

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей физики

«Конвективное охлаждение радиоэлектронных систем»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 4022 группы
направления 03.03.02 «Физика» Института физики

Фомичевой Виктории Павловны

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н.

дата, подпись

С.В. Овчинников

Заведующий кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.

дата, подпись

А.А. Игнатъев

Саратов 2021 год

Введение

С развитием техники радиоэлектронная аппаратура (РЭА) имеет тенденции к уменьшению размеров и массы, а так же к увеличению производительности, что ведет к увеличению их энергонасыщения. В таких условиях любое преобразование энергии в любом случае сопровождается переходом ее части в тепловую форму. То есть либо само РЭА целиком, либо его часть испытывает очень большие тепловые нагрузки. Так что существует необходимость обязательно моделировать тепловые процессы при разработке устройств [1 – 5].

Существуют различные способы отведения тепла от РЭА [1, 2]:

- 1) кондуктивно-конвективное (вынужденная и естественная конвекция),
- 2) испарительно-конденсационное, включая и тепловые трубы,
- 3) на основе фазового перехода твердое тело-жидкость (теплоаккумуляторы при сильных импульсных нагрузках),
- 4) термоэлектрические эффекты, например, охладители на эффекте Пельтье,
- 5) лучистый теплообмен.

Однако в итоге сброс избыточной тепловой энергии в окружающую среду, отведенной от теплонагруженных участков РЭС системами теплоотвода, реализующими способы 1) – 4), все равно осуществляется конвективным образом [1].

При расчете и анализе температурных полей в конструктивных элементах радиоэлектронной аппаратуры для описания конвективного теплообмена между поверхностью элемента, блока или корпуса устройства и окружающей его жидкой или газообразной средой необходимо знание значений соответствующих коэффициентов теплообмена. Поэтому целью настоящей дипломной работы является поиск по литературным источникам и анализ методик определения коэффициентов теплообмена для инженерного расчета конвективных потоков в системах теплообмена.

В данной дипломной работе изложены обзор и классификация полуэмперических методик для инженерного расчета конвективных потоков и определения среднего по поверхности теплообмена значения коэффициента конвективной теплоотдачи. Рассмотрены случаи естественной и вынужденной конвекции для различных типовых конфигураций РЭА.

Режим естественной конвекции применяется в маломощных преобразователях, либо когда площадь охлаждаемой поверхности очень велика. Так же этот режим имеет место в случаях, когда использование вентиляторов невозможно, например, в грязных средах.

При естественной конвекции увеличение площади радиатора целесообразно только до определенных пределов, пока тепловая инерция позволяет теплу от создающего его источника распространяться по поверхности радиатора. Применение тепловых труб позволяет многократно увеличить эффективность охлаждения за счет снижения градиента температуры. При меньшем весе и соизмеримых размерах они способны отводить тепла в сотни раз больше, чем любые металлы.

Для мощных радиоэлектронных систем (лампы бегущей волны, магнетроны и др.) преимущественно используется жидкостное охлаждение. Жидкий теплоноситель в системах охлаждения должен обладать соответствующими теплофизическими свойствами в области рабочих температур и давлении. И, кроме того, жидкость должна быть химически инертна по отношению ко всем материалам контура охлаждения, а также обладать требуемыми диэлектрическими свойствами.

На качество отвода тепла в жидкостных системах охлаждения влияют следующие основные параметры:

- 1) скорость потока охлаждающей жидкости и давление в канале, обеспечивающее эту скорость;
- 2) ламинарный или турбулентный режим течения охлаждающей жидкости в канале;
- 3) количество каналов охлаждения в системе теплоотвода;

- 4) материал системы теплоотвода (например, тепловое сопротивление медных радиаторов примерно на 20% ниже, чем алюминиевых, так как теплопроводность меди почти в 2 раза выше);
- 5) состав охлаждающей жидкости (например, при изменении соотношения вода/гликоль с 50/50 до 90/10% тепловое сопротивление системы охлаждения снижается на 35–45%);
- 6) тепловая стойкость используемого теплоносителя – сохранение своих параметров в требуемом интервале температур и давлении;
- 7) геометрия каналов для протекания теплоносителя и величина коэффициента поверхностного натяжения жидкого теплоносителя;
- 8) ограничения на давление паров теплоносителя для систем охлаждения без фазовых переходов.

В структуре выпускной квалификационной работы можно выделить 5 глав (не считая введения и заключения), с подразделением на подглавы а именно:

1. ТЕКУЧАЯ СРЕДА

2. КОНВЕКЦИЯ

2.1. Система дифференциальных уравнений для описания конвективного теплообмена в случае несжимаемой текучей среды (уравнения Навье – Стокса)

2.2. Феноменологический подход к определению значений коэффициента конвективного теплообмена

3. ЕСТЕСТВЕННАЯ КОНВЕНЦИЯ

3.1 Основная формула инженерного расчета коэффициента конвективной теплоотдачи в случае естественной конвекции в неограниченной среде

3.2 Естественная конвекция в плоском зазоре между вертикальными параллельными пластинами

3.3. Естественная конвекция в ограниченном объеме среды

4. ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕНЦИЯ

4.1 Коэффициент конвективной теплоотдачи при вынужденном движении среды вдоль плоской стенки

4.2 Конвекция при вынужденном движении среды в зазоре между двумя параллельными пластинами

4.3 Конвективный теплообмен при вынужденном движении среды относительно плоской поверхности, развитой прямыми штырьками

5. РАСЧЁТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ

5.1 Ламинарный режим

5.2. Переходный режим

5.3. Турбулентный режим

Содержание работы

В главе 1 введено понятие текучей среды, пограничных слоев. Текучая среда – жидкость или газ омывающее тело. Она рассматривается как сплошная в малых объемах, а ее характеристики, такие как скорость, давление и температура, как непрерывные на протяжении всего исследуемого потока. Из-за вязкости текучей среды у поверхности исследуемого тела возникает слой заторможенной текучей среды — гидродинамический пограничный слой. Аналогично появляется тепловой пограничный слой.

В главе 2 вводится понятие конвекции как перенос тепловой энергии и массы вещества, происходящий под действием градиентов температуры и концентрации, а так же за счет движения среды. Выделяют два основных режима теплового потока: 1. ламинарный – процесс происходит исключительно за счет процессов теплопроводности; 2. турбулентный – возникают завихрения движущихся слоев, считается квазистатическим при

условности усреднения движения потока. А так же рассматривается простейший случай системы уравнений, описывающий конвективный теплообмен между твердой стенкой и текучей средой. Вводится феноменологический подход к определению значений коэффициента конвективного теплообмена, а так же система дифференциальных уравнений в случае несжимаемой текучей среды.

В главе 3 рассмотрены расчетные соотношения для определения коэффициента теплоотдачи в случае естественной конвекции. Водятся формулы для неограниченной и ограниченной среды с различными конфигурациями, а так же для зазора между пластинами. Всего 15 соотношений.

В главе 4 рассмотрены расчетные соотношения для определения коэффициента теплоотдачи в случае вынужденной конвекции. Водятся формулы для неограниченной и ограниченной среды с различными конфигурациями, а так же для зазора между пластинами и ребренной а шахматном и коридорном порядке поверхности. Всего было найдено 9 соотношений.

В главе 5 рассмотрены расчетные соотношения для определения коэффициента теплоотдачи при течении жидкости в каналах. Рассмотрено: ламинарный режим течения – найдено 10 выражений и приведены таблицы поправочных коэффициентов; переходный режим – 4 выражения с поправочной таблицей; турбулентный режим – 14 выражений. Отдельно рассмотрен трубчатый охладитель с резким изменением движения охлаждающей среды в непосредственной близости от охлаждаемой поверхности.

Заключение

В данной дипломной работе изложены обзор и классификация полуэмпирических методик для инженерного расчета конвективных потоков и определения среднего по поверхности теплообмена значения

коэффициента конвективной теплоотдачи. Использовано 25 литературных источников в виде монографий и статей. Рассмотрены случаи естественной и вынужденной конвекции для различных типовых конфигураций РЭА. А также приведены расчетные формулы для различных конфигураций и режимов движения текучей среды.

Из количественного сравнения ряда формул конвективного теплообмена, следует, что во всех режимах движения теплоносителей расчетные формулы могут давать разброс числовых значений порядка 15–20%. Это следует из того, что все расчетные формулы являются результатом обработки множества экспериментальных данных с применением аппарата теории подобия. Такой разброс вполне удовлетворителен для предварительного теплового моделирования систем охлаждения [1].

Представленный материал можно рассматривать как справочное пособие при проектировании систем охлаждения радиоэлектронных устройств. Практически во всех расчетных соотношениях в качестве параметра, определяющего определенные значения критериальных чисел, входит температура теплорассеивающей стенки. В условиях, когда эта температура не задана, но известна тепловая мощность, рассеиваемая в среду, для вычисления числа Нуссельта или коэффициента конвективной теплоотдачи необходимо использовать метод последовательных приближений, задавая некоторое значение температуры на исходной итерации. Очевидно, что эта температура должна удовлетворять требуемому температурному диапазону.

Кроме того, данный материал будет использован в рамках дисциплины «Введение в теорию тепломассообмена» для студентов направления 03.03.02 «Физика» и может быть использован для всех естественнонаучных направлений, в рамках которых рассматриваются методы теории и практики теплообмена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дульнев Г.Н. и др. Методы расчета теплового режима приборов / Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. – М.: Радио и связь, 1990. – 312 с.
2. Шуваев, В.А. Методы обеспечения тепловых режимов при проектировании радиоэлектронных средств : учебное пособие / В.А. Шуваев. – Воронеж : ВГТУ, 2008. – 138 с.
3. Юрген Шульц-Хардер, Сергей Валов. Жидкостное охлаждение в современных компактных корпусах высокой мощности // Силовая электроника. 2005. № 3. С. 92 – 95. (www.pover-e.ru)
4. Колпаков А. Охлаждение в системах высокой мощности // Силовая электроника. 2010. № 3. С. 62 – 66. (www.pover-e.ru)
5. Колпаков А. Охлаждение силовых модулей: проблемы и решения // Силовая электроника. 2012. № 3. С. 12 – 18. (www.pover-e.ru)
6. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие.– М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
7. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.
8. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
9. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
10. Уонг Х. Основные формулы и данные для по теплообмену для инженеров : справочник / Пер. с англ. В.В. Яковлева и В.И. Колядина.– М.: Атомиздат, 1979. – 216 с.
11. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. – Л.: Энергия, 1968. – 360 с.

12. Кернерман Э.Я., Петровский Д.И. Теплоотдача в вертикальных каналах при естественной конвекции // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО. 1970. Вып. 1. С. 48 – 54.
13. Рабинерсон А.А., Ашкинази Г.А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
14. Краус А.Д. Охлаждение электронного оборудования / Пер. с англ. В.Я. Лиознова под ред. И.Е. Вильница. – Л.: Энергия, 1971.– 248 с.
15. Юдаев Б.Н. Теплопередача. – М.: Высшая школа, 1973. – 360 с.
16. Жукаускас А.А., Жучжда И.А. Теплоотдача в ламинарном потоке жидкости. – Вильнюс: «Минтас», 1969. – 261 с.
17. Жукаускас А.А., Шланчаускас А.А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости. – Вильнюс: «Минтас», 1973. – 327 с.
18. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.
19. Краснощёков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. – М.: Энергия, 1975. – 280 с.
20. Теория тепломассообмена /Под. ред. А.И. Леонтьева. – М.: Высш. Школа, 1979. – 495с.
21. Полянин Л.Н., Ибрагимов М.Х., Сабелев Г.И. Теплообмен в ядерных реакторах. – М.: Энергоиздат, 1982. – 88с.
22. Керн Д., Краус А. Развитые поверхности теплообмена. – М.: Энергия 1977. – 462с.
23. Петухов Б.С., Кириллов В.В. К вопросу о теплообмене при турбулентном течении жидкости в трубах / Теплоэнергетика. 1958. №4. С. 63.
24. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А. Свободно-конвективный теплообмен. Справочник. – Минск : Наука и техника, 1982. – 400с.
25. Пошехонов П.В., Соколовский Э.И. Тепловой расчет электронных приборов. – М.: Высшая школа, 1977. – 156 с.