



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5366 (13) U
(51) 7 H01P1/22МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) АТЕНЮАТОР НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ

1

2

(21) 2004032298

(22) 29.03.2004

(24) 15.03.2005

(46) 15.03.2005, Бюл. № 3, 2005 р.

(72) Ільницький Людвіг Якович, Щербина Ольга
Алімівна

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Атенюатор надвисоких частот з електронним керуванням, що містить подільник потужності, побудований на двох включених послідовно квадратних мостах, дві поглинаючі опори, приєднані на вході до одного з плечей першого моста та

на виході до одного з плечей другого моста та фазообертач, підключений між двома мостами подільника потужності, який відрізняється тим, що фазообертач містить третій міст та дві короткозамкнені лінії, які підключені до протилежних від подільника потужності плечей моста, зі вставленими в них р-і-п діодами.

2. Атенюатор надвисоких частот з електронним керуванням за п.1, який відрізняється тим, що р-і-п діоди у короткозамкнених лініях фазообертача підключені через лінію передачі керуючих сигналів до блока електронного керування.

Корисна модель належить до галузі радіотехніки і може бути використаний для регулювання потужності сигналів надвисоких частот у трактах прийомопередавальної та вимірювальної апаратури.

Відомий атенюатор надвисоких частот [1], що має кола керування на основі електромеханічних реле.

Недоліком такого атенюатора надвисоких частот є складність конструкції схеми керування через наявність складних механічних реле, що знижує його швидкодію та надійність.

З відомих атенюаторів надвисоких частот найбільш близьким за технічною суттю до винаходу є атенюатор надвисоких частот [2], який має квадратний міст та фазообертач, вхід якого підключений до першого працюючого плеча квадратного моста, а непрацююче плече квадратного моста підключене до виходу фазообертача.

Недоліком цього атенюатора є принципова неможливість ослаблювати вхідну потужність за рахунок зміни фази.

Ослаблення вхідної потужності за рахунок зміни фаз неможливе навіть при включенні всередину омичних опорів, оскільки введення в його склад дисипативних елементів буде забезпечувати сталий коефіцієнт ослаблення, значення якого залежатиме тільки від опору дисипативного елементу.

Задача корисної моделі є введення електричного керування коефіцієнтом ослаблення атенюатора шляхом використання мостів надвисоких час-

тот і фазовому керуванні розподілом потужності у вихідних плечах моста.

Це дозволяє досягти високої швидкодії і можливості використання атенюатора в автоматичних системах, а також зменшити його габарити.

Поставлена задача вирішується тим, що в атенюатор надвисоких частот, який містить подільник потужності, побудований на двох включених послідовно квадратних мостах, дві поглинаючі опори, приєднані на вході до одного з плечей першого моста та на виході до одного з плечей другого моста та фазообертач, підключений між двома мостами подільника потужності, що містить третій міст та дві короткозамкнені лінії, які підключені до протилежних від подільника потужності плечей моста, зі вставленими в них р-і-п діодами, що підключені через лінію передачі керуючих сигналів до блока електронного керування.

В результаті такої будови пристрою його застосування, а також конструювання не вимагає особливих заходів щодо узгодження. Пристрої керування атенюатором надійно розв'язуються з каналами надвисоких частот і мало впливають на похибки установки коефіцієнтів ослаблення. Сам пристрій керування може бути досить простим як за схемою, так і за конструкцією і дозволяє досягти високої швидкодії.

На кресленні зображена структурна схема одного ступеня атенюатора надвисоких частот з електронним керуванням.

(19) UA (11) 5366 (13) U

Атенюатор надвисоких частот з електронним керуванням містить плечі мостів 1-4, 1'-4', 1"-4", короткозамкнені лінії 2"-5" і 4"-6", три квадратних моста 7-9, поглинаючі опори 10 та 11, блок електронного керування 12, лінію передачі керуючих сигналів 13, р-і-п діоди а, b, с, а', b', с'. Вихід 2 моста 8 є виходом пристрою

Атенюатор працює таким чином

В атенюаторі використані властивості квадратних мостів, які полягають в тому, що два плеча моста, наприклад 1 і 3 (1' і 3', або 1" і 3"), завжди розв'язані. Тому до цих плеч можна приєднати два генератори і вони не будуть впливати один на одного. Вихідна потужність в плечах 2 і 4 (2' і 4', або 2" і 4") ділиться навпіл, а напруженості будуть зсунуті за фазою на 90°. Отже, якщо до плеча 1 моста 7 підведено височастотну потужність Р, то в плечах 2 і 4 будуть однакові вихідні потужності, які дорівнюють 0,5Р. Напруженість в плечі 4 буде відставати від напруженості в плечі 2 на 90°.

Потужність з плеча 2 надходить до плеча 1' моста 8. Фаза напруженості набуває додаткового зсуву, оскільки хвиля проходить відрізок лінії, що з'єднує плечі 1 і 2'. Виберемо так довжину цієї лінії, щоб фазовий зсув становив 90°. Отже, напруженості в плечі 1' моста 8 і плечі 4 моста 7 або плечі 1" моста 9 будуть однаковими за фазою і амплітудою.

Потужність, яка надходить з плеча 4 моста 7 в плече 1" моста 8 також в плечах 2" і 4" ділиться на дві рівні частини. Напруженість в плечі 4" за фазою запізнюється від напруженості в плечі 2" на 90°. Оскільки до плеч 2" і 4" приєднані відрізки передачі, то хвилі з плеч 2" і 4" надходять у ці відрізки і повністю відбиваються від перерізів, в яких р-і-п діоди будуть відкритими. Відстані від плеча 2" до перерізів а, b, с, і від плеча 4" до перерізів а', b', с', однакові, а керуючий сигнал відкриває діод тільки в одному перерізі а і а', b і b', с і с', , тому різниця фаз напруженостей відбитих хвиль, що надходять в плечі 2" і 4" зберігається на рівні 90°. Це призводить до того, що відбиті хвилі в фазі складаються у вихідному плечі 3". В результаті цих хвильових процесів напруженість у вхідному плечі 3' буде за фазою відставати на кут ψ від напруженості в плечі 4, де

$$\psi = +90^\circ + 2\beta d + 180^\circ = 2\beta d + 270^\circ \quad (1)$$

де d - відстань від плеча 2" (4") до закороченого перерізу лінії,

$\beta = 2\pi/\lambda$ - коефіцієнт фази хвилі в лініях 2"-5" і 4"-6",

λ - довжина хвилі в цих лініях

Використовуючи поняття нормованих напруг, можемо записати напругу затискачів плеча 1 моста 7

$$U_1 = U_M \quad (1)$$

Напруги на вихідних плечах моста 7

$$U_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M e^{i\varphi_0} \quad (2)$$

і

$$U_4 = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M e^{i\varphi_0} \quad (3)$$

де φ_0 - фазовий зсув, значення якого залежить від вибору положення площин відліку фаз.

В вихідному плечі моста 9 або на вході плеча 3' моста 8 нормована напруга матиме вигляд

$$U'_3 = U_4 e^{-i\psi} = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M e^{-i(\psi + \varphi_0)} \quad (4)$$

Нормована напруга в плечі 1' моста 8 з урахуванням набігу фази на шляху від перерізу 2 до перерізу 1 дорівнюватиме

$$U'_2 = -i U_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M e^{i\varphi_0} \quad (5)$$

Для скорочення виразів вважатимемо, що початковою (нульовою) є фаза $\varphi_0 = 0$. Тоді напруги U'_1 і U'_3 , виходячи з виразів (4) і (5) запишемо у вигляді

$$U'_1 = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M \quad U'_3 = -\frac{1}{\sqrt{2}} U_M e^{-i\psi} \quad (6)$$

Оскільки плечі 1' і 3' розв'язані, то на вихідних плечах моста 8 можна визначити окремо напруги, які виникають внаслідок надходження хвилі в плече 1'

$$U'_{12} = \frac{1}{\sqrt{2}} U'_1 = \frac{1}{2} U_M \quad (7)$$

$$U'_{14} = -\frac{1}{\sqrt{2}} U'_1 = \frac{1}{2} U_M$$

та напруги, що виникають у вихідних плечах внаслідок надходження хвилі в плече 3'

$$U'_{32} = -\frac{1}{\sqrt{2}} U'_3 = \frac{1}{2} U_M e^{-i\psi} \quad (8)$$

$$U'_{34} = -\frac{1}{\sqrt{2}} U'_3 = \frac{1}{2} U_M e^{-i\psi}$$

З урахуванням фазових співвідношень, підсумуємо напруги хвиль в вихідних плечах

$$U'_2 = U'_{12} + U'_{32} = \frac{1}{2} U_M (1 + e^{-i\psi}) \quad (9)$$

$$U'_4 = U'_{14} + U'_{34} = \frac{1}{2} U_M (1 + e^{-i\psi})$$

Вирази (9) дають можливість визначити потужності в вихідних плечах. Оскільки це нормовані напруги, то вхідна потужність

$$P_1 = \frac{1}{2} U_M^2 \quad (10)$$

вихідна потужність в плечі 2'

$$P_2 = \frac{1}{2} |U'_2|^2 = \frac{1}{4} U_M^2 (1 - \sin \psi) \quad (11)$$

вихідна потужність в плечі 4'

$$P_4 = \frac{1}{2} |U'_4|^2 = \frac{1}{4} U_M^2 (1 + \sin \psi) \quad (12)$$

В схемі подільника потужності немає дисипативних елементів. Отже, немає і втрат потужності. Тому, як випливає з рівнянь (10), (11) та (12)

$$P_2 + P_4 = P_1 \quad (13)$$

Для поглинання потужності в плечі 4' служить активний узгоджений опір 11. Коефіцієнт ослаблення (атенюації) A визначимо, як

$$A = -10 \lg \frac{P_2}{P_1} \quad (14)$$

Використовуючи формули (10) і (12), отримаємо

$$A = 10 \lg 2 - 10 \lg(1 - \sin \psi) \quad (15)$$

Розв'язуючи рівняння (15) відносно кута ψ , знаходимо

$$A = \arcsin \left[1 - 10^{\left(\lg 2 - \frac{A}{10} \right)} \right] \quad (16)$$

Вираз (16) дає можливість розрахувати необхідні фазові зсуви для заданих значень ослаблення A . За відомими фазовими зсувами з формули (1) обчислюємо необхідні відстані d між плечем мосту 2'' або 4'' і перерізами з коротким замиканням

$$d = \frac{\psi - 270^\circ}{720^\circ} \lambda \quad (17)$$

Очевидно, що відстань d повинна бути більшою від нуля. Тому значення ψ , отримане з формули (16), при якому $d < 0$, збільшуємо на $360^\circ m$, де m - будь-яке ціле число

Один ступінь атенюатора можна розглядати як восьмиполюсник з матрицею розсіювання (18), в якій нумерація стовбців і рядків така 1, 2', 3, 4. Це матриця подільника потужності, побудованого з реактивних безвтратних елементів. Всі плечі такого восьмиполюсника ідеально узгоджені. Тому опори резисторів 10 і 11 повинні дорівнювати хвильовому опору ліній, з яких будується атенюатор

$$S = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1+e^{-j\psi} & 0 & 1+e^{-j\psi} \\ 1+e^{-j\psi} & 0 & 1+e^{-j\psi} & 0 \\ 0 & 1+e^{-j\psi} & 0 & -(1+e^{-j\psi}) \\ 1+e^{-j\psi} & 0 & -(1+e^{-j\psi}) & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

При необхідності опбудувати атенюатор з великим ослабленням (більше 10 дБ), послідовно з'єднують дві ступені. Один з них буде ослаблювати вхідну потужність з градацією в 1 дБ від 0 до 9 дБ, а в другому ступені потужність ослаблюється через 10 дБ від 0 до необхідного значення. Недоліком такого атенюатора є те, що він працює на одній довжині хвилі. Але в більшості випадків це не має великого значення, оскільки обробку сигналів бажано виконувати на одній частоті

Джерела інформації

1 Сверхширокополосные микроволновые устройства / Под ред. А. П. Креницкого и В. П. Мещанова - М: Радио и связь, 2001, с. 356

2 Патент СРСР №, МПК⁶ H01P1/22, 1990



