

Винахід відноситься до галузі техніки надвисоких частот. Пропонований поляризаційний фазообертач призначається для введення каліброваного зрушення фази і точного виміру різниці фаз електромагнітних коливань, у тому числі для точного і плавного введення і виміру малих зрушень фази. Вимірювання малих зрушень фази необхідне при проведенні радіофізичних досліджень проходження і відбиття електромагнітних хвиль від металів, напівпровідників та діелектриків, а також у біологічних дослідженнях.

Відомі хвилеводні фазообертачі, у яких регулювання зрушення фази досягається шляхом введення діелектрика в хвилевід. Якщо діелектрична пластинка вводиться через щілину в центрі широкої стінки хвилеводу чи переміщується від однієї з вузьких стінок до центра хвилеводу, то довжина хвилі в хвилеводі зменшується і виникає фазове зрушення [Bacon G.E., and Duckworth J.C. "Some Applications of the Principle of Variation of Wavelength in Waveguides by the Internal Movement of Dielectric Sections" ЛЕЕ, 1946, 93, pt IIIA, №4, p.633 або А.Ф. Харвей. Техника сверхвысоких частот. Пер. с англ., Глава III, раздел 3.5. 3 "Фазовращатели", "Сов. радио", М. 1965]. Такі фазообертачі не є безпосередньовідліковими, вони вимагають градування на кожній робочій частоті, з їх допомогою важко забезпечити точне введення малих зрушень фази. Фазообертачі такого типу найчастіше використовуються як настановні.

Суттєво кращі характеристики мають безпосередньовідлікові поляризаційні фазообертачі.

Найближчим аналогом пропонованого винаходу є показаний на Фіг.1 безпосередньовідліковий хвилеводний поляризаційний фазообертач Фокса [Fox A.G. Proc. I.R.E., 1947, 35, p.1489]. Він складається з напівхвильової диференційної фазової секції 3 (обертача поляризації), що обертається навколо осі круглого хвилеводу, по обидва боки якої розташовані чвертьхвильові секції 1, 2 (перетворювач лінійної поляризації в кругову 1 і перетворювач кругової поляризації в лінійну 2). Останні звичайно працюють з лінійними поляризаторами 7, 8 (наприклад, переходами від круглого хвилеводу на прямокутний з поглинаючими пластинами).

Лінійно-поляризована хвиля (або лінійно-поляризована складова довільно-поляризованої хвилі, яка виділена вхідним лінійним поляризатором 7), що надходить на вхід фазообертача, перетворюється першим перетворювачем поляризації 1 у круго-поляризовану. На виході обертача поляризації 3 хвиля залишається круго-поляризованою, але з протилежним напрямком обертання, вона здобуває набіг фази, що залежить від кута повороту цієї секції навколо осі хвилеводу. В другому (вихідному) перетворювачі поляризації 2 хвиля знову перетворюється в лінійно-поляризовану. Поворот напівхвильової секції (обертача поляризації 3) на кут  $\alpha$  викликає зміну фази  $\phi$  вихідної хвилі на величину  $\phi = 2\alpha$ , значення якої відраховується по шкалі 6 фазообертача, що зв'язана з поворотним обертачем поляризації 3.

Усі зазначені ознаки такого поляризаційного фазообертача є також істотними ознаками поляризаційного фазообертача, що заявляється в даному винаході.

Точність введення і виміру зрушення фази за допомогою поляризаційного фазообертача Фокса обмежується можливостями досить плавного введення і виміру малих кутів повороту обертача поляризації. Дійсно, оскільки зрушення фази  $\phi$ , що уводиться фазообертачем, дорівнює подвійному куту повороту обертача поляризації  $\alpha$ , абсолютна похибка його виміру  $\Delta\phi$ , яка обумовлена похибкою установки кута  $\Delta\alpha$ , складає  $\Delta\phi = 2\Delta\alpha$ . При такій залежності є технічно складним одержати похибку введення і відліку зрушення фази, що вводиться, істотно меншу, ніж  $1^\circ$ .

В основу винаходу поставлена задача вдосконалити поляризаційний фазообертач шляхом забезпечення плавності регулювання та відліку зрушення фази з тим, щоб підвищити точність фазообертача.

Поставлена задача вирішується тим, що в поляризаційний фазообертач, що містить послідовно встановлені в лінії передачі перший лінійний поляризатор, перший перетворювач поляризації, обертач поляризації, другий перетворювач поляризації, другий лінійний поляризатор і механізм повороту обертача поляризації навколо осі лінії передачі з шкалою відліку зрушення фази, між обертачем поляризації і другим перетворювачем поляризації введені другий обертач поляризації, виконаний аналогічно першому, і диференціальний механізм передачі повороту від першого обертача поляризації до другого у тому ж напрямку, перший і другий лінійні поляризатори встановлені ортогонально, а шкала, яка зв'язана з диференціальним механізмом, проградуєвана в значеннях подвійної різниці кутів повороту першого і другого обертачів поляризації.

Введенням другого обертача поляризації, ортогональним розположенням лінійних поляризаторів, введенням диференціального механізму передачі повороту від першого обертача поляризації до другого, а також градуванням шкали в значеннях подвійної різниці кутів повороту обертачів поляризації досягається підвищення точності фазообертача.

В другій конкретній формі виконання (п.2. формули винаходу) введенням додаткової ознаки, а саме: установкою початкової різниці кутів повороту одного обертача поляризації щодо другого на кут  $90^\circ$ , для малих (до  $\pm 10^\circ$ ) зрушень фази підвищення точності фазообертача досягається в широкій смузі частот, що є додатковим технічним результатом.

Сутність винаходу пояснюється графічним зображенням Фіг.2, на якому представлений пропонований поляризаційний фазообертач (хвилеводний варіант).

На Фіг.3 схематично показаний один з можливих варіантів здійснення диференціального механізму передачі повороту від першого обертача поляризації до другого і пристрою відліку зрушення фази, що вводиться.

Фазообертач (Фіг.2) містить встановлені в лінії передачі, що дозволяє поширюватися поляризований по колу електромагнітній хвилі (наприклад: у круглому хвилеводі, у квазіоптичній лінії передачі і т.п.), перший перетворювач поляризації 1 і аналогічний йому другий перетворювач поляризації 2 і розташовані між ними перший поворотний обертач поляризації 3 і аналогічний йому другий поворотний обертач поляризації 4. Перетворювачі поляризації являють собою чвертьхвильові диференційні фазові секції, а обертачі поляризації - поворотні напівхвильові секції. У хвилеводному варіанті це можуть бути тонкі слюдяні пластинки визначеної довжини, встановлені в діаметральній площині хвилеводу, а в квазіоптичному варіанті - будь-яка структура, що володіє подвійним променезаломленням (наприклад: ножові ґрати, пластина з кристалічного кварцу і т.п.). Перший обертач поляризації 3 і другий обертач поляризації 4

зв'язані між собою диференціальним механізмом передачі повороту 5 від першого обертача поляризації 3 до другого 4 у тому ж напрямку. З ним зв'язана також шкала 6, проградуїрована в значеннях подвійної різниці кутів повороту першого і другого обертачів поляризації. На вході і виході фазообертача встановлені зорієнтовані ортогонально один до одного перший лінійний поляризатор 7 і другий лінійний поляризатор 8, що у випадку хвильового варіанта можуть являти собою, як і в прототипі, переходи з прямокутного хвильоводу на круглий з поглинаючими пластинами, а в квазіоптичному варіанті - частоперіодні дротові ґрати.

Пропонований поляризаційний фазообертач працює в такий спосіб. На вхід фазообертача надходить лінійно-поляризоване коливання, або довільно-поляризоване, з якого поляризатор 7 виділяє лінійно-поляризовану складову. Перетворювач поляризації 1 (чвертьхвильова секція, яка встановлена так, що її площина анізотропії утворює кут  $45^\circ$  із площиною поляризації падаючої на нього хвилі) перетворює цю лінійно-поляризовану хвилю в круго-поляризовану, що надходить на вхід обертача поляризації 3 (напівхвильової секції). На виході обертача поляризації 3 утворюється круго-поляризована хвиля, яка поляризована ортогонально падаючій і має додаткове фазове зрушення  $\varphi$ , величина якого дорівнює подвійному куту повороту  $\alpha_1$  обертача поляризації 3. Знак додаткового фазового зрушення  $\varphi$  визначається збігом чи протилежністю напрямку повороту обертача поляризації 3 з напрямком кругової поляризації на його вході. Аналогічне перетворення відбувається при проходженні хвилі через другий обертач поляризації 4, що повертається на кут  $\alpha_2$ . Оскільки поворот обертачів поляризації 3 і 4 відбувається в тому самому напрямку, а поляризація хвилі, що надходить на вхід обертача поляризації 3, ортогональна поляризації хвилі, що надходить на вхід обертача поляризації 4, додаткове фазове зрушення хвилі на виході обертача поляризації 4 дорівнює подвійній різниці кутів повороту першого 3 і другого 4 обертачів поляризації  $\varphi = 2(\alpha_1 - \alpha_2)$ . Перетворювач поляризації 2, перетворює цю круго-поляризовану хвилю в лінійно-поляризовану, котра, пройшовши лінійний поляризатор 8, який зорієнтований ортогонально відносно поляризатору 7 надходить на вихід фазообертача зі збереженням придбаного фазового зрушення.

Таким чином, зрушення фази, що вводиться пропонованим фазообертачем, визначається тільки різницею кутів повороту обертачів поляризації 3 і 4 і не залежить від кута їхнього спільного повороту при будь-якому незмінному куті між ними. Ця нова обставина дозволяє сформулювати набагато м'якші, ніж у прототипа, вимоги до пристрою регулювання і відліку фазового зрушення у фазообертачі, що забезпечує високу точність введення і виміру різниці фаз електромагнітних коливань, у тому числі високу точність введення і виміру малих зрушень фази. Зазначений уведений пристрій - диференціальний механізм передачі 5 - здійснює поворот обертачів поляризації 3 і 4 у тому самому напрямку з заданою досить малою різницею швидкостей повороту. Це значить, що зв'язок між кутами повороту  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  обертачів поляризації 3 і 4 здійснюється за законом  $\alpha_2 = k\alpha_1$ , де  $k$  - постійний коефіцієнт, що вибирається близьким до одиниці. При цьому фазове зрушення  $\varphi$ , що вводиться фазообертачем, складає:  $\varphi = 2(\alpha_2 - \alpha_1) = 2(k-1)\alpha_1$ , а його абсолютна похибка  $\Delta\varphi$ , яка обумовлена неточністю установки кута повороту обертача поляризації  $\Delta\alpha_1$ , складає величину  $\Delta\varphi = 2(k-1)\Delta\alpha_1$ , значно меншу аналогічної похибки найближчого аналога (фазообертача Фокса)  $2\Delta\alpha$ , тому що  $k \approx 1$ .

Отже, введення в схему фазообертача додаткового обертача поляризації при ортогональному розташуванні лінійних поляризаторів, а також диференціального механізму передачі повороту від першого обертача поляризації до другого в тому ж самому напрямку дозволило істотно (в  $1/(k-1)$  разів) зменшити похибку зрушення фази через неточність установки кутів повороту обертачів поляризації і тим самим істотно підвищити точність введення і відліку зрушення фази.

На Фіг.3 схематично показано один з можливих варіантів здійснення диференціального механізму передачі повороту обертачів поляризації і відліку зрушення фази. Він являє собою три пари механічних передач - зубчастих, фрикційних чи інших - між рівнобіжними валами, ведучі ланки яких 9, 10, 11 жорстко закріплені на валу I привода, а ланки 12, 13, 14, що ведуться, закріплені, відповідно, на першому обертачі поляризації 3, на другому обертачі поляризації 4 і на шкалі 6, які обертаються навколо загальної осі II (осі лінії передачі). Вибором необхідних коефіцієнтів передачі (співвідношення діаметрів, що сполучаються,) забезпечується необхідна різниця швидкостей повороту обертачів поляризації і швидкість повороту шкали.

Уведений калібрований фазового зрушення і його прямий відлік забезпечуються в пропонованому фазообертачі при дотриманні умови, що секції перетворювачів поляризації забезпечують диференційні фазові зрушення  $\pi/2$ , а секції обертачів поляризації -  $\pi$  радіан. При відхиленні диференційного фазового зрушення в секціях на величину  $\delta$  (індекс і відповідає нумерації секцій на Фіг.2), виникає похибка, максимальне абсолютне значення якої в пропонованому фазообертачі, як і у фазообертачі Фокса, при  $\delta_1 = \delta_2 = \delta$  і  $\delta_3 = \delta_4 = 2\delta$  досягає  $\delta^2$  [Яновський М.С., Князьков Б.Н. О возможности уменьшения спектральных искажений и расширения диапазона непрерывных волноводных фазовращателей. Радиотехника, 1966, №7. с.69]. Тобто для реалізації похибки, наприклад, менш  $\pm 0,05^\circ$  ( $\sim 10^{-3}$  рад.) досить зробити настроювання чвертьхвильових секцій з точністю не гірше  $\sim \pm 1,7^\circ$ , а напівхвильових - не гірше  $\sim \pm 3,5^\circ$ , що цілком досяжне в умовах заводської лабораторії.

Разом з тим слід зазначити, що при положенні обертачів поляризації, коли кут між площинами їхньої анізотропії (тобто різниця кутів повороту) лежить поблизу  $90^\circ$ , вплив відхилень одного знаку від диференційного фазового зрушення  $\pi$  у першому  $\delta_3$  і другому  $\delta_4$  обертачах поляризації на похибку фазообертача взаємно компенсуються. Ця взаємна компенсація зберігається при роботі в смузі частот, оскільки  $\delta_3$  і  $\delta_4$  мають однаковий частотний хід. Ця обставина дозволяє одержати для малих зрушень фази (до  $\pm 10^\circ$ ), що відповідають різниці кутів установки першого і другого обертачів поляризації в межах від  $87,5^\circ$  до  $92,5^\circ$ , вищу точність фазообертача в широкій смузі частот.

Таким чином, пропонований фазообертач, завдяки новим додатковим ознакам, а саме: введенню між першим обертачем поляризації і другим перетворювачем поляризації другого обертача поляризації і диференціального механізму передачі повороту від першого обертача поляризації до другого, зв'язаного зі шкалою, що проградуїрована у значеннях подвійної різниці кутів повороту обертачів поляризації, а також взаємному початковому розвороту першого і другого лінійних поляризаторів на кут  $90^\circ$ , забезпечує досягнення поставленої мети - підвищення точності введення зрушення фази. Крім того, початковий

розворот обертачів поляризації на  $90^\circ$  забезпечує для малих зрушень фази підвищення точності у широкій смузі частот.

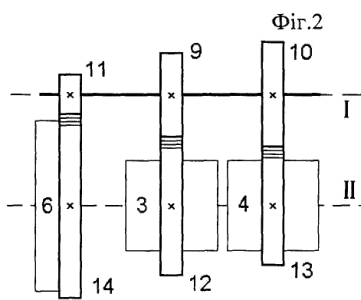
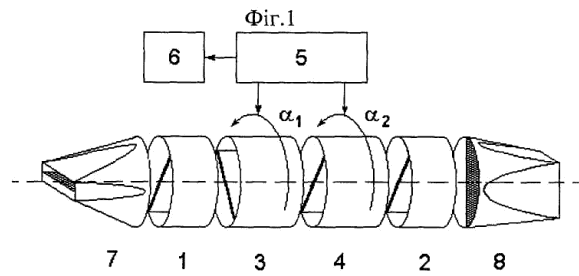
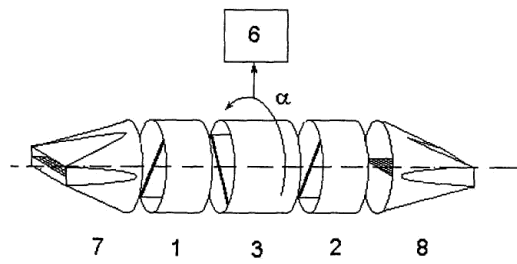


Fig. 3