

УДК 621.455

## КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ ПЛАТФОРМЫ ЭЛЕКТРОННОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**В. И. РАСКИН**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Проведен анализ электронного ракетного двигателя. Представлена разработка и создание конструкции схемы модуля платформы электронного ракетного двигателя. В работе будет рассматриваться электронный ионный ракетный двигатель. Произведен расчет тяги построенной установки.

В статье описана конструкция модуля двигательной установки электронного ракетного двигателя (ЭРД). В основу установки войдет схема качера Бройера [1-4]. Схема позволяет получить высокие напряжения, сильное электрическое и магнитное поле. Комплекс подобных параметров дает возможность создать на базе одной принципиальной схемы всю структуру ЭРД и уже получать тягу и проводить эксперименты и наблюдения с конструкцией.

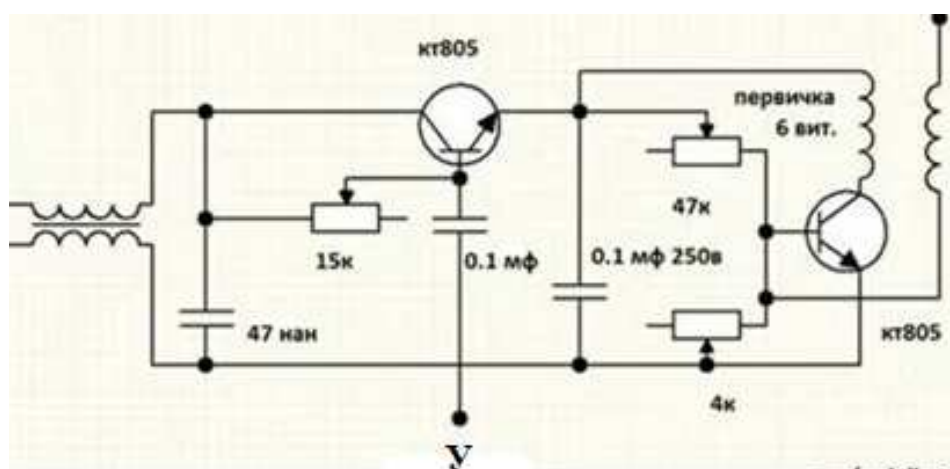


Рисунок 1. – Принципиальная схема качера Бройера

Качер Бровина является вариантом генератора электромагнитных колебаний, но в нашей схеме поле будет играть проводником и генератором плазменных импульсов. Схема преобразует электрическую энергию в поле с КПД  $90\% \pm 5\%$  и имеет хорошую стабильность и надежность работы. На вход “У” будет поступать пачка импульсов для дополнительной настройки и управления схемой. Т. к это будет стенд, то и питание будет производиться от сети 230В. Этот модуль создается для изучения, доработки и улучшения ионного двигателя, поэтому питание сети будет конвертироваться в питание 35 В и ограничение входного тока до 3А, для недопущения возгорания (в случае поломки или ошибки в схеме) и излишней мощности стенда.

В схеме будет использоваться:

- транзисторы КТ854А;
- переменный резистор на 10 Ком;
- резисторы на 10 Ком;
- резистор на 100 Ом;
- фильтрующие конденсаторы на 1000мкФ;
- трансформатор, имеющий 5 витков первичной обмотки, 13000 вторичной обмотки.

Для правильной работы схемы следует, что катушка работает в режиме в резонанса, который зависит от числа витков, паразитной емкости и размера катушки. Поэтому при подборе «раскачивающего» транзистора следует учитывать резонансную частоту катушки и частоту на которой способен нормально работать транзистор. Чем больше количество витков, тем больше коэффициент трансформации и, собственно, выше напряжение на выходе. В зависимости от напряжения и тока в катушке [6-9] образуется разное электромагнитное поле и плазменные разряды. Чем больше количество витков, тем больше сопротивление катушки и меньше протекающий ток, следовательно и мощность требуемая для вход подобной катушки также выше. Коэффициент трансформации равен отношению количества витков вторичной к количеству витков первичной обмотки, коэффициент подобран таким образом, чтобы количе-

ство витков первичной обмотки было минимально и при этом витки первичной обмотки создавали допустимое сопротивление и ограничивали протекающий ток. Первичная и вторичная обмотки намотаны в одну сторону.

Резонансная частота катушки рассчитывается по формуле:

$$F = 1 / \sqrt{2\pi \sqrt{L \times C}} \quad (1)$$

Собственная емкость катушки была найдена по формуле:

$$C = k \times D, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, характеризующий фром-фактор катушки ( $I/L$ ).

Получившаяся резонансная частота катушки находится в районе 0,9 МГц. Протекающий ток ограничен до 3А.

Катод вторичной установки представляет собой иглу, на которой будет находиться вращающийся стрежень, заостренный на перпендикулярных концах. Так как на концах выходного катода наибольшая напряженность поля и, соответственно, ионизация газа.

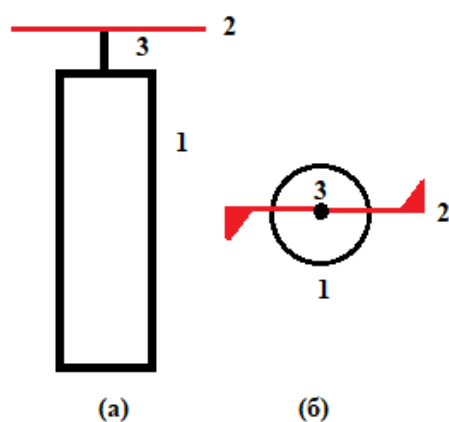


Рисунок 2. – Конструкция экспериментальной установки

1 – катушка, 2 – стержень (пластинка с направляющими и заостренными концами), 3 – ось (игла).

На подобной конструкции возможно рассчитать тягу, создаваемую конструкцией модуля ЭРД схемой. В ходе ионизации рабочего тела (окружающего воздуха) создается тяга, за счет плазменных разрядов на заостренных концах стержня – 2. Образующаяся тяга создает момент, которому сопротивляется целый комплекс моментов сопротивлений. Тяга заставляет вращаться стержень вокруг своей оси. По вращению можно определить такие параметры как:

- $a$  (ускорение);
- $T$  (период или время одного полного оборота);
- $w$  (угловая скорость) =  $2\pi N / T$ ;
- $\varepsilon$  (угловое ускорение) =  $dw / dt$ ;
- $N$  (количество оборотов за определенный промежуток времени).

При этом начальные данные:

Длина стержня  $R = 2.5$  см (0.0025 м);

Масса стержня  $m = 0.13$  грамм.



Рисунок 3. – Угловая тяга

Так как стержень имеет не равномерную форму и кривизну, то образующаяся тяга получается под некоторым углом от нормали. Основная система уравнений для анализа и расчета:

$$M = I \times \varepsilon, \quad (3)$$

$$F = M/R,$$

где  $M$  – момент,  $I$  – момент инерции,  $F$  – сила тяги(Н) по нормали,  $\varepsilon$  - угловое ускорение.

Так как направление тяги под углом в  $(30^\circ)$ , то сила тяги по нормали:  $F = F_T \times \cos 30^\circ$

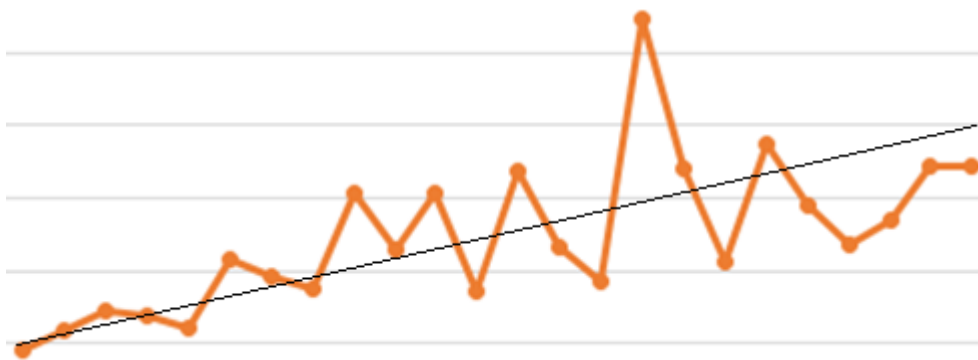


Рисунок 4. – График зависимости углового ускорения от времени

Четко видно постепенно возрастающее ускорение, несмотря на относительно высокую погрешность измерения периода оборота. Пики же характерны из-за наличия окружающей среды и малой массы стержня, что в совокупности вносит в график некоторую хаотичность.

Зная все параметры и зависимости, получаем уравнение определяющее силу тяги:

$$(F_T = \frac{\Delta \varepsilon \times m \times R}{3 \times \cos 30^\circ}) \quad (4)$$

Тогда  $F_T = 2,563 \times 10^{-5}$  Н = 25,63 мг силы.

В результате проделанной работы выполнена экспериментальная установка, позволяющая измерять тягу и влияние на ее изменения рабочего напряжения, тока, плотности поступающего воздуха и типа газа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Жаринов, Ю. С. Попов, «Об ускорении плазмы замкнутым холловским током», ЖТФ, 1967, Т.37, вып.2.
2. Плазменные ускорители и ионные инжекторы / Морозов А.И. — М.: Наука, 1984.
3. Форрестер, Т. А. Интенсивные ионные пучки. — М.: Мир, 1992.
4. Морозов А.И. Физические основы космических электроактивных двигателей. — М.: Атомиздат, 1978.
5. [Плазменно-ионный ускоритель](http://plasmaport.com/?page_id=14569/). веб-портал Plasmaport.[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [http://plasmaport.com/?page\\_id=14569/](http://plasmaport.com/?page_id=14569/)
6. Евгений Золотов. [Небесный тихоход](https://web.archive.org/web/20150220174119/http://old.computerra.ru/think/sentinel/36548/) .[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20150220174119/http://old.computerra.ru/think/sentinel/36548/>
7. 1988-086: INTEGRATED FUSION PROPULSION PLANTS FOR AEROSPACE PLANES AND SPACE VEHICLES; Alex Farkas, Mechanical Engineer, Westinghouse Electric Corporation, Sunnyvale, California, U.S.A.
8. 1988-100: NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF A PROPAGATING MICRO-WAVE – HEATED PLASMA; Juergen Mueller and Michael M. Micci, Department of Aerospace Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA
9. [BepiColombo overview](http://www.esa.int/science/bepicolombo). ESA (19 ноября 2014) .[Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.esa.int/science/bepicolombo>