

К РАСЧЕТУ ВЕТРОВОГО ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD–2028, Республика Молдова
*Аграрный Государственный университет РМ,
ул. Мирчеишь, г. Кишинев, MD–2049, Республика Молдова*

Работа электрогазодинамического (ЭГД) генератора основана на вынужденной прокачке заряженной жидкой среды и получении на этом принципе электроконвективного тока – $\rho \vec{v}$ [1, 2]. Незначительный к.п.д. таких генераторов из-за больших энергетических затрат на прокачку жидкости продолжает быть существенным тормозом на пути широкого их внедрения.

Однако положение меняется, когда прокачка среды осуществляется за счет естественных природных сил в первую очередь, за счет ветра. Здесь, очевидно, вопрос о к.п.д. не играет первостепенную роль, энергетические затраты на прокачку при высокой рентабельности генератора выпадают из рассмотрения.

Принципиальная возможность создания ветрового ЭГД–генератора рассматривалась в [3]. Однако здесь имеются трудности другого характера, связанные с тем, что эффективность такого генератора на чистом воздухе, ионизированном, например, за счет коронного разряда, мала из-за большой подвижности ионов воздуха, а следовательно, малой их “парусности” [3]. Поэтому ветровые ЭГД – генераторы эффективны, когда носителями заряда являются аэрозольные частицы, вследствие чего возникают новые трудности, связанные с получением таких аэрозолей. В результате, казалось бы, столь перспективные идеи не получили своего развития даже в части первоначальных расчетов принципиального характера.

Будучи убежденными в перспективности ветровой ЭГД энергетики как в научном, так и практическом аспектах, нами были рассмотрены [4] и проанализированы некоторые физические вопросы по ветровому ЭГД – генерированию электроэнергии.

В данной работе приводится расчет ветрового ЭГД генератора в упрощенном варианте с целью последующего создания экспериментальной базы для исследования затронутых вопросов.

Схема ЭГД–генератора представлена на рис. 1 и включает эмиттер заряженных коллоидных частиц 1, коллектор заряда 2; источник питания высокого напряжения для создания коронного разряда и зарядки частиц 3; систему регулирования 4; нагрузку 5.

Работа генератора описывается следующей системой уравнений:

$$I = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{dE}{dx} (\nu - aE) \cdot S, \quad (1)$$

$$E = -\frac{d\varphi}{dx}, \quad (2)$$

$$\varphi|_{x=0} = \varphi_0; \quad \varphi|_{x=L} = 0. \quad (3)$$

В рассматриваемом упрощенном варианте решения системы (1) – (3) в уравнении (1) пренебрегаем в скобках вторым слагаемым по сравнению с первым. Такое приближение можно оправдать, исходя из оценочных соображений, полагая $\nu \sim 1$ м/с, подвижность аэрозольных частиц

$a \sim 10^{-9} \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ [5] при напряженностях поля $E \leq E_{\text{пр}} = 3 \cdot 10^6 \text{ В/ч}$, где $E_{\text{пр}}$ – пробивная прочность воздуха. В результате получим $aE/v \sim 10^{-3} \ll 1$.

С учетом сказанного решение системы (1) – (3) будет иметь вид

$$\varphi(x) = \left(\varphi_0 + \frac{I \cdot Lx}{2\varepsilon_0 \varepsilon G} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), \quad (4)$$

$$E(x) = \frac{\varphi_0}{L} - \frac{I \cdot L}{2\varepsilon_0 \varepsilon G} \left(1 - \frac{2x}{L} \right), \quad (5)$$

где введено обозначение для расхода среды $G = v \cdot S$.

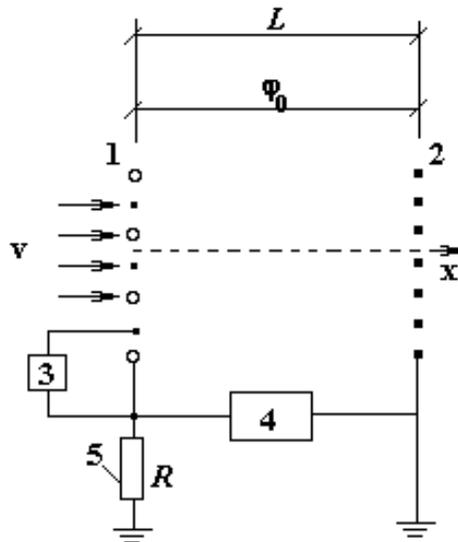


Рис.1. Схема ЭГД-генератора

Можно также найти плотность объемных зарядов $\rho = \varepsilon_0 \varepsilon E'$:

$$\rho = \frac{I}{G} - \quad (6)$$

очевидный результат, который показывает, что знак тока I совпадает со знаком ρ , то есть со знаком короны. Считая, например, корону положительной, устанавливаем, что в (4) и (5) $I > 0$.

Из (4) следует, что распределение потенциала вдоль ЭГД-канала параболично, причем напряжение, развиваемое генератором $\varphi(0) - \varphi(L) = \varphi(0) = \varphi_0$, однако следует иметь в виду, что это не потенциал коронирующего электрода (при $\rho > 0$ – положительный), а его противозлектрода (см. рис.1 – кружки на эмиттере). Таким образом, при положительной короне $\varphi_0 < 0$, и наоборот.

Зависимость (5) для $E(x)$ при положительной короне будет иметь вид, представленный на рис. 2.

Ввиду того, что в межэлектродном пространстве напряженность электрического поля отрицательна, поток положительных зарядов будет тормозиться и, действительно, их движение будет осуществляться за счет сторонних сил – сил ветра, что объясняет физическую суть ЭГД – генерирования, то есть ЭГД ЭДС.

Если же корона отрицательна, то, как уже отмечено, $I < 0$, но $\varphi_0 > 0$, и график $E(x)$ является зеркальным отображением нижней части рис. 2.

Найдем мощность ЭГД-генератора, выразив силу тока через напряженность эмиттера E_3 . Для этого из (5) найдем (полагая $\rho > 0$)

$$E_3 = -\frac{U}{L} - \frac{I \cdot L}{2\varepsilon_0 \varepsilon G}; E_k = -\frac{U}{L} + \frac{I \cdot L}{2\varepsilon_0 \varepsilon G}, \quad (7)$$

где $U \equiv -\varphi_0 > 0$.

$$U_{\infty} = 2B = L \cdot |E_3|. \quad (14)$$

Таким образом, найдены основные характеристики ветрового ЭГД–генератора. Установлены существование оптимального режима работы ЭГД–генератора и количественные критерии этого режима в виде равенств (12).

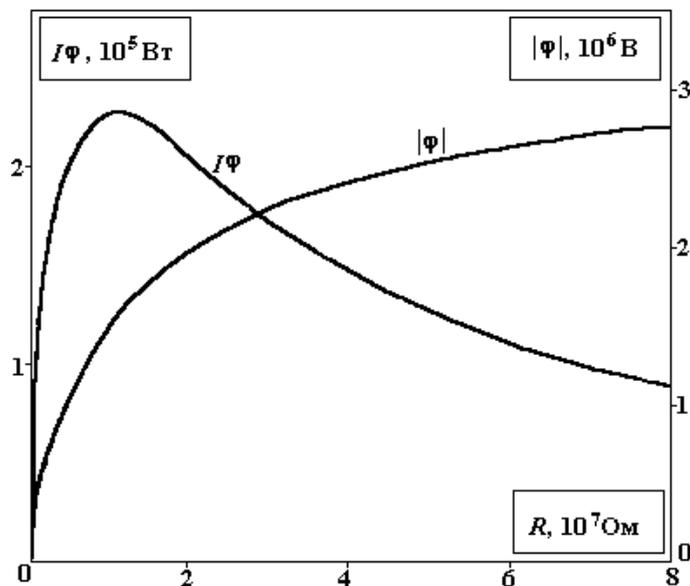


Рис.3. Зависимость мощности $I\phi$ и напряжения ϕ ЭГД генератора от сопротивления нагрузки R при $\varepsilon_0\varepsilon = 10^{-11} \text{ Ф/м}$; $\nu = 5 \text{ м/с}$; $S = 10^3 \text{ м}^2$; $E_3 = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$; $L = 1 \text{ м}$;

На основе приведенного расчета можно перейти к техническому проектированию и созданию действующей модели ветрового ЭГД–генератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубашов И.Б., Бортников Ю.С. Электрогазодинамика. М., 1971.
2. Мелчер Дж. Электрогидродинамика // Магнитная гидродинамика. № 2. 1974. С. 3–30.
3. Ветроэнергетика / Под ред. Д. Де Рензо: Пер. с англ. / Под ред. Я.И. Шефтера. М., 1982.
4. Кожухарь И.А., Болога М.К. Ветровой электрогидродинамический генератор // Электронная обработка материалов. 2002. № 5. С. 67 – 69.
5. Верещагин И.П., Левитон В.И., Мирзабемян Г.З., Пашин М.М. Основы электрогазодинамики дисперсных систем. М., 1974.

Поступила 25.02.03

Summary

Calculation of the wind EHD generator is presented. Theoretical dependencies of current, voltage and power on resistance of load, wind velocity and other parameters of the generator are given. Conditions of optimal generator mode at which the output power achieves its maximum value are found.