

Е. Б. МИРОНОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ

Ключевые слова: блок управления, индукционный нагреватель жидких сред, тепловое реле, температурный контроллер, твердотельное реле.

Аннотация. Приводятся сведения о разработке конструкционного решения снижения гидравлического сопротивления индукционного нагревателя жидких сред, алгоритме с математическим обеспечением расчета гидравлического сопротивления модернизированного индукционного нагревателя и его электрической схемы, а также выводы по результатам выполненных исследований.

Завершены исследования на тему «Разработка и обоснование параметров энергосберегающего индукционного нагревателя для сельскохозяйственных производств и быта». Основные моменты исследований (общий вид испытательного стенда, макета, принцип обрешения индуктора и центрального цилиндрического канала показан на рис. 1, 2 и отражены в работах [1, с. 30–31].

В процессе исследований разработано устройство индукционного нагрева жидких сред (ИНЖС) рис. 1, содержащее цилиндрический корпус 1 с крышкой 2 и днищем 3, центральный цилиндрический канал 4, оснащённый винтовыми рёбрами 5, индуктор 6, выполненный в виде цилиндра, оснащенный винтовыми рёбрами 7, смонтированный на днище 3 и имеющий обмотку 8, герметично запрессованную связующим диэлектрическим материалом, входной 9 и выходной 10 патрубки.

Устройство индукционного нагрева жидких сред используется следующим образом. Обмотку индуктора 6, соединенную с днищем 3, подключают к сети. Питание может осуществляться от сети как трехфазного, так и однофазного переменного тока.

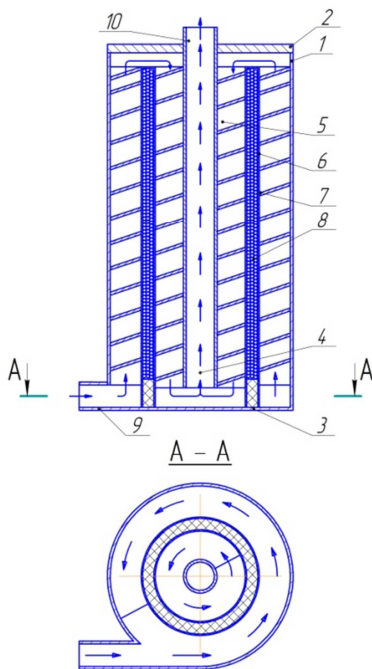


Рисунок 1 – Устройство индукционного нагрева жидких сред
(патент на полезную модель № 124470)



Рисунок 2 – Общий вид макета ИНЖС

Количество витков и сечение провода катушки рассчитаны таким образом, что при прохождении нагреваемой жидкости обеспечивается оптимальный нагрев при заданном объеме воды. Нагрев воды осуществляется по принципу, основанному на свойстве индукции электромагнитного поля, создаваемого обмоткой 8, герметично изолированной диэлектрическим материалом и расположенной внутри индуктора 6. При необходимости в верхней части устройства может быть установлен кран Маевского, который обеспечит удаление воздуха из устройства на начальной стадии его работы.

Поток нагреваемой жидкости через входной патрубок 8, расположенный у днища 3, поступает в межрёберное пространство индуктора 6, по которому движется в направлении снизу вверх, при этом, пересекая силовые линии электромагнитного поля, она нагревается.

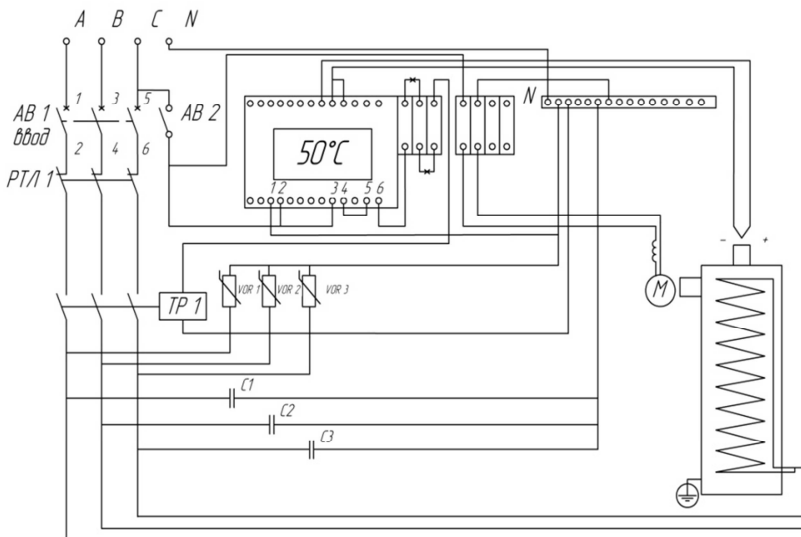


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема управления ИНЖС
C1...C3 – конденсаторы, *VOR1...VOR3*–варисторы, *TP 1* – твердотельное реле, *PTL 1* – тепловое реле, *AB 1* – автомат ввода, *N* – нулевой провод, *M* – насос, *AB 2* – автомат защиты, *A, B, C* – рабочие фазы, + и – термопары.

В верхней части устройства поток жидкости поступает в межрёберное пространство канала 4, по которому движется в направлении сверху вниз, дополнительно нагревается и поступает в канал 4, а далее

через выходной патрубок 10 поступает к потребителю. Кроме того, в соответствии с [5, с. 4] в конструкцию стенда ТИЭПВ-1 встроен индукционный нагреватель SAV-15, принципиальная электрическая схема управления которого представлена на рис. 3.

Принцип управления ИНЖС заключается в следующем. Питание осуществляется трёхфазным переменным током напряжением 380.



Рисунок 4 – Твердотельное реле GTN8048ZD3 24-480VAC

С частотой 50 Гц запуск и отключение, в том числе в случае короткого замыкания, осуществляется автоматическим выключателем АВ1 через тепловое реле РТЛ 1, защищающее ИНЖС от перегрузок.

От теплового реле напряжение подаётся на трёхфазное твердотельное реле TP1, (рис. 4), обеспечивающее бесконтактную коммутацию электрической цепи, в частности, включает: входную цепь, оптическую развязку цепей управления и нагрузки, триггерную цепь, выходную цепь и защитную цепь.

Входная цепь (или «первичная») состоит из резистора, включённого последовательно со светодиодом входной пары (оптроном). Её задачей является принять сигнал управления и «скомандовать» твердотельному реле коммутировать нагрузку.

Оптическая развязка цепей управления и нагрузки обеспечивает изоляцию между входной и выходной цепями.

Триггерная цепь управляется эмиссией света оптрона и переключает выход твердотельного реле.

Выходная цепь, состоящая из кремниевых диодов, непосредственно коммутирует нагрузку.

Защитная цепь необходима для надежной работы твердотельного реле. Наличие электрической защиты реле необходимо от его возмож-

ного повреждения или от ошибок, связанных с его неправильным использованием.

Для исключения перегрузок по напряжению на выходе реле установлены защитные варисторы VOR1...VOR3.

На выходе силовой цепи из твердотельного реле установлены конденсаторы С1...С3 и контакты нагревателя.

Управление ИНЖС осуществляется с помощью температурного контроллера TC4S, (рис. 5).

В процессе исследований осуществлено решение научно-практических задач:



Рисунок 5 – Температурный контроллер TC4S

1. Разработано конструкционное решение снижения гидравлического сопротивления ИНЖС, техническое решение которого защищено патентом РФ № 124470 на полезную модель с названием «Индукционный нагреватель жидких сред», конструкционные параметры которого теоретически и экспериментально обоснованы посредством математической модели оребренного индуктора (ОИ): $\vec{y} = f(\vec{x}, \vec{u})$, где \vec{x} , \vec{y} , \vec{u} – соответственно векторы входных и выходных параметров, и математическая модель проектного решения ОИ выделяет множество $u = \{\vec{u} | \vec{u}(\vec{x}_1, \vec{x}_m)\}$, а критерий оптимизации I должен удовлетворять условию $I(u^*) = \min \{I(u)\}$, $u \in U$.

2. Разработан алгоритм с математическим обеспечением расчета гидравлического сопротивления модернизированного ИНЖС. Разработка алгоритма с математическим обеспечением расчета гидравлического сопротивления, позволила определить, что коэффициент гидравлического сопротивления ИНЖС с предложенным оребрением индуктора и центрального канала будет почти в 11 раз меньше, чем у прото-

типа (SAV-15), что послужило основанием для изготовлении макетного образца.

3. Сформулирована математическая модель проектного решения оребрѐнного индуктора, выделяющая множество $u = \{\bar{u} \mid \bar{x}_1, \bar{x}_m\}$ допустимых вариантов проектных решений, а также представлено схематическое изображение объекта оптимизации. Выбор из возможного множества наилучшего варианта осуществляется с помощью критерия оптимизации I , в качестве которого могут быть выбраны его себестоимость, приведенные затраты при эксплуатации или удельный расход электроэнергии ($W_{уд}$). На основании теоретического исследования, а также исходя из конструктивно-технологических соображений для оребрения индуктора и центрального канала ИНЖС, приняты рѐбра из стальной ленты толщиной 1 мм и высотой 8,5 мм, приваренные к индуктору и центральному цилиндрическому каналу.

4. Разработана методика проведения исследований макетного образца ИНЖС, включающая определение удельного расхода электроэнергии ($W_{уд}$) для нагрева в единицу времени 1 кг воды на 1 °C (Вт ч/кг·°C), а также гидравлического сопротивления и расхода электроэнергии на прокачку нагреваемой воды.

Разработанная методика и проведенные в соответствии с ней исследования позволили выявить из трёх конструкций нагревателей наиболее эффективные: для нагрева воды на санитарно-бытовые нужды и отопление – это индукционные нагреватели, а для бойлерного подогрева воды – элементные (тѐновые).

Кроме того, в результате исследований выявлена нецелесообразность использования в технологических процессах и в быту электродных нагревателей как из-за большого количества конструктивных недостатков, так и из-за наименьшей эксплуатационной эффективности.

5. По экспериментальным и расчетным данным в прикладной программе MathCAD 2001 произведено построение графиков, отражающих зависимости: удельных затрат электроэнергии от времени нагрева теплоносителя и режима работы ИНЖС; гидравлического сопротивления и расхода электроэнергии на прокачку теплоносителя от пути прохождения нагреваемой среды.

Экспериментально подтверждено – применение оребрения индуктора и центрального канала снижает на 6,6 % массу и в 13,75 раза гидравлическое сопротивление нагревателя и, как следствие, – в 14,55 раз удельный расход электроэнергии на прокачку через него воды.

Гидравлические испытания SAV-15 и оребренного макета показали, что у последнего удельный расход электроэнергии $W_{уд \Delta P}$ на прокачку нагреваемой среды (воды) значительно меньше (0,0054 вместо 0,0786 Вт·ч·кПа/кг).

Экономическая эффективность использования ИНЖС с оребренными индуктором и центральным каналом заключается в экономии средств за счет ежегодного уменьшения эксплуатационных расходов на 4753,96 руб. от снижения потребления электроэнергии на нагрев воды для 100 голов КРС, а также в снижении на 744,68 руб. себестоимости ИНЖС за счет уменьшения их материалоемкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов Е. Б., Оболенский Н. В., Красиков С. Б. Энергопотребление индукционного водонагревателя // «Сельский механизатор». 2012. № 11. С. 30–31.
2. Миронов Е. Б., Оболенский Н. В. Результаты исследований по выявлению наиболее энергосберегающей конструкции электрического нагревателя воды // Вестник МГАУ им. В. П. Горячкина» № 3 (54). 2012. С. 27–29.
3. Теоретическое обоснование параметров оребрения индукционного источника теплоты / А. Е. Шамин и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2012. № 1(32), 2013. С. 63–65.
4. Патент на полезную модель № 124470 РФ. Устройство индукционного нагрева жидких сред / Н. В. Оболенский, Е. Б. Миронов, (РФ). 4 с: ил.1. Оpubл. 20.01.2013. Бюл. № 2.
5. Патент на полезную модель № 107360. Стенд для испытаний электрических подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин, Ю. Е. Крайнов, С. А. Борисов, С. Б. Красиков (РФ). 4 с: ил.1. Оpubл. 20.08.2011. Бюл. № 22.

RESULTS OF RESEARCH OF UPGRADED INDUCTION HEATER

***Keywords:** control unit, induction heater of liquid media, thermal switch, temperature controller, solid-state relays.*

***Annotation.** Article includes the information about the development of constructional solutions of reduction of the induction heater of liquids, about algoritme with mathematical supply of calculation of hydraulic resistance of upgraded induction heater and its electrical circuit, as well as conclusions of research.*

МИРОНОВ ЕВГЕНИЙ БОРИСОВИЧ – преподаватель кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (mironov-e@mail.ru).

MIRONOV EVGENII BORISOVICH – lecturer of the chair «Technical service», Nizhniy Novgorod state engineering and economic institute, Russia, Knyaginino, (mironov-e@mail.ru).
