

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ДВУХФАЗНОМ ТЕРМОСИФОНЕ В ДИАПАЗОНЕ ТИПИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ОТ ПОВЕРХНОСТИ МАСЛЯНОГО БАКА ТРАНСФОРМАТОРА ТЭС

А.Е. Нурпейис, Л.Е. Валиева
Томский политехнический университет
ЭНИН, ТПТ

Силовые трансформаторы являются одним из важных агрегатов тепловых электрических станций, от надежности и качества функционирования которых зависят параметры и характеристика вырабатываемой энергии на ТЭС [1–3]. Одним из главных факторов, определяющих надежность работы трансформаторов, является их эффективное охлаждение [4]. Основными системами охлаждения трансформаторов являются: естественное масляное охлаждение, масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла, масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители, масло–водяное охлаждение трансформаторов с принудительной циркуляцией масла [3,5]. Для охлаждения такой системы используется трансформаторное масло, которое поглощает выделяемой от активной части теплоту и далее передает внешнему теплообменнику. В настоящее время применяется масло–водяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла, где используются вентиляторы и насосы. Выход из строя таких вспомогательных оборудования приводит к аварийному режиму работы силового трансформатора. Целесообразным в этой связи является анализ возможности использования автономных (независящих от источников электроэнергии) теплопередающих устройств охлаждения трансформаторов. Замкнутые двухфазные термосифоны зарекомендовали себя, как высокоэффективные, надежные теплопередающие теплообменные устройства за счет конструкционной гибкости; простоты изготовления; отсутствия движущихся частей, необходимости использования электроэнергии, насосов и т.д. В связи с этим актуальным является исследование возможности применения термосифонов как основного элемента системы охлаждения трансформатора. Но исследований такого рода до настоящего времени не проводилось.

Целью настоящей работы является численное моделирование вынужденной конвекции в замкнутом двухфазном термосифоне и анализ возможности использования их в системе охлаждения трансформаторов ТЭС.

Численные исследования теплопереноса и гидромеханики в двухфазном термосифоне (рис.1) в условиях отвода энергии от верхней крышки бака силового трансформатора проводились в достаточно типичных диапазонах изменения тепловых потоков [1–3]. Максимальные допустимые температуры поверхности изоляции трансформатора ограничены значением 333°К. При таких температурах тепловые потоки к нижней крышке термосифона составляют в зависимости от условий теплопередачи от 10^3 Вт/м² до $2 \cdot 10^3$ Вт/м². В качестве основного возможного теплоносителя рассматривалась дистиллированная вода.

Численные исследования проводились в безразмерных параметрах. По этой причине безразмерные комплексы (Re , Pr , Ki , Vi) приняты в соответствии с анализируемым режимом течения пара (ламинарный) и достаточно типичными габаритными размерами рассматриваемого теплообменника (высота – 150 мм, ширина парового канала – 34 мм, толщина стенок – 3 мм).

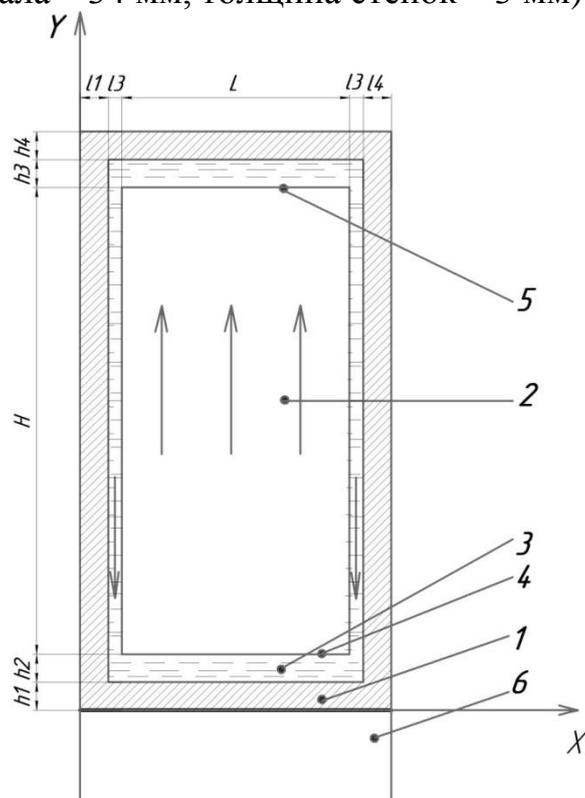


Рис. 1. Область решения: 1 – металлический корпус; 2 – паровой канал; 3 – пленка жидкости; 4 – поверхность испарения; 5 – поверхность конденсации; 6 – верхняя стенка бака трансформатора. Вертикальными стрелками показаны направления движения пара и жидкости.

Рассматривался термосифон прямоугольного поперечного сечения. Область решения приведена на рис.1. Энергия верхней стенки масляного бака силового трансформатора, расположенного вблизи нижней крышки термосифона, поступает через границу $y=h_1$, $0 < x < 1$. В результате интенсивного парообразования возникает перепад давления, что приводит к продвижению пара вверх и его конденсации на верхней границе парового канала. Слой конденсата под действием сил гравитации стекает по вертикальным стенкам канала вниз и растекается по нижней поверхности рассматриваемого теплообменника. Система уравнений с нелинейными краевыми условиями решена методом конечных разностей [6,7]. Использовался итерационный алгоритм аналогично [8] разработанный для решения нелинейных нестационарных задач сопряженного теплопереноса в многосвязных областях с интенсивным локальным выделением теплоты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов / Пер. с венгерского. Под ред. Г.Е. Тарле. – М.: Энергия, 1980. – 208 с., ил. – (Трансформаторы; Вып. 36).
2. Голунов А.М. Охлаждающие устройства масляных трансформаторов. – М.: Энергия, 1964.
3. Бернштейн И.Я. Нагрев и охлаждение трансформаторов.- «Энергетика за рубежом», сер. «Трансформаторы», вып. 5. М., Госэнергоиздат, 1960.
4. Сещенко Н.С. Охлаждение силовых масляных трансформаторов. Материалы научно-технического совещания по трансформаторостроению (Тольятти, 1969), 1969.
5. Силовые трансформаторы: Справочная книга / под. ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. – М.: Энергоиздат, 2004. – 616 с.
6. Kuznetsov G.V., Sheremet M.A. Mathematical modeling of complex heat transfer in a rectangular enclosure // Thermophysics and Aeromechanics. – 2009. – V. 16. – № 1. – P. 119–128.
7. Nurpeii A.E. The opportunity analyses of using thermosyphons in cooling systems of power transformers on thermal stations. / A.E. Nurpeii, T.N. Nemova // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 72. Heat and mass transfer in the system of thermal modes of energy – Technical and technological equipment.
8. Nurpeii A.E. Mathematical modeling of force convection in a two-phase thermosyphon in conjugate formulation / A.E. Nurpeii, A.E. Nee // EPJ Web of Conferences. – 2016. – Vol. 110. Thermophysical Basis of Energy Technologies.

СОХРАНЕНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГИИ ЖИЛОГО ДОМА С ПОМОЩЬЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МАТЕРИАЛОВ

В.П. Толстоухова

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

1. Введение

Климат природы на всей территории республики Саха (Якутия) резко континентальный. Перепад температуры достигает в среднем 100°C от -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$, холодный период зимы продолжается почти 4 месяца. Поэтому проблемы сохранения и сбережения теплоты в помещении жилого дома являются жизненно важными и являются весьма актуальными. Цель: исследование и проектирование энергосберегающего жилого дома различных геометрических форм и материалов, другими словами, создание оптимальных климатических условий жизнедеятельности в таких суровых природных условиях. Гипотезой