

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 № 2 в период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. выполнены следующие работы:

1. Разработана математическая модель и моделирование процесса преобразования солнечной энергии в беспроводном источнике энергии.
2. Разработана математическая модель и моделирование процесса накопления энергии емкостным накопителем.
3. Разработана математическая модель и моделирование процесса преобразования напряжения автономным источником питания.
4. Разработана математическая модель и смоделирован процесс воздействия выходного напряжения преобразователя частоты на пьезопакет прецизионного привода.
5. Разработана математическая модель и смоделирован процесс преобразования электрической энергии в механическую в прецизионном приводе.
6. Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния элементов прецизионного привода.
7. Разработана математическая модель и моделирование функционирования СРДВ при заданных рабочих нагрузках.
8. Разработан прецизионный привод ЭО СРДВ.
9. Выполнено численное моделирование крупногабаритного трансформируемого рефлектора космического аппарата для определения эквивалентной нагрузки СРДВ.
10. Выполнено численное моделирование температурных деформаций корпуса СРДВ.
11. Выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния элементов прецизионного привода при заданных рабочих нагрузках.
12. Разработана математическая модель температурных деформаций корпуса СРДВ.
13. Разработана численная модель крупногабаритного трансформируемого рефлектора космического аппарата.
14. Изготовлен прецизионный привод ЭО СРДВ.

Основные результаты проекта:

Разработана математическая модель процесса преобразования солнечной энергии в беспроводном источнике энергии, которая позволяет рассчитать среднесуточную мощность солнечных батарей СРДВ с учетом освещенности СБ в зависимости от угла поворота КА вокруг Земли. Модель учитывает зоны полутени и тени, в которые

попадает КА. Выработаны рекомендации по увеличению мощности СБ с помощью конструкторских решений.

Разработана математическая модель и алгоритм моделирования процесса накопления энергии емкостным накопителем. Представлена методика расчета энергетики СРДВ с системой СОТР. Алгоритм позволяет выбрать электрическую ёмкость ионистора. Математическая модель позволяет определить время остывания СРДВ при разных конструкциях корпуса СРДВ.

Математическая модель повышающего преобразователя напряжения представляет систему дифференциальных уравнений определяющих поведение токов индуктивности, напряжения на емкости и закономерности управления транзисторным ключом. Математическая модель преобразователя напряжения позволяет определить параметры элементов преобразователя напряжения в зависимости от входного напряжения и выходного напряжения импульсного трансформатора.

Разработана математическая модель автономного инвертора как объекта системы управления промежуточным напряжением с учетом колебательной нагрузки СРДВ. Полученная математическая модель автономного инвертора жестко связывает входную мощность источника питания и мощность нагрузки. Показано, что точная стабилизация промежуточного напряжения приводит к появлению переменной составляющей потребляемого тока.

Создана математическая модель расчета прецизионного привода со смешанной нагрузкой механической колебательной системы СРДВ. Проанализирована нагрузка СРДВ, которая представляет собой сектор рефлектора и представляет собой механическую колебательную систему с низкой массой с низкой жесткостью и низкой резонансной частотой. Представлен алгоритм расчета параметров эквивалентной нагрузки механической колебательной системы СРДВ. Расчет частотных характеристик эквивалентной схемы СРДВ со смешанной механической нагрузкой позволит определить резонансную частоту работы СРДВ с максимальным коэффициентом преобразования электрической энергии в механическую энергию.

Разработана математическая модель и алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния элементов прецизионного привода. Математическая модель описывает взаимодействие элементов прецизионного привода на основе уравнений теории упругости и электроупругости. Алгоритм расчета представляет собой порядок действий необходимый для проведения инженерного анализа выбранной конструкции прецизионного привода.

Разработана математическая модель функционирования СРДВ с учетом всех элементов СРДВ, с учетом нелинейности преобразования энергии пьезопакета.

Разработана численная модель температурных деформаций корпуса СРДВ. Проведен анализ способов теплозащиты и теплоизоляции элементов КА в условиях активного существования на околоземной орбите. Определены величины температурных деформаций численным методом для крайних случаев существования СРДВ на орбите.

Разработана численная модель напряженно-деформированного состояния элементов прецизионного привода при оптимальных режимах работы, с целью его оценки.

Разработана численная модель крупногабаритного трансформируемого рефлектора космического аппарата. По результатам расчета определена эквивалентная нагрузка для СРДВ в составе рефлектора диаметром 50 м.

По результатам расчетов выбрана схема преобразования частоты - наиболее приемлемым преобразователем частоты для ПП является генератор пилообразных напряжений. Определены критерии определения двигательного режима ПП. Математическая модель СРДВ позволяет рассчитать режимы работы СРДВ при изменении напряжения, частоты и величины нагрузки.

Представлены результаты численного моделирования на примере разработанной конструкции ПП червячного типа. По результатам численного моделирования определено, что конструкция ПП червячного типа удовлетворяет представленным в ТЗ требованиям по скорости работы СРДВ. Напряженно-деформированное состояние элементов пьезопривода не превышает значений, максимально допустимых для выбранного материала, из которого планируется изготовление пьезопривода СРДВ.

При выполнении проекта разработано четыре типа прецизионных приводов.

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