

УДК 791.44.02

В.П. Фриз, к.т.н., ст. викл.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету

МЕТОДИКА НАСТРОЮВАННЯ СУПУТНИКОВОЇ АНТЕНИ З МОТОПІДВІСОМ

У статті запропоновано методику настроювання супутникової антени з мотопідвісом, що узагальнює та систематизує відомі методики, не вимагає складних розрахунків і спеціального обладнання.

Вступ. Сучасні телекомунікаційні системи мають важливе значення у багатьох сферах життєдіяльності людини. Провідну роль відіграють космічні телекомунікаційні системи. Насамперед, це зв'язок та навігація, цифрове телебачення і супутниковий Інтернет. Для свого функціонування такі системи використовують супутники-ретранслятори, що знаходяться на екваторіальних геостационарних орбітах. Прийом інформації з них здійснюється на стаціонарні параболічні антени, що спрямовані тільки на один супутник. Але останнім часом з'явилися пристрої для переорієнтації діаграми спрямованості антени з одного супутника-ретранслятора на інший. Це суттєво розширює можливості щодо прийому інформації, але викликає суттєві труднощі при настроюванні антен оснащених такими пристроями.

Постановка проблеми. Як приклад розглянемо сучасну систему прийому супутникового телебачення, що оснащена пристроєм для переорієнтації – мотопідвісом. Принцип дії такої системи полягає в тому, щоб обертати параболічну антену тільки навколо однієї осі, спрямованої на Полярну зірку. У такому випадку, якщо правильно зорієнтувати мотопідвіс, то діаграма спрямованості антени при її переорієнтації відстежить геостационарну орбіту супутників-ретрансляторів при обертанні навколо полярної осі.

Використання такого типу підвіски дає змогу оперативно приймати інформацію з декількох супутників, але при цьому вимагає точного настроювання самого мотопідвісу. Зробити це не маючи певного досвіду, знань та спеціального обладнання, досить складно.

Огляд останніх досліджень і публікацій [1, 2, 3, 4] з цієї проблеми показав, що існуючі методики настроювання полярної підвіски вимагають спеціального обладнання і, головне, досвідчених спеціалістів. Також вони досить складні й перенасичені специфічною незрозумілою термінологією, потребують певних розрахунків. Наприклад, методика настроювання, яка запропонована штатною інструкцією з експлуатації мотопідвісу [2], є поверхневою та не точною. Низка відомих методик [3–7] взагалі не враховує спеціальних поправок, що призводить до похибок у настроюванні, а, відповідно, і до неякісного прийому телевізійного сигналу або взагалі до його відсутності.

Метою статті є розробка методики настроювання полярного мотопідвісу параболічної антени, яка дасть змогу, не використовуючи складних розрахунків та спеціального обладнання, швидко та точно налаштувати антену на орбітальне положення супутників-ретрансляторів. Це значно підвищить можливості системи супутникового телебачення щодо прийому інформації.

Викладення основного матеріалу. Припустимо, що для наведення максимуму діаграми спрямованості антени на супутник-ретранслятор застосовується полярна підвіска, що забезпечує можливість прийому інформації із супутників, що знаходяться над лінією місцевого горизонту, обертанням антени тільки навколо однієї вертикальної осі за допомогою мотопідвісу. Однак така підвіска досить складна за конструкцією та настроюванням.

Для того, щоб зрозуміти особливості дії та настроювання полярної підвіски, розглянемо геометрію геостационарної орбіти (ГО).

Супутник-ретранслятор, виведений на кругову екваторіальну (геостационарну) орбіту на висоту 35800 км, обертається навколо Землі за 24 години. Для спостерігача, що перебуває на Землі, цей супутник завжди буде перебувати на одному місці. Якщо уявити всі супутники, що перебувають на ГО, то в південній частині неба (для північної півкулі) ланцюжок супутників вибудовується в дугу. Чим південніше перебуватиме спостерігач, тим вище буде верхній супутник (рис. 1). Кожний супутник має свою орбітальну позицію, що визначається довготою, над якою він розташовується.

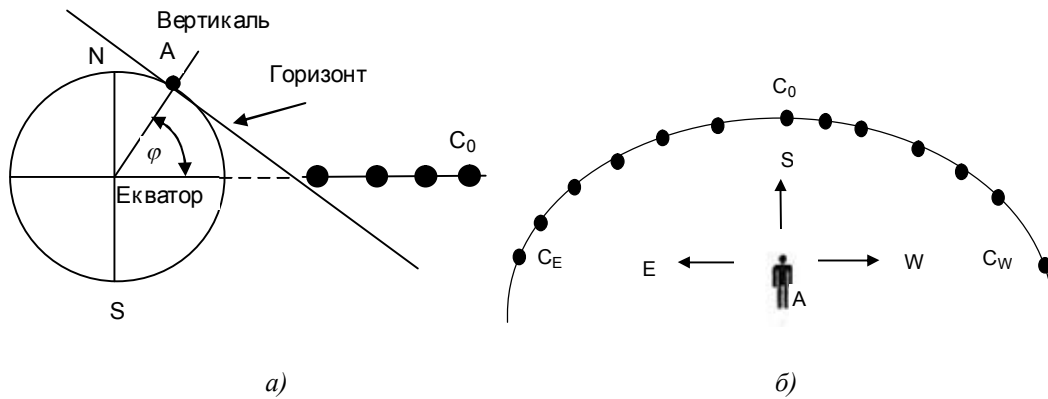


Рис. 1 Розташування супутників відносно спостерігача на Землі

З рисунка 1, а видно, що з будь-якої точки земної поверхні можна спостерігати лише частину ГО. На екваторі розмір видимої дуги максимальний і становить приблизно 164° . Уявимо собі спостерігача в деякій географічній точці А на широті Φ . Проведемо в цій точці вертикаль – це лінія, що з’єднує точку А з центром Землі. Площина, перпендикулярна вертикалі, – це горизонт. Із рисунка 1, а видно, що в точці А розмір видимої дуги ГО менший, ніж на екваторі. Чим вища широта Φ , тим меншу частину ГО бачить спостерігач.

Із точки А вище всіх над горизонтом видно супутник C_0 , розташований у площині меридіана точки А (рис. 1, б). Довгота цього супутника збігається з довготою точки А, а напрямок на нього – з напрямком точно на південь. Супутник C_E , розташований на ГО на схід від C_0 , бачимо ліворуч і завжди нижче C_0 , відповідно супутник C_W , розташований на захід від C_0 , бачимо праворуч і завжди нижче C_0 . Супутники, що знаходяться між C_E та C_W , спостерігаються на горизонті. Таким чином, із погляду спостерігача видима частина ГО являє собою дугу, що сходить на південному сході, заходить на південному заході та має кульмінацію на півдні.

Принцип дії полярної підвіски

На перший погляд, щоб переводити антену з однієї орбітальної позиції на іншу, необхідно повертати її у двох площинах, адже видима дуга ГО має вигляд кривої. Уявимо собі, що в тій же точці А треба встановити рухоми антену. Для цього необхідно змонтувати вертикальну опору, але антена обертається не навколо неї. На опорі нерухомо закріплюється вісь обертання антени, яка паралельна земній осі (рис. 2).

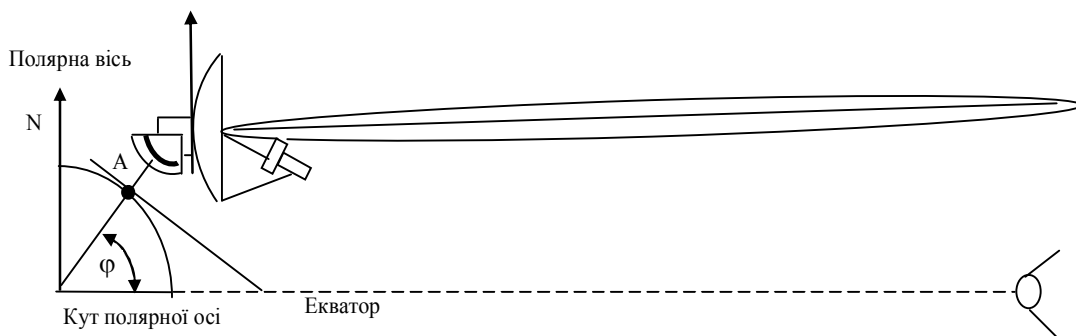


Рис. 2. Принцип дії полярної підвіски

Напрямок цієї осі в просторі збігається з напрямком на Полярну зірку, звідси і назва цієї осі й самої підвіски. Встановлювати вісь обертання за зіркою дуже незручно, й у цьому немає необхідності. Досить, по-перше, нахилити вісь у вертикальній площині таким чином, щоб її напрямок склав із вертикаллю кут (кут елевації) ε , який визначається як:

$$\varepsilon = 90^\circ - \varphi, \tag{1}$$

де φ – це широта місця знаходження.

По-друге, потрібно розташувати вісь у площині меридіана, тобто встановити її в горизонтальній площині строго у напрямку північ–південь.

Визначити напрямок (тобто азимут α і кут місця β) на супутник можна за допомогою топографічної карти і компаса, скориставшись виразами:

$$\alpha = \arctg(\operatorname{tg}(\lambda_0 - \lambda_s)) / \sin \varphi,$$

$$\beta = \frac{\cos(\lambda_0 - \lambda_s) \cdot \cos(\varphi - 0,1509)}{\sqrt{\sin^2(\lambda_0 - \lambda_s) + \cos^2((\lambda_0 - \lambda_s) \cdot \sin \varphi^2)},} \quad (2)$$

де λ_0 – географічна довгота місця розташування антени; λ_s – довгота розташування супутника на орбіті; φ – широта місця розташування антени.

Уявимо, що антена обертається навколо полярної осі. Але цього ще замало: вісь діаграми спрямованості буде обертатися в площині, паралельній площині екватора, над супутниками на ГО (рис. 2). Але, якщо нахилити антену щодо осі обертання N на деякий кут (кут паралакса), то при обертанні антени вісь діаграми спрямованості вже не буде переміщатися в одній площині, вона рухатиметься по твірній конуса. Кут можна розрахувати таким чином, щоб при обертанні антени вісь діаграми спрямованості переміщала практично за ГО (рис. 3).

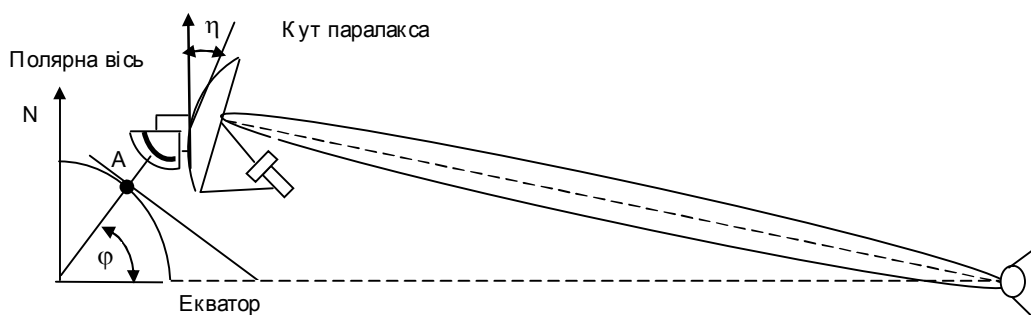


Рис. 3. Принцип дії полярної підвіски з урахуванням кута паралакса

Кут паралакса визначається географічною широтою місця знаходження антени:

$$\eta = \arctg\left(\frac{R \sin \varphi}{H + 2 \sin^2 \varphi / 2}\right), \quad (3)$$

де R – радіус Землі (6370 км); H – висота ГО (35785 км); φ – широта місця розташування антени.

Таким чином, настроювання полярної підвіски зводиться до трьох регулювань: встановлення полярної осі антени на кут широти, розвертання цієї осі по горизонталі у напрямку на південь і встановлення кута паралакса.

На основі викладеного теоретичного матеріалу було розроблено методику настроювання параболічної антени.

Методика настроювання параболічної антени з мотопідвісом

Попереднє настроювання

1. Виберіть придатне місце для встановлення. Переконайтеся у відсутності перешкод з південного боку, таких як дерева або високі будівлі. Визначаючи напрямок на південь за допомогою компаса, треба пам'ятати, що цей прилад показує напрямок на магнітний полюс Землі, а він не збігається з географічним. Тому необхідно визначити поправку магнітного схилення для місця знаходження антени за топографічною картою і врахувати її при визначенні напрямку на південь.
2. Встановіть опору з антеною на горизонтальну поверхню перпендикулярно до поверхні землі, використовуючи для цього рівень або прямовисну лінію.
3. Прикріпіть полотно антени до штанги мотопідвісу і досягніть точного вирівнювання його центра із центром штанги.
4. Прикріпіть мотопідвіс з антеною до штанги і зафіксуйте його.
5. Встановіть кут елевачії мотопідвісу, що визначається зі співвідношення (1), і жорстко зафіксуйте це положення відповідними гвинтами.
6. Встановіть кут паралакса, який визначається зі співвідношення (2), і жорстко зафіксуйте це положення відповідними гвинтами.

Остаточне настроювання

Остаточне настроювання полярної підвіски здійснюється з використанням супутникового приймача і телевізора.

Настроювання проводиться за трьома супутниками: умовно «південному» C_0 , «західному» C_w і «східному» C_E (рис. 1, б). Орбітальна позиція «південного» супутника C_0 повинна бути якнайближче до

довгої точки встановлення антени. «Західний» і «східний» супутники повинні бути розташовані по можливості далі від «південного», але обов'язково на видимій частині ГО з урахуванням рельєфу і забудови. Бажано вибрати такі супутники, що легко ідентифікувати. Для цього в програмному забезпеченні приймача треба мати список супутників та параметри налаштування каналів на них. У разі правильного настроювання на відповідний супутник на екрані телевізора будуть відображатися телепередачі саме з нього.

1. Обертаючи антену за допомогою мотопідвісу і змінюючи кут паралакса, налаштуйте антену на «південний» супутник за максимумом сигналу. Необхідно користуватися тільки цими двома настроюваннями. Обертати підвіску на опорі або нахилити полярну вісь не треба. Зафіксуйте величину кута паралакса.

2. Обертаючи антену і змінюючи кут паралакса, налаштуйте антену на «західний» супутник, визначте, у яку сторону змінився кут паралакса, що відповідає максимальному сигналу «західного» супутника, стосовно кута паралакса, що відповідає настроюванню на «південний» супутник.

3. Обертаючи антену і змінюючи кут паралакса, налаштуйте антену на «східний» супутник, визначте, в який бік змінився кут паралакса, що відповідає максимальному сигналу «східного» супутника, стосовно кута паралакса, що відповідає настроюванню на «південний» супутник.

Подальші дії залежать від результатів порівняння кутів. Можливі варіанти (рис. 4).

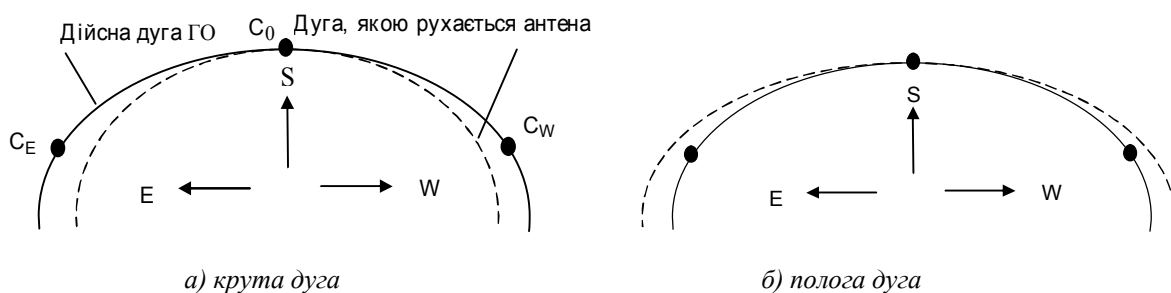


Рис. 4. Варіант взаємного розташування дійсної дуги і дуги, що описує антена

4. «Західний» і «східний» супутники знаходяться вище «південного» (рис. 4, а). Антена описує занадто круту дугу. Малий кут широти. Поверніть антену на «південний» супутник. Трохи опустіть її регулюванням нахилу полярної осі. Відновіть сигнал «південного» супутника, піднявши антену регулюванням кута паралакса. Повторіть корекцію, починаючи з пункту 1.

5. «Західний» і «східний» супутники перебувають нижче «південного» (рис. 4, б). Антена описує занадто пологую дугу. Великий кут широти. Поверніть антену на південний супутник. Трохи підніміть її регулюванням нахилу полярної осі. Відновіть сигнал «південного» супутника, опустивши антену регулюванням кута паралакса. Повторіть корекцію, починаючи з пункту 1.

6. «Західний» супутник перебуває нижче «південного», а «східний» – вище (рис. 5, а). Дуга, що описує антена, зміщена до заходу відносно дійсної дуги ГО. Поверніть антену на «південний» супутник. Трохи змістіть її до сходу, повернувши підвіску на опорі. Відновіть сигнал «південного» супутника, повернувши антену до заходу за допомогою мотора. Повторіть корекцію, починаючи з пункту 1.

7. «Західний» супутник перебуває вище «південного», а «східний» – нижче (рис. 5, б). Дуга, що описує антена, зміщена до сходу відносно дійсної дуги ГО. Поверніть антену на «південний» супутник. Трохи змістіть її до заходу, повернувши підвіску на опорі. Відновіть сигнал «південного» супутника, повернувши антену до сходу за допомогою мотора. Повторіть корекцію, починаючи з пункту 1.

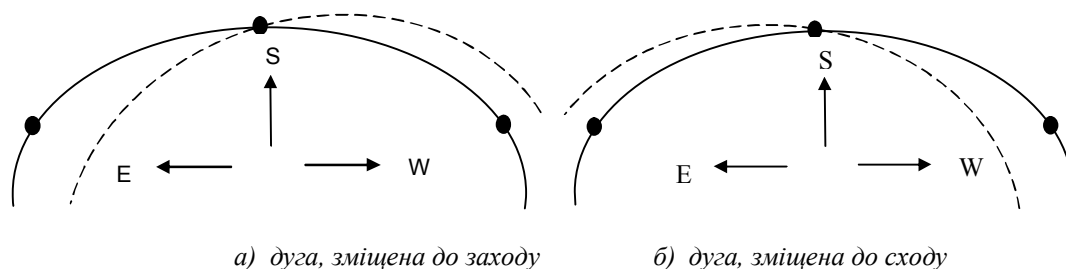


Рис. 5 Варіант взаємного розташування дійсної дуги і дуги, що описує антена

8. При налаштуванні на обидва супутники, «західний» і «східний», змінювати кут паралакса не потрібно. Процес настроювання полярної підвіски закінчений. При обертанні мотора антена буде відслідковувати всі орбітальні супутники по дузі ГО.

Висновки. Запропонована методика дозволяє з прийнятною точністю настроювати полярний мотопідвіс параболічної антени на орбітальні позиції супутників-ретрансляторів. Вона є простою і не вимагає складних розрахунків та спеціального обладнання. Використання такої методики дозволить підвищити ефективність експлуатації відповідних систем за цільовим призначенням.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Мельник М.М. Как выбрать спутниковую антенну / М.М. Мельник. – М. : Радио и связь, 2004. – 56 с.
2. Інструкція до мотопідвісу Strong 2100.
3. Лоцинин В.Н. Настройка «полярки» – это технология. Телеспутник / В.Н. Лоцинин. – 1997. – № 12 (26). – С. 28.
4. Настройка мотоподвеса. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.tvservis.ru.
5. Мамаев Н.С. Спутниковое телевизионное вещание / Н.С. Мамаев. – М. : Радио и связь, 2000 – 68 с.
6. Телевидение: учебник для ВУЗов. / под ред. Б.Е. Джаконья. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 2004. – 600 с.
7. Смирнов А.В. Цифровое телевидение / А.В. Смирнов, А.Е. Пескин. – М. : Горячая линия–Телеком, 2005. – 320 с.

ФРИЗ Володимир Петрович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри радіоелектронної боротьби та захисту інформації Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– інформаційні технології.

Подано 05.01.2011