

гальський Б.С., Кузьмінська С.А., Праховнік А.В., Денісенко М.А., Божко В.М. Ще раз про визначення економічно доцільних обсягів споживання реактивної енергії // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2005. – № 3. – С. 6–12. 4. НЕК “Укренерго”. Встановлена потужність компенсувальних установок та зміна рівня компенсації реактивної електроенергії за 1997–2003 рр., 15.11.2006// http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/printable_article?art_id=36012. 5. Рогальський Б.С. Методи поетапного розрахунку компенсації реактивної потужності в електричних мережах енергосистем і споживачів // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2001. – № 1. – С. 22–38.

УДК 621.31

М.В. Чашко

ГВУЗ “Донецкий национальный технический университет”

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

О Чашко М.В., 2009

Наведено технологію передачі електричної енергії, яка відрізняється тим, що носії електрики переміщуються в потоці рідини.

The technology of transfer of electric energy is submitted, which differs that carriers of an electricity move in a stream the jew of a bone.

Постановка проблеми. Работа посвящена способу передачи электрической энергии, который имеет место в живых организмах. Под термином “транспортирование электрической энергии” понимается передача электрической энергии неэлектрическим способом. Электрическая энергия обусловлена взаимным притяжением или отталкиванием электрических зарядов. Традиционная электрическая передача заключается в движении этих зарядов под действием электродвижущей силы. Транспортирование электроэнергии заключается в перемещении зарядов другими физическими процессами, в частности, перемещением среды, в которой эти заряды находятся.

Актуальность проблемы обусловлена возможностью на порядки повысить плотность передаваемой энергии и снизить потери при передаче.

Анализ последних достижений и публикаций. Как известно, традиционный способ передачи электроэнергии заключается в движении электронов по проводнику под действием электрического поля. Передвигаясь, электроны взаимодействуют с ионами кристаллической решетки, при этом рассеивается существенная часть энергии, сообщенной электрическим полем.

Известно [1], что для передачи электроэнергии в живых организмах используется перемещение в потоке жидкости ионов или перемещение молекул, содержащих заряды, подобно электрическому конденсатору.

Процессы жизнедеятельности живых организмов основаны на электричестве: энергия внешних источников – солнечная, окисления дыханием, получаемая с пищей, преобразуется в энергию разности электрических потенциалов, обусловленную разной концентрацией ионов по разные стороны мембраны клетки, или электрическим полем зарядов в молекуле.

Жизнедеятельность требует затрат энергии. В частности, нужно, чтобы энергия, произведенная в одном месте, могла быть использована в другом. Эту функцию в живом организме осуществляют специализированные молекулы, в частности, аденозин трифосфат (АТФ) и аденозин дифосфат (АДФ). Обе молекулы устроены так: группа из атомов углерода, водорода и азота присоединена к молекуле рибозы (это сахар), и все это вместе крепится к хвосту из фосфатов. В хвосте АДФ содержится два фосфата, а в хвосте АТФ – три. Когда в клетке происходит химический

процесс, например фотосинтез, образующаяся энергия идет на присоединение третьего фосфата к хвосту АДФ. Полученная молекула АТФ затем переносится в другие части клетки. Там запасенная энергия может быть использована в других химических процессах: она выделяется при отщеплении последнего фосфата от АТФ, в результате чего АТФ вновь превращается в АДФ.

Электропередача в живых организмах происходит не перемещением электрических зарядов в электропроводящей среде, как это принято в “человеческих” электропередачах. И происходит практически без потерь, в отличие от “человеческих”. Это обусловлено тем, что перемещение ионов происходит на расстояниях меньших длины свободного пробега, без сопротивления среды. А при передаче энергии на “большие” расстояния (существенно большие длины свободного пробега) молекула с энергией перемещается в потоке жидкости, так что сопротивление перемещению обусловлено трением жидкости о стенки канала перемещения, а не столкновением их с ионами кристаллической решетки.

Задача исследований – оценить энергетические характеристики передачи электрической энергии потоком жидкости, подобной передаче в живых организмах. .

Изложение основного материала. Параметрами, подлежащими определению, являются передаваемая мощность, потери мощности при передаче и их соотношение – эффективность передачи.

Рассматривается модель (рис. 1). Устройство содержит трубу, в которой содержится жидкость. В жидкости располагаются элементы, содержащие электрическую энергию – ионы или совокупности положительных и отрицательных зарядов (как в молекулах АТФ).

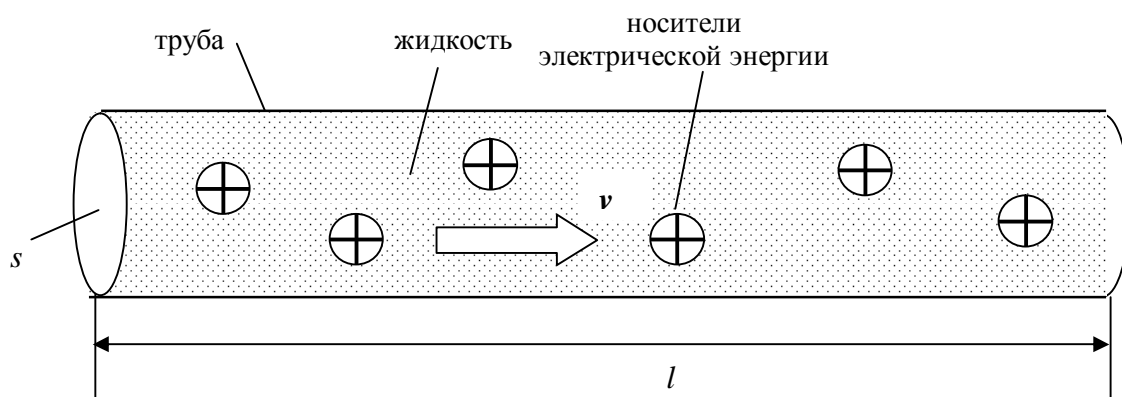


Рис. 1. Схема передачи электроэнергии

При передаче электроэнергии жидкость перемещается в трубе, вместе с ней перемещаются элементы, содержащие электрическую энергию. Количество передаваемой энергии и плотность мощности определяются концентрацией носителей энергии и скоростью жидкости, потери энергии определяются трением жидкости о стенки трубы. Предполагается, что течение ламинарное, а носители неподвижны относительно жидкости.

Ниже определены энергетические параметры описанной электропередачи.

Мощность передачи (электрическая энергия, передаваемая потоком жидкости в единицу времени), ВА,

$$D = svnw . \quad (1)$$

Здесь s – площадь трубы, m^2 ; v – скорость жидкости, m/c ; n – концентрация носителей энергии в жидкости, $1/m^3$; w – энергия одного носителя, Дж.

Плотность мощности (вектор Пойнтинга)

$$\dot{I} = D/s = vnw . \quad (2)$$

В живых организмах скорость жидкости (крови, лимфы) имеет диапазон $v = 0,001 \div 0,5$ м/с, концентрация ионов или АТФ $n \approx 10^{27} m^{-3}$, энергия иона или АТФ $w \gg 10^{-19}$ Дж, так что плотность мощности $\Pi = 10^5 \div 10^9$ ВА/м².

В электрической передаче плотность мощности

$$\dot{I} \dot{\psi} = Uj.$$

где U – напряжение, при котором передается электроэнергия, В; j – плотность тока в линии передачи, А/м².

При напряжении $U = 10^3 \div 10^5$ В и $j = 10^6$ А/м² $P_3 = 10^9 \div 10^{11}$ ВА/м², то есть выше, чем при передаче неэлектрической.

Потери мощности при передаче определены на основании формулы Пуазейля [2, с. 338], которая связывает расход и давление жидкости в цилиндрической трубе. Подстановкой в эту формулу расхода как произведения скорости на сечение потока и умножением на давление получено

$$\Delta P = 8\pi\mu l v^2, \quad (3)$$

где ΔP – потери мощности, Вт; μ – динамическая вязкость жидкости, Н·с/м²; l – длина передачи, м.

Плотность потерь на единицу объема жидкости с энергоносителями

$$p = \Delta P/V = 8\pi\mu v^2/s. \quad (4)$$

где p – плотность потерь, Вт/м³; $V = sl$ – объем жидкости, переносящий энергию, м³.

Если $\mu = 10^{-3}$ Н·с/м² (вода), $v = 10^{-3} \div 0,5$ м/с, $s = 100$ мм², потери передачи энергии жидкостью $p \gg 10^{-4} \div 10^2$ Вт/м³.

Потери в электрической передаче

$$\delta \dot{\psi} = j^2 \rho.$$

Если $j = 2 \cdot 10^6$ А/м² и $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, $p_3 \approx 10^5$ Вт/м³, то есть на много порядков выше.

Эффективность неэлектрической и электрической передач сравнивается по отношению плотности мощности к удельным потерям. Для неэлектрической передачи

$$\lambda = \dot{I} / \delta = (snw)^2 / 8\pi\mu \rho. \quad (5)$$

При $\mu = 10^{-3}$ Н·с/м², $n = 10^{27+28}$ м⁻³, $w = 10^{-19+20}$ Дж

$$\lambda = 4 \cdot 10^{17} \text{ с}^2 / \text{Дж}. \quad (6)$$

Для электрической передачи при $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$ Ом·м (медь)

$$\lambda_{\dot{\psi}} = \dot{I} \dot{\psi} / \delta \dot{\psi} = 5 \cdot 10^7 \text{ Дж} / j^2 \text{ с}. \quad (7)$$

На рис. 2 представлены зависимости эффективности электропередачи от передаваемой мощности при различных сечениях передающих каналов – потока жидкости с энергоносителями для неэлектрической передачи и проводника для передачи электрической. В качестве жидкости принята вода (вязкость $\mu = 10^{-3}$ Н·с/м²), концентрация носителей электричества и энергия каждого носителя приняты как в живом организме, соответственно $n = 10^{27}$ м⁻³ и $w = 10^{-19}$ Дж.

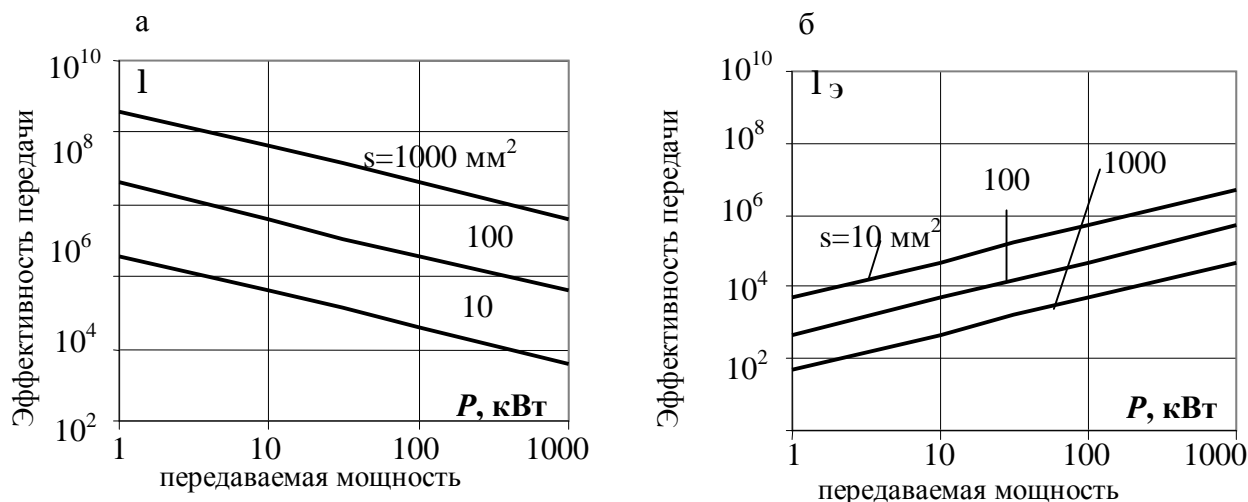


Рис. 2. Эффективность передачи электроэнергии:
 а – неэлектрическим способом; б – традиционным, электрическим способом

В качестве проводника принята медь с удельным сопротивлением $2 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Принято, что площади сечений передающих энергию каналов и длины одинаковы.

Из графиков видно, что эффективность передачи энергии неэлектрическим способом существенно выше, чем традиционным – приблизительно на два порядка. Причем разница в эффективностях возрастает с увеличением передаваемой мощности и площади сечения канала передачи. Такой характер зависимости автор объясняет следующим образом. Рост мощности в передаче потоком жидкости при неизменной концентрации в ней энергоносителей происходит за счет увеличения скорости потока – формула (2), а потери пропорциональны квадрату этой скорости – формула (3), то есть, растут быстрее. С увеличением сечения плотность потерь снижается – формула (4), а передаваемая мощность возрастает пропорционально сечению – формула (1), отсюда повышение эффективности при увеличении сечения потока.

В электрической передаче рост мощности происходит за счет напряжения, при неизменной плотности тока, это обуславливает неизменные потери, так что отношение передаваемой мощности к потерям растет. С увеличением сечения проводника при неизменной передаваемой мощности плотность потерь не изменяется, а плотность передаваемой мощности снижается.

Выводы. В живых организмах передача электрической энергии осуществляется потоком жидкости с энергоносителями в виде электрических зарядов. Такой способ в сотни раз энергетически экономичней, чем традиционно применяемая в технике передача энергии потоком электронов в проводнике под действием электродвижущей силы. Экономичность обусловлена меньшим сопротивлением потоку жидкости в трубе по сравнению с потоком электронов в проводнике – из-за наличия кристаллической решетки, препятствующей движению электронов.

В технике это преимущество может быть использовано двумя способами:

1) согласованием неэлектрической передачи с традиционным электрическим генератором и потребителем. Представляется возможным передавать жидкостью по трубе заряды от генератора на накопитель – конденсатор, создавая на нем разность потенциалов. Последнюю использовать для питания, например, электропривода или осветительной установки.

2) построением систем генерирования [3], потребления [4] и передачи электроэнергии, устроенных на принципах живых организмов. Этот способ представляется предпочтительным, так как позволяет вписаться в природную среду без ее разрушения и вместе с тем удовлетворить потребности человека в электрической энергии.

1. Скулачев В.П. Законы биоэнергетики // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 1. – С. 9–14. 2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1968. – 940 с. 3. Чашко М.В. Биологический электрогенератор // Технічна електродинаміка. – Темат. вип.: Силова електроніка та енергоефективність, ч. 4. – 2007. – С. 62. 4. Чашко М.В. Биологический электропривод // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Зб. наук. пр. – Днепропетровск: ДГТУ, 2007. – № 14. – С. 169–170.