

# Построение систем управления геостационарными спутниками связи

**Георгий Паутов,**

заместитель генерального директора  
ЗАО "АРД Сатком Сервис"

## Центр управления спутниками: структура и функции

Спутниковому оператору в общем случае для управления и контроля спутниками от момента запуска и до конца жизненного цикла необходимо создать следующую организационную структуру:

- технический и оперативный центр управления (ТОЦУ);
  - центр управления спутниками (ЦУС);
  - контрольно-измерительные станции (КИС);
  - станции контроля спектра (СКС).
- Технический и оперативный центр управления для каждого обслуживаемого региона отвечает за планирование и координацию:
- действий, необходимых для обеспечения правильного использования и функционирования космического аппарата;
  - сдаточных испытаний для новых станций и соединений, изменений в существующих параметрах (центральная частота, полоса и т.д.), проверки существующих технических параметров;
  - действий в рамках технического обслуживания земных станций, которые могут повлиять на функционирование космического аппарата;
  - доступности коммуникаций для оперативного управления;
  - управления использованием спутникового сегмента для претворения планов перевода или планов непредвиденных и аварийных ситуаций.

Центр управления спутниками отвечает за управление космическим аппаратом и его системами, не связанными с выполнением основной функции, а именно:

- ориентация и удержание ИСЗ в орбитальной точке;

- поддержание рабочих параметров спутника;
- анализ телеметрии, полученной от контрольно-измерительных станций;
- контроль местоположения спутника;
- предоставление целеуказаний для наведения земным станциям.

Контрольно-измерительные станции находятся в каждом обслуживаемом регионе. Они отслеживают положение космического аппарата, принимают от него телеметрию и передают на него команды управления в интересах ЦУС, а также контролируют состояние ИСЗ в интересах ТОЦУ. КИС оборудованы средствами накопления и обработки определенных объемов данных телеметрии и данных по углу видения и расстояния до спутника, уровня пилот-сигнала, идентификации пилот-сигнала и его частоты для передачи в ЦУС. Станции мониторинга спектра обычно совмещаются со средствами КИС и образуют единую систему. Они тесно взаимодействуют с ТОЦУ и в основном отвечают за:

- помощь земным станциям и спутниковым операторам в проверке на соответствие определенных обязательных параметров земных станций;

## Стойки оборудования управления и контроля



- измерение ЭИИМ космического аппарата, девиации центральной частоты несущих, внеполосных шумов и частоту рассеивания мощности;
- контроль частотного спектра;
- проведение определенных измерений по указанию ЦУС и ТОЦУ.

## Работа систем на этапе вывода на орбиту

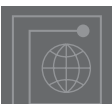
Вне зависимости от места запуска, типа носителя и ограничений полезной нагрузки запуск на геостационарную орбиту обычно осуществляется в четыре этапа:

- 1) вывод спутника на низкую круговую орбиту (приблизительно 200 км);
- 2) переход на эллиптическую орбиту с апогеем 36 000 км при пересечении плоскости экватора;
- 3) переход на круговую экваториальную орбиту в апогее переходной орбиты;
- 4) дрейф в конечную орбитальную точку.

Каждый из этапов требует высочайшей точности исполнения маневров. Управление и контроль при выводе осуществляется силами средств, размещенных в месте пуска и/или вдоль траектории. Эти станции могут использовать те же частотные диапазоны (как правило, С и Ku), что и основные контрольно-измерительные комплексы, или же диапазон S. Функции станций – измерение дальности и углов, телеметрия и управление.

В фазе управления положением спутника ЦУС:

- определяет высоту спутника;
- осуществляет расчет оптимальных параметров перехода на круговую орбиту и последующих маневров;
- определяет действия, необходимые для точной ориентации спутника в пространстве на этапе перехода;
- управляет и контролирует маневры, в результате которых спутник достигает расчетной позиции.



## Работа систем в процессе повседневной деятельности

На сегодняшний день каждый оператор может для себя самостоятельно выбрать вариант построения ЦУС: использовать собственную разработку или универсальное решение от специализированных компаний (таких, например, как аппаратно-программный комплекс ЕРОСН от Integral Systems). Последнее решение особенно выгодно для тех спутниковых операторов, которые используют спутники различных производителей.

Отслеживание положения спутника и управление им, съем телеметрии осуществляются специальными контрольно-измерительными комплексами. В течение всего периода существования спутника комплекс должен обеспечивать в упрощенном виде решение двух задач:

- спутник находится в заданной точке;
- антенны спутника смотрят на Землю в правильном направлении.

Радиоконтакт со спутником обеспечивается посредством одной или нескольких КИС, в то время как обработка информации и формирование команд управления осуществляется ЦУС. Хотя спутник и "висит" над одной точкой на поверхности Земли, для большей надежности рекомендуется использовать несколько разнесенных в пространстве станций.

Точность стояния ИСЗ должна обеспечивать его отклонение по долготе очень узким окном приблизительно в  $\pm 0,1^\circ$  (или менее). Официальных пределов точности удержания по широте нет, но с технической точки зрения реально удержание в тех же пределах.

На спутник действует много внешних факторов, влияющих на его положение на орбите. Это и притяжение Солнца и Луны, и солнечный ветер, и неравномерность земного притяжения. Для нейтрализации этих воздействий приходится использовать средства коррекции орбиты спутника.

Это означает, что орбита ИСЗ должна быть определена с большой точностью. На основании реальных данных о положении и знаний о воздействующих дестабилизирующих факторах делается прогноз изменения. Это позволяет планировать соответствующие маневры, гарантирующие, что спутник никогда не выйдет за пределы заданного квадрата. Частота таких действий определяется заданными пределами и положением спутника относительно экватора. В некоторых случаях для окна в  $0,05^\circ$  приходится осуществлять коррекцию раз в неделю.

## Дальномерные измерения

Дальномерные измерения осуществляются посредством замера расстояния до спутника от двух достаточно разнесенных в пространстве станций или же посредством измерения расстояния до спутника и угловых измерений направления на ИСЗ с одной станции. Точность таких измерений должна находиться в пределах 50–100 м для расстояния и быть меньше размеров окна для угловых. Современные методы оценки положения на орбите основываются на обработке информации в реальном масштабе времени с использованием технологии рекурсивного оценивания (калмановская фильтрация).

## Полноповоротная антенная система



## Специальные требования к антенным системам

С технической точки зрения это означает, что необходимо использовать специальные антенные системы и методы сопровождения. Обычные связные антенные системы не обеспечивают решения задачи с достаточным качеством. Специальная конструкция опорно-поворотного устройства и специальная же система управления должны обеспечивать:

- пределы перемещения по азимуту: 240 градусов;
- скорости наведения по азимуту и углу места: 0,001–0,25 град/с;
- точность наведения/сопровождения при ветре 48 км/ч (в порывах до 72 км/ч): < 0,025 градусов.

## Системы телеметрии и управления

Существует постоянная необходимость отслеживать состояние большого числа систем спутника, корректировать их работу в случае отклонения от стандартного режима и управлять работой резер-

вируемого оборудования и полезной нагрузки. Для первого служат системы телеметрии, а для второго – управления. Наиболее важными объектами контроля являются:

- режим работы системы термоконтроля;
- режим работы системы питания (особенно в периоды затмения);
- режим работы бортовой системы телеметрии и управления;
- работа системы коррекции орбиты;
- работа полезной нагрузки;
- определение местонахождения неисправностей, выявленных в результате программных или выборочных проверок;
- способность к немедленным действиям в случае аварийных ситуаций, угрожающих выполнению спутником его основных функций.

## Проверка технического состояния РЭС спутника

Помимо контроля состояния систем спутника необходимо осуществлять проверку технического состояния и соответствия заданным параметрам бортового радиоэлектронного оборудования. Это обеспечивает предоставление качественной связи – то есть решает главную задачу спутника – путем измерения:

- параметров сигнала в режиме насыщения;
- переноса усиления;
- стабильности частоты переноса;
- частотной характеристики;
- уровня интермодуляции;
- уровня паразитных составляющих в рабочей полосе и вне ее.

Решением данной задачи на этапе введения спутника в эксплуатацию и в течение службы занимаются системы орбитальных испытаний (ИОТ).

В первом случае в отсутствие полезной загрузки процесс прост и традиционен, во втором случае приходится применять специальные технологии, позволяющие проводить тестовые измерения на фоне нормальной работы спутника без создания помех пользователям.

Как и все в мире, системы управления и контроля космическими аппаратами постоянно изменяются и совершенствуются: появляются новые технологические средства построения систем, более мощные средства и современные методы обработки информации, что в целом должно еще в большей степени увеличивать сроки полезного функционирования ИСЗ.

АРД САТКОМ СЕРВИС, ООО

Тел.: (495) 416-0617

E-mail: [info@ard-satcom.ru](mailto:info@ard-satcom.ru)

[www.ard-satcom.ru](http://www.ard-satcom.ru)