

ВИМІРЮВАЧ ЗАЙМАНОЇ ШИРИНИ СМУГИ ЧАСТОТ

Розроблено структурну схему вимірювача займаної ширини смуги частот (ЗШСЧ) та описано принцип роботи схеми. Наведено основні принципи побудови.

Постановка проблеми. Нормальне функціонування значної кількості радіотехнічних засобів на локальній території забезпечується певною регламентацією параметрів випромінювання, рознесенням джерел випромінювання в просторі та за частотою, частотною або просторовою вибірністю рецепторів випромінювання тощо.

Одним з найважливіших параметрів сигналів, що випромінюються, є ЗШСЧ. Залежно від характеру модуляції радіочастотних випромінювань нормуються смуги частот, які можуть використовуватися тими чи іншими сигналами. Таке нормування, за умови його ретельного виконання, дає можливість ефективно використовувати частотний ресурс, тобто дотримання вимог щодо смуг частот, які надаються для передачі радіосигналів, забезпечує безперешкодне функціонування максимальної кількості радіотехнічних засобів у виділеному частотному піддіапазоні. З іншого боку, присвоєння частот радіотехнічним засобам залежить від ЗШСЧ. Отже, ЗШСЧ необхідно контролювати як перед впровадженням радіотехнічного засобу в експлуатацію, так і в її процесі.

Формулювання завдання дослідження. Сучасні методи визначення ЗШСЧ ґрунтуються на непрямих вимірюваннях. Так, найбільш поширеним способом є вимірювання ширини смуги частот на рівні « X » дБ, виходячи із спектрального розкладення сигналу. За визнаними міжнародними нормами [1], під ЗШСЧ розуміють таку ширину спектра сигналу, поза якою решта його спектральних складових мають потужність лише $\beta\%$ від потужності всього спектра сигналу, тобто вище найбільшої і нижче найменшої частоти ЗШСЧ потужності спектральних складових дорівнюють відповідно $\beta/2\%$ від потужності сигналу. Зрозуміло, що ширина спектра на рівні X дБ принципово відрізняється від ширини спектра, визначеного за потужністю на рівні $\beta/2$. Тому використання методу « X » дБ може призвести до певних негативних наслідків забезпечення електромагнітної сумісності.

У зв'язку з цим виникає проблема створення автоматичного вимірювача за методом $\beta/2$. Основними труднощами є такі:

- визначення необхідної ширини смуги пропускання височастотних блоків вимірювальної апаратури;
- оцінювання потужності спектральних складових сигналу за межами необхідної ширини смуги частот;
- виокремлення спектральних складових з частотами, вищими і нижчими за граничні показники ЗШСЧ.

Для подолання цих труднощів використаємо фільтри з фіксованими частотними характеристиками, способи перенесення спектра сигналу на певні частотні інтервали і перетворювачі потужності електромагнітних коливань у напругу постійного струму.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Вибравши дану тематику для написання роботи, перш за все були досліджені основні рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку [2–4], у яких подано термінологію, нормативи, методи інструментального оцінювання ширини смуги частот, а також вимоги до обладнання технічного радіоконтролю. У довіднику з радіомоніторингу [1] метод $\beta/2$ подається як основний метод вимірювання ширини смуги частот, але не наводиться практичне вирішення цього завдання. Також були проаналізовані публікації в наукових журналах [5, 6] з визначеного напрямку. У джерелі [7] була розглянута похибка вимірювання ЗШСЧ, зумовлена залежністю ослаблення фільтра від частоти. Базуючись на цих знаннях, авторами роботи було синтезовано структурну схему вимірювача ЗШСЧ.

Виклад основного матеріалу. Згідно з попередньо встановленими зауваженнями відносно функціональних особливостей пристрою вимірювач ЗШСЧ мусить мати: контур орієнтовного визначення ширини спектра сигналу, контур виокремлення спектральних складових з певним перенесенням їх в іншу смугу частот, контур перетворення потужності й виокремлення ділянок спектрів у напругу, а також контур настроювання вимірювача в цілому. Отже, для забезпечення достатньої для практики точності вимірювань в автоматичному режимі всі зазначені контури необхідно замкнути на процесор, який за певними програмами буде керувати функціями настроювання апаратури, вибору ширини смуги пропускання височастотних блоків, виокремлення ділянки спектра сигналу і розрахунку ЗШСЧ.

Реалізація цих функцій втілена у вимірювачі ЗШСЧ, структурну схему якого зображено на рис. 1.

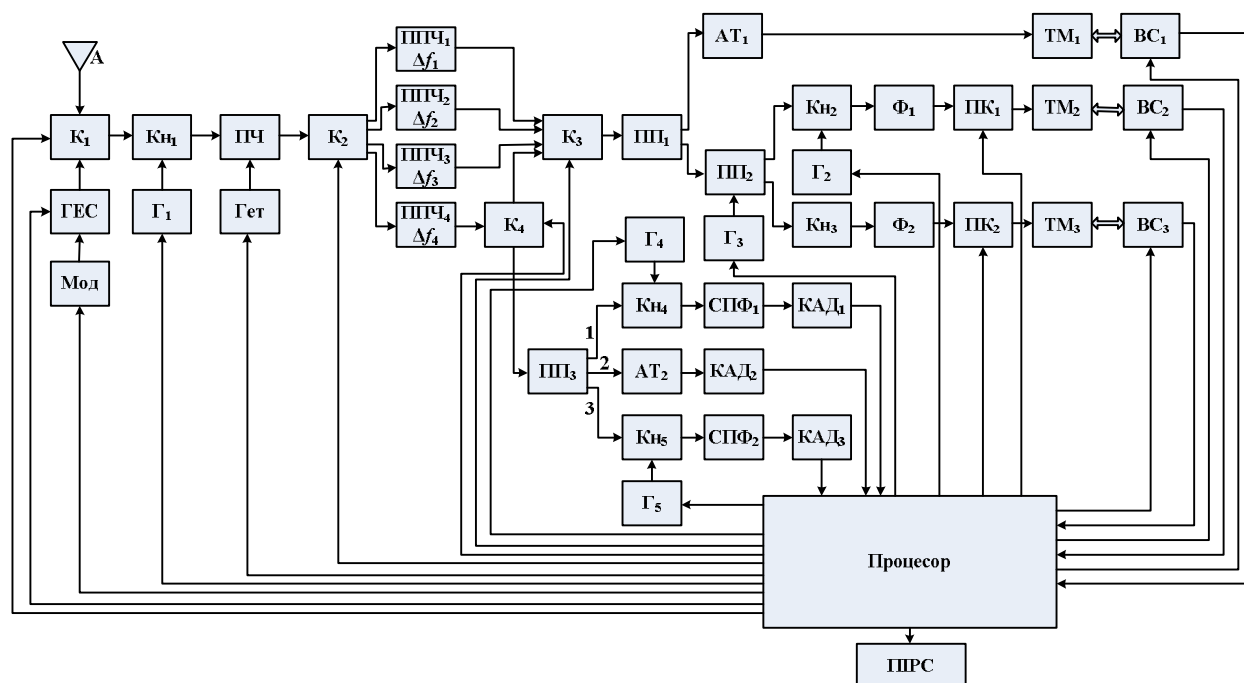


Рис. 1. Структурна схема вимірювача ЗШСЧ

У режимі вимірювання ЗШСЧ сигналу, що наводить електрорушійну силу (ЕРС) на затискачах антени (А), комутатор K_1 приєднує вихід антени до входу конвертора $K_{н1}$. Генератор Γ_1 конвертера за командами процесора генерує таку частоту, щоб можна було

приймати радіочастотні коливання у вибраному частотному піддіпазоні. Напруга з виходу конвертера K_1 з частотою, яка знаходиться в робочій смузі частот перетворювача частоти (ПЧ), підводиться до входу ПЧ. Гетеродин (Гет) перетворювача частоти згідно із заданою програмою керуючими сигналами процесора налаштується на необхідну частоту. Таким чином, спектр прийнятого сигналу переноситься на проміжну частоту.

На першому етапі вимірювання вихід ПЧ приєднується за допомогою комутатора K_2 до входу підсилювача проміжної частоти (ППЧ₄) найбільшою смугою пропускання Δf_4 . Вихід цього підсилювача комутатором K_4 з'єднується з контуром вибору смуги пропускання блоків на проміжній частоті. Для визначення необхідної смуги пропускання Δf_n потужність сигналу виходу з комутатора K_4 ділиться подільником потужності ПП₃ на три частини. Потужність однієї з них атенуатором AT_2 зменшується на 40 дБ і після детектування квадратичним амплітудним детектором КАД₂ використовується в процесорі як опорний рівень. Дві інші частини сигналу переносяться за частотою конвертерами на певні інтервали за межі смуги частот підсилювача ППЧ₄. Нехай смуга робочих частот ППЧ₄ обмежується граничними частотами f_{nc1} і f_{nc2} (рис. 2).

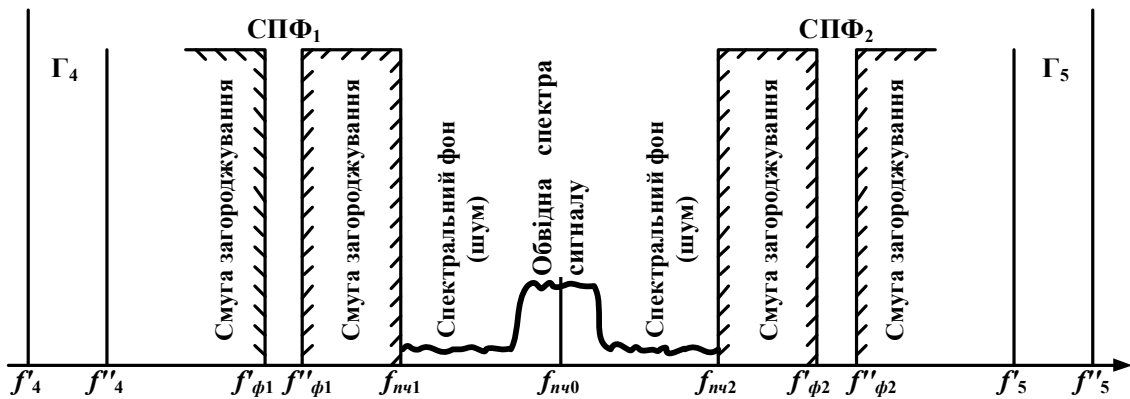


Рис. 2. Частотні характеристики схеми попереднього визначення ширини спектра досліджуваного сигналу

Середня частота смуги пропускання дорівнює

$$f_{nc0} = \frac{1}{2}(f_{nc1} + f_{nc2}). \tag{1}$$

Ширина амплітудно-частотної характеристики ППЧ₄ визначається як

$$\Delta f_{nc} = f_{nc2} - f_{nc1}, \tag{2}$$

і вона перевищує ширину спектральних сигналів, які можуть досліджуватися вимірювачем.

Генератор Γ_4 конвертера K_{nc} утворює гармонійне коливання, частота якого змінюється від f'_4 до f''_4 (рис. 2). Конвертер K_{nc} переносить частоти спектра сигналу від частоти f_{nc1} до f_{nc0} згідно з формулою

$$f_c - f_4 = f_{\phi 1}, \tag{3}$$

де $f_{m1} \leq f_c \leq f_{nc0}$ – частоти спектральних складових сигналу, менших (або рівних) середньої частоти сигналу;

$f'_4 \leq f_4 \leq f''_4$ – частота генератора Γ_4 ;

$f_{\phi 1} = \frac{f'_{\phi 1} + f''_{\phi 1}}{2}$ – середня частота смуги прозорості смугопропускнуго фільтра СПФ₁

Якщо ширина смуги прозорості $\Delta f_{\phi} = f''_{\phi 1} - f'_{\phi 1}$ значно менша ширини спектра сигналу, то зміна частоти генератора Γ_4 еквівалентна пересуванню «вікна» – зони прозорості СПФ₁ уздовж амплітудно-частотної характеристики підсилювача ППЧ₄ від f_{nc0} до f_{nc1} .

Аналогічно функціонують генератор Γ_5 , конвертер $КН_5$ і фільтр СПФ₅. Але в цьому випадку «вікно» пересувається від частоти f_{nc0} до f_{nc2} , тому частота фільтра СПФ₂ вибирається згідно з таким співвідношенням:

$$f_5 - f_c = f_{\phi 2}, \quad (4)$$

де f_5 – частота генератора Γ_5 ($f'_5 \leq f_5 \leq f''_5$);

$f'_5 = f_{\phi 2} + f_{nc0}$ – мінімальна частота генератора Γ_5 ;

$f''_5 = f_{\phi 2} + f_{nc2}$ – максимальна частота генератора Γ_5 ;

f_c – частоти спектральних складових сигналу в смузі від f_{nc0} до f_{nc2} ;

$f_{\phi 2} = \frac{f'_{\phi 2} + f''_{\phi 2}}{2}$ – середня частота смуги прозорості СПФ₂.

Очевидно, що смуга пропускання фільтра СПФ₂ така ж, як і СПФ₁, тобто

$$\Delta f_{\phi} = f''_{\phi 1} - f'_{\phi 1} = f''_{\phi 2} - f'_{\phi 2}.$$

На початку процесу оцінювання ширини спектра сигналу частоти генераторів Γ_4 та Γ_5 приймають такі значення:

$$\left. \begin{aligned} f_4 &= f_{nc0} - f_{\phi 1} \\ f_5 &= f_{nc0} + f_{\phi 1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Коли виконується умова (5), то смуги прозорості верхнього каналу з фільтром СПФ₁ і нижнього каналу з фільтром СПФ₂ накладаються одна на одну. Тому на виходах детекторів КАД₁ та КАД₂ напруги повинні бути однаковими. Ця обставина дає можливість процесору виробляти команди для корекції коефіцієнтів передачі верхнього та нижнього каналів. При зменшенні частоти генератора Γ_4 на величину Δf_{ϕ} і збільшенні частоти генератора Γ_5 на таку ж величину Δf_{ϕ} (при правильному виборі частоти гетеродина $f_{гет}$) напруги на виходах детекторів мусять залишитися незмінними. Якщо рівність порушується, то процесор підстроює гетеродин так, щоб середня частота обвідної спектра сигналу збігалася з частотою f_{nc0} . Після цього процесор зменшує частоту f_4 і

збільшує частоту f_5 до того моменту, доки напруги на виходах детекторів верхнього та нижнього каналів не будуть однаковими і приблизно дорівнюватимуть величині опорного сигналу. Це і є момент досягнення частотами f_4''' і f_5''' межі спектра сигналу. Отже, орієнтовна ширина спектра сигналу дорівнює

$$\Delta f_c = f_5''' - f_4''' - f_{\phi 1} - f_{\phi 2} \text{ при } \Delta f_c < \Delta f_{mч}. \quad (6)$$

Можливий випадок, коли інтенсивність шумів буде значно перевищувати допустимий опорний рівень або поряд з досліджуваним сигналом знаходитиметься завада, спектр якої накладатиметься на спектр сигналу. Тоді за результатом орієнтовного визначення ширини спектра сигналу (за можливістю встановлення величини Δf_c) процесор робить висновок про несприятливу електромагнітну обстановку і відміння подальше вимірювання ЗШСЧ.

При сприятливій електромагнітній обстановці за визначеною смугою Δf_c обирається підсилювач проміжної частоти, ширина амплітудно-частотної характеристики якого задовольняє умову

$$\Delta f_c \leq \Delta f_{mч} \leq a \Delta f_c, \quad (7)$$

де $a > 1$, сталий коефіцієнт обирають, виходячи з конструктивних можливостей. Після цього процесор за допомогою комутаторів K_2 , K_3 і K_4 утворює вимірювальний контур. Сигнал з виходу комутатора K_3 надходить у подільник потужності ПП₁, де сигнал за амплітудою ділиться навпіл. Одна частина сигналу проходить через атенюатор АТ₁, де ослабляється до рівня $\beta/2$. Найчастіше приймають, що $\beta/2 = 0,5\%$. Отже, атенюатор зменшує потужність сигналу на 23дБ.

Друга частина сигналу з виходу подільника потужності ПП₁ потрапляє на ПП₂, який за потужністю ділить сигнал на дві рівні частини. Обидва сигнали в подальшому зазнають подібних трансформацій. Сигнал з верхнього виходу ПП₂ надходить до конвертера Кн₂, який працює разом з генератором Г₂. Вибір характеру функціонування Кн₂ пов'язаний з вибором частотної характеристики фільтра Φ_1 . Якщо Φ_1 є фільтром верхніх частот (ФВЧ) з граничною частотою смуги прозорості f'_{cp1} , то схематичне положення на осі частот спектра сигналу, частот гармонічних коливань генератора Г₂, частотної характеристики фільтра Φ_1 та перенесеного спектра сигналу можемо зобразити у вигляді рис. 3а. На проміжній частоті спектр сигналу 1 і шумові складові знаходяться в смузі від $f_{nчmin}$ до $f_{nчmax}$, яка визначається амплітудно-частотною характеристикою підсилювача проміжної частоти.

Якщо частота напруги генератора Г₂ знаходиться в смузі частот 5, то спектральні складові сигналу переносяться без інверсії згідно з формулою

$$f'_c = f_c - f_{c2}, \quad (8)$$

де f'_c – частота спектральної складової у спектрі 2;

f_c – частота спектральної складової у спектрі 1;

f_{z2} – частота генератора Γ_2 у смузі частот 5 ($f'_{z2} \leq f_{z2} \leq f''_{z2}$).

Усі складові спектра сигналу, для яких виконується умова

$$f_c - f_{z2} \leq f'_{zp}, \quad (9)$$

не проходять через фільтр, оскільки зазнають значного ослаблення. Отже, на виході фільтра маємо спектральні складові сигналу з частотами

$$f'_c \leq f'_{zp1}. \quad (10)$$

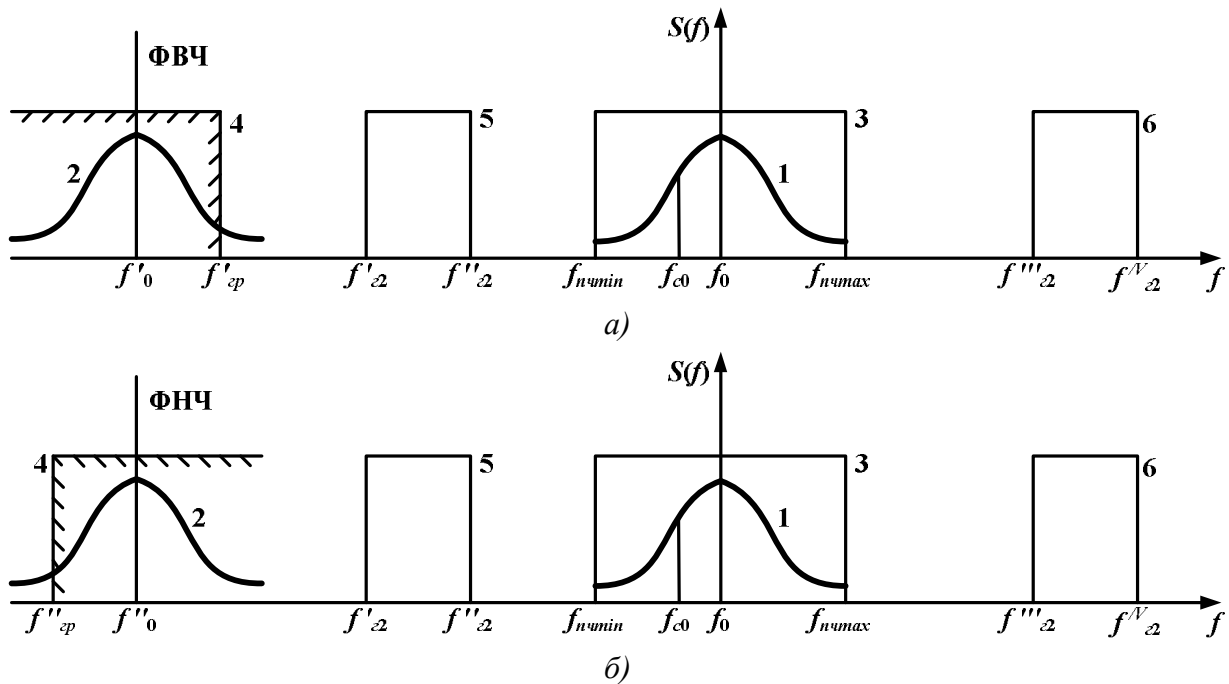


Рис. 3. Співвідношення частот при використанні: а) ФВЧ; б) ФНЧ (1 – обвідна спектра сигналу на проміжній частоті; 2 – обвідна спектра сигналу, перенесеного в іншу смугу частот; 3 – ідеалізована амплітудно-частотна характеристика підсилювача проміжної частоти; 4 – амплітудно-частотна характеристика фільтра; 5 – область можливих частот генератора конвертера при перенесенні спектра сигналу без інверсії; 6 – область можливих частот генератора конвертера з частковою інверсією спектра сигналу)

Якщо ж частота генератора Γ_2 знаходиться в смузі 6 і змінюється в межах $f'''_{z2} \leq f_{z2} \leq f'V_{z2}$, то відбувається інверсія спектра сигналу:

$$f''_c = f_{z2} - f_c. \quad (11)$$

У зону прозорості фільтра Φ_1 попадають складові сигналу з частотами

$$f''_c \leq f'_{zp}. \quad (12)$$

Отже, у цьому випадку крізь фільтр пройдуть спектральні складові сигналу в межах від f_{ncmin} до $f'_c = f'_{z2} - f'_{zp}$.

При використанні фільтра нижніх частот (ФНЧ), як це зображено на рис. 3б, спектр сигналу переноситься без інверсії, якщо частота генератора Γ_2 знаходиться в смузі 5. Тоді крізь фільтр проходять складові з частотами

$$f'_c \leq f''_{cp1}, \quad (13)$$

де $f'_c = f_c - f_{c2}$;

$f_{ncmin} \leq f_c \leq f_{c2} + f''_{cp}$; f''_{cp} – гранична частота прозорості ФНЧ;

f'' – максимальне значення частоти генератора Γ_2 .

Перенесення з інверсією характеризуються такими співвідношеннями:

$f'_c = f_{c2} - f_c$ – значення частоти після перенесення,

$f_{c2} + f''_{cp} \leq f_c \leq f_{ncmax}$ – спектральні складові сигналу, що проходять крізь фільтр.

Як впливає з розглянутих процесів перенесення спектра, можна за допомогою одного типу фільтра ФВЧ або ФНЧ виокремити необхідні смуги частот із спектра сигналу.

Нехай послідовно з'єднані конвертер $K_{н2}$, фільтр Φ_1 і пристрій корекції коефіцієнта передачі кола ПК₁ виокремлюють нижню смугу спектра сигналу, а конвертер $K_{н3}$, фільтр Φ_2 і пристрій корекції – верхню смугу частот спектра сигналу. Потужність усього спектра сигналу після атенюатора АТ₁ і потужності верхньої та нижньої смуг спектра після блоку корекції ПК розсіюються на термісторах, які є елементами (плечима) термісторних мостів ТМ₁, ТМ₂ і ТМ₃.

Розбаланс мостів, зумовлений поглинанням термісторами потужності сигналу, оцінюється вимірювальними схемами ВС₁, ВС₂ і ВС₃. Вихідні напруги постійного струму вимірювальних схем пропорційні потужності всього сигналу, ослабленої на 23 дБ, і потужностям нижньої і верхньої смуг спектра сигналу. Отримані напруги використовуються в процесорі для вимірювання ЗШСЧ сигналу. Позначимо ці вихідні напруги як U_1, U_2, U_3 . Числові індекси відповідають індексу вимірювальної схеми. Очевидно, що U_1 є тією величиною, з якою порівнюються U_2 і U_3 .

Розглянемо вимірювання нижньої граничної частоти спектра сигналу. Як було зазначено раніше, фільтр Φ_1 становить собою ФВЧ. Отже, частота генератора Γ_2 знаходиться в смузі частот 6 (рис. 3а) і перед початком вимірювання дорівнює $f_{c2}^{/V}$. Згідно з виразом (11) у смугу прозорості фільтра Φ_1 потрапляє частина спектра сигналу від частоти

$$f_{c0} \leq f_{c2}^{/V} - f'_{cp} \quad (14)$$

і до найнижчих частот (практично до частоти f_{ncmin}). Спектральні складові проходять через блок корекції коефіцієнта передачі ПК₁, розсіюються на термісторі моста ТМ₂, а їх потужність перетворюється за схемою ВС₂ у напругу постійного струму. Напруга U_2 з виходу ВС₂ порівнюється з вихідною напругою ВС₁ U_1 . Якщо $U_2 > U_1$, то частота генератора зменшується так, щоб досягти рівності напруг:

$$U_2 = U_1 \text{ при } f_{c2} = f_{c2}^0.$$

У цьому випадку при інверсії сигналу визначається нижня гранична частота ЗШЧС:

$$f_{cmin} \leq f_{22}^0 - f'_{ep}. \quad (15)$$

У каналі, який складається з конвертера $K_{н3}$, фільтра Φ_2 , блока корекції ПК₂, моста ТМ₃ і блока ВС₃, визначається подібним чином частота f_{cmax} за умови, що

$$U_3 = U_1 \text{ при } f_{23} = f_{23}^0.$$

Якщо фільтр Φ_2 становить собою ФВЧ, то частота f_{23}^0 менша середньої частоти сигналу f_0 і без інверсії спектра максимальна гранична частота ЗШЧС визначається як

$$f_{cmax} \leq f_{23}^0 - f'_{ep}. \quad (16)$$

При використанні ФНЧ граничні частоти ЗШЧС обчислюються за тими ж формулами (15) і (16) за умови, що $U_2 = U_1$ і $U_3 = U_1$.

Використання ТМ дає можливість працювати при відносно невеликих вихідних потужностях ППЧ. Цей висновок впливає із аналізу характеристик термісторних вимірювачів потужності, які серійно випускаються промисловістю [8]. Так, у режимі найбільшої чутливості ватметри вимірюють з похибкою 10% потужність від 15 до 50 мкВт. Отже, повна потужність сигналу на виході підсилювача ППЧ повинна бути не більшою ніж 20 мВт. При навантаженні підсилювача опором 100 Ом вихідна напруга дорівнюватиме 1,4 В. Очевидно, що такі вимоги до каналів вимірювання потужності досить легко можна задовольнити.

Результати вимірювань граничних частот ЗШЧС f_{cmin} та f_{cmax} виводяться в пристрій індикації та реєстрації (ПРС).

У режимі настроювання вимірювача ЗШЧС утворюється контур настроювання, у який входять процесор, модулятор (Мод), генератор еталонних сигналів (ГЕС) і канали вимірювання ЗШЧС. За командами процесора Мод і ГЕС у певній послідовності формують низку еталонних сигналів з точно відомими значеннями ЗШЧС. Тестові сигнали через комутатор K_1 надходять до $K_{н1}$ і подальша їх обробка аналогічна обробці сигналів у режимі вимірювання ЗШЧС. Процесор порівнює виміряні значення f_{cmin} та f_{cmax} з відомими граничними частотами еталонних сигналів f_{cmin}^e та f_{cmax}^e . За результатами порівняння коректуються значення коефіцієнтів передачі за потужністю нижнього і верхнього вимірювальних каналів. Для цього використовуються пристрої корекції ПК₁ та ПК₂, які виконуються у вигляді атенюаторів з дуже невеликим динамічним діапазоном ослаблення. Так, якщо $f_{cmin} < f_{cmin}^e$, то це означає, що підсилення верхнього каналу перевищує номінальне його значення. Отже, процесор збільшує ослаблення блоку ПК₁, щоб забезпечити рівняння

$$f_{cmin} = f_{cmin}^e.$$

Для нижнього каналу порівнюються частоти верхньої частини спектра сигналу і за допомогою блока ПК₂ встановлюється рівність значень

$$f_{c\max} = f_{c\max}^e.$$

Таким чином, можна запобігти нестабільності коефіцієнтів передачі каналів, зумовленої впливом температури, «старінням» елементів схеми, вологістю тощо.

Для задовільної роботи розробленої схеми вимірювача ЗШСЧ необхідно, щоб відношення сигналу до завади було не менше ніж 30 ДБ.

Висновки. Розроблення схеми автоматичного вимірювання ЗШСЧ забезпечує такі функції:

1. Визначення характеру електромагнітної обстановки в смузі частот досліджуваного сигналу. У разі наявності завад, які перекривають спектр сигналу, або значного рівня шуму вимірювач інформує про несприятливу електромагнітну обстановку і неможливість вимірювання ЗШСЧ.

2. Автоматичний вибір необхідної смуги пропускання високочастотними блоками, що забезпечує більш точне вимірювання ЗШСЧ за наявності допустимого рівня шумів.

3. Точне настроювання частоти гетеродина для забезпечення збіжності середньої частоти досліджуваного спектра з середньою частотою амплітудно-частотної характеристики ППЧ.

4. Високу чутливість вимірювача до потужності складових окремих ділянок спектра сигналу.

5. Достатню для практики точність вимірювання ЗШСЧ.

У подальшому планується проаналізувати ефективність адаптування приладу до ширини смуги сигналів та залежність результатів вимірювання від вибраної смуги пропускання каналами вимірювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по радиоконтролю. – Женева : Международный союз электросвязи, 2002. – 386 с.
2. Рекомендация МСЭ-R SM.328. Спектры и ширина полосы излучений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.itu.int/dms.../itu-r/rec/sm/R-REC-SM.328-11-200605-I!!PDF-R.pdf.
3. Рекомендация МСЭ-R SM.1138. Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета и соответствующими примерами обозначения излучений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.itu.int/dms.../itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1138-2-200810-I!!PDF-R.pdf.
4. Рекомендация МСЭ-R SM.443-4. Измерение ширины полосы частот на станциях радиоконтроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.itu.int/dms.../itu-r/rec/sm/R-REC-SM.443-4-200702-I!!PDF-R.pdf
5. Ільницький Л. Я. Вимірювач займаної смуги частот сигналу з використанням спектрального аналізу / Л. Я. Ільницький, Д. Л. Сібрук // Вісник Держ. ун-ту інформаційно-телекомунікаційних технологій. – 2007. – Т. 5(3). – С.274–281.

6. Ільницький Л. Я. Автоматичний вимірювач ширини смуги пропускання / Л. Я. Ільницький, Д. Л. Сібрук // Електроніка та системи управління. – 2006. – № 3(9). – С. 169–174.
7. Ільницький Л. Я. Похибка вимірювання ЗШСЧ, що обумовлена реальною залежністю ослаблення фільтра від частоти / Л. Я. Ільницький, Д. Л. Сібрук // Електроніка та системи управління. – 2007. – № 1(11). – С. 48–53.
8. Измерения в электронике. Справочник / Под ред. В. А. Кузнецова. – М. : Энергоиздат, 1987. – 512 с.

Подано 17.04.13

Л. Я. Ільницький, О. А. Щербина, І. А. Сташенко

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАНИМАЕМОЙ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

Разработано структурную схему измерителя занимаемой ширины полосы частот и описано принцип работы схемы. Приведены основные принципы построения.

L. Y. Ilitskiy, O. A. Shcherbina, I. O. Stashenko

MEASURING DEVICE FOR OCCUPIED BANDWIDTH

The structural scheme of measuring device of occupied bandwidth is designed, and the principle of the scheme work is described. The main principles of construction are shown.