

АНАЛІЗ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ АПАРАТУРИ ЧЕРЕЗ ВИВЧЕННЯ СУПУТНИКОВОЇ ЛІНІЇ УПРАВЛІННЯ АПАРАТОМ

Парадовський А. О., Єрмаков А. В.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: a.paradovsky@ukrkosmos.kiev.ua

Analysis and identify opportunities for the use of telemetry equipment through the study of satellite command link

The basic design of satellite command link was reviewed. The analysis made and opportunities for information transfer in terms of speed and throughput identified.

В доповіді розглянута базова конструкція лінії управління супутникового зв'язку. Проведений аналіз і оцінені можливості для передачі інформації з точки зору швидкості та пропускну здатності.

Враховуючи зростаючий інтерес людства до супутникового зв'язку, як до ефективного в наш час способу передачі інформації за межами атмосфери Землі, постає питання визначення можливостей використання таких систем для різноманітних завдань. За останні декілька років великі державні підприємства поступилися монополією на вивчення та використання космосу що дає великий поштовх для створення нових телеметричних систем. Підтвердженням цих слів є всім відомі компанії «Space X» та «Virgin Galactic». На найближчі роки заплановані пілотовані польоти на Марс і на Місяць, то забезпечення надійним зв'язком стає пріоритетною задачею. Тому проведемо аналіз параметрів, які впливають якість зв'язку через лінії супутникового зв'язку.

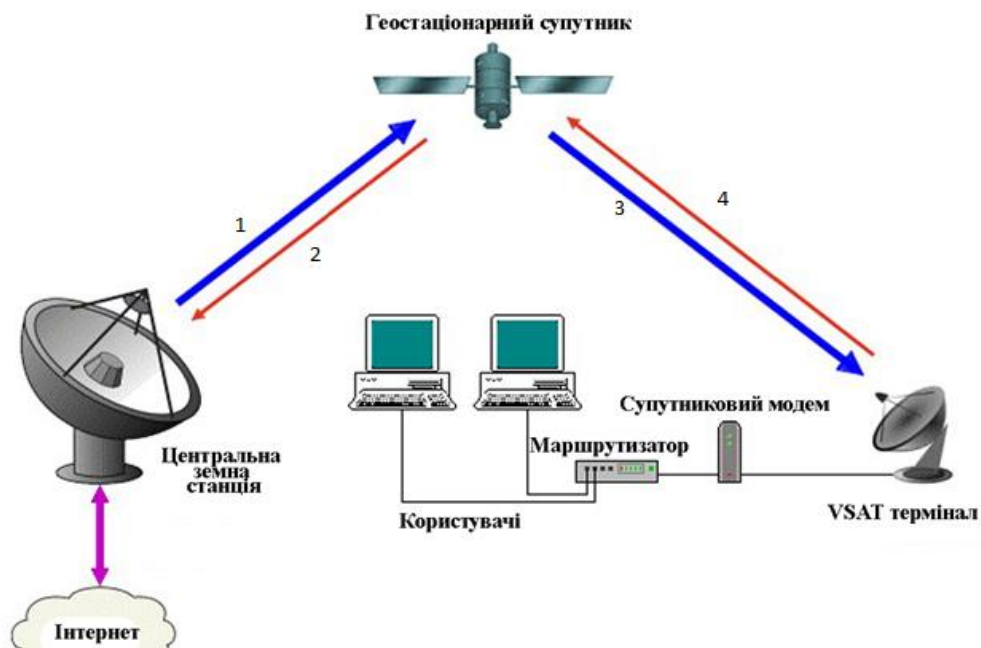


Рис. 1. Лінія зв'язку: 1/3 – прямий канал вгору/вниз, 2/4 – зворотний канал вгору/вниз.

Лінія супутникового зв'язку складається з двох ділянок: Земля-супутник (вгору) і Супутник-земля (вниз). У енергетичному сенсі обидві ділянки дуже напружені [1].

Першої - із-за тенденції до зменшення потужності передавачів і спрощення земної станції, другої - із-за обмежень на масу, габаритні розміри і енергоспоживання бортового ретранслятора, що обмежують його потужність. Основна особливість супутникових ліній - наявність великих втрат сигналу, обумовлених загасанням його енергії на трасах великої фізичної протяжності.

Проаналізуємо рівняння передачі сигналу по лінії зв'язку між двома космічними апаратами. Припустимо, що передавач випромінює сигнал з потужністю P_T Вт, через антену з коефіцієнтом підсилення G_T . Щільність потоку потужності (P_{RD} Вт/м²) на відстані d у напрямі випромінювання антени вимірюється [2]:

$$P_{RD} = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2}.$$

Добуток P_T та G_T – ефективна ізотропна випромінювана потужність (EIRP). Якщо ефективна площа випромінюючої антени A_T велика в порівнянні λ^2 , де λ – довжина робочої хвилі, то G_T можна описати як:

$$G_T = \frac{4\pi A_T}{\lambda^2}.$$

Якщо ефективна площа приймальної антени - A_R , то прийнята потужність на приймачі – P_R на відстані d від передавача описується:

$$P_R = \left(\frac{P_T G_T}{4\pi d^2} \right) A_R,$$

де A_R зв'язана з коефіцієнтом підсилення приймальної антени G_R :

$$G_R = \frac{4\pi A_R}{\lambda^2}.$$

Формула для опису прийнятої потужності набуває вигляду:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi d)^2}.$$

або

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{\left(4\pi d/\lambda\right)^2} = \frac{P_T G_T G_R}{L_P}.$$

Вираз $(4\pi d/\lambda)^2$ означає втрати потужності сигналу у вільному просторі L_P . Інша частина рівняння є так званим «Рівнянням Фрііса» [3]. Це рівняння використовують для розрахунку потужності що отримала одна з антен при ідеальних умовах від іншої антени, яка знаходиться на певній відстані і передає відому потужність.

Отриману потужність можна виразити в децибелах:

$$10 \log P_R = 10 \log P_T + 10 \log G_T + 10 \log G_R - 10 \log L_P,$$

$$P_R (dBW) = EIRP (dBW) + G_R (dB) - L_P (dB).$$

Попереднє рівняння можна переписати багатьма способами з урахування рівних втрат. Наприклад, втрати через затухання в атмосфері, втрати в антено-фідерному тракті та інші. Якщо L_A , L_{TX} та L_{RX} – це втрати в атмосфері, в передаючій та приймальній антенах відповідно, то рівняння P_R (dBW) можна переписати:

$$P_R = EIRP + G_R - L_P - L_A - L_{TX} - L_{RX}$$

На рис. 2 наведено максимальне підсилення антени як функція від діаметру для різних частот.

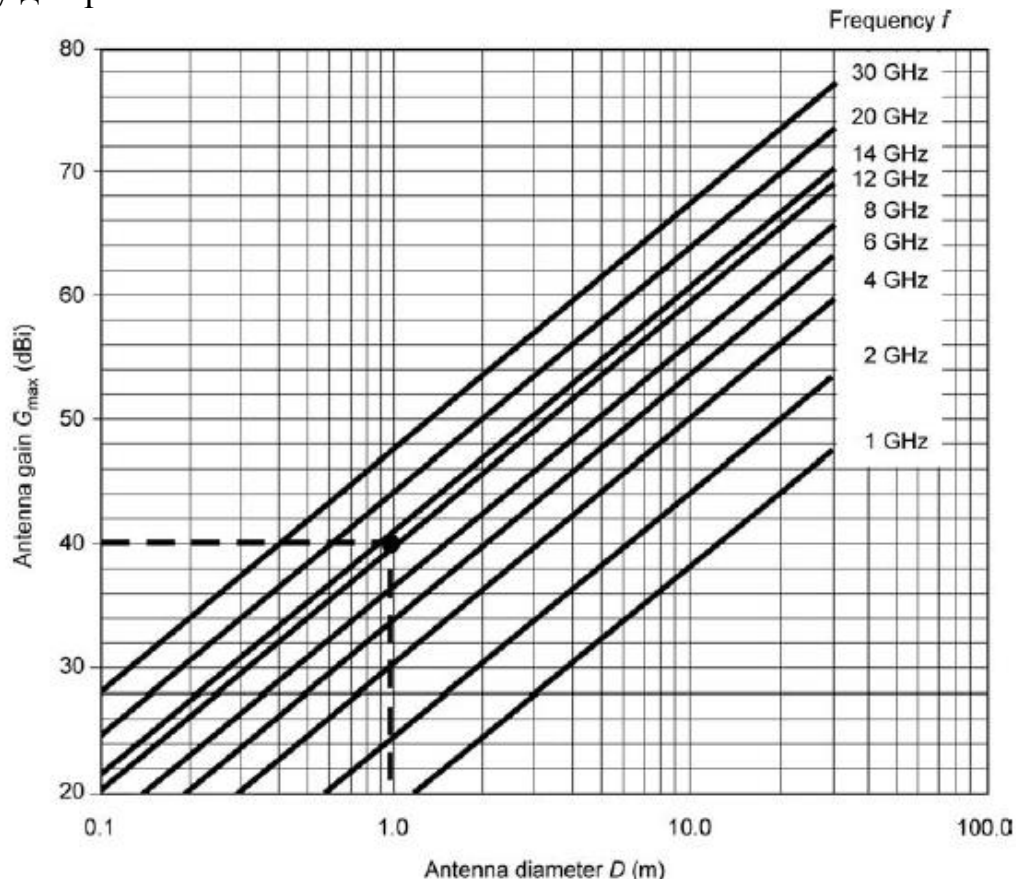


Рис. 2. Максимальне підсилення антени (функції від діаметру різних частот).

Таким чином, в роботі було розглянуто основні параметри що впливають на супутникову лінію зв'язку. Проведено аналіз та визначені можливості передачі інформації з точки зору швидкості та пропускної здатності. За допомогою цих параметрів можна розрахувати якісні та кількісні характеристики сигналу в залежності від параметрів каналу управління космічним апаратом, земної станції та типу сигналу.

Література

1. Бортовые системы управления космическими аппаратами: Учебное пособие / Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Под редакцией А.С. Сырова – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.: ил.
2. Spacecraft TT&C and Information Transmission Theory and Technologies. Jiaxing Liu. The 10th Institute of China Electronics. 2015
3. Telemetry, Tracking, Communications, Command and Data Handling. Cengiz Akinli Matthew Gamache. November 18, 2004.