

УДК 629.7.087:538.4:001.2

А.В. ХИТЬКО¹, А.Ф. ПИСКУНКОВ²¹Днепропетровский национальный университет, Украина²Государственный НИИ прикладной механики и электродинамики МАИ, Россия

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ МНОГОКАТОДНОГО ПЛАЗМЕННОГО КОНТАКТОРА

Электродинамическая тросовая система (ЭДТС) позволяет решить несколько принципиальных задач в космосе: осуществление взаимного преобразования электрической и механической энергии, генерация сверхдлинных электромагнитных волн. Задача формирования плазменного контактора в ЭДТС определяется необходимостью увеличения площади электрического контакта и уменьшения сопротивления в переходном слое системы «трос - ионосфера». При работе плазменного контактора на основе полого катода нецелесообразно стремиться к созданию полого катода с высокими характеристиками по току и мощности. Целесообразна схема плазменного контактора, построенная с использованием нескольких инжекторов плазмы на основе полого катода. Режим работы единичного плазменного контактора должен быть слаботочным.

полый расходный катод, внутренний вспомогательный разряд

Введение

Электродинамическая тросовая система - это связь двух и более космических аппаратов (объектов), соединяемых гибким, прочным и легким тросом. Наибольший практический интерес представляет применение тросовой системы при проявлении электродинамического эффекта, который имеет место при помещении проводящего троса во внешнее магнитное поле планеты, обладающей атмосферной плазмой и пропускании через него электрического тока. ЭДТС позволяет решить несколько принципиальных задач в космосе [1]:

- осуществление взаимного преобразования электрической и механической энергии,
- генерация сверхдлинных электромагнитных волн,
- создание канала связи на частотах от единиц Гц до десятков кГц за счет модуляции тока в тросе.

1. Формулирование проблемы

Задача формирования плазменного контактора в ЭДТС определяется необходимостью увеличения

площади электрического контакта и уменьшения сопротивления в переходном слое системы «трос - ионосфера». Поэтому проблема формирования токовой трубки в ионосфере связана с проблемой создания плазменного контактора [2].

Наиболее перспективной является конфигурация, в которой полые катоды, расположены на каждом из концов ЭДТС, генерируют образования проводящей плазмы. Плазменные образования обеспечивают возможность замыкания тросового тока в любом направлении, что позволяет системе функционировать как генератору или как двигателю [3].

Главная цель исследований по плазменным контакторам состоит в том, чтобы выяснить, насколько большое токовое усиление можно получить при заданном уровне мощности. Если окажется, что на уровнях мощности, представляющих интерес максимальное токовое усиление близко к единице, то нет никакого смысла использовать плазменные контакторы для собирания электронного тока. В сущности, наилучший плазменный контактор ничем не лучше, чем обычный ионный пучок. Если, с другой стороны, окажется возможным получить токовое

усиление хотя бы в несколько раз больше единицы на нужных уровнях мощности, то плазменные контакторы будут полезны для собирания тока. Использование различных моделей токопереноса в плазменном облаке приводит к различным оценкам коэффициента усиления тока.

2. Решение проблемы

Импеданс и токовое усиление зависят от величины тока. При малых токах возможно большое усиление и низкий импеданс, но мощность, которую может развивать привязная КТС, мала. При большом токе значительное усиление возможно только при низком импедансе (большом сопротивлении цепи), что не позволяет получить большую мощность. Низкий импеданс и высокая мощность возможны только при малом усилении.

Исследования характеристик плазменного контактора, приведенные в НИИ ПМЭ МАИ [4], показывают, что коэффициент усиления, определяемый как отношение электронного тока к току ионов, уменьшается с увеличением тока ионов и плотности генерируемой плазмы. Поэтому, начиная с некоторых критических значений полного тока, он не увеличивается с ростом энергонапряженности полого катода. При работе плазменного контактора на основе полого катода нецелесообразно стремиться к созданию полого катода с высокими характеристиками по току и мощности.

Целесообразна схема плазменного контактора, построенная с использованием нескольких инжекторов плазмы на основе полого катода. Технические требования к такому контактору должны предусматривать разнесение инжекторов в пространстве таким образом, чтобы плазменные конфигурации от каждого перекрывались только на границе с фоновой плазмой.

Режим работы единичного плазменного контактора должен быть слаботочным. Требуемый ток (1 – 5А), характерный для большинства рассматри-

ваемых вариантов ЭТДС, будет обеспечен несколькими контакторами (например-10) с уровнем тока (0,1-0,5А).

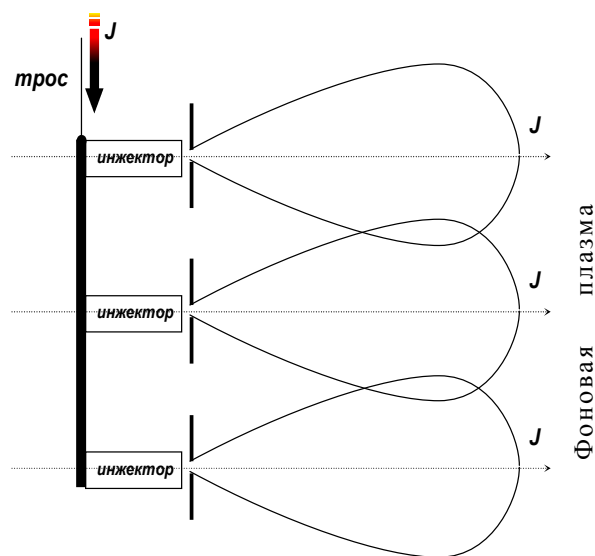


Рис. 1 Схема плазменного контактора, построенная на основе нескольких инжекторов плазмы

Обеспечение работоспособности многокатодного контактора связано с рядом проблем.

Первая проблема - параллельная работа нескольких полых катодов на общий анод. При экспериментальных исследованиях камеры ионизации плазменного ионного двигателя с восьмикатодным узлом в Днепропетровском национальном университете [5] впервые была обеспечена одновременная параллельная работе всех восьми катодов на общий анод. Сформулировано условие реализации данного эффекта. Оно заключается в том, что суммарный предельный ток эмиссии катодов должен быть меньше либо равен току разряда. Если разрядный ток меньше, то он будет обеспечен минимальным количеством работающих единичных катодов суммарный ток эмиссии, которых равен разрядному.

Вторая проблема связана с работой полого катода при малых токах. Существует граничное значение давления при котором возможно существование плазмы в полости катода. При меньших давлениях эффект "полого катода" не реализуется. Граничному значению давления соответствует гра-

ничное минимальное значение тока эмиссии полого катода. Для полых газовых катодов с протоком рабочего тела его значение составляет 0,3-0,5А. Таким образом реализовать требуемый слаботочный ($< 0,3A$) режим работы единичного плазменного контактора в традиционной схеме построения полого катода невозможно.

Требуемый многокатодный плазменный контактор может быть построен на базе новой схемы полого плазменного катода с внутренним вспомогательным разрядом [6]. Единичный катод с внутренним разрядом работоспособен при токах от $10^3 A$, что удовлетворяет требованию минимальных граничных значений эмиссионного тока единичного контактора. Наличие плазмы в полости независимо от внешних условий также положительно скажется на параллельной работе всех единичных контакторов на общий анод.

Таким образом, предлагаемая схема построения многокатодного плазменного контактора на базе катода с внутренним разрядом является перспективной. Для ее эффективной реализации необходимо решить ряд вопросов:

- выбор параметров единичного контактора;
- выбор расстояния между контакторами;
- разработка модели плазменного облака многокатодного контактора;
- экспериментальная отработка режимов работы многокатодного контактора на общий анод
- разработка рекомендаций по проектированию многокатодного контактора.

Заключение

В заключение можно сформулировать следующие выводы:

1. При работе плазменного контактора на основе полого катода нецелесообразно стремиться к созданию полого катода с высокими характеристиками по току и мощности.

2. Целесообразна схема плазменного контактора, построенная с использованием нескольких инжекторов плазмы на основе полого катода. Режим работы единичного плазменного контактора должен быть слаботочным.

3. Требуемый многокатодный плазменный контактор может быть построен на базе новой схемы полого плазменного катода с внутренним вспомогательным разрядом.

Литература

1. Паркс Д.Э., Катц И. Теория замыкания для электродинамических систем с привязным спутником // *Аэрокосмическая техника*. – 1988. – № 1. – С. 45-51.
2. Гастингс Д.Е. Теория плазменных замыкателей, предназначенных для использования в ионосфере // *Аэрокосмическая техника*. – 1988. – № 1. – С. 52-64.
3. Джервер М.Д., Гастингс Д.Е. Теория плазменных замыкателей для условий наземных экспериментов и низких околоземных орбит // *Аэрокосмическая техника*. – 1991. – № 6. – С. 102-109.
4. Еремин С.М. Импеданс электрического вибратора в анизотропной плазме // *Радиотехника и электроника*. – 1988. – Т. 33, № 9. – С. 1852-1861.
5. Серегин С.М., Хитько А.В. Исследование работы разрядной камеры источника ионов с многокатодным узлом // *Проблемы высокотемпературной техники*. – 1984. – С.155-160.
6. Хитько А.В. Двухступенчатый полый катод // *Современные проблемы ДЛА: Тр. 3 Всесоюз. науч.-техн. конф.* – М.:МАИ, 1986. – С. 618-620.

Поступила в редакцию 1.06.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Сичевой А.В. Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск.