**Лекція №13 (Прикінцева**). **Особливості функціонування та використання радіотехнічних засобів для космічних літальних апаратів (2години).**

І. Вступ

ІІ. Основна частина

1. Терміни та визначення. Загальні відомості про КА. Завдання радіотехнічних засобів.
2. Місце РТС у структурі управління КА. Загальні відомості про методи управління КА. Автономне радіокерування.

ІІІ. Заключення

 Космічними апаратами (КА) називають такі літальні апарати, які призначені для польоту та виконання різних завдань за межами земної атмосфери – у космічному просторі. Залежно від області космічного простору, в яку направляються КА, і в якій вони функціонують, розрізняють апарати ближнього, середнього та далекого космосу.

Близький космос – простір, віддалений від земної поверхні 10..20 т. км.

Середній космос – простір, що тягнеться від 10.200 т. км. над земною поверхнею до місячних дальностей (400 км).

Далекий космос – область простору, розташованого далі орбіти місяця.

 До космічних апаратів відносять штучні супутники землі (ШСЗ), балістичні ракети, антиракети, місячні та міжпланетні КА.

Якщо КА є заселеними з екіпажем на борту, то говорять про космічний корабель на відміну від безлюдних КА, які називаються автоматичними.

Всі населені, а також деякі безлюдні КА мають системи, що забезпечують повернення їх до землі і посадку на її поверхню.

За призначенням КА можна поділити на такі класи:

- науково – дослідні, використовувані вивчення фізичних умов та процесів у космічному просторі;

- Військового призначення (балістичні ракети, антиракети, розвідувальні ШСЗ);

- комерційні, що використовуються для вирішення господарських та прикладних завдань (пов'язані, навігаційні, геодезичні, метеорологічні та інші ШСЗ)

 На всіх КА можна виділити апаратуру (системи) цільового призначення, що забезпечують системи та бортовий комплекс управління.

 Апаратура та системи щілинного призначення призначені для вирішення основних завдань запуску КА - наукові дослідження, ретрансляція супутникових сигналів зв'язку, фотоспостереження земної поверхні і т.д.

Забезпечуючі системи - системи енергоживлення, терморегулювання і т.д. призначені для створення нормальних умов функціонування КА, бортової апаратури та систем, а також екіпажу якщо КА є житлом.

Бортовий комплекс управління складається із трьох основних систем; система управління бортовою апаратурою; система орієнтації та управління рухом та система обміну інформацією з наземним комплексом управління.

 Сучасні бортові комплекси управління КА будують на основі бортових ЕОМ, що утворюють у ряді випадків розподілену обчислювальну систему.

Основними функціями системи управління бортової апаратури є формування управляючих впливів на основі вимірювальної інформації, що надходить від численних датчиків, до яких входять і різні радіотехнічні датчики і радіоелектронне обладнання.

 Особливо важливе значення радіоелектронного обладнання (пристроїв, систем і комплексів) пов'язане з вирішенням завдань виведення КА в задану точку космічного простору при зближенні та стикуванні в космосі з іншими КА, забезпеченням м'якої посадки на поверхню Землі та інших планет та інших (у тому числа оборонних – протиракетна оборона).

При аналізі і синтезі бортових систем і комплексів управління КА радіотехнічні засоби, що входять в систему, розглядаються як радіо ланки замкнутого контуру управління, в який також входять ланки, що відображають об'єкт управління і його реакцію на вплив, що управляє.

 Це істотно впливає на принципи побудови відповідних радіотехнічних пристроїв, систем і комплексів, вимоги до них, конструкцію апаратури, методи аналізу та синтезу, використання, технічне обслуговування.

У деяких випадках системи керування КА можна розглядати як сукупність систем радіолокації, радіонавігації та радіозв'язку.

Однак це не проста сума різних засобів, якісно новий клас радіотехнічних систем.

Якщо процес управління КА повністю визначається інформацією, що надходить від радіотехнічних засобів, то він носить назву радіо-управління.

 Радіоуправління - це область радіоелектроніки, що вивчає методи управління різними об'єктами на основі інформації про поточний стан об'єкта або сукупності об'єктів, що формується радіотехнічними засобами і методами.

Радіоуправління об'єктом включає в себе управління його рухом, яке складається з переміщення центру мас КА в просторі і поворотом об'єкта навколо центру мас.

Управління переміщенням КА у просторі називають керуванням польотом, а керування поворотами КА навколо центру маси – орієнтацією

Просторові координати КА, орієнтацією осей та інші його характеристики можуть бути описані деякими векторами в кожний момент часу.

 Введемо поняття мети управління як фізичного об'єкта, який може в конкретному випадку визначатися точкою простору, в яку необхідно вивести КА; іншим космічним об'єктом, з яким необхідно зробити стиковку; об'єктом космічного простору - планетою, на яку необхідно здійснити м'яку посадку; космічним об'єктом, що підлягає знищенню, тощо.

У такому розумінні мета управління може характеризуватись також деякою сукупністю координат.

Тоді розв'язання задачі управління в математичному записі визначається управлінням виду



де - вектор неузгодженості між поточними станами КА та мети в конкретний момент часу.

Величина - характеризує ту величину неузгодженості , коли завдання управління слід вважати виконаною.

Використання радіотехнічних методів, пристроїв, систем і комплексів для оцінювання і призводить до необхідності обліку впливу радіоперешкод.

Умова (1) пов'язана з виконанням таких основних операцій:

- Отримання інформації про координати мети ;

- Отримання інформації або контроль власного стану КА ;

- Вироблення текучого неузгодженості ;

- Управління КА шляхом впливу на його керуючі органи (тягові двигуни і т.д.).

 Остання операція означає наявність у системі управління негативного зворотного зв'язку, що забезпечує виконання нерівності:

 

У відповідності з перерахованими операціями радіотехнічні засоби виконують дві основні функції:

- вимірюють координати та параметри руху КА та мети;

- передають і приймають інформацію про координати   та команди управління.

Крім того, є ряд допоміжних радіосистем, які вирішують завдання виявлення цілей і в заданій області простору, розпізнавання і вибору однієї з цілей, відображення інформації про стан КА і цілей і т.д.

 Сукупність основних та допоміжних радіозасобів утворюють комплекс радіоуправління, або командно-вимірювальний комплекс.

У системах радіокерування радіотехнічні засоби вимірювання координат і параметрів руху КА та цілей називають радіокоординаторами.

За допомогою радіокоординаторів вимірюються: дальність, висота, швидкість, кутові координати (курс, тангаж, крен) тощо; виконуються операції з обчислення координат та .

Радіокоординатор може розташовуватися як на борту ЯК, так і в стаціонарному пункті, що визначає різні способи радіоуправління.

Класифікація систем радіокерування заснована на інформаційному ознакі, що визначає місце отримання, переробки та передачі інформації в системі.

Відповідно до даної ознаки розрізняють:

- Системи командного радіоуправління (КРУ)

- Системи радіотелезнавства (РТН);

- Системи самонаведення (СН)

- Системи автономного радіоуправління (САРУ).

Системи командного радіоуправління КРУ-1 та КРУ-2.

У системі КРУ-1 на пункті управління за допомогою радіолокаційних вимірювачів визначаються координати мети і космічного апарату (керованого об'єкта).

 Вимірювач координат мети називають радіовізиром мети (РВЦ), а вимірник координат об'єкта - радіовізиром об'єкта (РВО).

Радіовізіри видають оцінки координат \* і \* в обчислювальний пристрій (ВП), який формує команди Ік відповідно до обраної траєкторії (методом наведення).

За допомогою командної радіолінії (КРЛ) на борт КА передаються команди з пункту управління (ПУпр), на якому розташований передавач. Відповідно на борту КА – приймач.

Прийняті команди після розшифровки та перетворення надходять у силовий блок управління КА (автопілот), який впливаючи на кермо і тягу коригувальних рухових установок забезпечує рух КА заданою траєкторією (орбітою).

Функціональна структурна схема КРУ-1 представлена ​​на рис.47

У системі КРУ-2 на борту об'єкта розташований радіовізир мети, що вимірює координати мети щодо координат об'єкта .

Як радіовізир цілі використовують радіолокатор, телевізійну або інфрачервону камеру. Інформація про відносні координати мети  /  , а також про навколишню обстановку передаються за допомогою радіопередавача на командний пункт управління.

Радиовиз.

Цели

(РВЦ)

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Радиовиз.

Объекта

(РВО)

 Радиопе-редатчик команд

Цель

Радиопри-емник команд

Автопилот

Корпус КА



Пункт управления

Рис. 47

 За цією інформацією виробляється команд ІК (як напруження) відповідно до заданої траєкторією руху КА, яка з допомогою радіопередавача РПУ¬упр передається на борт КА.

На відміну від КРУ-1, система КРУ-2 має більш складне обладнання на борту об'єкта, однак, дозволяє здійснювати наведення на цілі, що знаходяться за горизонтом щодо ПУ.

Системи радіотелезнавства. У системі ТРН команда формується безпосередньо на борту об'єкта. Схема циркуляції інформації при радіотелезнавстві наведено на рис.48.

Радиовиз.

цели

(РВЦ)

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Радиоло-кационная ст. навед.



Пункт управления



Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Объект

Цель

1

2

ДН

Рис. 48

 На пункті управління знаходиться радіовізир мети (РВЦ) і обчислювальний пристрій (ВУ), яке розраховує випередження (заздалегідь відоме) значення координат мети з виходу ВУ в напрямку на мету.

Приймач об'єкта системи РТН також сприймає сигнали, що випромінюються антеною А РЛС наведення пункту управління.

При відхиленні мети від рівносигнального напрямку (РСН) сигнал, що відображається метою набуває модуляції.

У параметрах цієї низькочастотної модуляції закладено інформацію про сторону та величину відхилення мети від рівносигнального напрямку.

 Оскільки опорна напруга сканування формується на РЛС наведення, а демодуляція на борту об'єкта, необхідно забезпечити передачу опорної напруги за допомогою сигналу, що випромінюється. При передачі використовують модуляцію імпульсної або безперервної піднесучої.

Бортовий приймач об'єкта містить канал виділення опорного сигналу, який порівнюється з сигналом, що приймається з 1-го або 2-го пелюстка ДН.

До переваг РТН відноситься простота бортової апаратури, відносна простота пункту управління, оскільки немає необхідності в командній радіолінії та каналі візування об'єкта управління.

 Недоліки РТН зводяться до складності входження об'єкта в радіопромінь (рівносигнальну зону) на початковому етапі польоту, тривале знаходження об'єкта в зоні дії бічних пелюстків ДН при малих кутах підходу об'єкта до радіопроменя.

Відсутність контролю становища об'єкта пункті управління погіршує тактичні якості РТН проти КРУ-1.

Системи самонаведення. При самонаведенні (СН) інформацію про відхилення об'єкта (КА), від траєкторії руху отримують за допомогою бортової апаратури.

Розрізняють активне, напівактивне та пасивне самонаведення.

Бортова апаратура включає головку самонаведення, яка будується за принципом тепло-, радіо-, або оптичної локації.

 Пасивні методи реалізуються в системах з тепловими або радіовипромінюванням мети.

Бортова апаратура об'єкта включає координатор, яким є ГСН, пристрої управління і стабілізації. При цьому інформацію про координати об'єкта отримують за допомогою нерадіотехнічних датчиків (гіроскопів). На рис. 49 показана схема циркуляції інформації при самонаведенні.

Обчислювальний пристрій (ВЦ) виробляє напругу команди Ік за даними ГСН та гіроскопічних датчиків.

Ця напруга надходить на автопілот (АП). АП впливає на силову установку об'єкта (КА), наводячи його на мету.

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Ціль

Вычислит.

устройств.

(ВУ)

Вычислит.

устройств.

(ВУ)



Объект

Рис. 49

 Автономне радіокерування. У системах (САРУ) використовується принцип аналогічний до самонаведення. При цьому інформація про мету не вимірюється, а зберігається на об'єкті. У ряді випадків використовується поняття напівавтономного радіоуправління, коли поряд з бортовим радіокомплексом використовуються допоміжні наземні радіотехнічні засоби.

Зазвичай виділяють такі сфери застосування АР; навігація пілотованих атмосферних ЛА;

посадка пілотованих атмосферних ЛА;

наведення безпілотних атмосферних ЛА (літаків і крилатих ракет);

корекція припланетних траєкторій космічних апаратів (КА);

 Відповідно до цих завдань системи АР поділяються на підкласи; пілотно-навігаційні, пілотно-посадкові, автоматичного наведення ракет, космічні коректуючі, для м'якої посадки КА і т.п.

 При автономному управлінні КА в принципі можливе отримання інформації за допомогою радіовисотомірів, доплерівських вимірювачів швидкості та кута знесення, а також інших автономних радіовимірників та радіосистем.

Автономне радіоуправління КА на основі РВ та ДИСС застосовують на етапі м'якої посадки на поверхню небесних тіл; коли використання інших систем радіокерування неможливо.

 Істотним недоліком АР є обмежені можливості управління, пов'язані з характеристиками цілей. Вони повинні бути або нерухомими або координати їх руху повинні бути прогнозованими і заздалегідь записаними в пристрій (ЗУ) на борту КА. Крім того для роботи АР необхідно не просто відображає поверхню, а наявність на ній чітко виражених геометричних або радіояркості образів. Ці образи повинні бути стабільні і заздалегідь відомі.

Схема циркуляції інформації при стабілізації висоти польоту КА поверхнею при стабілізації висоти польоту наведено на рис. 50

 Радіовисотомір РВ вимірює Нц = Н0 (справжня висота над поверхнею). Координата мети зберігається в пристрої, що запам'ятовує. Обчислювальний пристрій (ВУ) виробляє напругу команди, пропорційне різниці при цьому об'єкт за допомогою автопілота (АП) і кермів або двигунів знижується або підніметься над поверхнею так, щоб мінімізувати або утримувати = const.

При наведенні широкого класу безпілотних і пілотованих об'єктів (КА і ЛА) в автоматичному режимі за фіксованими траєкторіями широко використовуються поряд з нерадіотехнічними вимірювачами радіовисотоміри і доплерівські вимірювачі швидкості і кута зносу (РВ і ДИСС).

 За допомогою РВ ведеться управління у вертикальній площині, а за допомогою ДИСС – у горизонтальній (за двома координатами і ).

ВУ

РВ

АП

ЗУ





Поверхность



Рис. 50

 Є й інших радіосистем управління ЛА і КА. До них належать пасивні автономні радіосистеми, радіосистеми з розпізнаванням образів, кореляційно екстремальні навігаційні системи і т. д.