

**УДК 621.396.946, 533.9.072**

**Олександр Шефер, к.т.н., доцент**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

**ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЧАСТКОВОГО ПРОСВІТЛЕННЯ ПЛАЗМИ НАВКОЛО КОСМІЧНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАЗЕМНИХ ТА СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

Запропоновано спосіб просвітлення плазми в околі антенного відсіку КА. Він ґрунтується на генерації імпульсного штучного низькотемпературного плазмового середовища, котре сприяє проходженню електромагнітних хвиль.

Ключові слова: космічний апарат, ударна хвиля, плазма, супутникові телекомунікації, завадостійкість.

**Oleksandr Shefer**

**ABOUT THE POSSIBILITY OF PLASMA PARTIAL ENLIGHTENMENT AROUND THE SPACECRAFT TO IMPROVE QUALITY OF GROUND AND SATELLITE TELECOMMUNICATIONS OPERATION**

The way of plasma enlightenment in the vicinity of spacecraft antenna compartment is offered. It is based on generating pulsed artificially created low temperature plasma environment which facilitates the electromagnetic waves passage.

Keywords: spacecraft, shockwave, plasma, satellite telecommunications, noise immunity.

Ділянка виведення космічного апарату (КА) на орбіту найбільш складна з усіх етапів польоту. За допомогою наземних та супутникових систем зв'язку вирішується задача обміну інформацією між КА та центром керування польотом.

Під час руху КА на швидкості більше 5 М в щільних шарах атмосфери, навколо його конструкції утворюється ударна хвиля високотемпературної плазми, котра спотворює електромагнітні хвилі, спричиняє затримку радіосигналу, або перешкоджає проходженню радіохвиль. Як наслідок, утворюється частотно-селективне середовище завмирання, непроникне для сигналів систем супутникового телекомунікаційного зв'язку, в результаті чого КА не в змозі здійснювати телеметричний зв'язок протягом кількох хвилин.

Однак, вирішення поточних завдань, наприклад, отримання оперативного зв'язку із КА, супроводження, видача команд керування, вимагає забезпечення безперервної телеметрії.

Основним способом зв'язку із КА є застосування систем супутникових телекомунікацій. Принцип дії їх полягає у використанні супутникових ретрансляторів сигналу, через які здійснюється зв'язок із наземними станціями. Станції зв'язку розташовують на поверхні Землі, в атмосфері, або в космосі на різних орбітах, рис. 1.

Вагомим фактором стабільності телеметричного зв'язку із КА є вплив іоносферного середовища на спектр та енергетику радіосигналу [1, 2]. Тому в супутникових системах зв'язку із КА необхідно враховувати негативний вплив іоносферних ефектів і максимально зменшувати такий вплив.

Існують методи розв'язання даної проблеми, котрі базуються на підсиленні потужності сигналів та перенесенні їх спектрів на інші частоти [3]. Цей підхід суттєво підвищує вартість зв'язку із КА, суттєво погіршує електромагнітну сумісність. Існують способи покращення телеметрії засновані на використанні термозахищених зовнішніх антен, або зовнішніх конструкцій для зменшення впливу високотемпературної плазми [4].

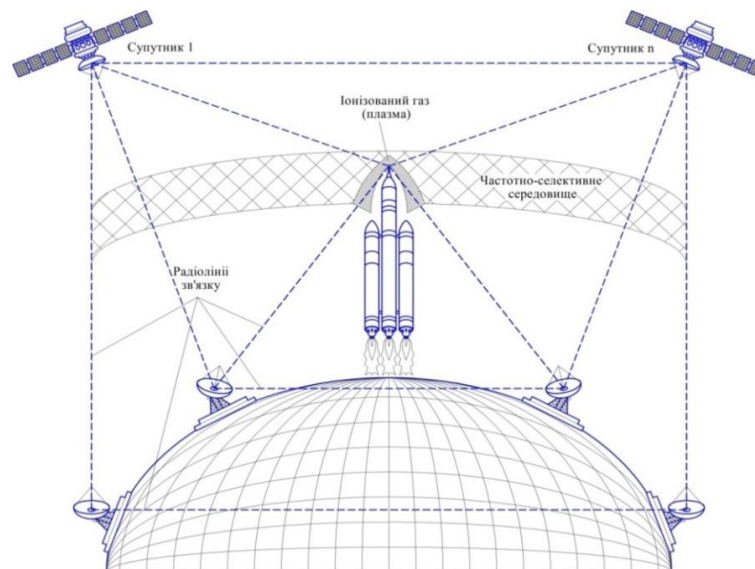


Рис. 1. Система наземного та супутникового телеметричного зв'язку із КА

Так в [4] розглянуто оригінальне рішення створення пристрою для здійснення радіозв'язку через плазму. Недоліком таких пристроїв є відносно невисока надійність, високі енерговитрати та погіршення аеродинаміки КА.

Новітнім методом підвищення завадостійкості супутникових телекомунікацій є вплив на зовнішнє плазмове середовище з метою просвітлення плазми. У відповідності з [3] пропонується спосіб передачі інформації через плазму, заснований на одночасному впливові на плазму електронним потоком, акустичної хвилею і інформаційним сигналом. Зміна властивостей плазми пов'язана зі зміною діелектричної проникності, котра стає більшою одиниці, тому з'являється можливість проходження сигналу зв'язку з частотою меншою, за плазмову частоту. Але запропоновані методи не враховують умов, за яких відбувалися б мінімальні спотворення і загасання сигналу. Ефективність їх залежить від товщини та щільності плазми ударної хвилі.

Автором пропонується спосіб просвітлення плазми в околі антенного відсіку КА. Цей спосіб заснований на генерації штучного низькотемпературного плазмового імпульсного середовища в середині КА, котре зменшує вплив зовнішньої іонізованої оболонки на проходження електромагнітних хвиль. Практичне застосування сучасних бортових засобів навігації КА, вимагає розробки та впровадження випромінювачів плазми зі зручними експлуатаційними параметрами та геометричними формами.

Проведені дослідження розряду, що жевріє, показали, що найбільш зручна форма компланарного розрядного проміжку, коли електродна система розташовується в одній площині у одного із торців розрядної камери, а області розряду займають весь об'єм. Створені тут ускладнені умови діють лише безпосередньо в проміжку між анодом та катодом. Така форма розрядного проміжку зручна для розташування в околі щільової антени КА. Торець плазми, звернений до площини електродів, має різкий кордон випромінювання, а зворотний торець має малоконтрастний кордон сферичної форми.

У ході проведення досліджень установлено, що загальний діаметр компланарних електродів у 1,5 рази більший, ніж у плоскому паралельному розряді. Отже у стільки ж разів більший діаметр плазмового стовпа в компланарному розряді. Протяжність та інтенсивність випромінювання плазми компланарного розряду суттєво вища, ніж звичайного. Під впливом швидких електронів, котрі надходять із темного простору, елементарні процеси утворюються тільки на одному кордоні плазми

компланарного розряду. Внаслідок цього штучно створеній плазмі властива одностороння іонна та електронна емісія.

У розряді, що жевріє, з плоскопаралельними електродами довжина релаксації швидких електронів у плазмі обмежується не тільки впливом непружних процесів, але й, згідно із [5], зустрічним електричним полем невеликої напруженості. Це поле утворене просторовим зарядом електронів на кордоні з фарадеевим темним простором. У результаті цього зустрічне електричне поле зменшує довжину релаксації електрона та протяжність високотемпературної зовнішньої плазми.

У компланарному розряді швидкі електрони після виходу в плазму зменшують свою довжину релаксації тільки під впливом непружних процесів, оскільки на їх шляху відсутнє зустрічне електричне поле, відсутній просторовий заряд електронів фарадеевого простору та аноду. В зв'язку з цим швидкі електрони входять у плазму не тільки через поверхню, розташовану навпроти катода, але й також через поверхню плазми, котра знаходиться навпроти анода. Під впливом збільшених процесів загальної емісії зарядоносіїв, створюється суттєво більший потік позитивних іонів на катод, та такий же великий потік електронів на анод.

Розташування поблизу плазмової оболонки КА джерела квазінейтральної штучної плазми, супроводжується збудженням в ній коливань щільності заряду. Зазначені коливання мають власну частоту. Цей процес взаємодії має хвилеподібний характер та призводить до появи вільних каналів (просвітлення) в плазмі зі зниженою щільністю.

Із від'ємного випромінювання зарядоносії не можуть пройти через електроди до обмежуючої стінки внаслідок того, що проходячи через сильне електричне поле між електродами, вони потрапляють або на катод, або на анод. Якщо розташувати стрижневі аноди та катоди, котрі чергуються, вздовж увігнутої або випуклої поверхні розрядної камери, отримаємо, за умови запалювання розряду загальне від'ємне випромінювання від багатьох елементарних розрядів.

У результаті проведених досліджень, експериментально виявлено появу каналу зниженої щільності плазми. Дані канали запропоновано в якості надійного шляху проходження сигналів зв'язку із КА.

Однак, ці канали не можуть існувати довгий час, оскільки зовнішня плазмова оболонка не стаціонарною відносно конструкції КА, внаслідок змін швидкості потоку. Високотемпературна плазма містить також позитивні іони, котрі активно взаємодіють із від'ємною низькотемпературною плазмою. Тому пропонується імпульсно генерувати штучну низькотемпературну плазму від'ємного випромінювання, тривалість до 20 мілісекунд. Результати моделювання показали, що вказаного інтервалу цілком достатньо для якісної телеметрії із КА, під час виведення його на орбіту.

### **Література**

1. Радиосвязь через плазму при входе ракеты в атмосферу / М. Тейлор // Зарубежная электроника. – 1968. – № 2 – С. 76-89.
2. Гинзбург, В. А. Распространение электромагнитных волн в плазме [Текст] / В. А. Гинзбург. – М: Физматлит, 1960. – 340 с.
3. Литвина, З. Ю. О возможности передачи информации через плазму / З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2007. – № 9. – С. 127-128.
4. Коняхин, Г.Ф. Устройство для передачи информации сопущаемого летательного аппарата / Г.Ф. Коняхин, А. Ю Мелашенко, З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2001. – № 5(15). – С. 201-204.
5. Smirnov, V. M. Theory of Gas Discharge. Plasma Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland, 2015, 423 p.