

МІКРОДВИГУН ДЛЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ВІДБИВНОГО ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ФАЗООБЕРТАЧА

*Сидорук Ю.К., доцент, Довгань В.М., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Застосування фазованих антенних решіток (ФАР) в сучасних радіотехнічних системах значно поліпшує функціональні можливості, але і суттєво збільшує їх вартість. Другий недолік ФАР – це значні енергетичні затрати в фазообертачах, як в НВЧ каналах, так і в колах управління фазообертачами, що створює значні проблеми при забезпеченні нормального температурного режиму в антені.

В переважній більшості фазообертачів для ФАР основними елементами, що впливають на фазу електромагнітної хвилі, є електронні елементи: *p-i-n* діоди, варактори, транзистори, ферити та інші, параметри яких чутливі до умов експлуатації, але вони забезпечують високу швидкість зміни фази електромагнітної хвилі. Електромеханічні фазообертачі мають значно більший час зміни фази (3 – 10 мс), але і значно менші втрати енергії, як в НВЧ каналах так і в колах управління фазообертачем, а також значно меншу чутливість до умов експлуатації: температури, радіаційного фону, вологості та інших. Важливим вузлом електромеханічного фазообертача є мікродвигун, який змінює просторове положення фазозсуваючого елемента. Від правильного вибору конструкції мікродвигуна залежить не тільки його вартість, а і багато інших параметрів фазообертача, в тому числі час зміни фази та витрати енергії на управління фазообертачем. Один з можливих варіантів мікродвигуна для електромеханічного відбивного поляризаційного фазообертача розглядається в даній доповіді.

Фазообертач має забезпечити зсув фази електромагнітної хвилі кругової поляризації 0 , 90° , 180° та 270° , що відповідає кутовому положенню фазозсуваючого елемента і, відповідно, ротора мікродвигуна $+45^\circ$, $\pm 90^\circ$ та -45° відносно умовного нуля. Для забезпечення мінімального часу зміни фази мікродвигун має здійснювати поворот ротора на любий заданий вище кут без проміжної фіксації не залежно від попереднього положення фазозсуваючого елемента.

В фазованій антенній решітці поперечні розміри фазообертача обмежені і не можуть перевищувати половини довжини хвилі, отже конструкція мікродвигуна розвивалася в осьовому напрямку. Статор мікродвигуна має дві секції зсунуті в осьовому напрямку. В кожену секцію входить чотири паралельно розташовані котушки з феромагнітними осерддями, виготовленими з магнітом'якого матеріалу. Друга секція статора повернута на 45° відносно першої. Між секціями статора розташований ротор. Основа ротора виготовлена з немагнітного матеріалу, в яку вмонтовано два або чотири постійних магніти. Для повороту ротора на заданий кут в обмотки

статора подається імпульс струму прямокутної форми, який відповідним чином намагнічує осердя статора, що створює кутову і осьову компоненти сили, які повертають ротор в заданому напрямку. Після повороту ротора на заданий кут подача струму в обмотки статора припиняється і ротор утримується в заданому положенні магнітною силою, що утворюється між постійними магнітами ротора і феромагнітними осердями статора. Вісь ротора, до якої прикріплено фазозсуваючий елемент, спирається на два годинникові підшипники. Щоб уникнути коливального процесу навколо нового кутового положення ротора, який значно затягує встановлення заданого фазового зсуву в часі, передбачена можливість незначного переміщення ротора в осьовому напрямку. Цей захід приводить до того, що ротор після повороту на заданий кут прилипає до осердь статора, при цьому створюється велика сила тертя між ротором і статором і кінетична енергія ротора гаситься.

Експериментальна перевірка мікродвигуна проводилась на спеціальному стенді, в який входить генератор НВЧ сигналів. НВЧ сигнал розділявся на два канали: опорний і вимірювальний. В вимірювальний канал включено макет фазообертача, що досліджувався в експерименті. При підготовці до вимірювання канали балансувалися так, що в сумарному каналі амплітуда сигналу дорівнювала нулю. Мікродвигун живився від спеціально створеного комутатора-підсилювача імпульсних струмів, що подаються відповідним порядком на статор мікродвигуна в формі поодиноких імпульсів. Запускається комутатор-підсилювач генератором імпульсів. Параметри імпульсів напруги, що подаються на обмотки статора вимірюються осцилографом. При повороті ротора мікродвигуна в вимірювальному каналі фаза змінювалась і канали розбалансовувалися, що фіксувалося на екрані осцилографа. В експерименті вимірювалися: час повороту ротора на заданий кут при різному часі дії імпульсу струму відносно часу повороту ротора і мінімальне значення енергії, яка витрачається на поворот ротора на заданий кут залежно від часу дії імпульсу струму. В результаті встановлено, що час зміни фази на 90° , 180° та 270° при мінімально можливих затратах енергії становить 5 – 6 мс. При збільшенні амплітуди імпульсу цей час зменшується до 3 – 4 мс. Коливальні процеси при зміні фази відсутні. Мінімальний час зміни фази і мінімальні затрати енергії на поворот ротора забезпечуються при часі дії імпульсу струму, який дорівнює 0,5 часу повороту ротора на заданий кут. При зміні фази на 180° енергетичні затрати зростають на 20 – 25% відносно затрат на зсув фази на 90° та 270° .

Для збільшення сили фіксації ротора на осерді статора при відсутності струму в обмотках статора, необхідно збільшувати об'єми магнітів, що вимагає збільшення енергії на зміну фази.