

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.371:621.365(075)

**А.А. Багаев,
А.И. Багаев,
П.П. Зубов**

ОСНОВЫ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В СИНУСОИДАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

В сельском хозяйстве широко применяются системы электродных на базе электродных и элементных нагревателей, которые имеют свои достоинства и недостатки.

Опыт разработки и эксплуатации электродных и элементных водонагревателей показал, что надежная безаварийная работа водонагревателей невозможна без наличия циркуляционного насоса.

В электродных водонагревателях насос необходим для принудительной циркуляции воды в межэлектродном пространстве во избежание парообразования, а в элементных - для увеличения срока службы ТЭНов. Вместе с тем стоимость насоса вместе с автоматикой достигает 30% от стоимости оборудования электродной. Кроме того, существующие насосы имеют вращающиеся части, большую массу, энергоемкость, повышенный уровень шума [1].

Температура на поверхности ТЭНа для нагрева воды не должна превышать 180°C. С другой стороны, теплоотдача и температура зависят от скорости омывающей ТЭНы жидкости.

Отсутствие надежного, безопасного и энергоресурсосберегающего насосного

оборудования составляет определенную научно-техническую проблему.

Предварительными экспериментами доказано, что решением этой проблемы может являться применение магнитогиродинамического эффекта.

Сущность магнитогиродинамического эффекта иллюстрируется рисунком 1 и заключается в возникновении механической силы на проводящую жидкость, находящуюся во взаимноперпендикулярных электрическом и магнитном полях.

Особый интерес представляет магнитогиродинамический эффект с использованием синусоидальных магнитного и электрического полей.

Целью работы является выявление электрических, магнитных, геометрических и других факторов, влияющих на скорость потока проводящей жидкости и определение наиболее значимых из них.

Схема замещения исследуемой системы при последовательном включении катушки и электродной системы показана на рисунке 2.

Физическая сущность процессов отражена на векторной диаграмме последовательной RL-цепи (рис. 3).

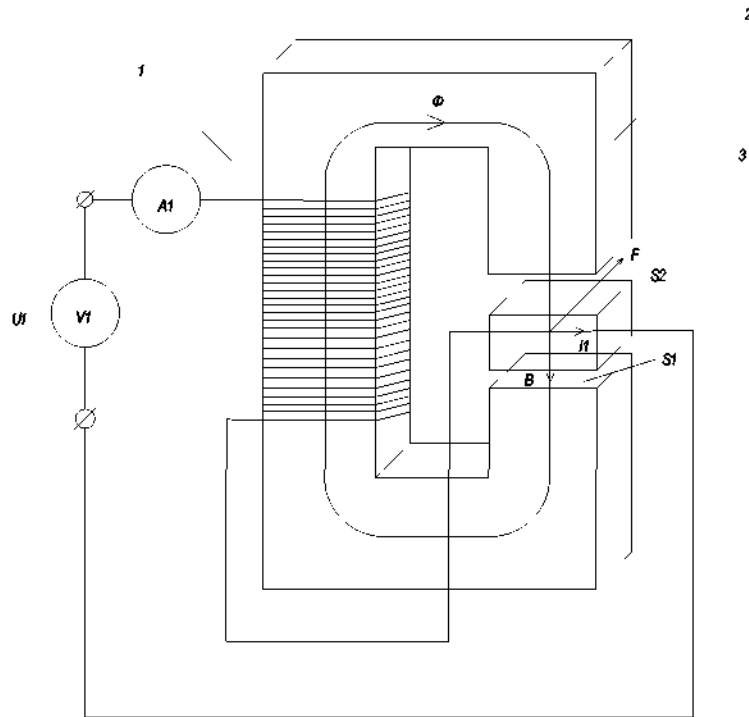


Рис. 1. Общий вид устройства:
1 – обмотка возбуждения; 2 – магнитопровод; 3 – проводящая жидкость

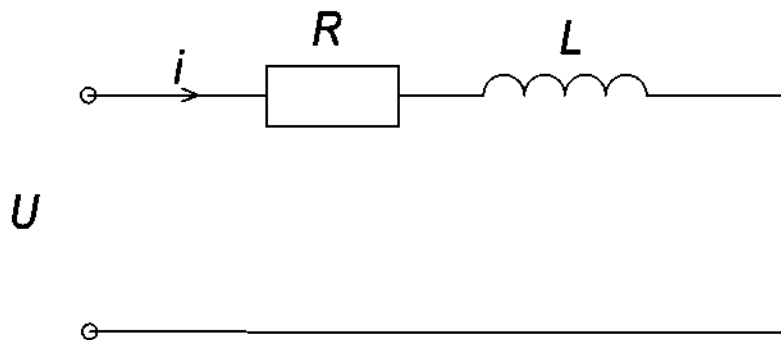


Рис. 2. Схема замещения системы катушки индуктивности и электродной системы

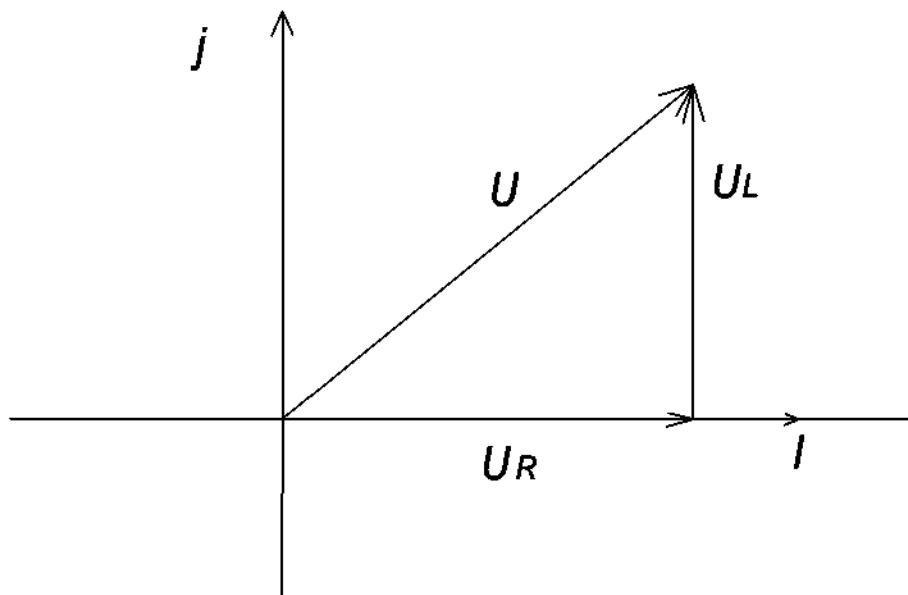


Рис. 3. Векторная диаграмма последовательной RL-цепи

В соответствии со II законом Кирхгофа [2]

$$U = U_L + U_R = L \frac{di}{dt} + iR, \quad (1)$$

где U – напряжение, приложенное к системе, В;

U_L – напряжение, приложенное к катушке индуктивности, В;

U_R – напряжение, приложенное к электродам, В;

L – индуктивность катушки, Гн;

i – сила тока, А;

R – активное сопротивление проводящей жидкости, Ом.

Или в комплексной форме:

$$\dot{U} = j\omega L \dot{I} + \dot{I} \cdot R, \quad (2)$$

где \dot{U} – комплекс действующего значения напряжения, В;

ω – угловая частота питающей сети, рад/с;

\dot{I} – комплекс действующего значения тока.

Выражение (2) позволяет определить комплекс действующего значения тока:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{j\omega L + R} = \frac{\dot{U}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} e^{j \arctg \frac{\omega L}{R}}} = \frac{\dot{U}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} e^{-j \arctg \frac{\omega L}{R}} \quad (3)$$

и его мгновенное значение:

$$i = \frac{\dot{U} \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right). \quad (4)$$

Плотность тока:

$$\delta = \frac{i}{S_2} = \frac{U \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot S_2} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right), \quad (5)$$

где S_2 – площадь поперечного сечения межэлектродного пространства, м².

$$R = \frac{\rho \cdot l_2}{S_2}, \quad (6)$$

где ρ – удельное сопротивление проводящей среды, Ом·м;

l_2 – межэлектродное расстояние, м.

Магнитный поток, созданный катушкой, зависит от числа витков W , тока I , и магнитного сопротивления R_μ :

$$\Phi = \frac{i \cdot W}{R_\mu}. \quad (7)$$

С учетом выражения (4) имеем:

$$\Phi = \frac{U \cdot \sqrt{2} \cdot W}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot R_\mu} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right). \quad (8)$$

Магнитная индукция:

$$B = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{U \cdot \sqrt{2} \cdot W}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot R_\mu \cdot S_1} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right). \quad (9)$$

Принимая во внимание зависимость магнитного сопротивления от магнитных свойств среды μ_v и геометрических параметров системы, получим:

$$R_\mu = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_v \cdot S_1}, \quad (10)$$

где l – зазор магнитопровода, м;

S_1 – площадь поперечного сечения магнитопровода, м².

Магнитную индукцию можно записать следующим образом:

$$B = \frac{U \cdot \sqrt{2} \cdot W \cdot \mu_0 \cdot \mu_v \cdot S_1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot l \cdot S_1} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right). \quad (11)$$

На элементарный объем жидкости с током, находящийся во внешнем магнитном поле, действует сила, равная произведению плотности тока на магнитную индукцию. Направление этой силы определяется по правилу левой руки. Вследствие действия силы возникает движение этого элементарного объема [3].

$$F = [\bar{\delta} \cdot \bar{B}] = [l_2 \cdot S_2 \cdot \delta \cdot B] = [V \cdot \delta \cdot B], \quad (12)$$

где $l_2 \cdot S_2 = V$ – объем межэлектродного пространства, м³.

С учетом формул (11), (12) и (5) получим:

$$F = \frac{V \cdot U \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \sqrt{2} \cdot W \cdot \mu_0 \cdot \mu_v}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot S_2 \cdot \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot l} \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right) \cdot \sin\left(\omega t - \arctg \frac{\omega L}{R}\right). \quad (13)$$

Скорость переноса проводящей среды определяется по закону Навье-Стокса:

$$v = \frac{1}{\rho \cdot V} \int \delta \cdot B \cdot dt = \frac{1}{\rho \cdot V} \cdot \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot S_2} \cdot \frac{U \cdot \sqrt{2} \cdot W \cdot \mu_0 \cdot \mu_v}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot l_2} \int \sin(\omega t - \varphi) \cdot \sin(\omega t - \varphi), \quad (14)$$

где $\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$.

Обозначим:

$$\frac{1}{\rho \cdot V} \cdot \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot \frac{U \cdot \sqrt{2} \cdot W \cdot \mu_0 \cdot \mu_v}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot l_2} = A. \quad (15)$$

Тогда в результате несложных математических преобразований получим:

$$v = A \left(\frac{1}{2} t + \frac{1}{4\omega} (\sin^2 \varphi - \cos^2 \varphi) \sin 2\omega t \right). \quad (16)$$

Анализ выражения (16) показывает, что скорость магнитогидродинамического потока жидкости содержит постоянную составляющую и синусоидальную составляющую, изменяющуюся во времени с удвоенной частотой напряжения питающей сети и имеющую амплитуду, в 628 раз меньшую постоянной составляющей, о чем свидетельствует рисунок 4.

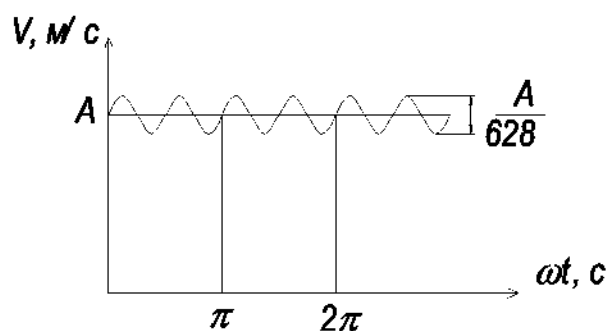


Рис. 4. График изменения скорости движения проводящей среды

Синусоидальная составляющая не является технологическим фактором, и при расчетах ею можно пренебречь.

Выражение (15) позволяет выявить факторы, влияющие на скорость магнитогидродинамического переноса проводящей жидкости.

К таким факторам относятся следующие: W — число витков катушки; μ_0 — магнитная проницаемость вакуума; μ_v — магнитная проницаемость воды; ω — угловая частота напряжения, рад/с; L — индуктивность катушки возбуждения, Гн; l — активная длина проводника, м; R — активное сопротивление проводящей жидкости, Ом; U — приложенное напряжение, В; V — объем межэлектродного пространства, м³; ρ — удельное сопротивление проводящей жидкости, Ом·м; S_2 — площадь поперечного сечения межэлектродного пространства, м².

Библиографический список

1. Кудрявцев И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. М.: Колос, 1975.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: учебник для студентов энергетических и электротехнических вузов / Л.А. Бессонов. Изд. 6-е перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1973. 752 с.
3. Арцимович Л.А. Элементарная физика плазмы / Л.А. Арцимович. Атомиздат, 1969.



УДК 631.372:631.4

В.М. Щербаков,
Н.И. Стрикунов

УРАВНОВЕШИВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА «ДОН-1500Б»

Одним из эффективных способов повышения пропускной способности зернового вороха является его предварительная сепарация до поступления на очистку. Это приводит к снижению объемной массы, увеличению схватности

вороха и таким образом — повышению пропускной способности очистки.

В конструкции современного зерноуборочного комбайна обычно принимают встроенную очистку для очистки мелкого вороха. В основу рабочего процес-