

УДК 004.415.538

Р.М. Павелко, Н.А. Христинець

Луцький національний технічний університет

Анализ систем криогенного охлаждения в применении к разгону персональных компьютеров

В работе было разобрано принцип работы, создание и применение в реальных задачах системы криогенного охлаждения.

Постановка проблемы

В теперешнее время скорость вычислений современных компьютеров растет с каждым днем. Но даже учитывая такой быстрый темп развития, очень часто в насущных задачах есть проблемы с временем выполнения некоторых задач. Учитывая эти факторы, многие пользователи идут на решительные шаги, такие как увеличения мощности компьютеров при помощи их разгона. Для выполнения этой операции нужно выполнить ряд факторов, главный из которых – обеспечение хорошего охлаждения форсируемых элементов.

Системы охлаждения можно поделить на такие категории: воздушные, жидкосные, криогенные (системы фазового перехода). Именно о последнем виде охлаждения пойдет речь ниже.

Вступление

Данный материал посвящен самостоятельной сборке системы фазового перехода. Подобная система охлаждения (далее СО) позволяет охлаждать до отрицательных температур наиболее критичные для быстрогодействия компоненты компьютера. Это в свою очередь позволяет более полно раскрыть потенциал форсируемых чипов. Используя систему фазового перехода (далее фреонку), можно, к примеру, охладить процессор или видеокарту вплоть до -50°C , в отдельных случаях можно получить и -60°C .

Системы фазового перехода – удел энтузиастов-умельцев, освоивших кустарное производство много лет назад. В свое время выпускались и серийные модели, лучшая из которых, Asetek VapoChill LS. Однако ввиду дороговизны, сложности изготовления, нюансов эксплуатации, высокой вероятности выхода из строя комплектующих при интенсивном разгоне подобные СО не получили широкого распространения.

Главным недостатком серийных решений оказался запас прочности – все известные модели не способны обеспечивать низкие температуры при серьезных нагрузках (порядка 250 Вт).

Принципы работы системы фазового перехода

Пожалуй, для начала нужно разобраться, как функционирует фреонка.

Цифрами обозначены:

1. компрессор
2. конденсатор
3. фильтр-осушитель
4. дроссель
5. испаритель

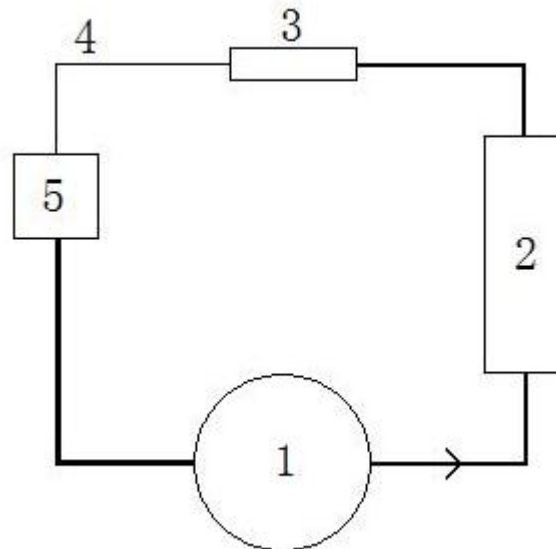


Рис.1 Схема одноконтурної системи

Серцем системи является компрессор, который подает газообразный фреон в конденсатор под высоким давлением (около 15-25 атмосфер, все зависит от конкретной системы и условий эксплуатации). Конденсатор является собой свитую однопроходную медную трубку, на которую нанизаны тонкие ребра. Фактически это тот же многопроходный радиатор СВО, рассчитанный на работу при высоких давлениях. Его цель – сконденсировать весь газообразный фреон, поступающий от компрессора. Благодаря большой площади теплорассеивания фреон охлаждается до комнатных температур, при которых начинает конденсироваться. При правильном подборе конденсатора на выходе получаем полностью жидкий фреон. Затем фреон, проходя через фильтр (устройство для фильтрации с целью защиты от случайного мусора и влаги), поступает в дроселирующий элемент. Дросель – понятие общее, ведь в качестве данного элемента можно использовать капилляр, ТРВ или СРЕV. Обычно для одноконтурных систем применяют капилляр – тонкую медную трубку. Все эти элементы предназначены для понижения давления хладагента. Капилляр – медная трубка, внутренний диаметр которой может колебаться от 0,6 до 3 мм. Следующим элементом системы является испаритель. Это самая “холодная” часть СО. Место, где выходящий из капилляра фреон начинает кипеть и превращаться в газ, поглощая при этом большое количество тепла извне. Чем ниже давление в испарителе, тем ниже температура испарения фреона в нем. Выкипевший фреон в газообразном состоянии по отсасывающей трубке (так называется элемент, соединяющий испаритель с компрессором) поступает обратно в компрессор.

Системы фазового перехода могут быть и многоконтурными. Такие вариации называют каскадами. Если на испарителе одноконтурной системы можно добиться температур вплоть до -50°C , то для получения значений порядка $-80 - -100^{\circ}\text{C}$, нужно заправлять систему низкотемпературным фреоном. Проблема заключается в том, что его не так просто сконденсировать. В системах фазового перехода главную роль играет связка «температура-давление». Чтобы превратить низкотемпературный фреон в жидкость при комнатных температурах, нужно создать в контуре очень высокое давление (порядка 50 атмосфер), на что современные промышленные компрессоры попросту неспособны. При давлении конденсации высокотемпературного фреона (том, которое может создать обычный компрессор, ~ 20 атмосфер), превратить его в жидкость можно только существенно понизив температуру конденсации. Вот для этих целей и используется один контур. Фактически каскад – это две фреонки, только испаритель первой меняется на теплообменник, который в свою очередь выступает в роли конденсатора второго контура. Для большей наглядности привожу схему многоступенчатых систем фазового перехода (отмечу, на рисунке не показаны дополнительные элементы, используемые фреонкостроителями):

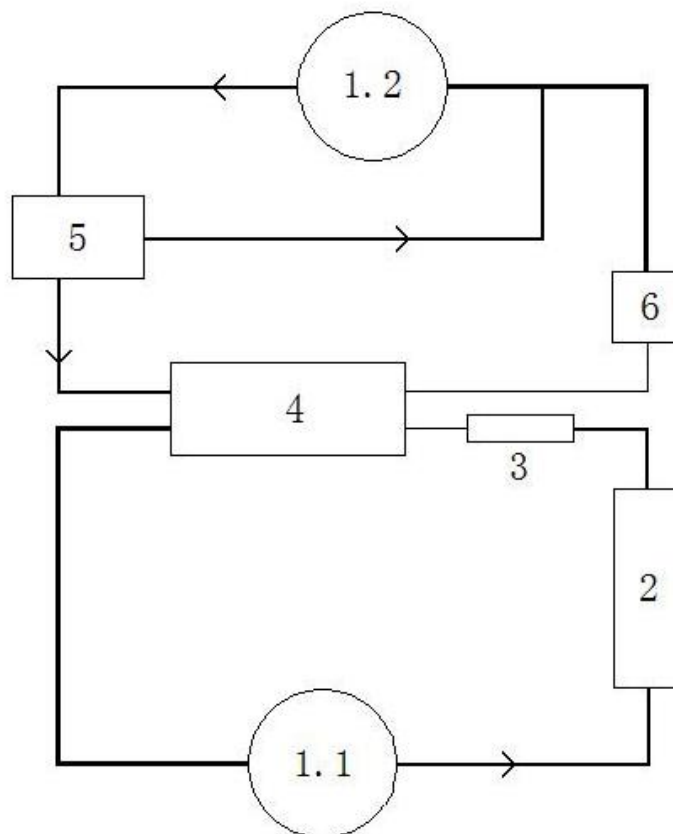


Рис.2 Схема двухконтурной системы

1. Компрессоры
 - 1.1 Высокотемпературный
 - 1.2 Низкотемпературный
2. Конденсатор
3. Фильтр
4. Теплообменник
5. Маслоотделитель
6. Испаритель

Можно использовать третий контур, четвертый и даже пятый. Это облегчает условия конденсации фреона в каждом отдельно взятом контуре и позволяет добиться низких температур, но существенно усложняет процесс изготовления СО. Даже простая двухконтурная система в разы сложнее в изготовлении, чем рядовая фреонка.

Характеристики некоторых компонентов:

Выбираем комплектующие.

Компрессор

Раз система рассчитывается на серьезные нагрузки и при этом нужно получить максимально низкие температуры, мощность данного компонента должна быть соответствующей. Для систем фазового перехода можно использовать два типа компрессоров: герметичный поршневой или роторный. У каждого есть свои плюсы и минусы.

Поршневой: малозумный, потребляет немного электроэнергии, но его эффективность существенно ниже, чем роторного.

Роторный: весьма шумен в работе (к примеру, вспомните советские кондиционеры БК1500 и старше). Компрессоры с тех пор, безусловно, стали современной, однако часто они прилично шумят. Уровень энергопотребления примерно в два раза выше, чем у поршневых аналогичной мощности.

Конденсатор

Классификация конденсаторов осуществляется по количеству теплоты, которую они могут рассеять в окружающую среду. Подобрать конденсатор для конкретной системы очень легко.

Допустим, система настраивается на 300 Вт (при проектировании любая фреонка должна настраиваться на максимальную нагрузку, которую ей предстоит отводить). Конденсаторы во избежание проблем в работе СО нужно выбирать примерно с двукратным запасом. Получаем номинал $2 \times 300 = 600$ Вт. Система фазового перехода – не система жидкостного охлаждения. Это важно помнить, ведь слишком большой конденсатор не обеспечит прироста эффективности. Если фреон полностью сконденсируется в 800-ваттном радиаторе, точно так же он сконденсируется и в модели на 1600 ватт

Фильтр

Для одноконтурной системы фазового перехода сгодится дешевый медный фильтр карандашного типа, массой 20-50 грамм. Компоненты побольше (на 40-50 грамм) легче паять.

Испаритель

Единственный элемент системы фазового перехода, который нельзя купить в магазине. Испаритель придется изготовить самому или приобрести у таких же энтузиастов, наладивших процесс их кустарного массового выпуска. В конструкции испарителя главное – максимальная площадь контакта фреона с медью. Популярны устройства спирального типа (цилиндрическая форма, фреон, испаряясь, поднимается по спирали вверх) и многэтажные испарители (фреон переходит из камеры в камеру).

Трубки, капилляр, клапаны Шредера, тройники

Монтаж участков систем высокого давления (в нашем случае – от компрессора до конденсатора и далее до капилляра) обычно делается медной трубкой внутренним диаметром 6 мм (1/4 дюйма). Возможен монтаж 9-миллиметровой трубкой (3/8 дюйма), если патрубков компрессора имеет большое сечение (справедливо в основном для роторных моделей).

С подбором капилляра ситуация сложнее. Для настройки на определенную нагрузку нужно подобрать соответствующую длину капилляра экспериментальным путем. Энтузиастам весьма облегчают жизнь уже готовые таблицы, созданные первопроходцами фреонкостроения. Они позволяют определить при заданном типе фреона длину и сечение капилляра применительно для требуемой нагрузки на испарителе.

Самым ходовым в одноконтурных системах является капилляр внутренним диаметром 0,8 мм.

Важным элементом фреонки является отсасывающая трубка. Она соединяет испаритель с компрессором. Ее можно сделать из медной трубы внутренним диаметром 10-12 мм или использовать сильфон. Медная трубка в качестве отсасывающей весьма неудобна, т.к. систему приходится проектировать под определенное место размещения процессора. Испаритель в таком случае будет весьма малоподвижным. Лучше прибегнуть ко второму варианту, т.к. система фазового перехода становится намного более «гибкой» и универсальной. Однако здесь есть свои сложности, т.к. стальные гофрированные шланги и им подобные конструкции плохо паяются, в них со временем из-за частых изгибов могут появиться трещины.

Клапан Шредера представляет собой ниппель, весьма похожий на используемые в камерах шин велосипедов и автомобилей. Данный элемент необходим для подключения заправочного оборудования.

Тройники используются для установки клапанов Шредера в контур. Один тройник с клапаном можно впаять в линию высокого давления (компрессор – конденсатор – капилляр), другой, если компрессор имеет только один всасывающий патрубок (в первую очередь это касается роторных), впаивается в линию низкого давления.

Готовые цельные обратки

Очень удобная вещь, так как избавляет от многих проблем при изготовлении фреонки. Они состоят из: испарителя и принадлежностей к нему (крепление, изоляция, установленная термопара), капилляра, сильфона. У хороших мастеров все это спаяно, теплоизолировано, проверено на наличие течей, удобно в использовании и имеет примерно такой вид:

Фреон

Основные фреоны, которые используются при сборке фреонки: под компрессор с минеральным маслом R22 (температура кипения -42 °C), под модель с синтетическим – R404 (температура кипения -48 °C). Температура кипения фреона позволяет оценить, какой газ лучше использовать для получения высоких результатов.

Выводы

Данный материал показывает, что при хорошем охлаждении форсируемых чипов с используемыми характеристиками компонентов можно существенно поднять скорость работы

компьютера при выполнении вычислительных задач. Как показали тесты, это поднятие может достигать двукратного превосходства в отдельных случаях.

Литература

1. Поворознюк А.И. Архитектура компьютеров - Торнадо, 2004 г.
2. Родионовская О.А. «Общие принципы технологии криогенного охлаждения».- Наука и Техника Калининград. 2004г.
3. Малков М.П. Основы глубокого охлаждения. - Госэнэргиздат, 1963 г.
4. <http://www.overclockers.ru>
5. <http://www.overclockers.com.ua>
6. <http://www.xtremelabs.org>

Павелко Роман Михайлович. Студент групи КСМ-41, факультету КНІТ Луцького Національного Технічного Університету.

Христинець Наталія Анатоліївна. Асистент кафедри КІ , факультету КНІТ Луцького Національного Технічного Університету.