

ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ВЕТРОВОЙ ГЕНЕРАТОР

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

В последние годы всевозрастающее внимание исследователей обращено к проблеме возобновляемых источников энергии, в частности – ветровой [1]. Настоящая работа посвящена электрогидродинамическому (ЭГД) способу преобразования энергии ветра в электрическую.

Преимущества такого способа перед традиционными (колесными) состоят в том, что мощность развивается при всех скоростях ветра; вырабатываемая энергия – постоянного тока, что делает ее более выгодной для передачи на расстояние; возможно использование установок больших размеров, что делает их более рентабельными и др.

Известные устройства ЭГД–генераторов [2], в том числе и ветровых, имеют следующий недостаток: коллектор обычно представляет собой решетку, усложняющую конструкцию и оказывающую препятствие ветровому потоку, что уменьшает его кинетическую энергию; часть заряженных частиц аэрозоля не попадает на коллектор и бесполезно теряется. Все это снижает коэффициент использования энергии ветра. Коллектор в известных устройствах обычно находится под высоким напряжением и должен отвечать следующим противоречивым требованиям: с одной стороны – задерживать частицы аэрозоля, то есть быть выполненным, в частности, в виде густой решетки; с другой стороны – не оказывать препятствия потоку ветра, то есть в идеале отсутствовать в потоке ветра.

Нами рассматривается устройство ветрового ЭГД–генератора, в котором генератор заряженного аэрозоля изолирован от земли, а коллектором служит земля.

Установление генератора аэрозоля на изоляторе позволяет повышать его электрический потенциал относительно потенциала земли, а землю – использовать в качестве коллектора, что исключает необходимость в специальном сооружении последнего и упрощает конструкцию, а вместе с тем устраняет препятствие потоку ветра. Бесполезная утечка заряда при этом исключается, так как все частицы аэрозоля рано или поздно попадают на землю, то есть на коллектор. Все это увеличивает коэффициент использования энергии ветра.

Устройство работает следующим образом.

При наличии ветра заряженные частицы аэрозоля уносятся от генератора, повышая его потенциал относительно потенциала земли. Под действием силы тяжести частицы аэрозоля оседают на землю, отдавая ей свой заряд. Таким образом между генератором аэрозоля и землей получается высокая разность потенциалов, а при подключении их к нагрузке – и ток.

На рисунке изображена расчетная схема ЭГД–генератора.

Мощность, получаемая с единичного поперечного сечения ветрового потока генератора, определяется произведением плотности тока j на разность потенциалов между эмиттером и коллектором φ

$$P = j \cdot \varphi \quad (1)$$

с одной стороны, и динамической мощностью ветрового потока $\gamma v^3/2$ с учетом коэффициента использования энергии ветра ξ , с другой:

$$P = \frac{\gamma v^3}{2} \xi, \quad (2)$$

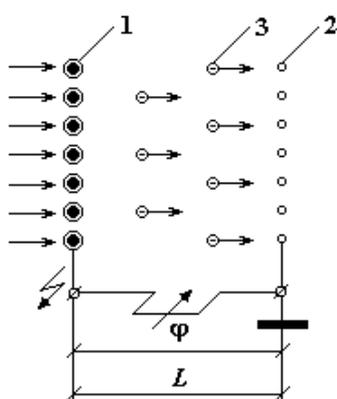
где γ – плотность воздуха; v – скорость ветра.

Плотность тока в генераторе определяется формулой

$$j = \rho(v - aE) = \varepsilon_0 \varepsilon E_3 \frac{v - aE_3}{L}, \quad (3)$$

где ρ – плотность заряда, определена формулой

$$\rho = n \cdot q, \quad (4)$$



Расчетная схема ЭГД – генератора.

1 – эмиттер; 2 – коллектор; 3 – частица аэрозоля; φ – разность потенциалов; L – межэлектродное расстояние. Стрелками показано направление ветра и частиц аэрозоля.

n – концентрация частиц аэрозоля; q – заряд частицы; a – подвижность носителей заряда (частиц аэрозоля); E – напряженность электрического поля; $\epsilon_0 \epsilon$ – диэлектрическая проницаемость воздуха; E_0 – напряженность поля на эмиттере.

Из (1) с учетом (2) – (4) находим

$$\varphi = \frac{\gamma v^3}{2} \frac{L}{\epsilon_0 \epsilon E_0 (v - a E_0)} \xi. \quad (5)$$

Расход частиц аэрозоля с учетом (3) и (4) равен

$$G = j / q = \frac{\epsilon_0 \epsilon E_0 (v - a E_0)}{L \cdot q}. \quad (6)$$

Масса частицы m может составлять величину порядка [3] 10^{-15} кг, а ее заряд q , получаемый при коронном разряде, определяется согласно литературным данным [3, 4] формулой

$$q = \frac{R}{d} \cdot e, \quad (7)$$

где R – радиус частицы; d – эффективный диаметр иона; e – заряд электрона.

Расход воды, с учетом (6), равен

$$G_* = G \cdot m = \frac{\epsilon_0 \epsilon E_0 (v - a E_0) \cdot m}{L \cdot q}. \quad (8)$$

Рассчитаем коэффициент использования энергии ветра ξ как отношение полезной мощности генератора

$$P = \frac{\epsilon_0 \epsilon E_0^2}{2} (v - a E_0) \quad (9)$$

к мощности ветрового потока $\gamma v^3/2$:

$$\xi = \frac{\epsilon_0 \epsilon E_0^2 (v - a E_0)}{\gamma v^3}. \quad (10)$$

Тогда из (5) с учетом (9) имеем

$$\varphi = \frac{LE_3}{2}. \quad (11)$$

Как следует из (8), большие значения L позволяют обходиться незначительными (приемлемыми) расходами воды для получения аэрозоля.

Выполним некоторые оценки.

При $L = 100$ м; $F_3 = 2 \cdot 10^6$ В/м; $\varepsilon_0 \varepsilon = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $v = 5$ м/с; $a = 3 \cdot 10^{-9}$ м²/с·В; $\gamma = 1$ кг/м³; $m = 10^{-15}$ кг; $q = 10^{-17}$ Кл согласно (5), (10) и (8) имеем

$$\varphi = \frac{100 \cdot 10^6}{2} = 5 \cdot 10^7 \text{ В};$$

$$P = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{12} \cdot (5 - 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-4} \cdot 10^6)}{2} = \frac{4 \cdot 8,85 \cdot 5}{2} \approx 90 \text{ Вт/м}^2;$$

$$G_* = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-15}}{100 \cdot 10^{-17}} = 8,85 \cdot 10 \cdot 10^{-7} \approx 10^{-5} \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2;$$

или около 10^{-1} мл на 1 кВт электроэнергии.

Полученные результаты показывают, что существуют реальные перспективы практической разработки промышленных ветровых электрогидродинамических установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветроэнергетика / Под ред. Д. де Рензо / Пер. с англ. / Под ред. Я.И. Шефтера. М., 1982.
2. Рубашов И.Б., Бортников Ю.С. Электрогазодинамика. М., 1971.
3. Матвеев Л.М. Основы общей метеорологии (физика атмосферы). Л., 1965.
4. Лившиц М.В., Садовский Ф.М. Электронно-ионная очистка воздуха от пыли в промышленности строительных материалов. М., 1968. С. 176.

Поступила 07.05.2002

Summary

Method of EHD wind turbine calculation is proposed. Perspectives of its application in energetics are outlined.