

Метрологія, стандартизація та підтвердження відповідності електронної апаратури

Вимірювальні генератори

Загальні положення

При дослідженнях, випробуваннях, вимірюваннях параметрів різних електричних схем, пристроїв і систем потрібні джерела випробувальних і реальних сигналів самих різноманітних форм, частот і потужностей.

Подаючи ці сигнали у потрібні точки, наприклад, отримуємо змогу:

- виміряти ряд параметрів електричних коливань, використовуючи ці джерела в якості міри (частота коливань, період повторення імпульсів, коефіцієнти модуляції, амплітуду тощо);
- виміряти амплітудно-частотні та перехідні характеристики кіл, а також визначають коефіцієнт шуму різних пристроїв;
- градуювати чи тестувати вимірювальні прилади;
- жити різноманітні вимірювальні перетворювачі НВЧ для вимірювання коефіцієнта стоячої (біжучої) хвилі, коефіцієнтів відбиття та повних опорів навантажень НВЧ пристроїв, параметрів антен.

Такі джерела різноманітних коливань називають *вимірювальними генераторами сигналів*.

Загальні положення

Вимірювальні генератори сигналів – екрановані джерела сигналів різних форм і частот, призначені для роботи з радіоелектронними (електронними, електричними) схемами.

Їхні принципові відмінності від звичайних генераторів:

- мають можливість точного встановлення та регулювання вихідних параметрів коливань (частоти, форми, рівня напруг чи потужності) у широких діапазонах;
- мають високу стабільність цих параметрів та вбудовані вимірювальні прилади, які дозволяють контролювати параметри вихідного сигналу (сигналів);
- можуть працювати сумісно з іншими засобами вимірювань та програмного керування.

Класифікація вимірювальних генераторів

Вимірювальні генератори можна класифікувати за такими ознаками:

- за частотою:

інфранизькочастотні (0,01 ... 20 Гц);

низькочастотні (20 Гц ... 300 кГц);

високих частот (0,3 ... 300 МГц);

надвисокочастотні (НВЧ) (більше, ніж 300 МГц).

- за формою вихідного сигналу:

гармонічних коливань;

імпульсних сигналів;

шумових сигналів;

шумоподібних сигналів;

сигналів спеціальної форми (функціональні генератори);

генератори з хитною частотою (свіп-генератори);

Класифікація вимірювальних генераторів

- за схемним рішенням:

цифровий синтез;

синтезатори частот;

RC-генератори;

LC-генератори;

генератори на біттах;

- за видом модуляції, маніпуляції:

амплітудна;

частотна;

фазова;

імпульсна;

комбінована (одночасно накладаються два і більше видів модуляції).

Характеристики вимірювальних генераторів

Основні метрологічні характеристики вимірювальних генераторів:

- похибка встановлення частоти;
- нестабільність частоти (довготривала та короткочасна);
- похибка встановлення вихідного рівня сигналу (амплітуди, пікового значення чи потужності);
- максимальна вихідна потужність сигналу на узгодженому навантаженні;
- параметри вихідного сигналу при модуляції.

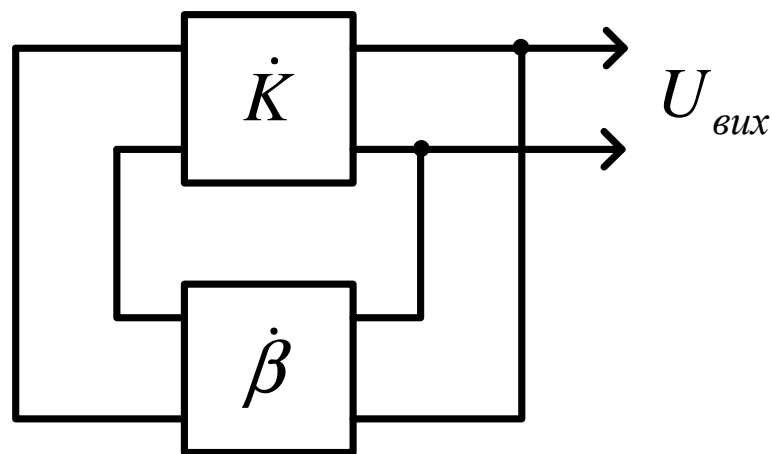
Генератори гармонічних коливань

Генератори гармонічних коливань для засобів вимірювань виконують двох видів:

- генератори сигналів;
- генератори стандартних сигналів (ГСС).

ГСС мають кращі показники стабільності частоти та форми, проте менші рівні сигналів, порівняно з генераторами сигналів.

Такий генератор складається з нелінійного підсилювача (коефіцієнт передачі за напругою \dot{K}), кола позитивного зворотного зв'язку (коефіцієнт передачі за напругою $\dot{\beta}$) та джерела постійної напруги – рисунок.



Генератори гармонічних коливань

Умови роботи автогенератора:

Умова балансу амплітуд

$$K\beta = K_{33} = 1$$

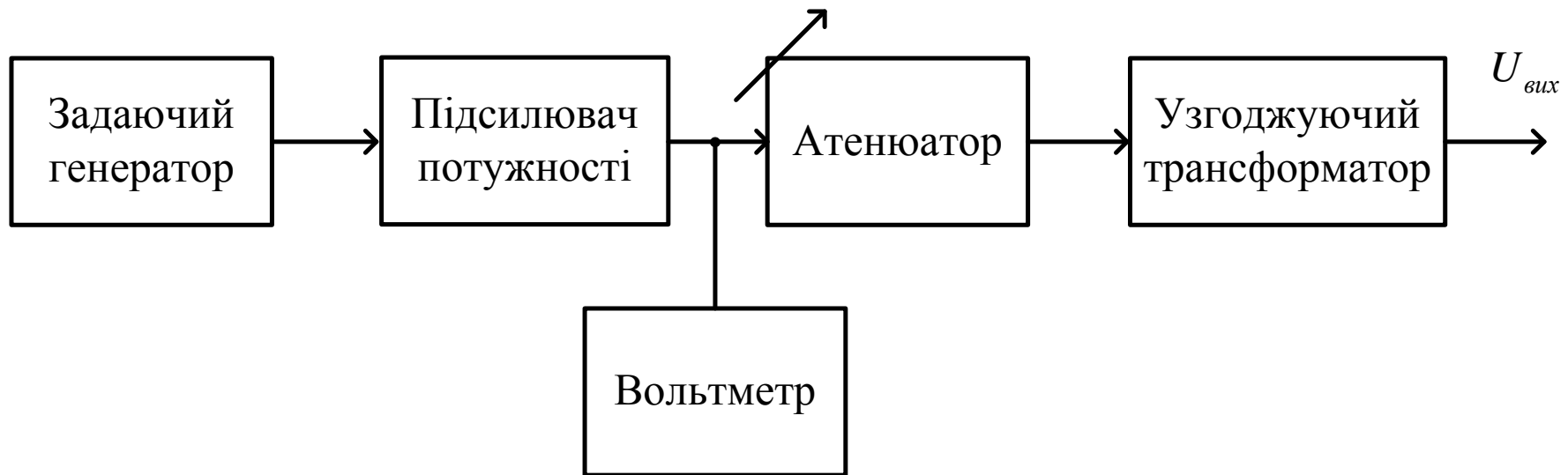
Означає, що у стаціонарному режимі на генерованій частоті коефіцієнт підсилення підсилювача зі зворотним зв'язком дорівнює одиниці.

Умова балансу фаз

$$\varphi_K + \varphi_\beta = 2\pi n, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Яка показує, що у стаціонарному режимі сумарні фазові зсуви сигналу за частотою генерування, створювані підсилювачем і колом позитивного зворотного зв'язку, мають бути кратні чи рівні 2π .

Генератори гармонічних коливань



Узагальнена структурна схема генератора гармонічних коливань

У генераторах гармонічних коливань коливальними системами є LC-контури (у НВЧ генераторах з цією метою використовують резонаторні системи) та частотно-залежні (фазуючі) RC-ланки. Генератори гармонічних коливань з LC-контурами називають LC-генератори, а з фазуючими RC-ланками - RC-генераторами. LC-генератори створюють коливання досить високих частот (більше, ніж 100 кГц), а RC-генератори використовують для створення низькочастотних гармонічних коливань (від долей герц до кількох сотень кілогерц).

Цифрові вимірювальні генератори низьких частот

Такі генератори, порівняно з аналоговими, мають кращі метрологічні характеристики: висока точність встановлення та стабільність частоти, малий коефіцієнт нелінійних спотворень, постійність рівня вихідного сигналу.

Цифрові генератори зручніші, ніж аналогові, в експлуатації: вища швидкодія, суттєво простіше встановлення потрібної частоти, наочніша індикація, мають можливість автоматичного перестроювання частоти по завчасно заданій програмі та можливість спряження з іншими цифровими засобами обробки інформації.

Принцип дії цифрових генераторів: формування числового коду з подальшим перетворенням його в аналоговий гармонічний сигнал. Останній апроксимують функцією, яку моделюють за допомогою ЦАП – рисунок.



Спрощена структурна схема цифрового генератора

Генератори хитної частоти та сигналів спеціальної форми

До генераторів хитної частоти (ГХЧ, свіп-генераторів) відносять джерела гармонічних коливань зі спеціальним (лінійним, логарифмічним тощо) законом автоматичної зміни частоти у межах заданої смуги хитання. Смугу хитання Δf_{sw} визначають як різницю кінцевого та початкового значень частоти $\Delta f_{sw} = f_{finish} - f_{start}$.

Основними параметрами таких генераторів є: діапазон робочих частот, смуга хитання, тривалість автоматичного хитання частоти, нелінійність її перестроювання; рівень вихідного сигналу (напруги, потужності) при роботі на узгоджене навантаження, нерівномірність цього рівня при перестроюванні частоти тощо.

До генераторів сигналів спеціальної форми відносять джерела одиночних чи періодичних імпульсних сигналів як прямокутної, так і відмінної від неї форми.

Реальна форма імпульсів дещо відрізняється від прямокутної, проте ці відхилення не повинні перевищувати значення, вказані у технічній документації.

Генератори шумових сигналів

Генератори шумових сигналів (шумові генератори) створюють флуктуаційні напруги (потужності) з певними (заданими) ймовірнісними характеристиками.

Основний вузол такого генератора – задаючий генератор. Його сигнали повинні мати рівномірну спектральну густину потужності у всій потрібній смузі частот (теоретично це білий шум). У задаючому генераторі використовують такі фізичні явища, при яких виникають шуми, які піддаються доволі нескладному математичному аналізу.

В якості джерел теплового шуму найчастіше використовують:

- нагрітий дрововий резистор;
- газорозрядні шумові трубки;
- генератори на лавино-пролітних діодах.

Використовуючи в якості кінцевого вихідного перетворювача частотний фільтр з певним коефіцієнтом передачі, можна отримати з генератора білого шуму генератор стаціонарного випадкового процесу з заданою формою спектральної густини потужності у певному діапазоні частот – наприклад, рожевий шум. Для контролю рівня вихідної потужності у такі генератори вбудовують вольтметри середніх квадратичних значень.

Генератори шумоподібних сигналів

На сьогоднішній день у техніці, особливо телекомунікаційних системах та радіотехніці, широко впроваджують сигнали із заданими кореляційними та спектральними характеристиками. Ці сигнали мають спектральні характеристики, близькі до білого (квазібілого) шуму у широкій смузі частот. Такі сигнали прийнято називати шумоподібними (широкосмуговими) сигналами (ШПС), сигналами без несучої чи сигналами з розсіяним спектром. Структура таких сигналів добре пристосована для цифрових систем зв'язку, оскільки такі сигнали дозволяють ущільнити перевантажений частотний діапазон та забезпечити прихованість передачі інформації чи абонентських розмов. Звідси і потреба у генераторах таких шумоподібних сигналів.

Поняття про синтезатори частот

Синтезаторами частот називають спеціальні генератори гармонічних напруг з дискретним перестроюванням частоти та стабільністю, яка дорівнює стабільності частоти найкращих кварцових генераторів.

Такі генератори забезпечують синусоїдальну форму, високу спектральну чистоту, велику точність встановлення та можливість програмного перестроювання частоти. Синтезатори дозволяють отримувати напруги фіксованих частот з дискретністю (сіткою частот) до сотих долей герц (!). Вони легко спряжуються з автоматичними інформаційно-вимірювальними системами.

Принцип роботи синтезаторів полягає у багаторазовому перетворенні опорної частоти, отриманої від генератора з кварцовою стабілізацією, у сітку дискретних вихідних частот.