

Сведения о ходе выполнения проекта

«Разработка нового типа прецизионных приводов для систем регулировки формы отражающей поверхности трансформируемого рефлектора космического аппарата нового поколения»

Руководитель работ д-р физ.-мат. наук Пономарев С.В.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 г. № 14.578.21.0257 с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с 26.09.2017 г. по 29.12.2017 г. выполнены следующие работы:

- Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.
- Патентные исследования по ГОСТ Р 15.011-96.
- Выбор и обоснование направления в исследовании и разработках прецизионного привода СРДВ для трансформируемого антенного рефлектора КА, в том числе:
 - Анализ и оценка существующих принципов работы системы беспроводной передачи данных для организации управления приводами СРДВ.
- Обоснование и выбор беспроводного источника энергии с требуемыми техническими характеристиками, для разработки и создания ЭО СРДВ.
- Обоснование и выбор емкостного накопителя энергии с требуемыми техническими характеристиками, для разработки и создания ЭО СРДВ.
- Обоснование и выбор преобразователя напряжения с требуемыми техническими характеристиками, для разработки и создания ЭО СРДВ.
- Обоснование и выбор инвертора напряжений с требуемыми техническими характеристиками, для разработки ЭО СРДВ.
- Ресурсное обеспечение работ ПНИ, в том числе: приобретение оборудования и комплектующих для проведения экспериментальных исследований ЭО.
- Выбор и обоснование направления в исследовании и разработках прецизионного привода СРДВ для трансформируемого антенного рефлектора КА, в том числе:
 - анализ существующего программного обеспечения для расчета и проектирования СРДВ,
 - анализ и оценка конструкторских решений основных типов приводов, в том числе: линейных и вращающихся.
- Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ.

- Выбор и обоснование направления в исследовании и разработках прецизионного привода СРДВ для трансформируемого антенного рефлектора КА, в том числе:
 - анализ и оценка эксплуатационных параметров, свойств и технических характеристик существующих типов приводов для СРДВ .
- Разработка и изготовление исследовательского стенда для обеспечения функционирования и экспериментальных исследований ЭО энергетически автономной беспроводной СРДВ в том числе:
 - анализ конструкций и функциональных возможностей существующего оборудования (в том числе испытательного, исследовательского и прочих стендов) для обеспечения настройки, функционирования и исследований энергетически автономных СРДВ.
- Анализ типов вантово-оболочечных конструкций крупногабаритных трансформируемых рефлекторов.
- Анализ физико-механических характеристик вантовых элементов конструкций крупногабаритных трансформируемых рефлекторов, используемых в процессе регулировки формы отражающей поверхности посредством применения СРДВ.

Основные результаты проекта:

1. Аналитический обзор информационных источников показал существующие наработки в области исследования ПНИЭР. Идея создания энергетически автономной СРДВ абсолютно оригинальна. Разработка путей и подходов для проектирования такой сложной системы требует более глубокого изучения и более тонкой разработки.

2. В ходе проведения патентно-информационных исследований был проанализирован большой объём научно-технической и патентной документации в области развития прецизионных приводов для систем регулировки формы отражающей поверхности трансформируемого рефлектора космического аппарата нового поколения, при этом обеспечена полнота патентных исследований в части патентной информации, релевантной заявленной теме исследований.

Инженерный анализ найденных патентов, позволил выявить ряд технических решений, которые представляют интерес для разработчиков прецизионных приводов для систем регулировки формы отражающей поверхности трансформируемого рефлектора космического аппарата нового поколения.

3. Анализ существующих принципов работы системы беспроводной передачи данных показал, что передача сигналов с помощью направленных радиоволн является самым распространенным и эффективным способом связи с объектами на орбите и дальнего космоса. Несмотря на то, что исторически такой тип связи сравнительно новый и его применение постоянно дорабатывается путем разработок новых технических и технологических возможностей, на текущий момент, оптимальным выбором является взаимодействие лазерной и радиосвязи. Активно внедряемым является передача данных с КА на Землю с помощью лазерной связи, а с Земли на КА радиосвязью. Это

происходит ввиду больших размеров лазерного приёмного модуля улавливающий излучение и представление сигнала лазера в электросигналы, которые перекомпилируются в информацию. Обычно, такая система не устанавливается на борт КА, из-за компактности и малого веса КА и его составных частей. В свое время передатчик лазерного сигнала обладает небольшими массогабаритными параметрами в сравнении с параболическими антеннами для передачи радиосигнала.

4. По результатам проведенных исследований определено, что для автономного источника питания СРДВ целесообразно применять современные отечественные солнечные батареи в согласованной работе с накопителем энергии.

По результатам проведенного анализа существующих типов емкостного накопителя для конструкции СРДВ в качестве элемента питания предпочтительнее использовать ионисторы. Они могут заряжаться и разряжаться большими токами и выдерживать в таком режиме большое количество циклов. Изделия этого типа не требуют обслуживания и замены в течение всего срока службы аппаратуры и находят все более широкое применение в различных областях науки и техники.

Результаты анализа существующих конструкций инверторов показали, что для нужд СРДВ они не проходят по основным параметрам, в основном по массогабаритным показателям. Необходимо разрабатывать облегченный инвертор напряжения по традиционной схеме транзисторного инвертирования.

5. По результатам проведенного анализа существующего программного обеспечения для расчета и проектирования СРДВ определено, что на данный момент не существует программного обеспечения, за счет которого можно рассчитать режимы работы и определить материалы для всей системы СРДВ.

ПО Amesim позволяет спроектировать всю систему СРДВ в одномерном виде, определить перераспределение энергии в системе на основе установленных параметров каждого элемента системы, совместить электрические и механические компоненты системы СРДВ. Влияние электрических и механических компонентов СРДВ на работу друг друга также возможно реализовать в ПО Mathcad.

ПО Ansys и NX позволяет провести тепловой и термомеханический анализ системы СРДВ при работе в условиях космического пространства, за счет которого определить оптимальные материалы для составных элементов конструкции СРДВ.

Рассмотренное ПО, по проведенному обзору, применяется во всем мире для расчета систем, схожих с СРДВ. В этом проекте оно будет использоваться, по мере необходимости, для решения ряда задач при проектировании системы СРДВ.

6. Анализ эксплуатационных параметров, свойств и технических характеристик существующих типов приводов для СРДВ показал, что в технике не существует пьезодвигателя, который бы соответствовал Техническим требованиям, предъявляемым к СРДВ. За рубежом есть близкие конструкции, но они по ряду технических параметров не удовлетворяют Требованиям. Отечественные пьезодвигатели отсутствуют.

7. Анализ испытательных стендов, которые применяются для исследований механических и акустических колебательных систем, показывает, что все

перечисленные стенды являются узкоспециализированными установками для определения конкретных параметров.

Вопрос преобразования и передачи энергии в механоакустических колебательных системах применительно для СРДВ не исследовался.

Не исследовался вопрос согласования пьезоизлучателя с механоакустической колебательной системой крупногабаритного рефлектора КА.

Для исследования согласования излучателя с «нагрузкой», выбора конструкции линейного пьезопривода, выбора материала элементов конструкции линейного пьезопривода и всего СРДВ необходимо разработать специализированные экспериментальные стенды.

8. Рассмотрены основные типы вантово-оболочечных структур. Для проектирования трансформируемых рефлекторов коммерческого применения большого диаметра наиболее привлекательной является ободная конструкция на связях типа пантограф, однако ее использование в коммерческих целях защищено патентами, как и большинство других конструкций рефлекторов.

Поэтому, наиболее актуальным типом отечественных крупногабаритных трансформируемых рефлекторов для коммерческого использования являются трансформируемые рефлекторы зонтичной конструкции. Достоинства этой конструкции заключаются в низкой удельной массе, высокой точности отражающей поверхности в центральной зоне рефлектора, сравнительной простоте развертывания силового каркаса. Одним из важнейших элементов данного типа конструкции является формообразующая структура, к которой предъявляются высокие эксплуатационные требования. Поддержание эксплуатационных характеристик вантовой системы на высоком уровне и, как следствие, высокую точность отражающего зеркала способно обеспечить создание системы регулирования длины вант.

9. Анализ физико-механических характеристик вантовых элементов показал, что влияние среды на механические свойства значительны и требуют дальнейшего изучения. Существенно влияние ползучести и при больших размерах текстильных элементов может вносить существенный вклад в среднеквадратичное отклонение отражающей поверхности антенны рефлектора. Наглядно показана необходимость разработки системы регулировки отражающей поверхности рефлектора.

10. Результаты работ, проведенных на 1 этапе, были представлены в докладах на 3-х мероприятиях различного уровня.

Работы, предусмотренные Техническим заданием и Планом графиком, в отчетном периоде выполнены в полном объеме.