

Сведения о ходе выполнения проекта
**«Разработка микролинейных пьезопроводов исполнительных устройств
космических аппаратов»**

Руководитель проекта д-р физ.-мат. наук, профессор Скрипняк В.А.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 23 сентября 2014 г. № 14.578.21.0060 с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2012–2014 годы» на этапе № 3 в период с 01 июля 2015 г. по 31 декабря 2015 г. выполнены следующие работы:

- Выбор и обоснование принципа работы высокочастотного источника питания МЛП.
- Разработка многоканальной электронной схемы питания экспериментального МЛП.
- Сравнительный анализ эксплуатационных параметров разрабатываемого экспериментального образца МЛП с аналогами и прототипами МЛП.
- Методика расчета и конструирования МЛП на разную мощность работы, габариты, цели задачи по применению.
- Разработка программы и методик исследовательских испытаний экспериментального образца МЛП.

Основные результаты проекта

1. Напряжение экспериментального источника питания МЛП должны иметь регулируемую частоту и амплитуду. С целью получения синфазной работы пьезоактюаторов в МЛП источник питания должен иметь возможность регулировать взаимные фазы работы.

Форма кривой напряжения и силы возбуждения существенно влияет на потери колебательной системы. Прямоугольная форма силы возбуждения увеличивает гистерезисные потери пьезоактюатора на 15-17 % по сравнению с гистерезисными потерями при синусоидальной силе возбуждения. Наибольший КПД колебательной системы будет при синусоидальной форме возбуждающей силы на резонансной частоте КС.

2. В ходе проектирования источника питания пьезодвигателей разработана оригинальная многоканальная электронная схема для питания МЛП, не имеющая аналогов в мире.

Обоснован выбор аппаратной части, выбраны компоненты и комплектующие. Изготовлены печатные платы: основная печатная плата; печатная плата передней панели. Спроектирован общий конструктив ИП МЛП.

В результате проектирования получен прибор, удовлетворяющий всем требованиям технического задания. Прибор работает устойчиво на всем

диапазоне частот, токов и напряжений, а его программная среда предоставляет широкие возможности для локальной автоматизации процесса исследования МЛП.

3. Ни один из существующих МЛП зарубежного производства не удовлетворяет требованиям Идустриального Партнера к УНПШ. Требованиям для устройств, работающих в условиях космоса, наиболее полно удовлетворяют пакетные многослойные пьезоактюаторы отечественного производителя ОАО «Научно исследовательский институт «Элпа» с опытным производством».

Микролинейные пьезоактюаторы пакетного типа работают в короткоходовом режиме, при котором виброперемещения ограничиваются суммой деформаций отдельных пьезоэлементов. Для применения МЛП в устройствах, применяемых в КА необходимо осуществить преобразование короткоходового режима в инерционный режим работы, при котором результирующее вибросмещение зависит, в основном, от соотношения силы возбуждения к силе сопротивления нагрузки.

Один пьезоактюатор АПМ-2-7 не может произвести перемещение линейной направляющей МЛП в положительном направлении. Линейная направляющая колеблется около отрицательного среднего значения с частотой силы возбуждения пьезоактюатора. Сила веса превосходит силу пьезоактюатора, вибросмещение формируется за счет силы веса. Скорость движения линейной направляющей имеет отрицательное значение.

Группирование пьезоактюаторов позволит создать существенные моменты на валу привода вращающего МЛП или силы на линейной направляющей МЛП, поэтому отдельно необходимо уделить внимание проблеме механической прочности вращающейся части привода.

4. Представленная методика расчета и конструирования МЛП обладает абсолютной новизной. Данная методика позволяет рассчитать параметры режима преобразования электрической энергии в механическую энергию, сообщенной нагрузке с произведением работы.

Математическая модель пакета пьезоактюатора позволяет моделировать пьезопакет с любым количеством пьезопластин, для этого необходимо изменять число звеньев электрической схемы согласно с количеством пьезопластин.

Методика расчета позволяет рассчитать режимы МЛП для разных конструкций и материалов элементов МЛП, рассчитать скорость перемещения линейной направляющей длинноходового режима работы МЛП, выбрать необходимое количество пьезоактюаторов МЛП для перемещения массы нагрузки.

По результатам расчета определено, что для работы УНПШ рефлектора необходимо иметь МЛП с двумя пьезоактюаторами.

5. Экспериментальное исследование адгезионных свойств клеев, применяемых в МЛП, проводились для определения их несущей способности. В результате проведенных экспериментов определено, что для оптимального склеивания поверхностей в конструкции разрабатываемого экспериментального образца МЛП необходимо использовать двухкомпонентный клей ВК-9.

Новизна результатов работ по этапу заключается в разработке новой математической модели МЛП, которая позволяют рассчитать режимы работы колебательной системы на разную нагрузку (инерционную, упругую, активную). Разработана методика расчета и конструирования МЛП на разную мощность работы и габариты в зависимости от целей и задач по применению МЛП. Разработана конструкция многоканального источника питания МЛП. Разработок, которые учитывают работу МЛП как сложную колебательную систему, не существует. Полученные результаты соответствуют мировому научно-техническому уровню работ по рассматриваемой тематике.

Результаты работ были опубликованы в журнале, входящем в базы данных цитирования Web of Science и Scopus (IOP Conference Series: Materials Science), и в журнале, входящем в список журналов рекомендованных ВАК ("Вестник Томского государственного университета. Математика и механика"). Кроме этого в результате работы исполнителями разработана конструкция пьезоэлектрического двигателя и подана заявка на изобретение «Вращательный пьезоэлектрический двигатель», по которой получен приоритет.

Поставленные задачи 3 этапа выполнены полностью.