

УДК 663.915

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АППАРАТОВ С МАГНИТООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ**Беззубцева М.М., Волков В.С., Стоборева М.Н.***ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: mysnegana@mail.ru*

В статье рассмотрены особенности экспериментальных исследований тепловых режимов работы аппаратов с магнитоожигенным слоем, основанных на использовании двух потоков энергии – энергии постоянного по знаку и регулируемого по величине электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя. Проанализированы и обоснованы методы измерения температуры на вращающихся деталях аппаратов с магнитоожигенным слоем (электромагнитных механоактиваторов, электромагнитных смесителей, электромагнитных плотномеров и др.). Представлена апробированная в производственных условиях схема экспериментального исследования тепловых режимов работы. Лабораторные испытания показали, что величина сопротивления скользящего контакта, как в неподвижном состоянии, так и при длительной работе при высоких скоростных режимах работы аппаратов (при скорости вращения 3000 об/мин), практически не изменяется, а уровень термо-э.д.с. мал и не превышает 0,02 мВ.

Ключевые слова: магнитоожигенный слой, тепловой режим, лабораторные испытания**TO THE QUESTION OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE THERMAL MODE OF DEVICES WITH THE MAGNETOFLUIDISED LAYER****Bezzubceva M.M., Volkov V.S., Stoboreva M.N.***St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, e-mail: mysnegana@mail.ru*

In the article the peculiarities of experimental research of thermal modes of operation of apparatuses with magnetic liquefied layer, based on the use of two streams of energy – energy is constant in sign and controllable magnitude of the electromagnetic field and energy from the electric drive motor. Analyzed and justified methods of temperature measurement on rotating parts of machines with magnetic liquefied layer (electromagnetic mechanoactivation, electromagnetic mixers, electromagnetic densitometers, etc.). Presents tested in a production environment scheme of the experimental study of thermal performance. Laboratory tests have shown that the magnitude of resistance of the sliding contact, both in stationary and in continuous operation under high speed operating conditions of the apparatus (when the rotation speed of 3000 Rev/min) is almost constant, and the level of thermo-EMF is small and does not exceed 0,02 mV.

Keywords: magnetic liquefied layer, thermal conditions, laboratory tests

Экспериментальные исследования температурного поля аппаратов с магнитоожигенным слоем, принцип действия которых основан на использовании двух потоков энергии (энергии постоянного по знаку и регулируемого по величине электромагнитного поля и энергии, передаваемой слою ферротел от приводного электродвигателя) [1, 2, 3, 4, 5], связано со значительными трудностями. Это вызвано тем, что для обеспечения заданных тепловых режимов необходимо измерять температуру на вращающихся частях устройств. С такими трудностями столкнулась техника при измерении температуры вращающихся лопаток паровых турбин, а также температуры ротора турбогенератора. В настоящее время измерение температуры наиболее удобно производить с помощью термопар, но для измерения на вращающихся деталях термо-э.д.с. приходится использовать токосъемник с вращающимися кольцами и неподвижными щетками. Такой токосъемник обладает тем недостатком, что между щеткой и кольцами появляется переходное сопротивление, а между материалом кольца и материалом

щеток возникает дополнительная термо-э.д.с. При компенсационном методе измерения э.д.с. термопары возможны ошибки измерения из-за добавочного переходного сопротивления. Компенсационный метод неприменим при исследовании переходных процессов в ЭММА. Наличие добавочной термо-э.д.с. между кольцом и щеткой всегда является источником погрешности при измерении температуры на вращающихся деталях. Проведенные за последние годы исследования процессов в токосъемниках позволяет с достаточной точностью произвести замер температуры на вращающихся деталях аппаратов с магнитоожигенным слоем [6, 7, 8] с помощью термопар.

Целью исследования является выбор аппаратурно-технических решений для проведения экспериментального исследования тепловых режимов работы аппаратов с магнитоожигенным слоем.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является методическое и техническое оснащение экспериментальных стен-

дов аппаратов с магнитоожженным слоем нетрадиционной приборной базой, обусловленной особенностями эксплуатации аппаратов нового типа.

Результаты исследования и их обсуждение

Детальное исследование контактных поверхностей токосъемников показало, что в атмосфере чистые поверхности кольца и щетки мгновенно окисляются, покрываясь молекулярными окисными пленками, обладающими свойствами полупроводников. На рисунке 1 упрощенно представлена контактная зона, состоящая из четырех последовательно включенных элементов: материала щетки 1, окисла 2, образованного из материала кольца в виде поверхностной пленки на кольце и материала кольца 4. Толщина окисной пленки является результатом взаимодействия скорости непрерывного образования пленки и скорости износа пленочного материала в условиях трения. Сопротивление окисных пленок представляет собой основную составляющую переходного контактного сопротивления. Прогрев окисных пленок значительно снижает их электрическое сопротивление, так как они обладают полупроводниковыми свойствами и имеют весьма высокие отрицательные температурные коэффициенты сопротивления (рис. 1). Источниками термо-э.д.с. является поверхность раздела 7 между материалом щетки 1 и окисной пленкой 2, а также поверхность раздела 5 между материалом кольца 4 и окисной пленкой 3. Если окисные пленки 2 и 3 термоэлектрически различны, то контакт между ними на поверхности раздела 6, являющейся поверхностью трения, также представляет собой источник термо-э.д.с. В зависимости от термоэлектрических характеристик материалов щетки, кольца и их окислов направления термо-э.д.с., возникающих в местах соприкосновения 5, 6 и 7, могут быть как совпадающими, так и взаимно противоположными. В цепи будет иметь место результирующая термо-э.д.с. Даже при неизменной температуре на поверхности трения 6 и в зависимости от толщины пленок 2 и 3 на поверхностях разделов 7 и 5 могут иметь место различные температуры. При этом результирующая термо-э.д.с. может получать как различную величину, так и менять свою полярность.

Если режим скорости скольжения щетки по кольцу не изменяется, а температура контакта повышается, то график изменения термо-э.д.с. при повышении температуры контакта получает седлообразный вид, как это показано на рис. 2.

График построен для контактной пары из чугунного кольца и медной щетки. Од-

нако, характеристика в других масштабах остается справедливой и для контактных пар из других материалов. Уменьшение термо-э.д.с. в зоне контакта достигается подбором соответствующих контактных материалов. Из большого числа сочетаний материалов колец и щеток наиболее эффективными являются серебряные кольца с серебрографитовыми щетками и медные кольца с медно-графитовыми щетками.

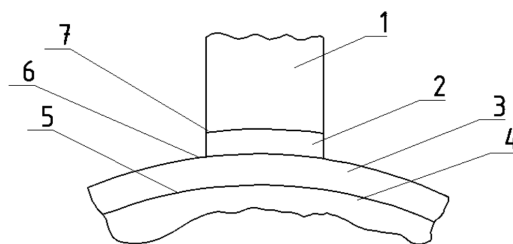


Рис. 1. Исследуемая контактная зона аппаратов

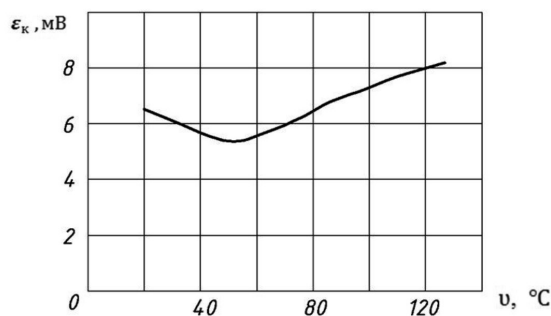


Рис. 2. График изменения термо-э.д.с.

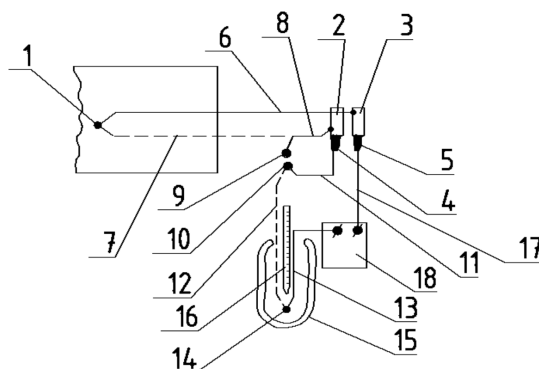


Рис. 3. Схема стенда для исследования температурных режимов работы аппаратов с магнитоожженным слоем

Сложность замера температур посредством термопар на вращающихся деталях

связана не только с наличием термо-э.д.с. в скользящих контактах токосъемника, но и с наличием термо-э.д.с. в местах соединений отводящих проводов со щеткой, кольцом и измерительной аппаратурой. С целью компенсации этих термо-э.д.с. в цепь включается дополнительная термопара, расположенная на вращающейся детали и в непосредственной близости к ней, а также находящаяся в таких же тепловых условиях неподвижная термопара. Схема стенда для исследования температурных режимов работы аппаратов с магнитооживленным слоем представлена на рис. 3.

Для измерения температуры использована медно-константановая термопара 1, присоединенная к серебряным кольцам 2 и 3, по которым скользят серебряно-графитные щетки 4 и 5. Медный провод 6 непосредственно соединен с кольцом 3. Константановый провод 7 вместе с медным проводом 8, присоединенным к кольцу 2, образует термопару 9, расположенную на наружной поверхности вала ротора. В непосредственной близости в термопаре 9 располагается неподвижная термопара 10, медный провод 11, который присоединен к щетке 4. Обе термопары 9 и 10 находятся в одинаковых тепловых условиях. Эти термопары обдуваются одной и той же струей воздуха, циркулирующей вокруг вращающегося вала. Константановый провод 12 термопары 10 образует вместе с медным проводом 13 термопару 14, помещенную в термос 15, температура в котором измеряется с помощью термометра 16. Медные провода 13 и 17, присоединенные к потенциометру 18, измеряют результирующую ЭДС в цепи. Термо-э.д.с. в контакте между медным проводом 8 и кольцом 2 компенсируют друг друга в цепи, т.к. эти э.д.с. равны (оба кольца находятся в одинаковых тепловых условиях и направлены в цепи противоположно). По тем же причинам компенсируют друг друга термо-э.д.с. в контакте между кольцом 2 и щеткой 4 и термо-э.д.с. в контакте между кольцом 3 и щеткой 5. Также компенсируют друг друга термо-э.д.с. в контакте между щеткой 4 и медным проводом 13 и термо-э.д.с. в контакте между щеткой 5 и медным проводом 17. Наконец, компенсируют друг друга и термо-э.д.с., создаваемые термопарами 8 и 9. В результате в цепи действует только термо-э.д.с. горячего спая термопары 1 и термо-э.д.с. холодного спая термопары 14. Потенциометр 18 измеряет разность э.д.с., создаваемых этими термопарами, что при известном значении температуры холодного спая дает возможность определить температуру в точке расположения

термопары 1. При температуре термо-статированного холодного спая $t = 0^\circ\text{C}$ результаты измерений дают температуру в месте термопары 1.

Лабораторные испытания показали, что величина сопротивления скользящего контакта, как в неподвижном состоянии, так и при длительной работе при скорости вращения 3000 об/мин практически не изменяется, а уровень термо-э.д.с. мал и не превышает 0,02 мВ. Для термопар медь-константан это соответствует погрешности $0,5^\circ\text{C}$. Специальная проверка по определению полной погрешности, вносимой устройством при измерениях температуры вращающихся частей при 3000 об/мин, подтвердила, что суммарная погрешность вместе с погрешностью схемы компенсации термо-э.д.с. промежуточных спаев не превосходит $0,7\text{--}1^\circ\text{C}$, т.е. находится в пределах точности проводимых такого рода измерений. Такая точность вполне допустима при измерении температур на вращающихся частях ЭММА.

Диаметр контактных колец токосъемника составлял 12,5 мм. Окружная скорость скользящего контакта при 3000 об/мин не превосходила 2 м/сек. Установившаяся рабочая температура контактных колец имела значение $50\text{--}60^\circ\text{C}$. Аналогичное устройство токосъемника может быть использовано при экспериментальном исследовании тепловых режимов работы аппаратов с магнитооживленным слоем различных конструктивных модификаций [9, 10].

Заключение

Предложенные технические решения использованы при проведении экспериментальных исследований тепловых режимов работы аппаратов с магнитооживленным слоем (электромагнитных механоактиваторов – ЭММА, электромагнитных смесителей – ЭМС, электромагнитных плотномеров – ЭМЛ и др.) [11, 12].

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю. Классификация электромагнитных измельчителей (ЭМИПТ). В сборнике: Проблемы аграрной науки на современном этапе сборник научных трудов: к 100-летию университета. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 140–153.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С., Губарев В.Н. Способ диагностики загрязненности технологических сред ферропримесями // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 1. – С. 60–61.
3. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 232–234.
4. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Дзюба А.М. Исследование процесса перемешивания сыпучих материалов в элек-

тромагнитных мешалках // Успехи современного естествознания. – 2014. – №11 (часть 3). – С. 116–117.

5. Беззубцева М.М., Назаров И.Н. Исследование электромагнитного способа оценки степени загрязненности технологических сред примесями // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 17. – С. 240–246.

6. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Прикладная теория электромагнитной механоактивации (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2–1. – С. 101–102.

7. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю., Михайлов В.Н. Исследование скоростных режимов работы электромагнитного измельчителя постоянного тока. В сборнике: Технологии и средства механизации сельского хозяйства сборник научных трудов. Редакционная коллегия: М.А. Новиков, Л.В. Тишкин, Б.И. Вагин, Е.И. Давидсон, В.В. Калюга. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 17–21.

8. Беззубцева М.М., Волков В.С. Теоретические исследования электромагнитного способа измельчения материалов (монография) //Международный журнал экспериментального образования. –2015. – № 2–1. –С. 68–69.

9. Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171.

10. Беззубцева М.М., Волков В.С., Загаевски Н.Н. Исследование процесса электромагнитной механоактивации (ЭММА) строительных смесей/ В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Редакция: Н.Б. Алати, А.И. Анисимов, М.А. Арефьев, С.М. Бычкова, Ф.Ф. Ганусевич, Г.А. Ефимова, В.Н. Карпов, А.П. Картошкин, М.В. Москалев, М.А. Новиков, Г.С. Осипова, Н.В. Пристач, Д.А. Шишов; главный редактор: В.А. Ефимов, заместитель главного редактора: В.А. Смелик. 2015. – С. 435–438.

11. Беззубцева М.М., Волков В.С. Классификация электромагнитных механоактиваторов по технологическому назначению // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8–1. – С. 25–27.

12. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения (монография) // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5–1. – С. 182.