

## БИОГЕННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ.** Под биогенным электроприводом понимается электромеханический преобразователь энергии, устроенный на принципах, имеющих место в живой природе. От традиционного, используемого в технике электропривода (техногенного) он отличается принципом действия, от привода живых организмов – искусственным происхождением.

### ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность темы обусловлена высокой эффективностью функционирующих в живых организмах преобразователей электрической энергии в механическую. Известно [1, с.9], что различные виды энергии (солнечная, химическая) в живом организме превращаются в электрическую – в энергию разности электрических потенциалов – а затем преобразуются в вид энергии, необходимый организму, в частности, в механическую. При этом плотность мощности на единицу объема и массы на порядки больше, чем техногенных электроприводов.

Актуальность исследований, которые позволят создать приводы с параметрами на несколько порядков более высокими, чем существующие, представляется несомненной.

**Состояние вопроса.** Изучение с точки зрения инженера-электрика работ специалистов по биоэнергетике (например, монографий [1 – 4] и десятков статей) позволяет выявить особенности, обусловившие указанные параметры природных электроприводов. Они следующие:

не используется магнитный поток и, соответственно, магнитопроводы;

отсутствуют металлические проводники электрического тока как жесткая ионная структура с подвижными свободными электронами;

отсутствует вращение (соответственно, колесо, вал, ротор) для преобразования параметров поступательного движения. Для этого используются колебания исполнительного органа. Исключение составляет привод одноклеточных организмов, где поступательное движение ионов через мембрану преобразуется в поступательное движение микроба посредством движителя, подобного турбине.

Известно использование электрического поля как источника силы в информационной, измерительной технике (электростатический вольтметр, электрометр и др.), работы по применению электрического поля непосредственно в качестве привода авторам неизвестны.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Цель работы – оценить параметры электромеханического преобразования, устроенного на принципах живой природы, а именно – установить возможные значения энергии, мощности и силы, а также внешнюю и регулировочную характеристики.

**МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** В рамках исследования изучен известный в биофизике механизм и принцип преобразования электрической энергии в механическую в живой мышце и определены параметры, возможные при воспроизведения этого принципа искусственно.



Рис. 1. Электропривод биологический:  
а – элемент мышцы. б ÷ г – создание тяги.

Элемент, создающий тягу мышцы [4, с. 144], содержит (рис. 1,а) нити 1 и 2, способные скользить одна относительно другой в продольном направлении. Нить 2 имеет мостики, «весла», способные поворачиваться относительно нее. С каждым мостиком связывается в процессе работы молекула АТФ, которая представляет собой связанные положительные заряды.

Во время паузы мостики не сцеплены с нитью 1 (рис. 1, б). Во время активации, создания импульса силы, мостик сцеплен с нитью 1 и молекулой АТФ (рис. 1, в). От его молекулы АТФ отталкивается один положительный заряд, в результате чего возникает сила  $F$ , которая прикладывается к нити 1. Происходит «гребок весла» (рис. 1, г). В результате нить 1 движется относительно нити 2 со скоростью  $v$ . Затем мостик возвращается в исходное положение (рис. 1, б) упругостью среды.

В одном импульсе распадается одна молекула АТФ и преобразуется из электрической формы в механическую приблизительно  $10^{-19}$  Дж энергии. В процессе сокращения мышцы мостики активируются одновременно, тяга регулируется количеством активированных мостиков.

Для искусственного воспроизведения биологического привода приняты принципы живых электроприводов: рабочий орган совершает колебательные движения, сила обусловлена взаимодействием электрических зарядов, регулирование силы производится частотой импульсов силы и числом активированных элементов, которые определяются системой управления.

На рис. 2 представлена структурная модель привода. Она состоит из совокупности изолированных пластин проводника, например, алюминия (рис. 2,а), в которые индукцией или непосредственным контактом вводятся электрические заряды. Одноименно заряженные пластины отталкиваются, сум-

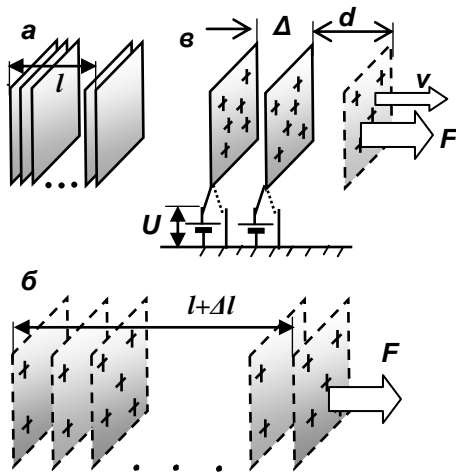


Рис. 2. Модель биоэлектрического привода: а – исходное состояние; б – активация; в – элемент привода.

Электроны и пластины являются потерями, соответственно электрическими и механическими. Расчеты показывают, что электрические потери можно считать незначительными, они на несколько порядков меньше преобразуемой энергии. Механические же потери, обусловленные колебаниями пластины, существенны: при определенной массе и частоте на колебания может расходоваться вся подводимая электроэнергия. В живых электроприводах устранение этих потерь происходит за счет упругости среды, такое же возможно и в биоэлектрических приводах: в каждом периоде колебаний энергия запасается в упругой деформации при торможении и отдается при разгоне пластины.

С учетом предыдущего и на основании зависимостей электростатики [5, с. 356, 358] тяга привода

$$F_H = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon} = \frac{2\epsilon_0 \epsilon S U^2}{d^2}, \quad (1)$$

где  $F_H$  – сила, обусловленная отталкиванием одноименных зарядов, Н;  $\sigma$  – плотность электрических зарядов, Кл/м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь пластины, м<sup>2</sup>;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная, Ф/м;  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды,  $U$  – напряжение, которым выводятся электроны из пластины, В;  $d$  – расстояние, на которое перемещается объект привода за один период колебаний, м.

Из (1) следует, что внешняя характеристика биоэлектрического привода  $F_H(v) = F_H$ , т.е. сила не зависит от скорости. Регулирующими параметрами являются напряжение и площадь пластин: предполагается, что  $S$  в формуле (1) – общая площадь  $N$  пластин, так что тяга привода может регулироваться числом пластин, введенных в работу.

Мощность привода определяется как энергия, переданная объекту привода за период. В свою очередь, минимальное значение периода равно времени, необходимому для выведения из пластины электронов. Можно показать, что даже если плотность зарядов обусловлена зарядами одного слоя кристаллической решетки пластины (толщина слоя  $10^{-10}$  м), объемная плотность мощности, Вт/м<sup>3</sup>

$$\rho_v \cong 10^9 \frac{\sqrt{U}}{S}. \quad (2)$$

При напряжении, например,  $U=100$  В и площади пластины  $S=1$  м<sup>2</sup> значение плотности мощности имеет порядок  $\rho_v \approx 10^{10}$  Вт/м<sup>3</sup>. У техногенных приводов эта величина  $\rho_v \approx 10^7$  Вт/м<sup>3</sup>.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биоэлектрический привод имеет объемную плотность мощности на несколько порядков большую, чем техногенный – благодаря отсутствию магнитного потока и обусловленного им магнитопровода.

Он не имеет естественной внешней характеристики, подобно техногенному электроприводу, питаемому от преобразователя. Регулируется тяга привода напряжением и числом элементов, включенных в работу соответствующей системой управления.

Конструкция привода должна предусматривать упругие элементы – во избежание потребления энергии на колебания массы исполнительных элементов привода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. – М.: Наука, 1989. – 564 с.
2. Плонси Р, Барр Р., Биоэлектричество: Количественный подход. – М.: Мир, 1992, 366 с.
3. Опритов В.А., и др. Биоэлектrogenез у высших растений. – М.: Наука, 1991. – 216 с.
4. В.Ф. Антонов и др. Биофизика: Учеб. Для студ. высш. учеб. заведений. – М.: ВЛАДОС. 1999. – 288 С.
5. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: «Наука», – 1968. – 940 с.