

ИКС-Tех

08 мая 2012

Системы фрикулинга на базовых станциях сотовой связи

Авторы:

Петр Леонидович РОНЖИН



ИКС № 05 2012 стр. 78

Рейтинг: Нет голосов ★★★★★

Рубрики: ИКС-Tех, ИТ, Телекоммуникационное оборудование, Мобильная связь

Основная тенденция в области энергосбережения на базовых станциях – это охлаждение оборудования за счет фрикулинга. Реализовать эту технологию можно при помощи систем охлаждения разных типов.



Постоянный рост тарифов на электроэнергию – с 2006-го по 2012 г. в несколько раз – от года к году увеличивает удельный вес расходов на нее в общих затратах на эксплуатацию сетей сотовой связи. Применительно к базовым станциям можно сказать, что значительная доля потребляемой ими электроэнергии приходится на системы охлаждения, что заставляет операторов обратить на эту составляющую более пристальное внимание.

Попробуем разобраться, сколько электроэнергии потребляет классическая система охлаждения базовой станции на базе сплит-систем и насколько можно снизить общее энергопотребление станции. Для этого предположим, что наша площадка располагается в идеальном теплоизолированном контейнере, который зимой не допускает промерзания, а летом не пропускает тепло извне. Мощность технологического оборудования при полной нагрузке составляет 5 кВт. При идеальной теплоизоляции контейнера практически вся эта мощность переходит в тепло, которое необходимо удалить с помощью кондиционера холодопроизводительностью 5 кВт. Электрическая мощность работающего кондиционера типа «сплит» в среднем составляет около 1,6 кВт. Итого потребляемая всеми системами станции мощность составит $5 + 1,6 = 6,6$ кВт, а на долю кондиционера приходится 24%.

Эта цифра может меняться в ту или иную сторону в зависимости от конструкции контейнера, типа оборудования, климатических условий и прочих факторов, но в целом она дает представление о том, к какой величине экономии электроэнергии необходимо стремиться, применяя энергосберегающие климатические системы.

На этом моменте нужно остановиться подробно, так как на практике часто путают два понятия: снижение потребления электроэнергии климатическими системами и снижение потребления электроэнергии базовой станции за счет использования энергосберегающих климатических систем. В первом случае снижение может достигать 95%, а во втором вряд ли превысит 20%.

В настоящее время основная тенденция в области энергосбережения – это фрикулинг (свободное охлаждение) или охлаждение оборудования связи на базовых станциях за счет холода окружающей среды. Термин «фрикулинг» сейчас часто употребляется, но не всегда в него вкладывается одно и то же содержание.

Как работает

Технические характеристики устройств фрикулинга

Показатель	«Енисей 2000»	FREE-AIR 3 CL35	TKS 03-03	RUCK RS315L	ВЕНТС 160 ВКМц	ZDHR-300A Heatexchanger
Охлаждающая способность, кВт	5,5 ¹	3,5 ²	4,4 ³	3,2 ⁴	0,74 ⁴	2,4 ⁴
Удельная охлаждающая способность, Вт/градус	686	350	629	400	93	300
Производительность вентилятора по воздуху, м³/ч	700–2000	1050–2300	До 1836	До 1163	270	Нет данных
Температура наружного воздуха, °С	от -50 до +50	Нет данных	от -40	Нет данных	Нет данных	от -45 до +55
Класс фильтра очистки воздуха	G3 – F5	G4	F5	G3	G3	–
Напряжение питания, В	48 (+18%, -25%)	48	48	≈ 220	≈ 220	48
Максимальная потребляемая мощность, Вт	230	236	260	280	156	365
Энергетическая эффективность, Вт/(Вт*градус)	3	9,7	2,4	1,4	0,6	0,8
Минимальная потребляемая мощность, Вт	15	36	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Масса устройства (без упаковки), кг	50	35	48	Нет данных	Нет данных	48
Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм	940×540×460	604×720×612	700×500×600	Нет данных	Нет данных	1050×650×240
Мощность электронагревателя, кВт (напряжение = 220 В)	1,5	–	Нет данных	–	–	–

1 При разнице температур воздуха снаружи и в помещении, равно 8°С, при максимальной производительности приточного вентилятора, полностью открытым клапане фрикулинга, без опции «Регулируемая приточная решетка» и с чистым воздушным фильтром.
2 При температуре воздуха в помещении 20°С и разнице температур в помещении и на улице 8°С, при максимальной производительности приточного вентилятора.
3 При температуре воздуха в помещении 20°С и разнице температур в помещении и на улице 8°С, при максимальной производительности приточного вентилятора.
4 При температуре воздуха в помещении 20°С и разнице температур в помещении и на улице 8°С, при максимальной производительности приточного вентилятора.

приточная решетка и с чистым воздушным фильтром;
 * при температуре воздуха в помещении 20°C и относительной влажности 40%, наружной температуре 20°C;
 * при разнице температур воздуха снаружи и в помещении 7°C;
 * при разнице температур воздуха снаружи и в помещении 8°C.

фрикулинг

Технологию фрикулинга начали применять на базовых станциях достаточно давно, больше 10 лет назад. В то время были в ходу моноблочные энергосберегающие кондиционеры таких производителей, как Emerson, Stulz, RC Group и т. д. Экономия электроэнергии тогда особо никого не волновала, а кондиционеры со встроенной системой фрикулинга использовали потому, что это оборудование имеет больший ресурс и вандалоустойчивость, чем сплит-системы.

Кондиционеры такого типа обеспечивают низкое годовое энергопотребление за счет применения технологий free cooling или fresh air cooling. Смысл их заключается в следующем: оборудование базовой станции охлаждается за счет подачи в помещение более холодного наружного воздуха при соответствующих погодных условиях. В жару и при теплой погоде фрикулинг не работает, и тогда охлаждение базовой станции обеспечивается холодильным контуром кондиционера.

Схемы движения воздушных потоков при фрикулинге приведены на рис. 1 на примере кондиционеров серии «Мистраль-телеком» с нижней и верхней подачей воздуха. Заслонка клапана фрикулинга имеет пропорциональный привод, который позволяет задавать любое ее положение. Тем самым обеспечивается смешение потоков теплого воздуха из помещения и холодного воздуха с улицы, что предотвращает образование конденсата на выходе воздуха из кондиционера при низких температурах наружного воздуха. Если нет необходимости в естественном охлаждении, заслонка перекрывает сообщение с окружающей средой.

Для подачи холодного воздуха с улицы служит тот же вентилятор, что и при компрессорном охлаждении. Кондиционеры этого типа разрабатывались на базе прецизионных кондиционеров, в них применяются вентиляторы с большей производительностью, чем у сплитов, при той же холодопроизводительности. Изменение скорости вращения электронно-коммутируемых вентиляторов, работающих от постоянного тока 48 В, в диапазоне от 30 до 100% позволяет реализовать логику управления энергосберегающего кондиционера, при которой отдается предпочтение режиму фрикулинга с минимально возможным для текущих условий расходом воздуха.

Многолетняя эксплуатация этих кондиционеров подтвердила эффективность и надежность применения системы фрикулинга.

Несомненными достоинствами энергосберегающих кондиционеров являются большая холодопроизводительность в режиме фрикулинга (большой расход воздуха), высокая надежность, большой ресурс работы (10–12 лет), низкое энергопотребление, наличие режима аварийного охлаждения с помощью фрикулинга при пропадании основного питания, возможность мониторинга и дистанционного управления, вандалоустойчивость, простота монтажа и обслуживания. А единственный, пожалуй, их недостаток – высокие капитальные затраты на приобретение оборудования (по сравнению со сплитами). Видимо, поэтому большая часть базовых станций оснащается системами охлаждения на базе кондиционеров типа «сплит». Отсюда и возникает необходимость в дооснащении таких систем охлаждения устройствами фрикулинга.

В настоящее время используется несколько различных типов оборудования для фрикулинга.

Моноблочные устройства

Оптимальным по конструкции, надежности, назначению и функционированию можно считать моноблочное вентиляционное устройство для естественного охлаждения (free cooling box, fresh air box). По сути это устройство представляет собой энергосберегающий кондиционер, из которого убрали холодильный контур, компрессор и вентилятор конденсатора и ужали в размерах. Принцип работы и конструкция клапана фрикулинга в этих устройствах такие же, как и у энергосберегающих кондиционеров: подача холодного воздуха в помещение с улицы осуществляется 48-вольтовым электронно-коммутируемым вентилятором с плавно изменяемой скоростью вращения, а поддержание температуры приточного воздуха – утепленной заслонкой клапана фрикулинга с пропорциональным приводом 48 В.

Такие компактные моноблочные устройства помимо того, что в стандартном исполнении используют мощные управляющие контроллеры, могут опционально оснащаться электронагревателем, системой включения и ротации дополнительных внешних кондиционеров, выносным терминалом для управления устройством, системами контроля относительной влажности воздуха, устройствами мониторинга и дистанционного управления.

В режиме естественного охлаждения (рис. 2) температура



воздуха в помещении поддерживается за счет холодного наружного воздуха, который подается приточным вентилятором через входное отверстие, защищенное козырьком со съемной антимоскитной сеткой, и открытый полностью или частично теплоизолированный клапан естественного охлаждения. Наружный воздух проходит через воздушный фильтр повышенной пылеемкости, где очищается от пыли, а также через неиспользуемый в данном режиме электронагреватель. Теплый воздух из помещения вытесняется наружу через клапан естественного охлаждения и выходное отверстие, закрытое защитным козырьком со съемной антимоскитной сеткой. В режиме фрикулинга поддерживается избыточное давление воздуха внутри базовой станции.

Устройство может работать как отдельно, так и совместно с одним или двумя дополнительными кондиционерами, которые будут включаться и выключаться по команде от контроллера устройства. Контроллер устройства также может проводить ротацию кондиционеров для равномерной выработки ресурса. Параллельно система управления фрикулинг-боксом реализует свои внутренние алгоритмы работы для достижения максимальной эффективности охлаждения.

При снижении температуры воздуха в помещении ниже заданной устройство может нагревать воздух. В таком режиме (см. рис. 2) клапан естественного охлаждения закрыт. Воздух поступает из помещения, проходит через воздушный фильтр, приточный вентилятор и электрический нагреватель, где его температура повышается. Нагретый воздух подается в помещение.

Если охлаждение или нагрев воздуха не требуются, устройство переходит в режим рециркуляции, в котором для контроля температуры в помещении движение воздуха происходит по кругу: помещение – устройство – помещение, с минимальным расходом. Клапан естественного охлаждения закрыт.

В максимальной комплектации вентиляционное устройство может оснащаться системой ограничения относительной влажности, которая, управляя клапаном фрикулинга и дополнительным кондиционером, не допускает, чтобы значение относительной влажности воздуха в помещении превысило заданное значение.

Переключение устройства с одного режима на другой, включение кондиционеров, электронагревателя, регулирование оборотов вентилятора и положения заслонки клапана фрикулинга автоматически выполняются контроллером устройства на основании данных, которые он получает от трех датчиков, измеряющих температуру воздуха в помещении, на улице и приточного воздуха, а также от датчика относительной влажности воздуха в помещении. При этом поддерживается определенная температура не только воздуха в помещении, но и приточного воздуха (он не может быть ни слишком холодным, ни слишком горячим). Поэтому название «фрикулинг-бокс» для этого устройства слишком узкое, так как его функции – не только охлаждение. Более правильное название в данном случае – климатическая установка.

Система охлаждения базовой станции, состоящая из сплитов и моноблочного устройства фрикулинга, практически лишена недостатков и обладает теми же достоинствами, что и энергосберегающие кондиционеры, за исключением низкой вандалоустойчивости наружных кондиционерных блоков и несколько меньшей эффективности охлаждения при работе сплит-систем.

Системы раздельного типа

Системы фрикулинга так называемого раздельного типа состоят из вентиляционного блока и обратного клапана, которые монтируются отдельно друг от друга на стенах базовой станции (именно поэтому такая система называется раздельной). Вентиляционный блок может располагаться как снаружи базовой станции, так и внутри нее на одной из стен. Обратный клапан производители этих систем рекомендуют устанавливать на противоположной стене (типовая

Рис. 2. Принцип работы и схема вентиляционного устройства «Енисей 2000»

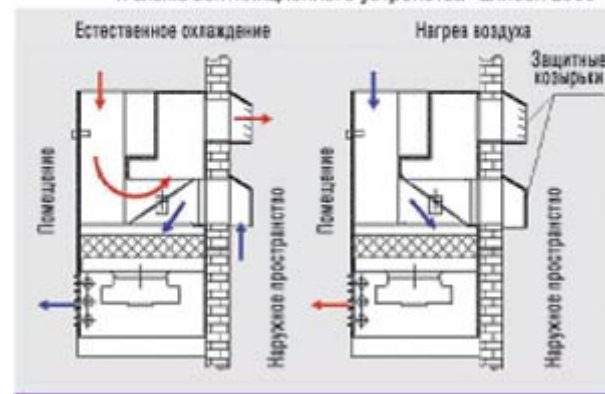


Рис. 3. Система фрикулинга раздельного типа на базе FREE-AIR 3



Рис. 4. Принципиальная схема работы устройства TKS 03-03 Dantherm HMS

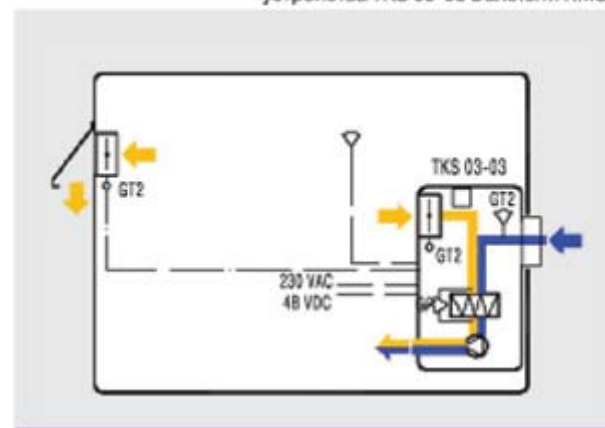


схема расположения элементов показана на рис. 3).

Вентиляционный блок представляет собой корпус, в котором размещены вентилятор, фильтр, электрический шкаф и система управления. Приточный вентилятор – электронно-коммутируемый, с возможностью плавного изменения скорости вращения и питанием от постоянного тока 48 В.

Система управления вентиляционным блоком может также управлять двумя кондиционерами, ее можно подключить к системам мониторинга (BMS).

В зависимости от погодных условий и температуры в контейнере приточный вентилятор плавно меняет свою скорость от 10 до 100%, обеспечивая охлаждение телекоммуникационного оборудования за счет поступления холодного воздуха. Вентиляционный блок системы фрикулинга не имеет клапана с механическим приводом, поэтому при сильных морозах впускное отверстие для воздуха остается открытым, что может вызвать частичное или полное промерзание контейнера. Кроме того, из-за отсутствия клапана фрикулинга с плавно изменяемым положением заслонки (за счет чего смешиваются теплый и холодный воздух) температура приточного воздуха в данном устройстве никак не регулируется, что может привести к выпадению конденсата внутри помещения при низких наружных температурах.

Для выхода теплого воздуха в такой системе используется обратный клапан без привода, исполнительные элементы которого легко примерзают при низких наружных температурах, когда устройство работает с минимальным расходом или выключено.

В связи с тем, что вентиляционный блок системы фрикулинга размещается снаружи, его необходимо защищать от механических повреждений и от кражи.

Рекомендуемая производителем схема размещения вентиляционного блока и обратного клапана на противоположных стенах и обусловленное этим движение воздушных потоков, на наш взгляд, неоптимальны, поскольку при таком размещении воздух будет идти по маршруту наименьшего сопротивления, насквозь через помещение базовой станции, минуя технологическое оборудование. Такая схема была бы оптимальной, если бы требовалось вентилировать помещение, например обеспечивать санитарную норму по воздуху или удалять из помещения вредные примеси. Но на базовой станции решается совсем другая задача – ассимиляция тепловыделений от технологического оборудования. Поэтому необходимо, чтобы наружный холодный воздух подавался к оборудованию, охлаждал его и только потом, в нагретом состоянии, удалялся из помещения.

Схема работы фрикулинга отдельного типа с вентиляционным блоком внутреннего размещения (рис. 4) более приспособлена к российским реалиям. Вентиляционный блок оснащается клапаном наружного воздуха с электроприводом, вентилятором (48 В) с плавным изменением скорости вращения и блоком управления; последний не только управляет работой всего устройства, но и подает команды на клапан с электроприводом, через который выходит теплый воздух.

Опционально блок может комплектоваться клапаном с электроприводом для смешения теплого и холодного воздуха (чтобы предотвратить образование конденсата на выходе из устройства) и датчиком наружной температуры.

Устройство также может управлять одним или двумя кондиционерами и выносным электронагревателем. Однако следует заметить, что в этом случае оно сложнее в монтаже (требуется прокладка управляющего кабеля к клапану выходящего воздуха), а также имеет усложненную конструкцию (три воздушных клапана с электроприводами).

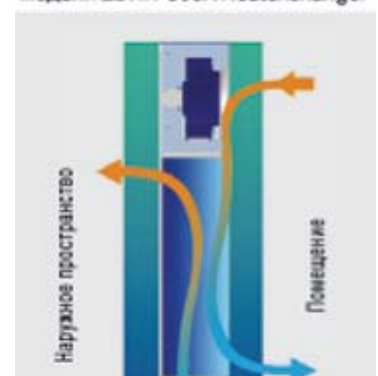
Кроме устройств фрикулинга заводского изготовления на российском рынке встречаются системы, созданные на базе отдельных агрегатов разных производителей. Все они относятся к системам отдельного типа. Их конструкция базируется на различных канальных вентиляторах, соединенных воздуховодами с фильтрами, клапанами и другими элементами системы. Данные конструкции явились развитием систем аварийной вентиляции базовых станций, которые изначально применялись только в случае отключения основного питания, когда отключались сплиты. Управление такими системами фрикулинга обычно организовано с помощью контроллеров, например БРКВ V1.

Теплообменники воздух–воздух

В некоторых случаях для охлаждения телекоммуникационных объектов применяются устройства, представляющие собой теплообменники воздух–воздух. В принципе эти устройства создавались специально для использования в так называемых климатических шкафах.

Схема работы таких устройств проста (рис. 5). Когда температура в климатическом шкафу превышает температуру окружающей среды, для рассеивания тепловой нагрузки используется алюминиевый противоточный теплообменник. Окружающий воздух проходит через внешний контур теплообменника, охлаждая при этом внутренний воздушный контур. Два контура тщательно отделены друг от друга, что позволяет избежать попадания влаги и пыли внутрь шкафа с оборудованием. Используя встроенные датчики температуры, контроллер теплообменного устройства в зависимости от тепловой нагрузки и климатических условий автоматически регулирует скорости вращения вентиляторов внешнего и внутреннего контуров, поддерживая заданную температуру в шкафу.

Рис. 5. Принцип работы теплообменника воздух–воздух модели ZDHR-300A Heatexchanger



Таким образом, в теплообменниках воздух–воздух также используется холод окружающей среды. Но по назначению, конструкции, применению, техническим параметрам это совершенно иные устройства.



Сравнительный анализ систем фрикулинга

Для оценки эффективности работы и сравнения устройств фрикулинга между собой используют следующие их характеристики.

Охлаждающая способность (Вт) – количество тепла, которое устройство может отвести от технологического оборудования при определенной разнице между температурой воздуха внутри помещения и температурой подаваемого в помещение приточного воздуха. Охлаждающая способность устройства прямо пропорциональна массовому расходу воздуха, его теплоемкости и разности температур.

Удельная охлаждающая способность (Вт/градус) – отношение охлаждающей способности к значению перепада температур между внутренним и наружным воздухом, при котором получены характеристики устройства.

Энергетическая эффективность (Вт/(Вт·градус)) – отношение охлаждающей способности к потребляемой мощности и перепаду температур между внутренним и наружным воздухом.

Зная указанные выше характеристики устройств, можно оценивать эффективность их применения на том или ином объекте связи. В таблице приведены характеристики устройств и систем фрикулинга, которые используются на российском рынке.

Подготовка технических требований

Теперь можем сформулировать некоторые рекомендации для подготовки технических требований на оборудование базовых станций устройствами фрикулинга.

В первую очередь в технических требованиях необходимо определить величину максимальной тепловой нагрузки. Имея эти данные и данные по удельной охлаждающей способности различных устройств фрикулинга, для каждого из них можно рассчитать температурный перепад, при котором теплоизбытки полностью ассимилируются. Например, тепловыделение технологического оборудования базовой станции составляет 5 кВт. Рассчитываем перепады температур для различных устройств:

«Енисей 2000»	7 °C
FREE-AIR 3 FCL35	14 °C
TKS 03-03	8 °C
RUCK RS315L	13 °C
ВЕНТС 160 ВКМц	54 °C
ZDHR-300A Heatexchanger	17 °C

Что это дает? Зная температуру воздуха, которую необходимо поддерживать в помещении, и величину температурного перепада, определяем температуру наружного воздуха, ниже которой фрикулинг будет полностью обеспечивать удаление тепла. Выше этой температуры будут включаться сплиты. Итак, при температуре воздуха в помещении 25 °C максимальная температура для фрикулинга составит:

«Енисей 2000»	$25 - 7 = 18$ °C
FREE-AIR 3 FCL35	$25 - 14 = 11$ °C
TKS 03-03	$25 - 8 = 17$ °C
RUCK RS315L	$25 - 13 = 12$ °C
ВЕНТС 160 ВКМц	$25 - 54 = -29$ °C
ZDHR-300A Heatexchanger	$25 - 17 = 8$ °C

Как видно, применение устройства «Енисей 2000» оправдано практически во всех климатических зонах, в то время как систему фрикулинга на базе вентиляторов ВЕНТС 160 ВКМц при относительно высоких тепловых нагрузках целесообразно использовать разве что в Антарктиде.

В то же время, если объект представляет собой климатический шкаф с тепловой нагрузкой 600 Вт, не имеет смысла применять устройства фрикулинга с высокой абсолютной и удельной охлаждающей способностью.

Далее заказчики должны определиться с минимально допустимой величиной энергетической эффективности системы фрикулинга; с тем, ограничивать или нет величину относительной влажности воздуха; с другими конструктивными особенностями оборудования: наличием электронагревателей, регулируемых решеток для подачи воздуха, теплоизоляции корпуса устройства и клапана, электроприводов и т. п.

Особое внимание следует уделить логике работы непосредственно устройства и совместной работы устройства фрикулинга и кондиционеров, а также нагревательных приборов. Должны быть описаны режимы работы, алгоритмы включения/выключения, ротации и т. д.

Кроме того, должны быть определены требования к организации мониторинга и дистанционного управления системой охлаждения, состоящей из устройства фрикулинга и сплитов. Необходимо указать, по каким протоколам будет выполняться подключение к системе удаленного контроля и управления (диспетчеризации), например Modbus или TCP/IP.



На взгляд автора, используя приведенные выше рекомендации, заказчики смогут получить оптимальную высокоэффективную систему охлаждения телекоммуникационных объектов с минимальными капитальными вложениями.

В завершение хотелось бы отметить, что эффективность работы и удобство эксплуатации различных систем естественного охлаждения зависят не только от их конструктивных особенностей, но и в немалой степени от логики работы; таким образом, наиболее объективное заключение о целесообразности использования той или иной системы можно дать лишь после ее опытной эксплуатации.
