

Таким образом, по предлагаемой модели получения электроэнергии, осуществляют двухполупериодное преобразование энергии электронного пучка  $Z$  в электрическую мощность конвекционных токов, токов смещения, токов проводимости, трансформируемую на рабочей частоте  $\omega_p$  в сеть потребителей электроэнергии (бортовую сеть космического аппарата) [3]. Применение индукционного и емкостного преобразования совместно с преобразованием энергии электронного пучка  $Z$  в токи проводимости, используемого в прототипе, существенно повышает коэффициент использования энергии (мощности) электронного пучка  $Z$ , увеличивая количество получаемой электроэнергии и, соответственно возрастает КПД предлагаемой электроэнергетической технологии. Данная модель и средства защищены патентом РФ [3].

#### Библиографические ссылки

1. Принципы построения электроэнергетических и электродинамических технологий космических аппаратов : монография / И. В. Трифанов, Б. Н. Казьмин, Д. Р. Рыжов, И. И. Хоменко ; под общ. ред. И. В. Трифанова / Сиб. гос. аэрокосмический ун-т. Красноярск, 2015. 182 с.
2. Пат. 2567896 Российская Федерация, МПК F03H 1/00. Способ создания электрореактивной тяги /

Казьмин Б. Н., Трифанов И. В., Оборина Л. И., Рыжов Д. Р., Дубова Е. Д. № 2013125958/06 ; заявл. 05.06.2013 , опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. 5 с.

3. Пат. 2578207 Российская Федерация, МПК H02N 3/00 (20006.01). Способ получения электроэнергии / Казьмин Б. Н., Колмыков В. А., Трифанов И. В., Рыжов Д. Р., Оборина Л. И. № 2014109507/07 ; заявл. 12.03.2014, опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. 6 с.

#### References

1. Trifanov I. V., Kaz'min B. N., Ryzhov D. R., Khomenko I. I. *Printsipy postroeniya elektroenergeticheskikh i elektrodinamicheskikh tekhnologiy kosmicheskikh apparatov* [Principles of electric and electro-spacecraft technologies]. Krasnoyarsk, 2015. 182 p.
2. Kaz'min B. N., Trifanov I. V., Oborina L. I., Ryzhov D. R., Dubova E. D. *Sposob sozdaniya elektreaktivnoy tyagi* [The process of creating electro jet thrust]. Patent RF, no 2567896, 2015.
3. Kaz'min B. N., Kolmykov V. A., Trifanov I. V., Ryzhov D. R., Oborina L. I. *Sposob polucheniya elektroenergii* [The method of producing electricity]. Patent RF, no 2578207, 2016.

© Казьмин Б. Н., Рыжов Д. Р., Трифанов И. В., 2016

УДК 621.3(075.3)

### МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Б. Н. Казьмин, И. В. Трифанов

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: sibgau-uks@mail.ru

*Показана модель получения электронных пучков и рекуперации их энергии в электроэнергию, позволяющая построить высокоэффективную электроэнергетическую технологию на энергетике электронных пучков.*

*Ключевые слова: ионизация рабочей среды, поток низкотемпературной плазмы, формирование электронных пучков, конвекционные токи, токи проводимости, токи смещения электронных пучков; электрическая мощность.*

### MODEL OF ENERGY CONVERSION OF ELECTRON BEAMS INTO ELECTRICITY

B. N. Kaz'min, I. V. Trifanov

Reshetnev Siberian State Aerospace University  
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: sibgau-uks@mail.ru

*The article presents a model of obtaining electron beams and recuperation of their energy into electricity, allowing to build highly efficient power technology based on energy of electron beams.*

*Keywords: ionization of the working medium, the flow of low-temperature plasma, electron beams formation, convection currents, conduction currents, the bias currents of the electron beams; electric power.*

Электронные пучки, формируемые с помощью электронных пушек из низкотемпературной плазмы [1], можно представить в виде кантово-вол-

новых процессов, описываемых с помощью четырехмерного уравнения Шредингера [2] и электромагнитных процессов электронного пучка, пред-

ставляемых в виде уравнений Максвелла–Лоренца [3]:

$$j\hbar\partial\psi/\partial t = -\hbar^2/2m_i(\partial^2\psi/\partial x^2 + \partial^2\psi/\partial y^2 + \partial^2\psi/\partial z^2). \quad (1)$$

Решение этого уравнения показывает спектр колебаний четырехмерной волновой функции Шредингера:

$$\begin{aligned} \psi_{x,y,z,t} &= \exp(j/\hbar)(\mathbf{P}_x \cdot \mathbf{x} + \mathbf{P}_y \cdot \mathbf{y} + \mathbf{P}_z \cdot \mathbf{z} - \varepsilon t): \\ \psi_{x,y,z,t} &= C_1 \varepsilon_1 \exp j(\mathbf{K}_{1x,y,z} \cdot \lambda_{1x,y,z} - \omega_1 t) + \\ &+ C_2 \varepsilon_2 \exp j(\mathbf{K}_{2x,y,z} \cdot \lambda_{2x,y,z} - \omega_2 t) + \dots, \end{aligned} \quad (2)$$

здесь  $C_1$  и  $C_2$  – вероятности энергетического уровня частицы;  $\varepsilon_{1,2} = \hbar\omega_{1,2} = \hbar f_{1,2} = m_i v_{1,2}^2 / 2 = eU_{\text{уп}}$  – энергетический уровень частицы, получаемый в ускоряющем поле анода  $U_a$  электронной пушки, а также за счет сил Кулона и Лоренца в электронном пучке. Электроны в электронном пучке получают одинаковый ускоряющий потенциал  $U_{\text{уп}}$ , поэтому их энергетический уровень в первом приближении можно считать одинаковым;  $m_i$  – масса частицы;  $\mathbf{P}_{x,y,z} = m_i \mathbf{v}_{x,y,z}$  – импульс частицы, вектор скорости и их проекции на оси;  $\mathbf{K}_{x,y,z} = 2\pi/\lambda_{x,y,z} = \omega/\mathbf{v}_{x,y,z} = \mathbf{P}_{x,y,z}/\hbar$  – волновой коэффициент и длина волны соответственно;  $h = 2\pi\hbar$  – постоянная Планка.

$$\begin{aligned} \text{rot}\mathbf{H} &= \mathbf{J}_{\text{пр}} + \mathbf{J}_K + \mathbf{J}_{\text{см}} = \mathbf{E}\gamma + \rho\mathbf{v} + \varepsilon\partial\mathbf{E}/\partial t; \\ \text{rot}\mathbf{E} &= -\mu\partial\mathbf{H}/\partial t, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\mathbf{H}$  – вектор напряженности магнитного поля;  $\mathbf{E}$  – вектор напряженности электрического поля;  $\mathbf{J}_{\text{пр}} = \mathbf{E}\gamma$  – вектор плотности тока проводимости;  $\gamma$  – удельная электропроводимость электронного пучка, переходящего в электрическую цепь;  $\mathbf{J}_K = \rho\mathbf{v}$  – вектор плотности конвекционного тока;  $\rho$  – объемная плотность зарядов в электронном пучке;  $\mathbf{v}$  – вектор скорости зарядов в электронном пучке;  $\mathbf{J}_{\text{см}} = \varepsilon\partial\mathbf{E}/\partial t = \omega_p \varepsilon \mathbf{E}$  – вектор плотности токов смещения;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость;  $\mu$  – магнитная проницаемость среды электронного пучка.

Обычно энергию электронных пучков, представляющих собой низкотемпературную плазму [1], преобразуют в электроэнергию с помощью одного преобразования, например, способ производства энергии [4], заключающийся в том, что электрической дугой ионизируют рабочее вещество, с помощью электронной пушки получают электронные пучки и преобразуют их энергию по двухполупериодной схеме в электроэнергию в виде тока проводимости, идущего по первичной цепи силового трансформатора – преобразователя, трансформирующего электроэнергию в сеть потребителей рабочей частоты  $\omega_p$  (в бортовую сеть космического аппарата).

Поэтому в электроэнергию можно также преобразовать конвекционные токи и токи смещения электронных пучков.

Это существенно увеличит количество получаемой электроэнергии и повысит КПД предлагаемой электроэнергетической технологии.

Задачей предлагаемой модели рекуперации энергии электронных пучков в электроэнергию является увеличение количества получаемой электроэнергии и повышение КПД электроэнергетической технологии [5].

Функциональная схема устройства, с помощью которого может быть реализована данная модель рекуперации токов пучков в электроэнергию, представлена в работе [5].

Данная модель рекуперации на основе квантово-волновой модели процессов плазменно-электронной электроэнергетической технологии дает возможность существенно повысить энергетическую эффективность, радиус действия, дальность радиосвязи, надежность и другие технико-энергетические параметры [6] космического аппарата.

### Библиографические ссылки

1. Энциклопедия низкотемпературной плазмы : в 4 т. / под ред. В. Е. Фортова. М. : Наука, 2000.
2. Большой энциклопедический словарь. Физика. М. : Большая российская энциклопедия, 1998.
3. Шимони К. Теоретическая электротехника. М. : Мир, 1964. 772 с.
4. Пат. № 2262793 Российская Федерация, МПК Н02N3/00. Способ производства энергии / Б. Н. Казьмин. № 2002134362/15 ; заявл. 19.12.2002 ; опубл. 20.10.2005, Бюл. № 29.
5. Пат. 2578207 Российская Федерация, МПК Н02N 3/00 (2006.01). Способ получения электроэнергии / Казьмин Б. Н., Колмыков В. А., Трифанов И. В., Рязов Д. Р., Оборина Л. И. № 2014109507/07 ; заявл. 12.03.2014 , опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. 6 с.
6. Принципы построения электроэнергетических и электродинамических технологий космических аппаратов: монография / И. В. Трифанов, Б. Н. Казьмин, Д. Р. Рязов, И. И. Хоменко ; под общ. ред. И. В. Трифанова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2015. 182 с.

### References

1. Pod red. V. E. Fortova. *Entsiklopediya nizkotemperaturnoy plazmy* [Encyclopedia of low temperature plasma]. Moscow : Nauka publ., 2000.
2. *Bol'shoy entsiklopedicheskiy slovar', fizika* [Large encyclopedic dictionary, physics]. Moscow : Bol'shaya rossiyanskaya entsiklopediya, 1998.
3. Shimoni K. *Teoreticheskaya elektrotehnika* [Theoretical electrical engineering]. M. : Mir, 1964. 772 p.
4. Kaz'min B. N. *Sposob proizvodstva energii* [Method of energy production]. Patent RF, no 2262793, 2005.
5. Kaz'min B. N., Kolmykov V. A., Trifanov I. V., Ryzhov D. R., Oborina L. I. *Sposob polucheniya elektroenergii* [The method of producing electricity]. Patent RF, no 2578207, 2016.
6. Trifanov I. V., Kaz'min B. N., Ryzhov D. R., Khomenko I. I. *Printsipy postroeniya elektroenergeticheskikh i elektrodinamicheskikh tekhnologiy kosmicheskikh apparatov* [Principles of electric and electro-spacecraft technologies]. Krasnoyarsk, 2015. 182 p.

© Казьмин Б. Н., Трифанов И. В., 2016