

І.О. Коваленко, к.т.н., доц.
С.С. Свістельник, асист.

Житомирський інженерно технологічний інститут

С.А. Шаров, к.т.н.

СКТБ геофізичного приладобудування, м. Київ

ІМІТАТОР ЗОБ'ЯВЛЕНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТА НАСТРОЙКИ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Наводиться опис принципу роботи та конструктивних особливостей імітатора для контролю та настройки радіотехнічних систем в умовах штучно створених іонізованого середовища та магнітного поля Землі.

Для оцінки впливу дисперсних та редракційних спотворень зондуючих сигналів при дослідженні, настройці та подальшому контролі перспективних та існуючих радіотехнічних систем необхідні імітатори радіолокаційних сигналів. Сформовані імітатором сигнали повинні забезпечувати спотворення, аналогічні спотворенням реальних зондуючих сигналів, які проходять через іонізоване середовище з врахуванням впливу на неї магнітного поля Землі.

На рис. 1 наведена структурна схема такого імітатора. Принцип його роботи полягає в тому, що послаблений за потужністю атенуатором (АТ-1) імпульсний зондуючий сигнал з виходу передавача РЛС поступає на вхід комутатора 1. З використанням останнього, а також наборів ліній затримок (ЛЗ), які керуються пристроєм керування (ПК), формується відбитий сигнал від реальної цілі з різною затримкою (віддаленістю) та амплітудою.

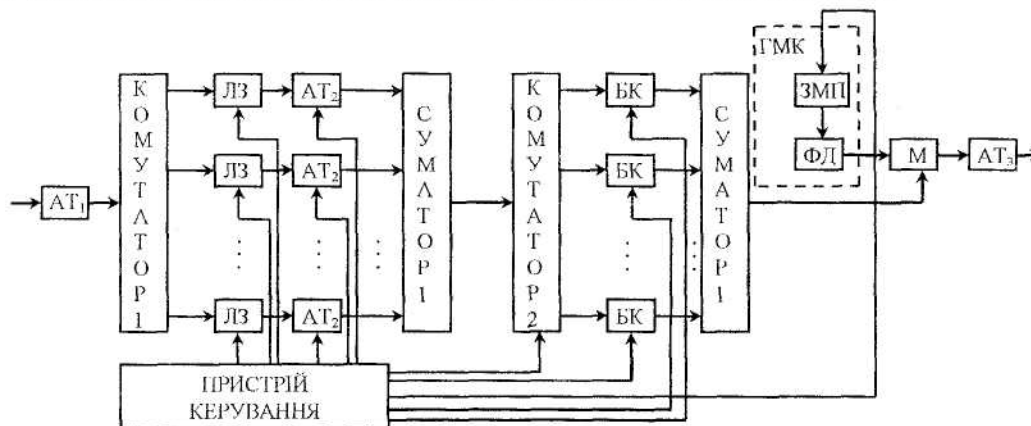


Рис. 1. Структурна схема імітатора

Комутатор 2 та блок корекції (БК) в залежності від обраної моделі іонізованого середовища вносять у сформований сигнал фазочастотні спотворення відповідної величини. З виходу суматора 2 спотворений сигнал подається на змішувач, на другий вхід якого подається сигнал з виходу ферозондового датчика (ФД). Ферозондовий датчик розміщується сумісно з задатчиком магнітного поля (ЗМП) в гіромагнітній камері (ГМК).

Структурна схема БК наведена на рис. 2. Такий принцип його побудови зумовлений наступним.

Вибухи ядерних зарядів у атмосфері Землі, направлене лазерне опромінювання, використання спеціальних радіоактивних обшивок літаків тощо [1], [2] зумовлюють появу областей штучної іонізації (ОШІ). Характерний масштаб неоднорідностей ν ОШІ лежить в межах від одиниць до сотень кілометрів, тому для радіолокаційного діапазону довжин хвиль величина відношення λ/ν не перевищує значення 10 [2]. Для іоносфери величина λ/ν ще менша. Через це нульове наближення геометричної оптики є достатнім для оцінки спотворень сигналів, які пройшли через іонізоване середовище. Розрахунок спотворень сигналів можна провести, визначивши фазову характеристику середовища з врахуванням її двократного проходження. Вона визначається у вигляді [2]

$$\Phi(f) = \frac{4 \cdot \pi \cdot f}{c} \int_l \sqrt{1 - \left(\frac{f_{na}(l)}{f}\right)^2} dt,$$

де $f_{na} = 80,8N(l)$ – плазмова частота іонізованого середовища;

$N(l)$ – електронна концентрація (ел/м³) на відстані l від локатора вздовж траси L .

Розкладаючи $\Phi(f)$ в ряд Тейлора відносно несучої частоти сигналу, отримуємо

$$\Phi(f) = \Phi_0(f) + \Phi'_0(f) \cdot (f - f_0) + 0,5 \cdot \Phi''_0(f) \cdot (f - f_0)^2 + \dots \quad (1)$$

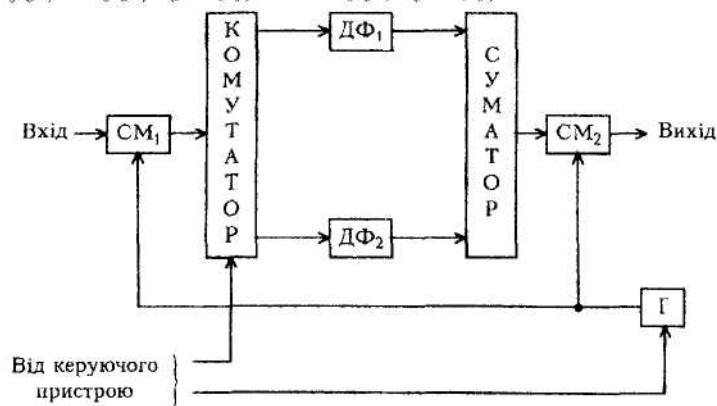


Рис. 2. Структурна схема блока корекції

Перші два члени враховують початкову фазу та групове зазізнення на частоті f_0 і не приводять до зміни огинаючої сигналу. Наступні члени характеризують фазові спотворення – квадратичні, кубічні та більш високих ступенів і призводять відповідно до лінійного, квадратичного і т.п. законів зміни групової затримки. Оскільки ці спотворення викликані дисперсією середовища, то спотворення схожого виду можна ввести за допомогою дисперсних фільтрів (ДФ).

У загальному випадку передаточну характеристику ДФ можна подати у вигляді:

$$\Phi(f) = \sum_{n=0}^N a_n (f - f_0)^n, \quad (2)$$

де a_n – параметри, які залежать від властивостей матеріалу, з якого виготовлений ДФ.

Співставляючи (1) та (2), приходимо до висновку, що найпростіше побудувати БК таким чином, щоб кожний з них вносив у сигнал фазові спотворення певного вигляду – квадратичні, кубічні тощо. Саме цим зумовлено використання у імітаторі (рис. 1) набору БК.

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових степенях $(f - f_0)$ у (1) та (2), отримуємо значення параметра:

$$a_n = (-1)^n \frac{1616 \cdot (n-1) \cdot \pi \cdot N_L(l)}{c \cdot f^{(n-1)}}, \quad n = 2, 3, 4, \dots, \quad (3)$$

де $N_L(l) = 2 \int_L N(l) dt$ – інтегральна електронна концентрація.

Проте, існуючий технічний рівень виготовлення ДФ не завжди дає змогу виготовити їх з параметрами, які визначаються виразом (3). До того ж, висотний профіль електронної концентрації іоносфери постійно змінюється. Тому у БК необхідно використовувати серійні дисперсні фільтри з довільними параметрами a_n .

Для того, щоб внести у сигнал квадратичні фазові спотворення додатного або від'ємного знаку у БК використовуються два ДФ (рис. 2) з фазовими характеристиками:

$$\Phi_1(f) = a_2 (f - f_0)^2 \quad \text{та} \quad \Phi_2(f) = -a_2 (f - f_0)^2,$$

які відповідають лінійній залежності групової затримки від частоти різного знаку (рис. 3, а). Величина фазових спотворень у цьому випадку визначається сигналом помилки ПК, пропорційно якому гетеродин ("Г" – на рис. 2) зміщує сигнал по частоті на різні ділянки фазової характеристики ДФ 1 або 2. Величина сигналу помилки за відомою або заданою $N(l)$ визначається за частотою

$$f_n = \pm f_0 + \left\{ (-1)^n \frac{1616 \cdot (n-1) \cdot \pi \cdot N_L(l)}{c \cdot f^{(n-1)} a_n} \right\}.$$

Очевидно, що сигнал помилки обмежується смугою пропускання ДФ: $2\Delta f_{\text{ДФ}}$. СМ2 призначений для зворотного перетворення частоти сигналу. Вибір ДФ (знаку фазових спотворень) здійснюється за допомогою комутатора, який теж керується ПК (рис. 2).

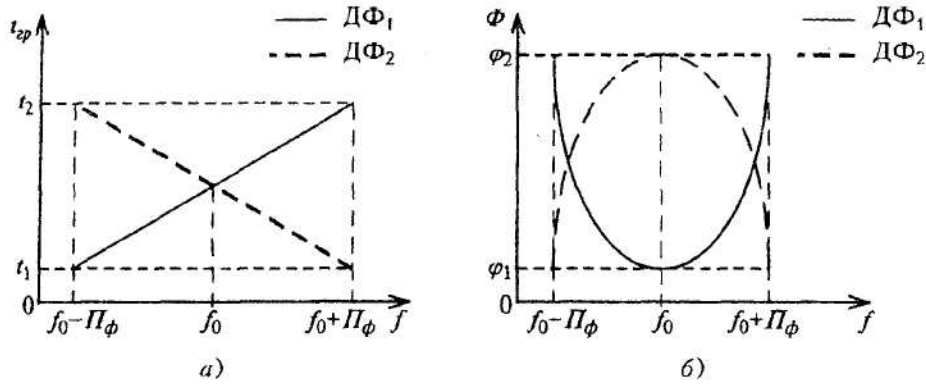


Рис. 3. Характеристики дисперсних фільтрів

Структурна схема БК у випадку внесення фазових спотворень вищих ступенів не змінюється. Необхідно лише використовувати ДФ з фазовими характеристиками відповідних ступенів n .

$$\Phi_n(f) = a_n (f - f_0)^n \text{ та } \Phi_n(f) = -a_n (f - f_0)^n.$$

Таким чином, задавшись моделлю розподілення $N(t)$ в ОШІ або іоносфері (або використовуючи поточні вимірювання $N(t)$), можна внести у сигнал різні за законом фазові спотворення. Це забезпечується шляхом підключення тієї кількості блоків корекції, яка необхідна для точної степеневої апроксимації фазової характеристики середовища.

Для того, щоб внести в сигнал рефракційні спотворення, які обумовлюються впливом магнітного поля Землі на іонізоване середовище, в склад імітатора входять датчик магнітного поля та феромагнітний датчик.

Датчик магнітного поля складається з циліндричного соленоїда та електронної частини. Соленоїд має секційну структуру – декілька котушок, наприклад, чотири, які знаходяться послідовно на одній осі обертання (блок котушок). При почерговому переключенні котушок отримуємо скануючу систему. Частота зміни магнітного поля, що створюється котушками, буде пропорційна частоті їх переключення. В проміжок часу, який залежить від частоти переключення котушок, працює одна з котушок (рис. 4).

Для зменшення впливу зовнішнього магнітного поля існують багато способів. Як один з варіантів для цього використано геомагнітну камеру [4]. В цій камері знаходиться блок котушок та феромагнітний датчик.

Електронна частина складається з генератора імпульсів (ГІ), регулятора напруги (РН) та блока управління (БУ). Імпульси з генератора надходять до блока управління, який здійснює порядок підключення котушок до блока живлення. При цьому в котушках створюється магнітне поле з частотою $f_{мп} = f_1/4$, де f_1 – частота сигналу, що генерується ГІ.

ГМК являє собою магнітний екран, що забезпечує в своєму об'ємі різке зниження зовнішнього поля як постійного, так і змінного. Його дія засновапа на тому, що магнітний потік концентрується у стінках екрана, який зроблено з матеріалу з високою магнітною проникністю (пермалюю).

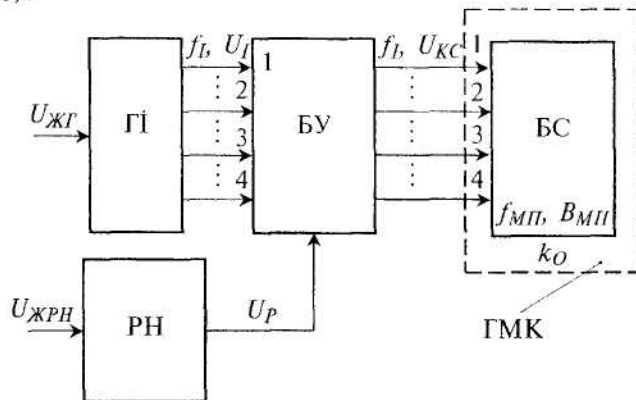


Рис. 4. Структурна схема датчика магнітного поля

На рис. 5 зображений трикомпонентний ферозондовий датчик (ФД), що складається з кільцевого та еліптичного осердь, площини яких розташовані взаємно перпендикулярно, та магнітну систему з трьох взаємно перпендикулярних котушок, які охоплюють осердя таким чином, що осі котушок та симетрії осердь перетинаються в одній точці та створюють єдиний центр. Вихідний сигнал має подвійну частоту в порівнянні з полем збудження, а його амплітуда пропорційна амплітуді магнітного поля, що вимірюється [5]. Сигнал з виходу суматора 2 поступає на модулятор, який модулює це коливання низькочастотним сигналом з виходу феромагнітного датчика. Цей сигнал змішується з сигналом з виходу суматора 2 (рис. 1). Таким чином здійснюється імітація сигналу з дисперсійними та рефракційними спотвореннями. Імітатор дозволяє корегувати величину як дисперсійних, так і рефракційних спотворень в заданих границях.

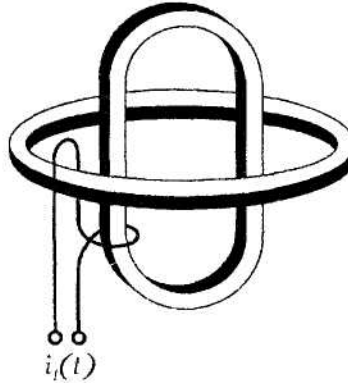


Рис. 5. Трикомпонентний датчик

З виходу АТ-3 (рис. 1) спотворений сигнал передається на досліджувані блоки приймального пристрою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Плохих А.П., Важенін Н.А.* Методы и средства модификации среды при наблюдениях воздушных объектов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1992. – № 9.
2. *Кравцов Ю.А., Фейзулин З.И., Виноградов А.Г.* Прохождение радиоволн через атмосферу Земли. – М.: Радио и связь, 1983.
3. *Коваленко И.А.* и др. Авт. свидетельство СССР № 330404 от 1.12.1991 г. Имитатор ионизации среды.
4. *Свістельник С.С.* Магнітотерапевтичний апарат загального впливу на організм людини // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – № 17. – С. 33–36.
5. *Шостачук Д.М.* Ферозондові магнітовимірювальні прилади для орієнтації штучних супутників Землі // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 1998. – № 7. – С. 134.

КОВАЛЕНКО Іван Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– радіофізика та електроніка, нестационарна електродинаміка, метрологія.

СВІСТЕЛЬНИК Сергій Сергійович – асистент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– радіофізика та електроніка, метрологія.

ШАРОВ Сергій Анатолійович – кандидат технічних наук, головний конструктор СКТБ геофізичного приладобудування, м. Київ.

Наукові інтереси:

– системи орієнтації штучних супутників Землі;

– ферозондові магнітометри систем орієнтації.