

УДК 621.396.612

Є. О. БАТРАК, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДІАГРАМОЮ СПРЯМОВАНOSTІ АФАР НА РЕТРАНСЛЯТОР

Проаналізовано динамічні характеристики системи автоматичного керування діаграмою спрямованості активної фазованої антенної решітки на ретранслятор. Для керування антеною наземної станції за ретранслятором зв'язку розглянуто один із методів автосупроводу за напрямом, який передбачає конічне розгортання діаграми спрямованості антени, особливо зручне при визначенні кутових координат завдяки тому, що в напрямі осі обертання конуса — так званому рівносигнальному напрямі, випромінювані сигнали не змінюються.

Ключові слова: автосупровід за напрямом; ретранслятор; система автоматичного керування; діаграма спрямованості; фазові детектори; рівносигнальний напрям.

Вступ

Одним із методів керування антеною наземної станції за ретранслятором зв'язку полягає в здійсненні автосупроводу за напрямом (АСН) із конічним розгортанням діаграми спрямованості активної фазової антенної решітки (АФАР) на ретранслятор.

Основна частина

У системах АСН із конічним розгортанням використовується метод порівняння, згідно з яким розглядаються дві перетинні діаграми спрямованості (ДС) і порівнюються сигнали U_{c1} і U_{c2} , що відповідають кожній із них (рис. 1).

Коли амплітуди прийманих сигналів рівні між собою, то це означає, що ретранслятор перебуває на рівносигнальному напрямі. Призначення системи АСН у цьому разі зводиться до поєднання рівносигнального напрямку наведення осі діаграми антени з віссю, напрямленою на ретранслятор. Якщо необхідно визначити тільки одну кутову координату, то для створення рівносигнальної зони промінь переміщується з одного крайнього положення в інше в площині визначення координати. А в тому разі, коли необхідно визначити дві кутові координати, є сенс застосувати конічне розгортання діаграми антени. При обертанні опромінювання з кутовою швидкістю Ω антенний промінь описує в просторі конічну поверхню (див. рис. 1.).

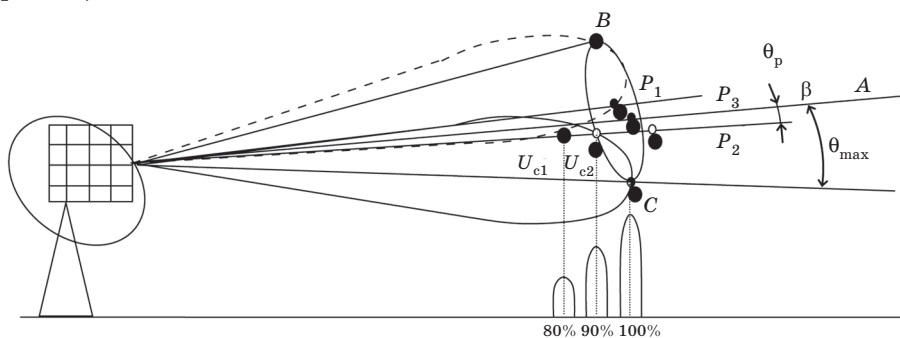


Рис. 1. Система автосупроводу гібридної антени

У напрямі осі обертання (осі конуса) випромінювані сигнали, що приймаються, однакові. Цей напрям називається *рівносигнальним*. Якщо ретранслятор перебуває на рівносигнальному напрямі P_3 , то незважаючи на безперервне переміщення діаграми спрямованості, амплітуда імпульсів, відбитих від ретранслятора, не змінюється (рис. 2, а).

Якщо ретранслятор зміщений щодо рівносигнального напрямку, то відбиті імпульси модулюються за амплітудою відповідно до наближено-синусоїдного закону. При цьому частота модуляції дорівнює частоті сканування Ω , глибина модуляції пропорційна до відхилення ретранслятора θ_p від рівносигнального напрямку, а фаза обвідної визначає напрям відхилення ретранслятора.

Таким чином, напруга обвідної використовується для керування антеною і автоматичного поєднання осі обертання ДС із напрямом на ретранслятор [1; 3].

Сигнали з ретранслятора приймаються антеною і надходять на приймач (ПРМ). У приймачі відбувається підсилення відбитих імпульсів і виділення (селекція) сигналів ретранслятора. Ці сигнали промодульовано за амплітудою відповідно до наявного розузгодження між напрямом на ретрансляторі

і рівносигнальним напрямом. Детектор обвідної (ДО), роль якого може відігравати звичайний піковий детектор, виділяє обвідну напругу імпульсів ретранслятора (рис. 2, б). Сигнал помилки являє собою гармонічне коливання, амплітуда якого пропорційна до зсуву ретранслятора щодо рівносигнального напрямку, а фаза — до напрямку цього зсуву.

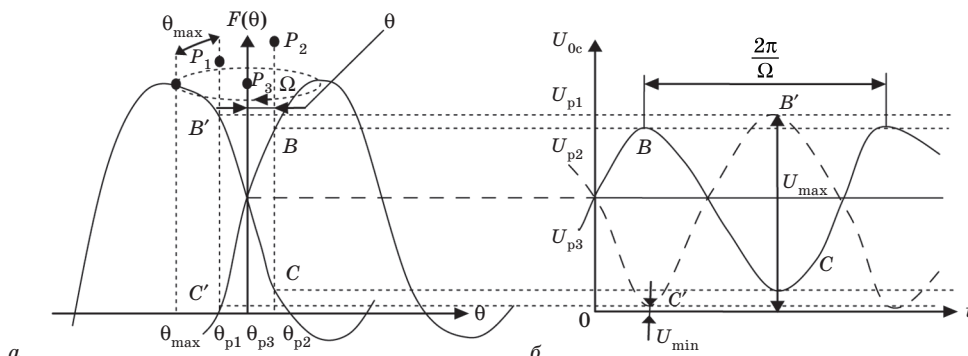


Рис. 2. Характеристики визначення місцезнаходження ретранслятора [3]: а — амплітудна характеристика приймального каналу; б — обвідна сигналу помилки

У системах АСН цього типу розузгодження усувається окремо за азимутом і кутом місця. Тому сигнал помилки необхідно розкласти на дві складові, пропорційні до відхилення ретранслятора від рівносигнального напрямку за азимутом і кутом місця. Для цього використовуються дві опорні напруги, створювані спеціальним генератором опорної напруги (ГОН).

Опорними є два гармонічні сигнали з частотою Ω , зсунені за фазою на 90° . Процеси у фазових детекторах унаочнює рис. 3.

При довільному зсуві фаз між опорною напругою $U_{оп}$ і сигналом помилки (ретранслятор 2 на рис. 3, а, б, в) буде вироблено керуючу напругу як за азимутом, так і за кутом місця (рис. 3, з, д). Керуюча напруга з виходу фазових детекторів після підсилювача постійного струму (ППС) надходить на вихідний підсилювач (ВП) потужності.

Як вихідний підсилювач потужності зазвичай використовують магнітні або тиристорні підсилювачі (залежно від потужності і типу привода двигуна). Приводні двигуни (ПД) повертають антену за азимутом і кутом місця у напрямі зменшення сигналу помилки. Таким чином, рівносигнальний напрям, що збігається з віссю антени, безперервно поєднуватиметься з напрямом на ретранслятор. Положення осі антени однозначно визначає кутові координати ретранслятора, що дає змогу звузити діаграму спрямованості антени наземної станції на ретранслятор зі збереженням високої вірогідності безпомилкового прийому інформаційних повідомлень.

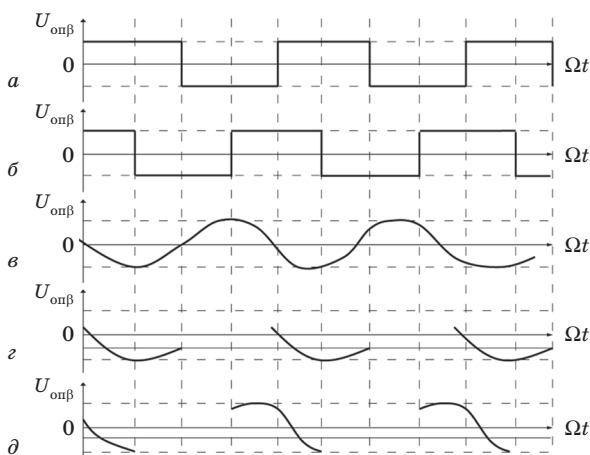


Рис. 3. Процеси у фазових детекторах

Для досягнення необхідних запасів стійкості та забезпечення потрібної якості роботи системи автоматичного керування діаграмою спрямованості застосовують коригувальний пристрій (КП), що охоплює найбільш інерційні елементи системи (зазвичай двигун і вихідний підсилювач потужності) [4].

Згідно з виконаним аналізом функціональну схему даної системи при вимірюванні однієї куткової координати можна подати так, як це зображено на рис. 4.

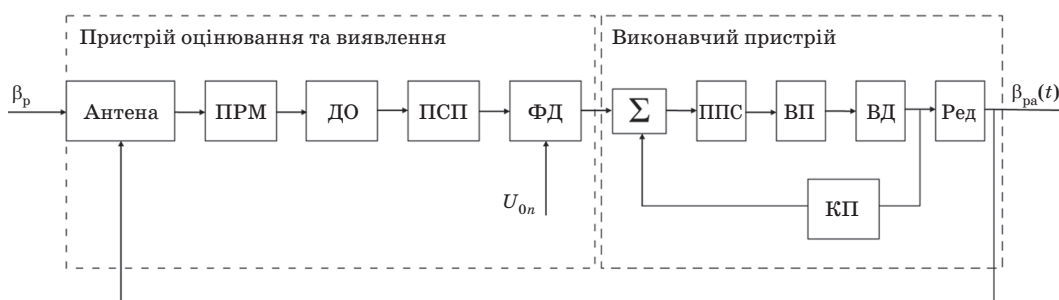


Рис. 4. Узагальнена функціональна схема САК ДС

Вхідна величина системи — азимут ретранслятора зв'язку β_p (або кут місця ретранслятора), вихідна величина — азимут антени $\beta_{pa}(t)$ (або кут азимута ретранслятора). З огляду на те, що сигнал, пропорційний за абсолютною величиною і знаком до кутового відхилення ретранслятора від осі антени (рівносигнального напрямку), виробляється на виході фазового детектора, усі елементи функціональної схеми (починаючи з антени приймального пристрою і закінчуючи фазовим детектором) являють собою складові пристрою оцінювання та виявлення. Решту елементів, призначених для приведення в дію вихідних пристроїв і оцінювання кутових координат згідно з вихідними даними пристрою оцінювання та виявлення, віднесемо до складових виконавчого пристрою [4; 5].

Для того щоб визначити динамічні характеристики системи автоматичного керування діаграмою спрямованості, необхідно відповідно до наведеної на рис. 4 функціональної схеми САК ДС розробити математичну модель цієї системи.

Висновки

◆ Здійснено аналіз динамічних характеристик системи автоматичного керування діаграмою спрямованості АФАР на ретранслятор.

◆ За результатами цього аналізу запропоновано функціональну схему зазначеної системи при вимірюванні однієї кутової координати.

◆ Оскільки сигнал, пропорційний за абсолютною величиною і знаком до кутового відхилення ретранслятора від осі антени, то всі елементи розглядуваної системи (починаючи з антени приймального пристрою і закінчуючи фазовим детектором) можна віднести до складових пристрою оцінювання та виявлення, а решту елементів — до складових виконавчого пристрою.

◆ Для визначення динамічних характеристик запропонованої системи автоматичного керування діаграмою спрямованості необхідно згідно з її функціональною схемою розробити математичну модель цієї системи.

Література

1. Воскресенский, Д. И. Активные фазированные антенные решетки / Д. И. Воскресенский. — М.: Радиотехника, 2004. — С. 24–31.
2. Минимизация среднеквадратических ошибок и квадратичных интегральных оценок следящих систем с помощью разомкнутых и дифференциальных связей / [Г. Ф. Зайцев, В. Г. Кривуца, В. Л. Булгач, Г. Д. Радзивілов]. — К.: ГУИКТ, 2006. — 185 с.
3. Метод оцінки показників якості системи автоматичного керування діаграмою спрямованості фазової антенної решітки / [Р. О. Беляков, Г. Д. Радзівілов, О. І. Остапук та ін.] // Зб. наук. праць ВІТІ ДУТ. — 2014. — № 1. — С. 6–12.
4. Воскресенский, Д. И. Радиооптические антенные решетки / Д. И. Воскресенский, А. Ю. Гринев, Е. Н. Воронин. — М.: Радио и связь, 1986. — 120 с.
5. Справочник по антенной технике / Под общ. ред. Л. Д. Бахраха, Е. Г. Зелкина. Т1; под ред. Я. Н. Фельда, Е. Г. Зелкина. — М.: Радиотехника, 1997. — 242 с.

Рецензент: доктор техн. наук, доцент І. Р. Пархомей, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Е. О. Батрак

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ АФАР ПО НАПРАВЛЕНИЮ НА РЕТРАНСЛЯТОР

Проанализированы динамические характеристики системы автоматического управления диаграммой направленности активной фазированной антенной решетки на ретранслятор. Для управления антенной наземной станции по ретранслятору связи рассмотрен один из методов автосопровождения по направлению, предусматривающий коническое развертывание диаграммы направленности антенны, весьма удобное при определении угловых координат благодаря тому, что в направлении оси вращения конуса, называемом равносигнальным, излучаемые сигналы не изменяются.

Ключевые слова: автосопровождение по направлению; ретранслятор; система автоматического управления; диаграмма направленности; фазовые детекторы; равносигнальное направление.

E. Batrak

ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF CONTROL CHART ORIENTATION AFAR IN THE DIRECTION OF RETRANSMITTER

This article is about analysis of the dynamic characteristics of the automatic control diagram orientation of the active phased array on the repeater. To control ground station antenna for relay communications was considered one of the methods autofollowing the direction of the conical deployment diagram directional antenna, which in turn is easier in determining the angular coordinates. At the direction of the axis of rotation of the cone of the emitted signal value does not change, because this area is called equisignal.

Keywords: autofollowing direction; transponder; automatic control system; chart orientation; phase detectors; equisignal direction.