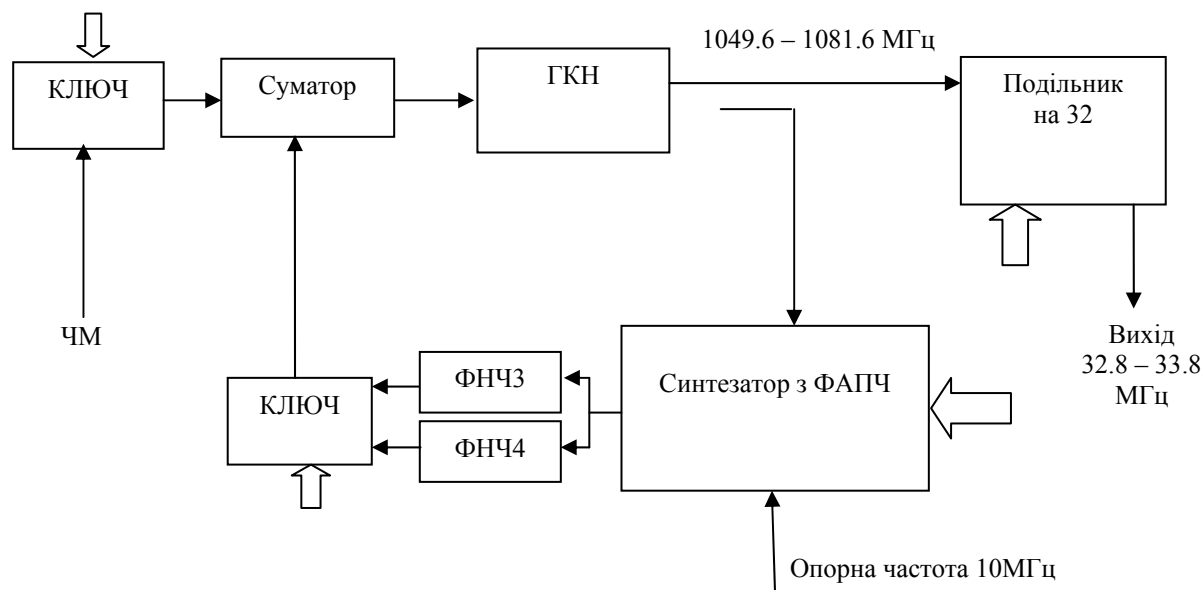


Рисунок 3 – Структурна схема блоку опорних частот

В режимах модуляції АМ, ЧМ і ІМ формування сигналів модулювання в діапазоні 5 Гц – 20 кГц відбувається за допомогою цифрового синтезатора (мікросхема AD7008 фірми Analog Devices) методом прямого цифрового синтезу. В режимі АМ сигнал модулювання надходить до блоків АРП ВЧ и АРП НЧ. В режимі ІМ сигнал модулювання надходить до блоку АРП ВЧ. В режимі ЧМ сигнал модулювання надходить до блоку опорних частот, в якому відбувається модуляція опорного сигналу 32,8-33,8 МГц. Перемикання сигналів зовнішньої і внутрішньої модуляції АМ, ЧМ і ІМ відбувається в блоці формувача сигналів модулювання.

Керується прилад за допомогою мікроконтролера. Введення інформації передбачається від клавіатури і ручкою, яка дозволяє плавно змінювати значення параметрів. При цьому відбувається індикація встановлених параметрів на рідинно-кристалічному індикаторі (РКІ) у 4 рядки по 20 символів. Енергонезалежна пам'ять дозволяє зберігати до 10 варіантів настроювання. В режимі дистанційного керування введення інформації відбувається через інтерфейс RS232-C або через канал загального користування.

III Висновки

Генератор сигналів UA Г4-301 за сукупністю технічних показників – діапазон частот, стабільність частоти та рівня вихідного сигналу, крок переустановлення частоти та рівня вихідного сигналу, рівень негармонійних складових, спектральна щільність потужності фазових шумів, режими модуляції, функціональні та сервісні можливості, споживана потужність, маса, габарити та невелика вартість – відповідає сучасним вимогам до генераторів, які повинні забезпечити метрологічне супроводження розробки, виробництва і перевірки сучасної радіотехнічної апаратури. Порівняно невелика вартість генератора UA Г4-301 дає можливість конкурувати йому з імпортними аналогічними генераторами як західного, так і російського виробництва.