

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра "Транспортний зв'язок"

Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему
"ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАНЬ
ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТОРА ФУНКЦІЙ"
з дисципліни "Спеціальні вимірювання в системах телекомунікації"
для студентів усіх форм навчання факультету АТЗ з напрямів
підготовки
"Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та
"Телекомунікації"

Харків 2015

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Транспортний зв'язок” 23 березня 2015 р., протокол № 9.

Наведено теоретичні відомості про класифікацію вимірювальних генераторів, особливості налаштування генератора функцій і здійснення вимірювань параметрів сигналів різної форми за допомогою генератора функцій.

Методичні вказівки призначено для студентів факультету АТЗ всіх форм і термінів навчання з напрямів підготовки "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та "Телекомунікації", слухачів ІПК.

Укладач

доц. М.О. Колісник

Рецензент

проф. А.Б. Бойнік

МЕТА РОБОТИ

Закріпити теоретичні знання та набути практичних навичок налаштування генераторів функцій для здійснення вимірювань параметрів сигналів різної форми.

1 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Генератор сигналів функціонує у повній відповідності до своєї назви: генерує сигнали, використовувані як сигнали, що впливають, в ході вимірювань параметрів електронних пристроїв. Більшості схем потрібний вхідний сигнал зі змінною в часі амплітудою. Такий сигнал може бути істинним біполярним сигналом змінного струму (пікові значення якого поперемінно піднімаються вище або опускаються нижче нульового рівня) або він може коливатися щодо деякого рівня постійної напруги (позитивного або негативного). Форма сигналу може являти собою синусоїду або іншу періодичну функцію, цифровий імпульс, двійкову послідовність або повністю довільну форму. Генератор сигналів може створювати «ідеальні» сигнали або додавати до сигналу відомі спотворення (або помилки) потрібної величини і типу (див. рисунок 1). Ця можливість є однією з головних переваг генератора сигналів, оскільки часто неможливо створити передбачувані спотворення в потрібному місці і в потрібний час за допомогою самої досліджуваної схеми. Реакція досліджуваного пристрою на ці спотворення демонструє його здатність працювати в несприятливих умовах, що виходять за межі нормального режиму.

Зазвичай під сигналом «змінного струму» розуміється сигнал, що набуває позитивних і негативних значень щодо рівня 0 В і, отже, змінює напрямок струму один раз за період. Проте в даному документі під змінним струмом розуміється будь-який сигнал, що змінюється, незалежно від його прив'язки до нульового рівня. Наприклад, сигнал, що коливається між рівнями +1 В і +3 В, вважається сигналом змінного струму, незважаючи на те, що струм завжди тече в одному і тому ж напрямку. Більшість генераторів можуть генерувати сигнали, які коливаються щодо нульового рівня (істинні сигнали змінного струму), або сигнали зі зміщенням (з постійною складовою).

Більшість сучасних генераторів спирається на цифрові технології. Багато хто з них задовольняють і цифровим, і аналоговим вимогам, хоча найбільш ефективним зазвичай є рішення, можливість якого оптимізовані для розв'язуваної задачі - аналогової або цифрової. Генератори сигналів довільної форми (СПФ) і стандартних функцій призначені в першу чергу для створення аналогових і змішаних сигналів. Для створення і зміни сигналів практично будь-якої форми ці прилади використовують метод дискретизації. Зазвичай такі генератори мають від 1 до 4 виходів. У деяких СПФ ці головні аналогові виходи доповнюються окремими виходами маркерів (для полегшення синхронізації із зовнішніми приладами) і синхронними цифровими виходами, на які послідовно виводяться вибірки сигналу в цифровій формі. Генератори цифрових сигналів (логічні джерела) включають два класи приладів. Імпульсні генератори створюють потік прямокутних сигналів або імпульсів на невеликому числі виходів, зазвичай з дуже високою частотою. Як правило, ці прилади використовуються для випробувань високошвидкісного цифрового обладнання. Генератори цифрових послідовностей, відомі також як генератори даних, зазвичай створюють 8, 16 і більше синхронних потоків імпульсів як сигналів, що впливають, для подачі на шини комп'ютерів, цифрові телекомунікаційні пристрої і т.п.

1.1 Основні форми сигналів

Сигнали можуть мати різні форми. В більшості електронних приладів використовуються сигнали однієї або декількох описаних нижче форм, часто з додаванням шуму або спотворень:

- синусоїдальні сигнали;
- меандри і прямокутні сигнали;
- пилкоподібні і трикутні сигнали;
- перепади й імпульсні сигнали;
- складні сигнали.

1.1.1 Синусоїдальні сигнали

Синусоїдальні сигнали, ймовірно, найбільш впізнавані з усіх сигналів. Більшість джерел живлення змінного струму виробляють саме синусоїдальні сигнали. У звичайних побутових електричних розетках в будинках присутня напруга синусоїдальної форми. І практично завжди синусоїдальні сигнали використовуються для демонстрації законів електротехніки в навчальних лабораторіях.

Синусоїдальний сигнал описується простою математичною функцією - його форму ідеально визначає крива « $\sin x$ » в межах 360 градусів. Спеціальним випадком синусоїди є загасаюча синусоїда, яка являє собою загасаючі коливання, що виникають у ланцюзі після подачі на неї імпульсу. На рисунку 1 наведені приклади синусоїдального сигналу і синусоїдального сигналу, що загасає.

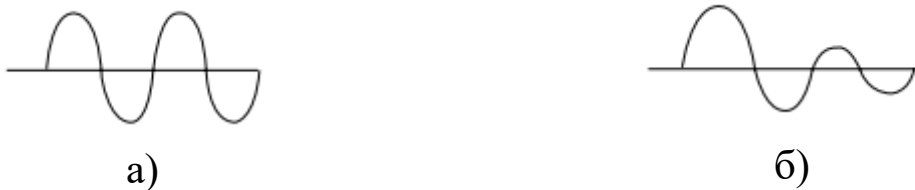


Рисунок 1 - Приклади синусоїдального сигналу (а) і синусоїдального сигналу, що загасає (б)

1.1.2 Меандри і прямокутні сигнали

Меандри і прямокутні сигнали є базовими сигналами, що складають основу всієї цифрової електроніки, хоча, звичайно, вони знаходять застосування і в інших галузях.

Сигнал меандр являє собою напругу, що перемикається між двома фіксованими рівнями через рівні інтервали часу. Зазвичай такі сигнали використовуються для перевірки підсилювачів, які повинні обробляти швидкі переходи між двома рівнями напруги (тобто описані раніше фронти і спади імпульсів). Меандр є ідеальним сигналом тактової частоти для цифрових систем - комп'ютерів, бездротових комунікаційних пристроїв, систем ТБ високої чіткості і багатьох інших систем. Сигнал прямокутної форми аналогічний за

характеристиками меандру, за винятком того, що інтервали високого і низького рівня не рівні між собою, як описано раніше в поясненні терміна «коефіцієнт заповнення». Приклади меандра і сигналу прямокутної форми наведено на рисунку 2.



Рисунок 2 - Приклади меандра (а) і сигналу прямокутної форми (б)

1.1.3 Пилкоподібні і трикутні сигнали

Пилкоподібні і трикутні сигнали дуже схожі на ті геометричні форми, від яких пішли їхні назви. Пилкоподібний сигнал в кожному періоді лінійно наростає до пікового значення і потім миттєво спадає. Трикутний сигнал має порівнянні часи наростання і спаду. Часто такі сигнали використовуються для управління іншими напругами, наприклад, в аналогових осцилографах і телевізорах. Приклад пилкоподібного і трикутного сигналу наведено на рисунку 3.

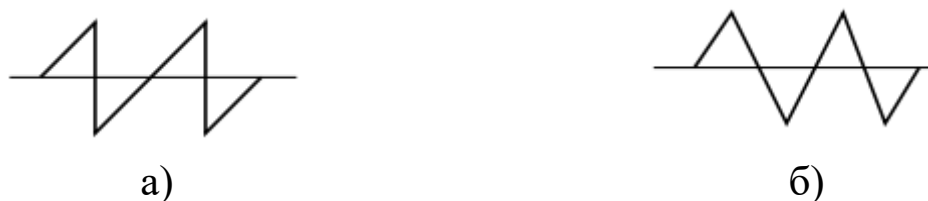


Рисунок 3 - Приклади пилкоподібного (а) і трикутного (б) сигналу

1.1.4 Перепади й імпульси

«Перепадом» називають сигнал, який демонструє раптову зміну рівня, наприклад, при замиканні вимикача живлення.

«Імпульс» безпосередньо пов'язаний з прямокутним сигналом. Подібно до сигналу прямокутної форми він виходить шляхом переходу напруги вгору і потім вниз або вниз і потім вгору, між двома фіксованими рівнями. За своєю природою імпульси є двійковими сигналами і тому є основним засобом передачі інформації (даних) в цифрових системах. Імпульс може представляти один біт інформації, що проходить через комп'ютер. Група спільно переданих імпульсів утворює пачку імпульсів. Синхронізована група пачок (яка може передаватися паралельно або послідовно) утворює цифрову послідовність. Приклади перепаду, імпульсу і пачки імпульсів наведено на рисунку 4.



Рисунок 4 - Приклади перепаду (а), імпульсу (б, г) і пачки імпульсів (в)

Хоча цифрові дані подано зазвичай імпульсами, сигналами прямокутної форми або меандрами, реальні цифрові сигнали мають більш округлі кути і пологі фронти. Іноді дефекти ланцюга призводять до спонтанного виникнення імпульсів. Зазвичай такі перехідні сигнали мають неперіодичний характер і називаються «глітч». Однією з проблем налагодження цифрових схем є відділення глітч від корисних, але вузьких імпульсів даних. І однією з переваг деяких типів генераторів є можливість додавання глітч в пачку імпульсів.

1.2 Складні сигнали

У реальних електронних системах сигнали рідко схожі на описані вище ідеальні форми. Тільки в деяких випадках сигнали тактової частоти або немодульовані несучі мають форму чистого меандра або синусоїди. Більшість інших сигналів мають більш складну форму внаслідок накладення спотворень (що виникають через такі паразитні явища, як розподілена ємність, взаємовплив сигналів і багатьох інших) або модуляції. Деякі сигнали можуть містити елементи синусоїд, меандрів, перепадів і імпульсів. До сигналів складної форми відносяться:

- сигнали з аналоговою, цифровою, широтно-імпульсною і квадратурною модуляцією;
- цифрові послідовності і кодовані цифрові сигнали;
- псевдовипадкові потоки бітів і слів.

1.2.1 Модульовані сигнали

Зміни амплітуди, фази та/ або частоти модульованих сигналів дозволяють накласти низькочастотну інформацію на сигнал несучої високої частоти. Результуючі сигнали можуть передавати будь-яку інформацію від мови до даних і відеозображень. Якщо генератор спеціально не пристосований для цього, відтворити такі сигнали дуже складно.

У системах радіомовлення поширена амплітудна (АМ) і частотна (ЧМ) модуляція. У таких типах модуляції модулюючий сигнал змінює амплітуду або частоту несучої. На прийемальному боці ланцюг демодуляції інтерпретує зміни амплітуди або частоти і витягує з сигналу необхідну інформацію.

Фазова модуляція (ФМ) для накладення корисної інформації модулює фазу несучої.

Сигнали, отримані за допомогою цифрової модуляції

Подібно до інших цифрових технологій, цифрова модуляція заснована на двох станах, що дозволяють передавати двійкові дані. У системах з амплітудною маніпуляцією (АМн) цифровий сигнал, що модулює, змушує сигнал вихідної частоти перемикатися між двома значеннями амплітуди, в системах з частотною маніпуляцією (ЧМн) несуча перемикається між двома частотами (центральною частотою і частотою зсуву), а в системах з фазовою маніпуляцією (ФМн) несуча перемикається між двома значеннями фази. У ФМн "0" передається сигналом тієї ж фази, що і попередній сигнал, а "1" передається сигналом протилежної фази. Іншим поширеним типом цифрової модуляції є широтно-імпульсна модуляція (ШІМ); вона часто застосовується в цифрових аудіосистемах. Як випливає з її назви, вона застосовується тільки до імпульсних сигналів. У системах ШІМ модулюючий сигнал викликає зміна тривалості імпульсу (описаної вище шпаруватості).

2 ТИПИ ГЕНЕРАТОРІВ СИГНАЛУ

Пристрої, що генерують електричні сигнали, набули широкого розповсюдження в різних галузях науки і техніки: для вимірювання частотних характеристик підсилювачів і налаштування радіоприймачів і т.ін. Генератори всіх типів складаються в основному з трьох частин: генератора, що задає, який є джерелом коливаний; підсилювача потужності, що забезпечує вихідний сигнал; кола зворотнього зв'язку для передачі частини енергії з виходу підсилювача знову на вхід з метою компенсації втрат в схемі генерації. Якщо коефіцієнт підсилення дорівнює G , а коефіцієнт зворотнього зв'язку α , то для генерації треба, щоб виконувались дві умови, що мають назву умов Баркгаузена: підсилення $G\alpha$ в колі зворотнього зв'язку повинне дорівнювати одиниці, а фазовий зсув між вхідною напругою і напругою зворотнього зв'язку повинен дорівнювати нулю. Підсилювач з непарною кількістю каскадів дає фазовий зсув 180° , тому коло зворотнього зв'язку теж повинне забезпечувати фазовий зсув 180° на частоті генерації.

Класифікація генераторів:

- 1) низькочастотні RC-генератори;
- 2) високочастотні LC-генератори;
- 3) генератори з п'єзокристалічними, кварцевими й електромеханічними резонаторами;
- 4) генератори, що формують синусоїдальні сигнали з трикутних сигналів шляхом їх плавного обмеження;
- 5) генератори, що реалізують цифрові методи синтезу синусоїдальних сигналів.

Розглянемо більш детально особливості кожного з них.

1 RC-генератори використовуються для генерації наднизьких і низьких частот, а також радіочастот приблизно до 2-5 МГц. Як правило, модуляція у таких генераторів не використовується - за винятком деяких моделей з частотою генерованих сигналів вище 100 кГц.

2 На високих частотах (від десятків кілогерц (кГц) до сотень мегагерц (МГц) і вище) застосовуються LC-генератори на основі високодобротних LC-контурів. Частота контуру (послідовного або паралельного), на якій фазовий зсув дорівнює 0, зазвичай дуже близька до резонансної частоти ідеального послідовного LC-контура.

3 Генератори з кварцевою стабілізацією (або кварцеві генератори) використовують як п'єзоелектричний резонатор у вигляді пластини з кварцу з металізованими поверхнями. Нині ряд фірм випускає такі резонатори на частоті від декількох кілогерц (кГц) до сотень мегагерц (МГц) (див. рисунок 5). Але найбільш поширені кварцові резонатори з частотами від десятків кілогерц (кГц) до десятків мегагерц (МГц).

4 Генератори імпульсів знаходять дуже широке застосування як джерела несинусоїдальних сигналів. Вони необхідні для тестування і налагодження імпульсних систем, наприклад, радіолокаторів і цифрових систем, пристроїв різного призначення. Вимірювальні генератори імпульсів повинні виробляти імпульси, які, по можливості, близькі до імпульсів ідеальної форми.

5 Генератори телевізійних сигналів призначені для створення складних імпульсних сигналів, що забезпечують побудову на екрані

телевізійних приймачів різних текстових зображень - від зображення шахового поля до тестової заставки. Ці сигнали містять не тільки імпульсні випробувальні сигнали, але і стандартні імпульси синхронізації телевізійних приймачів і моніторів. Це дозволяє оцінювати ступінь геометричних спотворень екрана, роботу синхронізації і колірних систем. Можлива оцінка геометричного розділення зображення і перевірка тракту звукового супроводу.

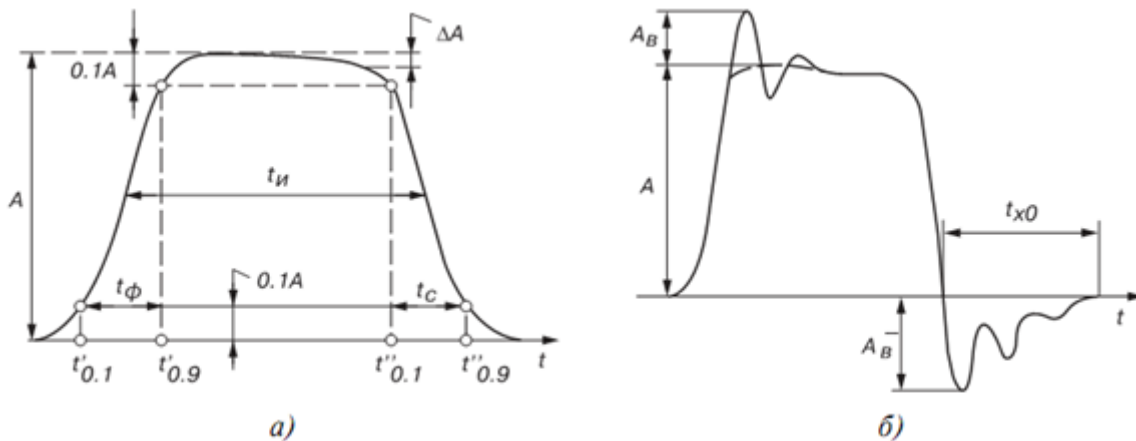


Рисунок 5 - Форма реального імпульсу без коротких викидів (а) і з такими викидами (б)

Розрізняють генератори гармонійних коливань в низькочастотному діапазоні (від часток герца до 1 МГц) і високочастотні (від 100 кГц до 500 МГц).

Генератори гармонійних коливань як у звуковому, так і у високочастотному діапазоні мають назву генераторів, що задають, і забезпечують генерацію на виході високостабільної фіксованої частоти. Імпульсні генератори і генератор прямокутних імпульсів (меандрів) також зберігають форми хвилі з великою точністю. В меандрів коефіцієнт заповнення дорівнює 50 %, а в імпульсних генераторів його можна змінювати.

Генераторами сигналів часто називають пристрої, що модулюють. Генератори функцій забезпечують на виході сигнали різної форми: синусоїдальної, прямокутної, імпульсної, трикутної.

У загальному випадку генератори сигналів можна розділити на генератори змішаних сигналів (генератори сигналів довільної форми і генератори сигналів довільної форми і стандартних функцій) та

джерела логічних сигналів (генератори імпульсів і цифрових послідовностей). Кожен з цих типів має певні переваги, які роблять його більш-менш прийнятним для тих чи інших додатків. Генератори змішаних сигналів призначені для створення сигналів з аналоговими характеристиками. Такі сигнали простягаються від суто аналогових, таких як синусоїди і трикутники, до меандрів, які володіють скругленнями і спотвореннями, що є невід'ємною особливістю реальних сигналів. Універсальні генератори змішаних сигналів дозволяють управляти амплітудою, частотою і фазою сигналу, а також постійним зміщенням і тривалістю фронтів і спадів. За допомогою таких генераторів можна створювати спотворення, додавати джитер фронтів, модуляцію і багато іншого. Генератори цифрових сигналів використовуються для подачі сигналів на цифрові системи, їх вихідними сигналами є послідовності двійкових імпульсів. Спеціалізовані джерела цифрових сигналів не володіють можливістю генерувати синусоїдальні або трикутні сигнали. Функції джерел цифрових сигналів оптимізовані для роботи з комп'ютерними шинами і аналогічними додатками. Ці функції можуть включати програмні засоби для швидкої розробки цифрових послідовностей, а також апаратні засоби, такі як пробники для узгодження рівнів логічних елементів різних серій. Як уже пояснювалося, практично всі сучасні високопродуктивні генератори сигналів, від генераторів стандартних функцій до генераторів сигналів довільної форми і генераторів цифрових послідовностей, засновані на цифровій технології, що забезпечує гнучке програмування і виняткову точність.

2.1 Свіпірування по частоті

Вимірювання частотних характеристик електронного пристрою породжує потребу в «свіп» синусоїдальному сигналі - сигналі, частота якого змінюється за певним законом за певний період часу. Зміна частоти може відбуватися лінійно і виражатися в «герцах в секунду» або логарифмічно і виражатися в «октавах в секунду». Багатофункціональні свіп-генератори підтримують свіпірування (качання частоти в усьому спектрі частот) з обраною початковою частотою, частотою утримання, кінцевою частотою і відповідними

інтервалами. Крім того, генератор виробляє синхронний зі свіпінням сигнал запуску, який можна використовувати для управління осцилографом, що вимірює вихідний відгук досліджуваного пристрою.

Даний тип генератора має на виході сигнал, частота якого пробігає весь частотний діапазон.

2.2 Генератори аналогових і змішаних сигналів.

Типи генераторів аналогових і змішаних сигналів.

Генератори сигналів довільної форми

Історично склалося так, що завдання створення різних сигналів виконують окремі спеціалізовані генератори сигналів - від генераторів надчистих аудіосигналів до багатогігерцових генераторів радіочастотних сигналів. І хоча існує безліч приладів, що серійно випускаються, найчастіше користувачеві для вирішення поставлених перед ним завдань доводиться допрацьовувати існуючий генератор або самому виготовляти спеціалізований генератор. Проектування вимірювального генератора - дуже складне завдання і, звичайно, час, витрачений на розробку додаткового обладнання, віднімається з самого проекту.

2.3 Параметри генератора

До основних параметрів генератора відносяться такі параметри:

1 Частотний діапазон приладу. Лабораторні прилади працюють в діапазоні від 0,00005 Гц до 50 МГц, але весь діапазон не перекривається жодним приладом.

2 Вихідна потужність або вихідна напруга повинні задовольняти вимогам експлуатації.

3 Вихідний повний опір генератора. В багатьох генераторах використовується трансформаторний зв'язок, що забезпечує збалансований ізольований вихід.

4 Роздільна здатність шкали приладу й її точність характеризують, наскільки точно можна налаштувати генератор на

задану частоту, а також наскільки вихідні частота і амплітуда відповідають відлікам шкали.

5 Стабільність частоти генератора – це міра його здатності підтримувати обрану частоту впродовж заданого періоду часу.

6 Стабільність амплітуди. Характеризує змінення амплітуди сигналу, що генерується, у часі при фіксованому налаштуванні.

7 Коефіцієнт гармонік. Вказує, в якій мірі форма вихідних коливань близька до синусоїдальної.

Технологія дискретизації і обробки сигналу дала рішення, що дозволяє розв'язати практично будь-яке завдання за допомогою одного єдиного приладу - генератора сигналів довільної форми. Генератори сигналів довільної форми можна поділити на генератори сигналів довільної форми і стандартних функцій (FG) і генератори сигналів довільної форми (СПФ).

2.4 Генератори сигналів довільної форми і стандартних функцій (FG)

Генератор FG призначений для розв'язання широкого спектра завдань і на сьогоднішній день генератори цього типу є найбільш поширеними. Характеризуються здатністю формувати декілька різних видів сигналів і гнучкістю. Вони генерують три види вихідних сигналів: гармонійні, прямокутні, трикутні в частотному діапазоні 1-50 МГц; деякі генератори функцій можуть також генерувати імпульси. Структурна схема генератора функцій наведена на рисунку 6.

Зазвичай такий прилад пропонує менше можливостей щодо зміни сигналу, ніж аналогічний СПФ, але володіє чудовою стабільністю і швидким відгуком на зміну частоти. Якщо досліджуваному пристрою необхідна синусоїда і меандр (не кажучи вже про інші сигнали) і можливість майже миттєвого перемикання між двома частотами, то вирішити це завдання можна за допомогою FG. Іншою перевагою AFG є низька ціна, що робить його дуже привабливим для додатків, що не вимагають гнучкості СПФ. У FG і СПФ є багато спільних рис, хоча за конструкції FG є більш спеціалізованим приладом. FG володіє унікальними перевагами: він

створює стабільні сигнали стандартних функцій - зокрема, широко застосовуються синусоїди і меандри - володіють високою точністю і швидко перебудовувані за частотою. Швидка перебудова означає можливість швидкого і чистого переходу з однієї частоти на іншу.

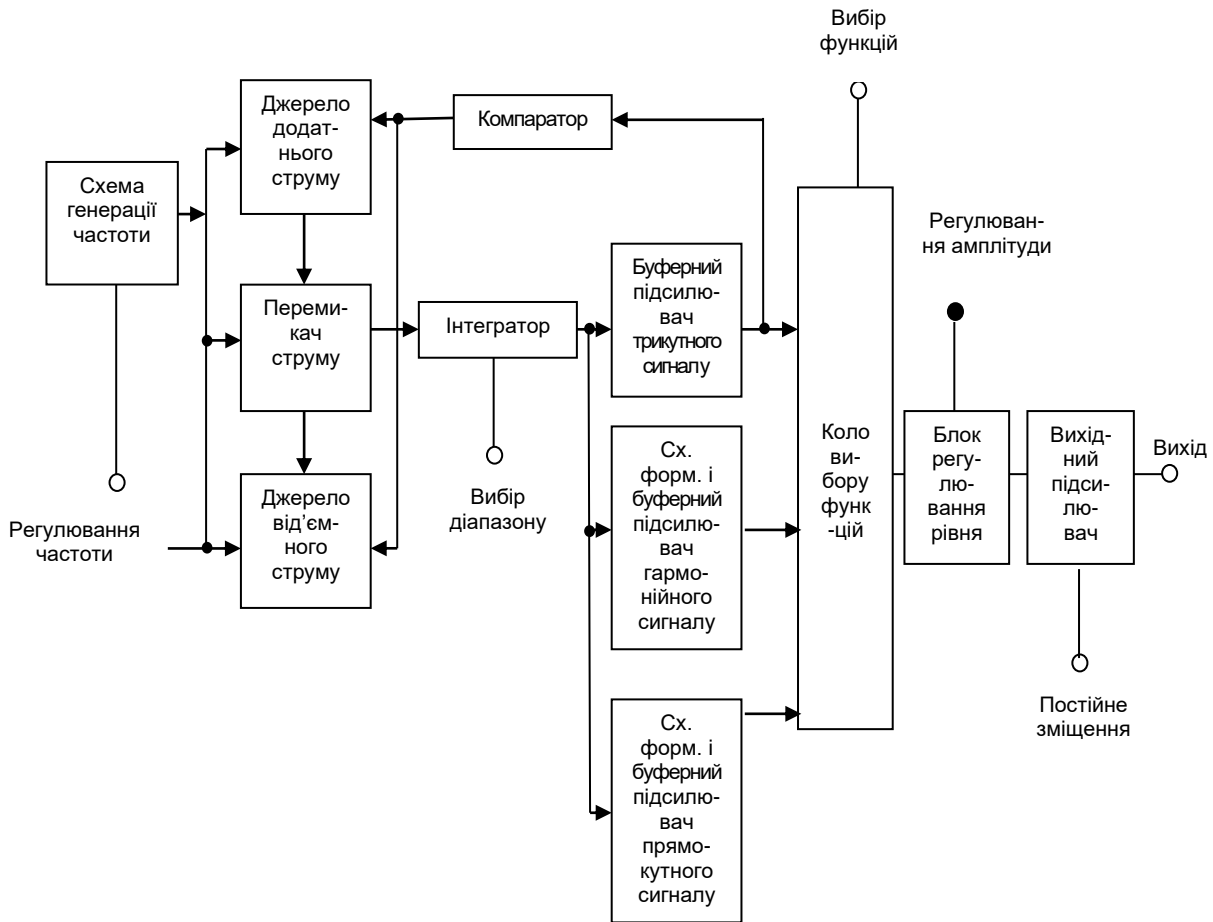


Рисунок 6 - Структурна схема генератора функцій

Більшість FG пропонує набір таких широко використовуваних сигналів і функцій:

- синусоїдальний сигнал;
- меандр;
- трикутний сигнал;
- свіпіння;
- імпульс;
- лінійне наростання;
- модуляція;
- гаверсинус.

І хоча СПФ теж можуть генерувати всі ці сигнали, сучасні FG забезпечують поліпшене керування фазовими, частотними та амплітудними характеристиками вихідного сигналу. Крім того, багато FG дозволяють модулювати сигнал внутрішнім або зовнішнім джерелом, що дуже важливо для деяких типів тестування на відповідність стандартам. Старі моделі FG для створення вихідних сигналів використовували аналогові, задають генератори з подальшою обробкою сигналу. Останні моделі FG використовують технологію прямого цифрового синтезу (DDS) тактової частоти, з якою вибірки сигналу витягуються з пам'яті. Вихід фазового акумулятора використовується як тактова частота для пам'яті сигналів. Робота цього приладу дуже нагадує роботу СПФ, за тим винятком, що пам'ять сигналів містить зазвичай лише кілька базових сигналів, таких як синус і меандр. Аналогова вихідна «ланцюг» звичайно являє собою фіксований фільтр нижніх частот, який забезпечує надходження на вихід тільки запрограмованої корисної частоти (пригнічуючи проникнення тактової частоти).

Функціональними генераторами прийнято називати генератори декількох функціональних залежностей (сигналів), наприклад, прямокутних, трикутних і синусоїдальних, формованих з однієї, перебудовуваної в досить широких межах, частоти. Різноманітність форм сигналів розширює сфери застосування таких генераторів і дозволяє використовувати їх для тестування, налагодження і дослідження найрізноманітнішої електронної апаратури.

На відміну від RC і LC генераторів функціональні генератори є більш широкодіапазонними - відношення максимальної частоти генерації до мінімальної у них нерідко порядку 10^5 - 10^6 і вище. Найбільш часто функціональні генератори використовуються при налагодженні ВЧ, НЧ і наднизькочастотних пристроїв. У НВЧ діапазоні частот ці пристрої не використовуються, за винятком застосування як джерел, що модулюють сигнали.

Функціональні генератори поділяються на два широких класи:

- 1) аналогові функціональні генератори на основі інтегратора аналогових сигналів у вигляді прямокутних імпульсів (меандра);
- 2) цифрові функціональні генератори на основі дискретних (цифрових) інтеграторів.

Крім простоти реалізації, аналогові функціональні генератори мають одну незаперечну перевагу перед їх цифровими побратимами - відсутність сходинок на ділянках зростання і спаду пилоподібної і синусоїдальної вихідних напруг. Це особливо важливо, якщо необхідно отримати похідну від вихідної напруги генератора. У цьому випадку сходинки неприпустимі, оскільки при переході від однієї сходинки до іншої похідна спрямовується до дуже великих значень.

Для реалізації аналогового інтегрування застосовують пристрої заряджання-розряджання конденсатора постійним струмом і схеми зі 100 % негативним зворотним зв'язком (ємнісні інтегратори на інтегруючих підсилювачах постійної напруги).

Аналогові функціональні генератори набули поширення після розробки високоякісних інтегральних операційних підсилювачів, на яких стала можлива побудова прецизійних інтеграторів. Вони і складають основу функціональних генераторів. На жаль, максимальна частота у таких генераторів зазвичай не перевершує 1-3 МГц і обмежена частотними властивостями застосовуваних операційних підсилювачів. Функціональні генератори на основі заряджання-розряджання конденсатора з однією заземленою обкладкою реалізують максимальні частоти до 20-30 МГц, а в окремих унікальних (лабораторних) розробках - до 50 МГц.

Розглянемо особливості організації параметрів сигналів різної форми за допомогою генератора функцій. Зовнішній вигляд панелі генератора функцій FG-30 PİNTEK наведено на рисунку 7.

На рисунку 7 наведені такі позначки:

1 ПЕРЕМИКАЧ ЖИВЛЕННЯ - якщо поставити перемикач в положення "ON", над перемикачем загориться індикатор живлення "LED";

2 ЧАСТОТА - добре налаштування частоти. Частота перемикається регуляторами (2) і (11);

3 ВИХІД СИНХРОНІЗАЦІЇ - вихід синхронізації. TTL рівень виходу прямокутного сигналу з такою ж частотою, як і на ВНС-рознімачі основного виходу;

4 ВИХІД РОЗГОРТКИ - ВНС-рознімач виходу сигналу розгортки. Він працює незалежно від того, ввімкнений або

вимкнений режим SWEEP; через вихідний рознімач буде виходити пилкоподібний сигнал. Частота керується швидкістю розгортки (8);

5 ОСНОВНИЙ ВИХІД - BNC-рознімач виходу форми сигналу. Вихідний опір 50 Ом, максимальна амплітуда 20 В пік-пік без навантаження і 10 В пік-пік на 50 Ом;

6 АМПЛІТУДА - поверніть регулятор для налагодження амплітуди вихідного сигналу. Витягніть регулятор, щоб зменшити вихідний сигнал в 10 разів. Це впливає тільки на сигнал основного виходу (5);

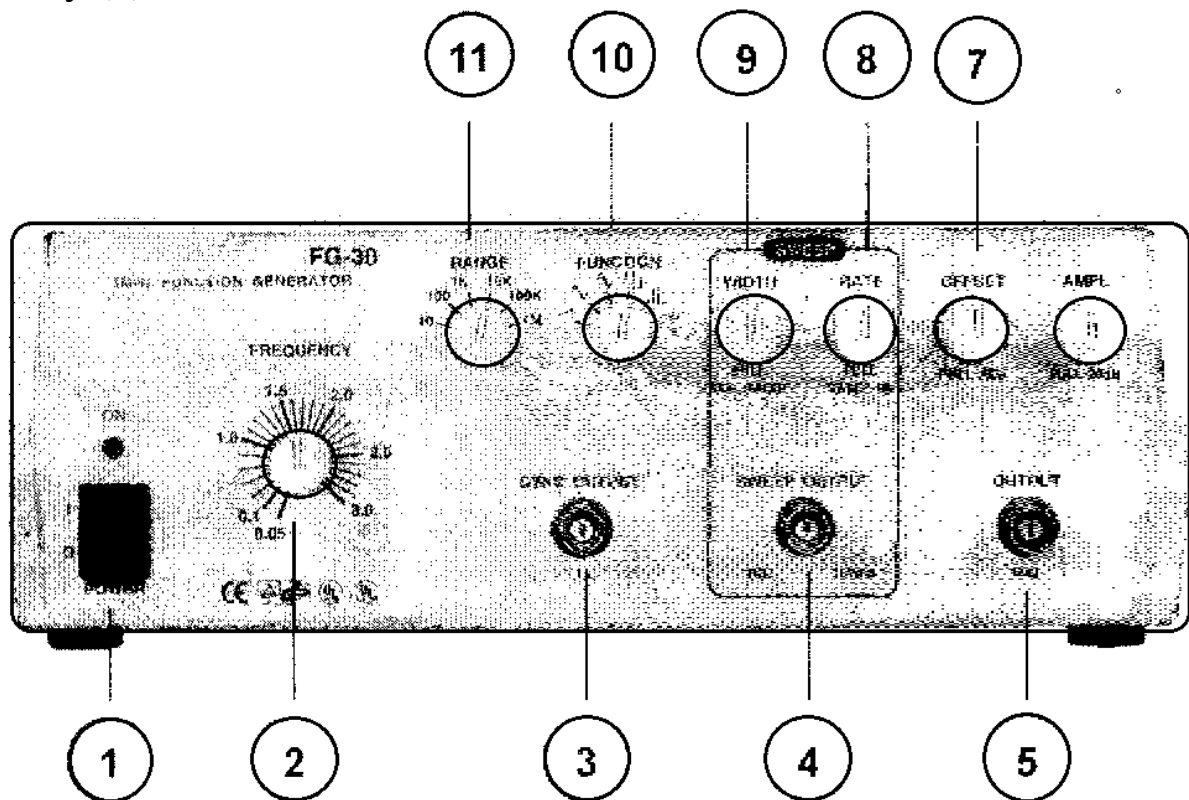


Рисунок 7 - Зовнішній вигляд панелі генератора функцій FG-30

7 ЗМІЩЕННЯ DC - регулятор управляє колом зміщення. При нормальному використанні він встановлюється в положення OFF. Поставьте регулятор в положення "ON" і поверніть, щоб відрегулювати зміщення напруги DC;

8 ШВИДКІСТЬ РОЗГОРТКИ - поверніть цей регулятор, щоб налаштувати швидкість розгортки в діапазоні 5 с ... 10 мс. BNC-рознімач являється виходом розгортки (4). Якщо витягнути цей регулятор, основний вихід (5) і вихід розгортки (4) стануть синхронними;

9 ШИРИНА РОЗГОРТКИ - поверніть даний регулятор, щоб налаштувати ширину розгортки. Натисніть для увімкнення лінійного розгортки і витягніть для увімкнення логарифмічної розгортки. Регулятор (8) повинен бути витягнутий або ця функція не буде працювати;

10 ПЕРЕКИНАЧ ФОРМИ СИГНАЛУ - поверніть його, щоб обрати форму сигналу;

11 ДІАПАЗОН ЧАСТОТИ - основне налаштування частоти. Вихідна частота буде змінюватись в 10 разів при кожному перемиканні (з кожним кроком). Частота вихідного сигналу обирається перемикачами (2) і (11).

Увага: перед подачею напруги на прилад переконайтесь, що вхідна напруга для вашого джерела живлення налаштована правильно.

Попередження: всі регулятори встановлені в натисненому положенні («PUSH»), якщо немає спеціальної помітки «PULL».

3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

3.1 Порядок налаштування генератора функцій FG-30 для виконання вимірювань параметрів сигналу (див. рисунок 8)

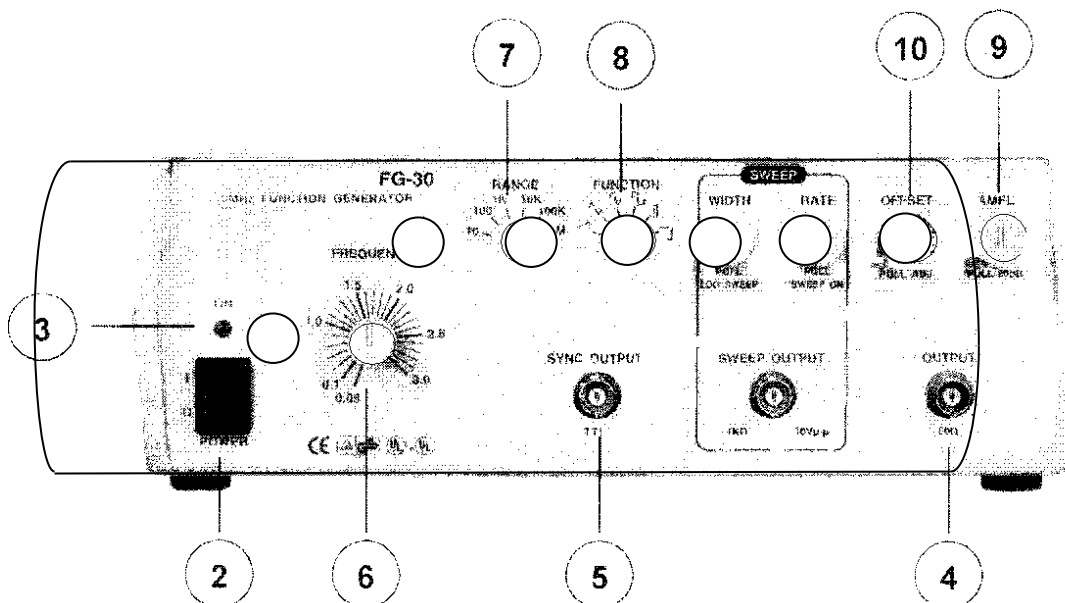


Рисунок 8 – Зовнішній вигляд генератора функцій FG-30

1 Перевірте, що рознімач перемикача напруги мережі змінного струму на задній панелі приладу стоїть у правильному положенні.

2 Увімкніть перемикач живлення та переконайтесь, що горить індикатор живлення.

3 Підключіть BNC-рознімач виходу (4) генератора до BNC-рознімача виходу 2 каналу вашого осцилографа. Відрегулюйте осцилограф, щоб краще бачити форму сигналу.

4 Під'єднайте BNC-рознімач виходу синхронізації (5) до BNC-рознімача входу 2 каналу осцилографа і встановіть TRIG джерела осцилографа в положення CH2.

5 Поверніть регулятор частоти (FREQUENCY) (6) в діапазоні 0,05 ... 3.0 МГц і перевірте форму сигналу, що показує осцилограф. Частота буде повільно змінюватись з кожним кроком.

6 Поверніть регулятор діапазону (RANGE) (7) за годинниковою стрілкою в діапазоні 10 ...1 М. Частота буде збільшуватись в 10 разів з кожним кроком. Якщо регулятор обернути проти годинникової стрілки від 1 М до 10, частота буде зменшуватись в 10 разів з кожним кроком.

7 Щоб змінити форму сигналу, що створюється генератором і відображається на осцилографі, поверніть регулятор «FUNCTION» (8). 1 канал буде показувати форму сигналу, як показує регулятор «FUNCTION» (8) генератора. Однак 2 канал буде завжди показувати тільки TTL прямокутний сигнал, а частота 2 каналу буде синхронно змінюватись із зміненням частоти 1 каналу.

8 Поверніть регулятор «AMPL» (9). Амплітуда сигналу 1 каналу на вашому осцилографі зміниться, а амплітуда сигналу 2 каналу - ні. Якщо витягнути регулятор, амплітуда сигналу 1 каналу зменшиться в 10 раз, а амплітуда 2 каналу залишиться незмінною.

9 Якщо повернути регулятор «OFFSET» (10), зображення на осцилографі не зміниться. Витягніть регулятор. Тепер, обертаючи регулятор, ви зможете впливати зміщенням напруги DC на зображення сигналу 1 каналу осцилографа, змінюючи його від +10 В до -10 В. Зображення сигналу 2 каналу не зміниться. Пам'ятайте, що якщо зміщення напруги надто велике, зображення сигналу 1 каналу може зникнути.

3.2 Порядок налаштування СВІП-генератора

1 Увімкніть живлення генератора і підключіть його до осцилографа, основним виходом (3) до 1 каналу (CH1).

2 Підключіть BNC-рознімач виходу (4) розгортки до CH2.

3 Встановіть діапазон (5) генератора в положення 100К.

4 Встановіть частоту (6) генератора в положення 1,0.

5 Регулятор форми сигналу (7) встановіть на синусоїдальну форму сигналу.

6 Якщо повернути регулятор швидкості розгортки (SWEEP RATE), зображення сигналу 1 каналу залишиться незмінним. Зміниться зображення сигналу 2 каналу, так як регулятор (8), натиснений через вихідну розгортку буде працювати незалежно. Витягніть регулятор (8), щоб встановити генератор в положення «SWEEP ON», і поверніть регулятор, щоб встановити швидкість розгортки в діапазоні 5 с ... 10 мс. Зображення сигналу 1 та 2 каналів зміниться.

Примітка - Після встановлення регулятора в положення "PULL SWEEP ON" джерело запуску осцилографа треба встановити в положення CH1.

7 Щоб налаштувати ширину розгортки відповідно до зображення сигналу 1 каналу на осцилографі, відрегулювавши ширину і швидкість розгортки, поверніть регулятор «SWEEP WIDTH» (9). Встановіть регулятор частоти (6) на 0,05, щоб отримати максимальну ширину розгортки (>100 разів). Це звичайно виконується при перевірці ширини смуги аудіоапаратури або кола. Якщо витягнути регулятор (9), режим розгортки зміниться з лінійного розгортки на логарифмічне. Форма сигналу, що відображається на 1 каналі, буде мати форму логарифма.

8 Вихід синхронізації (10) - BNC-рознімач буде синхронно виводити TTL сигнал, щоб використовувати його як джерело сигналу для осцилографа або лічильника.

9 Регулятор амплітуди (11) - щоб відрегулювати амплітуду сигналу з основного виходу, поверніть цей регулятор.

10 Регулятор зміщення (12) - цей регулятор встановлює зміщення напруги DC сигналу з основного виходу. Він працює тільки в положенні "PULL".

3.3 Порядок налаштування генератора розгортки (див. рисунок 7)

1 Переключіть вмикач живлення в положення "ON" і переконайтесь, що індикатор живлення горить.

2 Підключіть BNC-рознімач виходу (3) до входу 1 каналу осцилографа.

3 Під'єднайте BNC-рознімач виходу синхронізації (4) до входу 2 каналу осцилографа.

4 Встановіть перемикач форми сигналу (5) в положення додатнього імпульсу (positive pulse).

5 Встановіть регулятор діапазону (6) на необхідну частоту. В цьому прикладі регулятор стоїть в положенні 100 К.

6 Встановіть регулятор частоти (7) на необхідну частоту. Частота настроюється регуляторами (6) і (7). В цьому прикладі регулятор (7) стоїть в положенні 1,0.

Приклад: частота: $100 \text{ К} \times 1,0 = 100 \text{ кГц}$.

Ширина імпульсу: $(1/\text{частота}) \times 15\% = (1/100 \text{ кГц}) \times 15\% = 1,5 \text{ мкс}$.

Вихід імпульсу з виходу синхронізації у 2 канал буде дорівнювати ширині TTL імпульсу 1,5 мкс.

7 Щоб налаштувати амплітуду вихідного імпульсу, відрегулюйте регулятор «AMPL» (8). Або «витягніть» даний регулятор, щоб зменшити вихідний сигнал до 1/10. Але це не впливає на вхід синхронізації 2 каналу.

8 Витягніть регулятор зміщення (9) і поверніть, щоб налаштувати, якщо необхідно, зміщення напруги DC. Це не вплине на сигнал 2 каналу.

9 Встановіть перемикач форми сигналу (5) в положення від'ємний імпульс (negative pulse) і зробіть кроки 5, 6, 7 і 8, як показано вище.

3.4 Порядок налаштування генератора функцій FG-32

FG-32 PİNTEK - це зручний генератор функцій, що включає в себе лічильник з 5-значовим дисплеєм і високою роздільною здатністю 60 МГц (рисунок 9). Цей надійний і простий у використанні прилад відмінно розсіює тепло і має високу стабільність. Розглянемо особливості організації вимірювань параметрів сигналів за допомогою генератора функцій FG-32.

1 Генератор функцій

Щоб уникнути проскакування або поганого контакту, для переключення 6 форм сигналу замість кнопки використовується перемикач, що обертається. Максимальний вхідний сигнал: 20 В пік-пік (без завантаження). Мінімальний вихідний сигнал: 0,1 В пік-пік (без завантаження).

2 Імпульсний генератор

FG-32 надає вихід додатнього і від'ємного імпульсу. Максимальний вихідний сигнал 20 В пік-пік (без завантаження). Значення частоти відображається на індикаторі, ширина імпульсу в діапазоні 0,4 с ... 100 нс. Такі параметри зустрічаються в більшості аудіо і відео апаратури і в іншій основній побутовій електронній техніці.

3 Генератор розгортки

FG-32 пропонує перемикач режиму лінійного і логарифмічного розгортки з діапазоном розгортки 1 : 100 і швидкістю розгортки в діапазоні 5 с ... 10 мс. Також FG-32 надає вхід *VCP* і функцію виходу синхронізації.

4 Лічильник частоти

Цей генератор має 5-значовий лічильник, що має мікроуправління. До особливостей FG-32 відносяться: автоматичне визначення діапазону, автоматичне визначення часу затримки, висока роздільна здатність - 0,001 Гц, високий вхідний опір - 1 МОм, і велика ширина смуги - 0,2 Гц ~ 60 МГц. Крім того, FG-32 надає можливості запуску, такі як налаштування тригера $\pm 2,5$ В із світлодіодним індикатором, перемикач AC/DC, фільтр на 100 кГц, і

вхідний атенюатор - вхід x20 для сигналу високої напруги 300 В. Також прилад буде показувати частоту сигналу, що створюється генератором функцій.

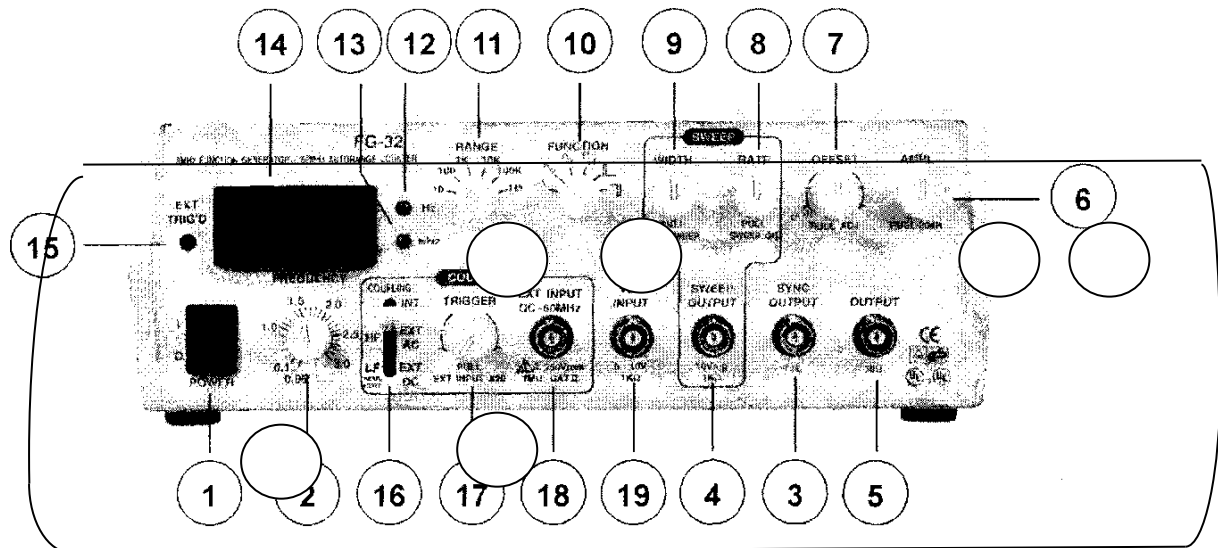


Рисунок 9 – Зовнішній вигляд генератора функцій FG-32

На рисунку 9 введені такі позначення:

1 ПЕРЕМИКАЧ ЖИВЛЕННЯ - при натисканні перемикача в положення "ON" загоряється цифровий індикатор, що показує, що живлення увімкнено.

2 ЧАСТОТА - поверніть цей регулятор, щоб встановити необхідну частоту, що генерується. Даним регулятором виконується добре налаштування частоти.

3 ВИХІД СИНХРОНІЗАЦІЇ - вихід синхронізації. TTL рівень виходу прямокутного сигналу з такою ж частотою, як і в ВНС-рознімачі основного виходу.

4 ВИХІД РОЗГОРТКИ - ВНС-рознімач виходу сигналу розгортки. Він працює незалежно від того, включений або виключений режим SWEEP.

5 ОСНОВНИЙ ВИХІД - ВНС-рознімач виходу сигналу функцій. Вихідний опір 50 Ом, максимальна амплітуда 20 В пік-пік без навантаження и 10 В пік-пік на 50 Ом.

6 АМПЛІТУДА - поверніть цей регулятор для налаштування амплітуди вихідного сигналу. Витягніть регулятор, щоб зменшити

вихідний сигнал в 10 разів. Це впливає тільки на сигнал основного виходу (5).

7 ЗМІЩЕННЯ DC - регулятор управляє колом зміщення. При нормальному використанні він встановлюється в положення OFF. Встановіть регулятор в положення "ON" і поверніть, щоб відрегулювати зміщення напруги DC.

8 ШВИДКІСТЬ РОЗГОРТКИ - поверніть цей регулятор, щоб налаштувати швидкість розгортки в діапазоні 5 с ... 25 мс. Виходом розгортки є VNC-рознімач (4). Якщо витягнути цей регулятор, основний вихід (5) і вихід розгортки (4) стануть синхронними.

9 ШИРИНА РОЗГОРТКИ - поверніть даний регулятор, щоб налаштувати ширину розгортки. Натисніть його для ввімкнення лінійного розгортки і витягніть для ввімкнення логарифмічного розгортки. Регулятор (8) повинен бути витягнутий, або ця функція не буде працювати.

10 ПЕРЕМИКАЧ ФОРМИ СИГНАЛУ - поверніть його, щоб обрати форму сигналу.

11 ЧАСТОТНИЙ ДІАПАЗОН - основне налаштування частоти. Вихідна частота буде змінюватись в 10 разів при кожному переключенні (з кожним кроком). Частота вихідного сигналу обирається перемикачами (2) і (11).

12 Hz - цей індикатор горить, якщо використовується одиниця вимірювання герц Гц.

13 KHz - цей індикатор горить, якщо використовується одиниця вимірювання кілогерц кГц.

14 ЦИФРОВИЙ ІНДИКАТОР – п'ять знаків для відображення частоти, що генерується, або EXT входу. Одиниці вимірювання будуть показуватись індикаторами (12) і (13), які обираються автоматично центральним процесором (CPU).

15 EXT-TRIG - зелений світлодіод показує стан тригера.

Світлий світлодіод - рівень тригера надто високий.

Темний світлодіод - рівень тригера надто низький. Світлодіод, що мерехтить - запуск нормальний.

16 COUPLING - показує джерело відображення частоти для індикатора (14).

INT - показує частоту сигналу, створюваного генератором FG-32.

EXT AC/HF - показує зовнішній вхідний сигнал високої частоти. Встановіть реле в це положення, щоб відділити сигнал постійного струму та гармонійні сигнали низької частоти. Входить буде тільки очікуваний сигнал високої частоти.

EXT-DC/LF фільтр 100 кГц - Показує зовнішній вхідний сигнал низької частоти. Встановіть реле в це положення, щоб відділити сигнали з частотою вище 100 кГц і зробити сигнал низької частоти більш стабільним.

17 TRIG PULL INPUT *20 - рівень тригера регулюється в діапазоні +2 В ... -2 В. Якщо витягнути цей регулятор, вхідний сигнал зменшиться в 20 разів. Таким чином, вхідна напруга може бути максимум 300 В пік-пік.

18 EXT-INPUT - зовнішній BNC-рознімач входу сигналу запуску розгортки. Вхідна частота 0,2 Гц ... 60 МГц і максимальна вхідна напруга 300 В пік-пік (коли регулятор (17) знаходиться в положенні "PULL").

19 VCF вхід - зовнішній сигнальний вхід постійного струму, що використовується для управління частоти, що генерується.

Зовнішній вхід сигналу запуску розгортки змінного струму використовується для зовнішнього запуску розгортки.

Зовнішній вхідний синусоїдальний сигнал змінного струму використовується для модуляції частоти.

Вхідний сигнал 0 ~ 10 В. <1 кГц.

Вхідний опір - 1 кОм.

3.4.1 Особливості налаштування генератора функцій FG-32

Увага: перед подачею напруги на пристрій перевірте, що вхідна напруга для вашого джерела живлення налаштована правильно.

Попередження: всі регулятори встановлені в натисненому положенні («PUSH»), якщо немає спеціальної мітки «PULL» (рисунок 10).

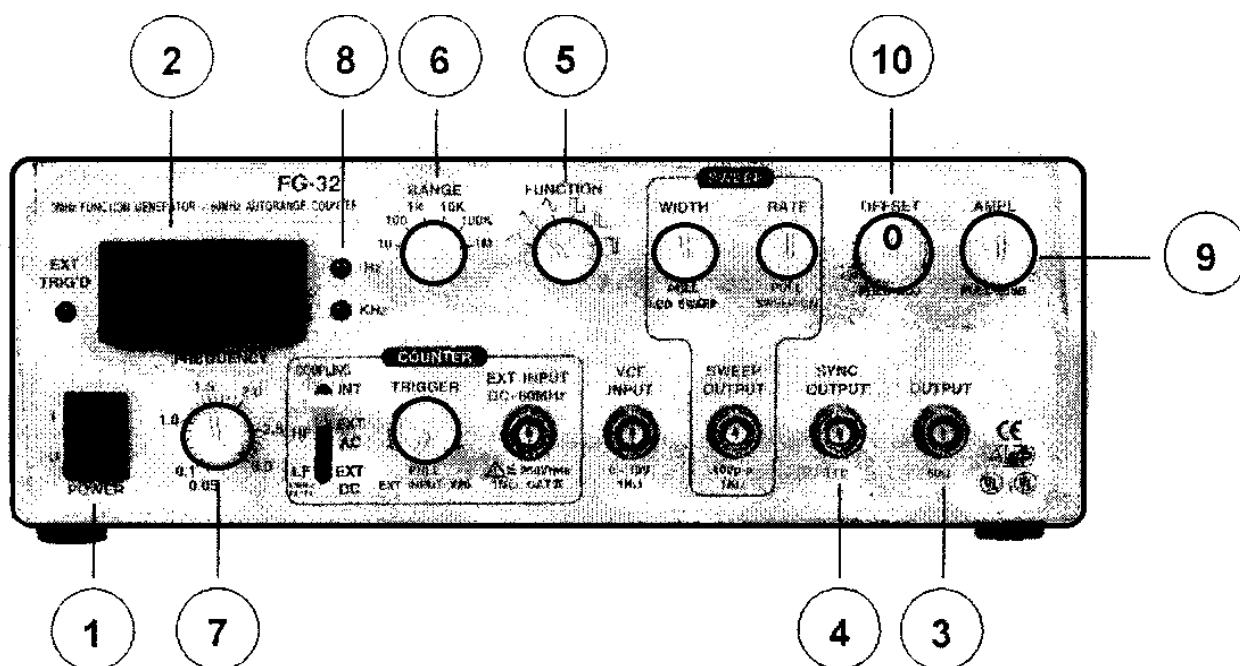


Рисунок 10 – Зовнішній вигляд передньої панелі генератора функцій FG-32

1 Увімкніть перемикач живлення і переконайтесь, що 5-знаковий індикатор горить (рисунок 10).

2 Підключіть BNC-рознімач виходу (4) генератора до вхідного BNC-роз'єму 1 каналу осцилографа, а BNC-рознімач виходу синхронізації (5) до 2 каналу, і встановіть джерело запуску осцилографа в положення CH2.

3 Поверніть регулятор частоти (FREQUENCY) (6) в діапазоні 0,05 ... 3,0. Ви побачите, що показання на світлодіодному дисплеї і форма сигналу на осцилографі будуть повільно змінюватись з кожним кроком.

4 Поверніть регулятор діапазону (RANGE) (7) в діапазоні 10 ... 1 М. Ви побачите, що показання світлодіодного дисплея буде змінюватись в 10 разів з кожним кроком і частота осцилографа зміниться відповідно (рисунок 11).

5 Щоб змінити форму вихідного сигналу в 1 каналі осцилографа, поверніть регулятор «FUNCTION» (8). 2 канал буде завжди показувати тільки TTL прямокутний сигнал.

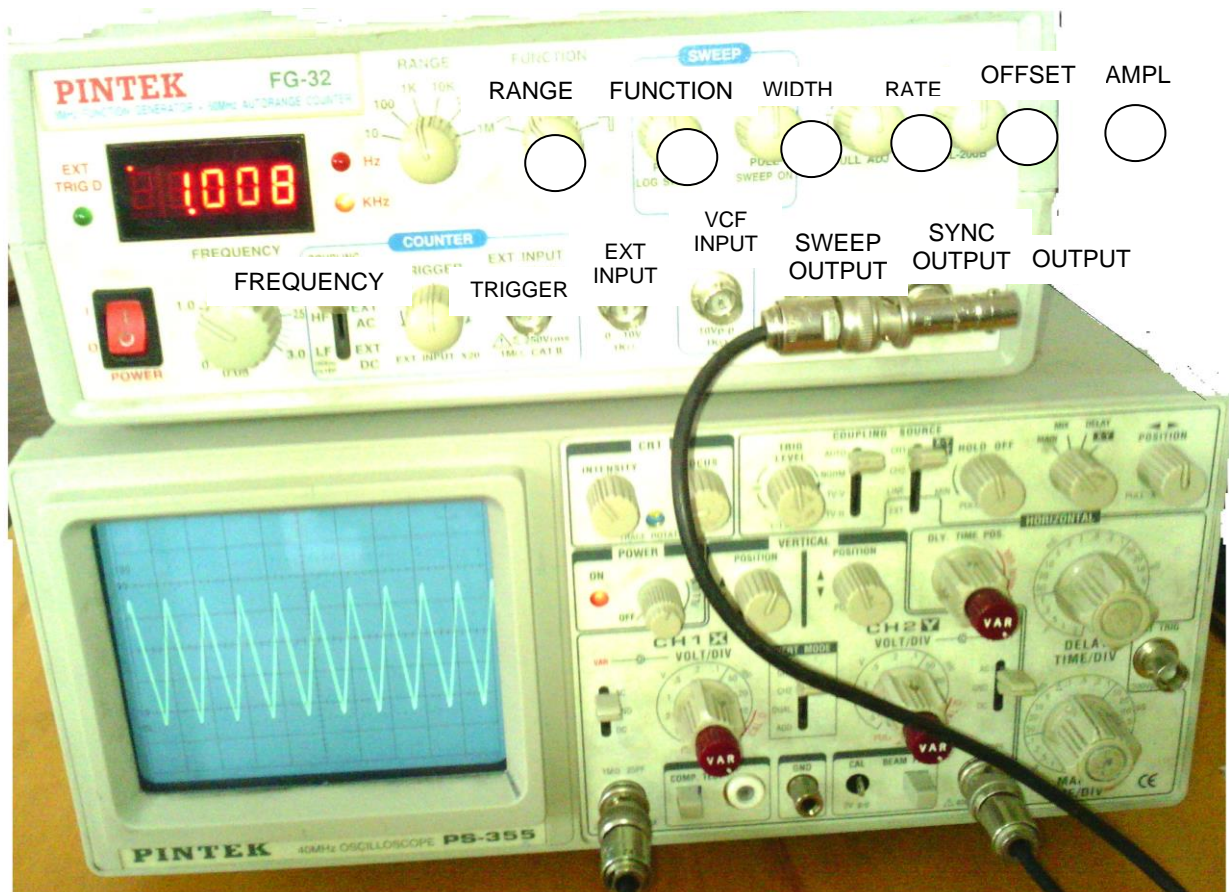


Рисунок 11 – Схема підключення генератора функцій FG-32 до каналу CH1 осцилографа

6 Поверніть регулятор «AMPL» (9), щоб налаштувати амплітуду вихідного сигналу 1 каналу. Якщо витягнути регулятор, амплітуда сигналу 1 каналу зменшиться в 10 разів (-20 dB), а амплітуда сигналу 2 каналу (сигнал виходу синхронізації) залишиться незмінною.

7 Якщо повернути регулятор зміщення «OFFSET» (10), зображення на осцилографі не зміниться. Витягніть регулятор. Тепер, обертаючи регулятор, ви зможете впливати на зміщення напруги DC на зображення сигналу 1 каналу осцилографа, змінюючи його в діапазоні +10 В ... -10 В. Зображення сигналу 2 каналу не зміниться.

8 Увімкніть живлення генератора і загориться 5-значковий світлодіодний дисплей.

9 Підключіть BNC-рознімач виходу (4) до вхідного BNC-рознімача 1 каналу осцилографа.

10 Підключіть BNC-рознімач виходу розгортки (5) до вхідного BNC-рознімача 2 каналу осцилографа і встановіть джерело запуску осцилографа в положення CH2.

11 Якщо обертати регулятор швидкості розгортки (SWEEP RATE) (6), сигнал 2 каналу осцилографа буде мати лінійний вигляд - пилкоподібна форма сигналу, частота може змінюватись в діапазоні 5 с... 10 мс. Форма сигналу 1 каналу буде мати форму відповідно до положення регулятора «FUNCTION». Витягніть регулятор (6), щоб встановити генератор в режим «SWEEP ON». Форма сигналу 2 каналу залишиться незмінною, але показання частоти можна змінювати, обертаючи регулятори частоти. Зображення сигналу 1 каналу буде мати форму сигналу розгортки, а швидкість розгортки буде залежати від швидкодії розгортки.

Примітка - Після встановлення регулятора в положення "PULL SWEEP ON" джерело запуску осцилографа треба переключити в положення СНІ.

12 Щоб налаштувати ширину розгортки відповідно до зображення сигналу 1 каналу на осцилографі, відрегулювавши ширину і швидкість розгортки, поверніть регулятор «SWEEP WIDTH» (9). Встановіть регулятор частоти (6) на 0,05, щоб отримати максимальну ширину розгортки (>100 разів). Це звичайно робиться при перевірці ширини смуги аудіоапаратури або кола. Якщо витягнути регулятор (9), режим розгортки зміниться з лінійної розгортки на логарифмічну розгортку. Форма сигналу, що відображається на 1 каналі, буде мати форму логарифма.

13 Регулятори «AMPL» (8) і «FUNCTION» (10) будуть працювати нормально.

14 Перед тим, як активувати режим розгортки ("PULL SWEEP ON"), значення частоти з'явиться на 5-значному світлодіодному дисплеї, як в режимі генератора функцій. Це значення буде частотою запуску розгортки. Після запуску режиму "PULL SWEEP ON" умови розгортки, включаючи частоту, форму сигналу, режим розгортки і т.д., можна буде побачити на дисплеї осцилографа. Показання на світлодіодному дисплеї генератора FG-32 будуть постійно змінюватись.

15 VCF вхід (11) - щоб встановити FG-32 в нормальний режим генератора, переключіть регулятор швидкості розгортки в положення "PUSH". Підключіть BNC-рознімач виходу розгортки до BNC-рознімача VCF входу і перевірте форму сигналу, що відображається в полі 1 каналу. Форма сигналу, що відображається, буде сигналом розгортки. Якщо VCF вхід буде пропускати

синусоїдальний сигнал з іншого генератора, вихід FG-32 буде мати модульовану частоту. Переконайтесь, що частота основного сигналу (вихід FG-32) вище, ніж зовнішній вхідний сигнал (рисунок 12).



Рисунок 12 – Схема підключення генератора функцій FG-32 при формуванні модульованого сигналу

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

При оформленні звіту відобразити форму модульованого сигналу у вигляді таблиць і зобразити результати вимірювання амплітуди сигналів різної форми при середньому положенні ручки AMPL, при крайньому лівому положенні ручки і при крайньому правому положенні ручки. Зафіксувати сигнал з виходу свіп-генератора у вигляді пилкоподібного сигналу і в логарифмічному масштабі.

Приклади оформлення звіту (таблиці 1-3).

Таблиця 1 – Результати вимірювань амплітудного значення напруги змінного струму, створеного генератором функцій на частоті 1 кГц

Амплітудне значення напруги, В	Положення PULL	Положення AMPL	Положення – 20 dB
Форма сигналу			
Синусоїдальний			
Меандр			
Трикутний			
Пилкоподібний			
Поодинокий імпульс додатної полярності			
Поодинокий імпульс від'ємної полярності			

Таблиця 2 – Форма сигналу на виході свіп-генератора

Положення ручки перемикача RATE	Пилкоподібний сигнал на виході свіп-генератора в звичайному представленні	Положення ручки перемикача WIDTH	Пилкоподібний сигнал на виході свіп-генератора в логарифмічному представленні
PULL SWEEP		LOG	
RATE		WIDTH	
ON		SWEEP	

Таблиця 3 – Форма модульованого сигналу на виході генератора функцій

Положення ручки перемикача FREQUENCY на генераторі функцій FG-30	Форма сигналу, створеного генератором функцій FG-30	Форма сигналу, створеного генератором функцій FG-32	Форма модульованого сигналу на виході генератора функцій FG-32
100 Гц	Синусоїдальний	Синусоїдальний	
	Меандр	Меандр	
	Трикутний	Трикутний	
1000 Гц	Синусоїдальний	Трикутний	
	Меандр	Синусоїдальний	
	Трикутний	Меандр	
100000 Гц	Синусоїдальний	Меандр	
	Меандр	Трикутний	
	Трикутний	Синусоїдальний	

При підключенні зовнішнього генератора зафіксувати у звіті колір світлодіода, що свідчить про ступінь використання тригера.

Підключити вихід SYNC генератора функцій до осцилографа і зафіксувати, для яких форм сигналів (перемикаючи ручку FUNCTION) амплітудне значення напруги змінного струму сигналу не треба ділити навпіл.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Наведіть класифікацію вимірювальних генераторів.
- 2 Поясніть, що означає термін складний сигнал?
- 3 Налаштуйте для проведення вимірювань параметрів сигналу свіп-генератор. Яка форма сигналу буде на вході свіп-генератора?
- 4 Зменшіть амплітуду вимірюваного сигналу в 10 разів за допомогою однієї ручки на передній панелі генератора функцій.
- 5 Яке значення рівня сигналу забезпечується ручкою TRIG генератора функцій?
- 6 Поясніть, як на виході генератора функцій можна отримати частотно-модульований сигнал?
- 7 При підключенні джерела синхронізації до зовнішнього входу генератора функцій можна використовувати фільтри. Поясніть, чим відрізняється сигнал, що надходить на вхід генератора функцій, при використанні фільтра низьких частот і фільтра високих частот.
- 8 Поясніть, для чого використовується світлодіодна індикація на панелі генератора функцій.
- 9 Назвіть діапазон частот, що формує генератор функцій, наявний в лабораторії.
- 10 Покажіть за допомогою наявного в лабораторії генератора функцій, як його налаштувати для проведення вимірювань параметрів сигналу.
- 11 Поясніть, для чого призначений синхронний вихід генератора функцій.
- 12 Наведіть функціональне призначення кожного входу і виходу генератора функцій.
- 13 Назвіть умови Баркгаузена для схем генерації сигналів.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

- 1 Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 535 с.
- 2 Томаси У. Электронные системы связи. - М.: Техносфера, 2007. - 1360 с.
- 3 Измерения в электронике: Справочник/ В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 512 с.
- 4 Генераторы сигналов от А до Я: Учеб. пособие компании Tektronix. США: Tektronix, 2008. – 49 с.