

Способы и методы повышения энергоэффективности холодильных установок

Прокопенко Н.Ю.

Danfoss **Business** segments



DANFOSS POWER SOLUTIONS

#2 Market position



32%
of Group net sales

- **6,815 employees**
- **22 factories** in 11 countries
- **13.9bn** DKK sales / **1.9bn** EUR



DANFOSS COOLING

#1 Market position



27%
of Group net sales

- **6,396 employees**
- **13 factories** in 10 countries
- **11.9bn** DKK sales / **1.6bn** EUR



DANFOSS DRIVES

#2 Market position



24%
of Group net sales

- **4,652 employees**
- **11 factories** in 7 countries
- **10.3bn** DKK sales / **1.4bn** EUR



DANFOSS HEATING

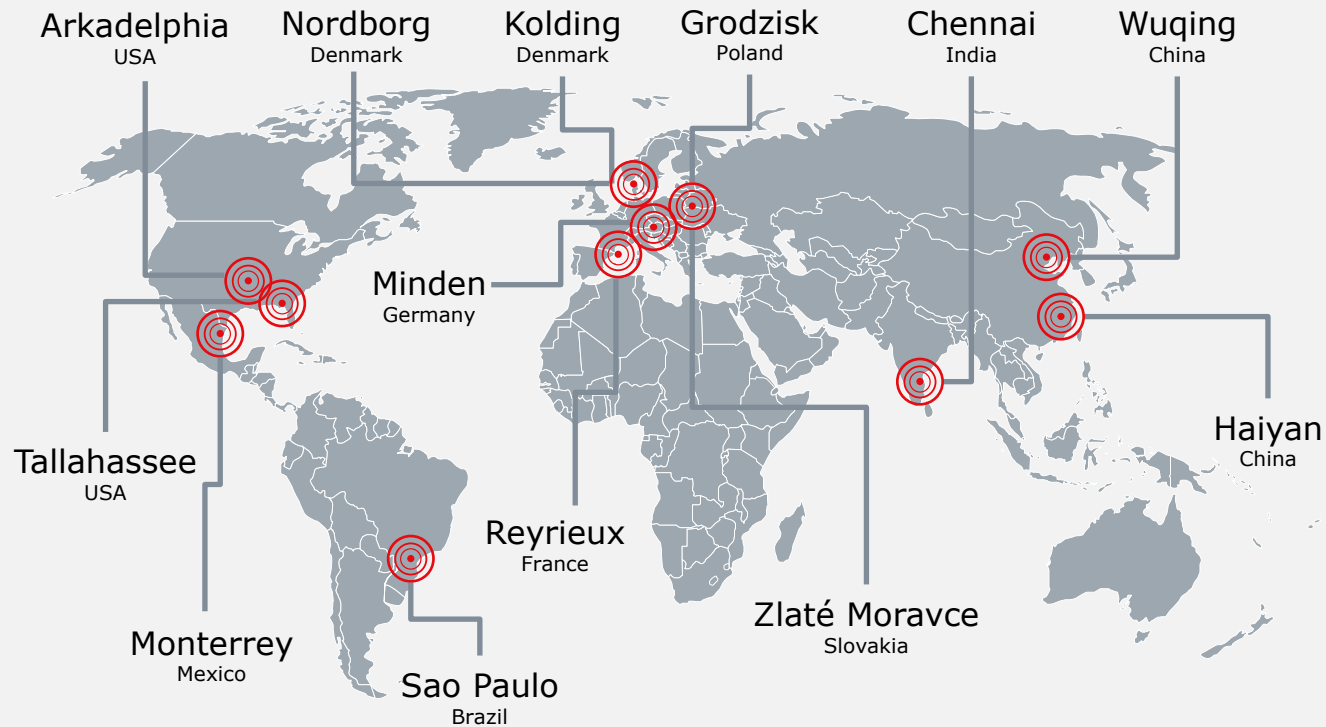
#1 Market position



17%
of Group net sales

- **5,339 employees**
- **26 factories** in 12 countries
- **7.3bn** DKK sales / **1.0bn** EUR

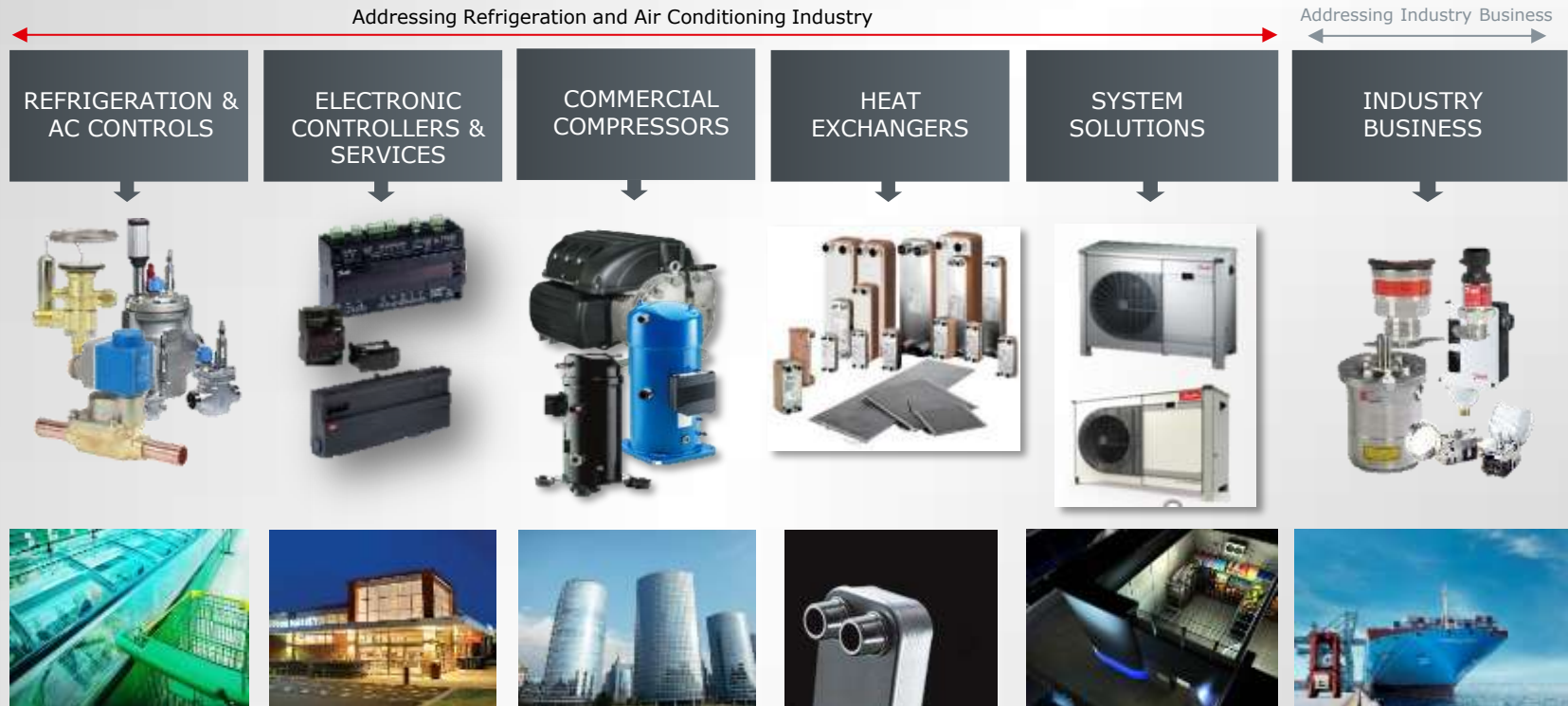
Manufacturing on **Three Continents**



Danfoss Cooling - our **businesses**

Refrigeration & Air Conditioning Controls	Electronic Controllers & Services	Heat Exchangers	Commercial Compressors	System Solutions & New Business	Industry Business
Automatic Controls Industrial Refrigeration	Electronic Controllers Food Retail Services	Micro Channel Brazen Plate	Scroll and Reciprocating Oil-free centrifugal	Condensing Units	Appliance Controls High Pressure Pumps Industrial Automation
					

Danfoss Cooling - **segment businesses**

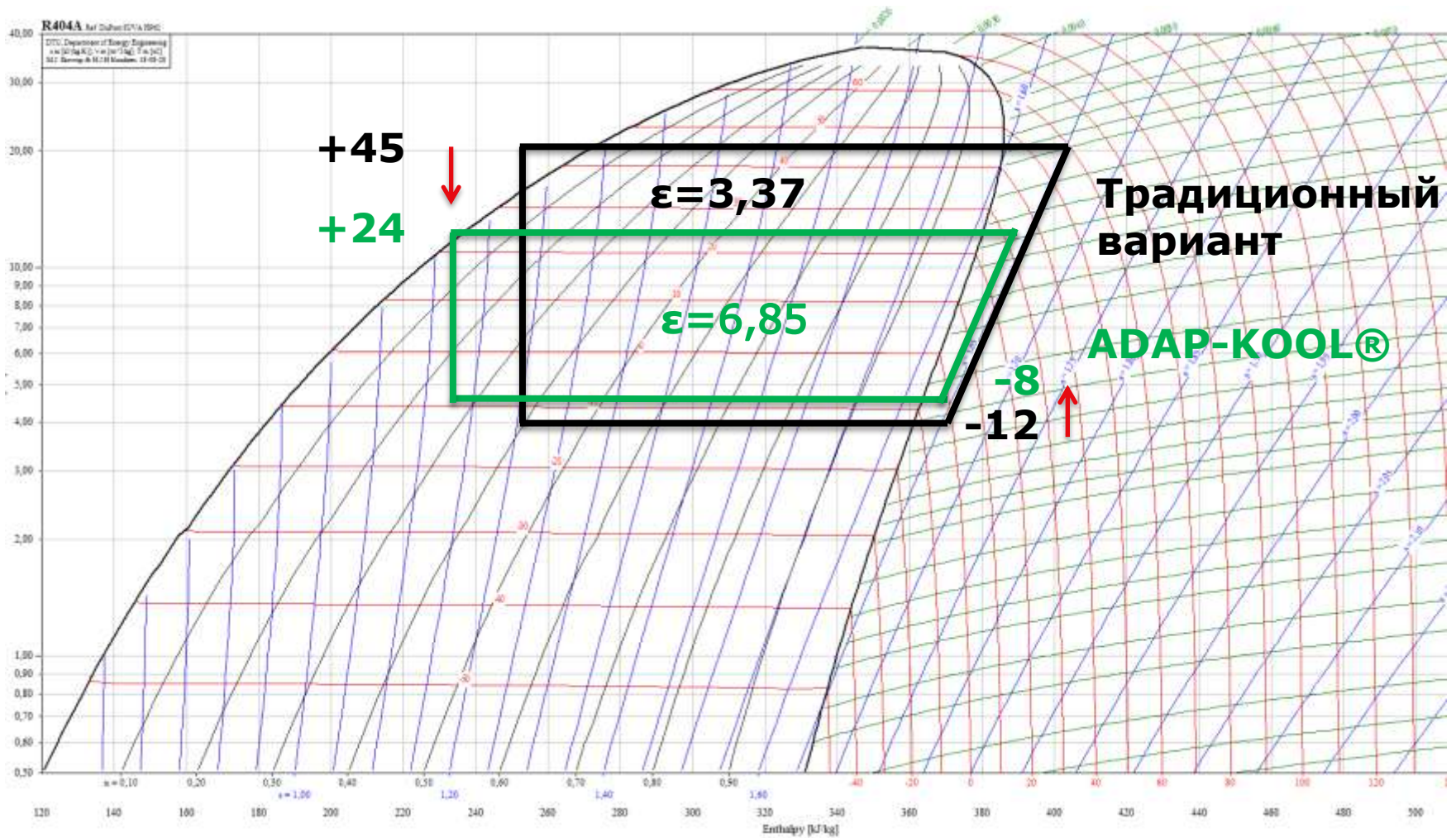


Экономия

- Уменьшение энергопотребления установки в целом и её элементов
- Увеличение холодопроизводительности системы
- Уменьшение потерь (усушки) хранимых продуктов
- Увеличение срока службы основного оборудования
- Уменьшение затрат на сервисное обслуживание
- Уменьшение эксплуатационных затрат
- Использование бросового тепла



Холодильный коэффициент



Экономия

При работе системы на

ВЫСОКИХ

НИЗКИХ

температурах конденсации

температурах кипения

снижение

увеличение



давления

конденсации

кипения

на один градус

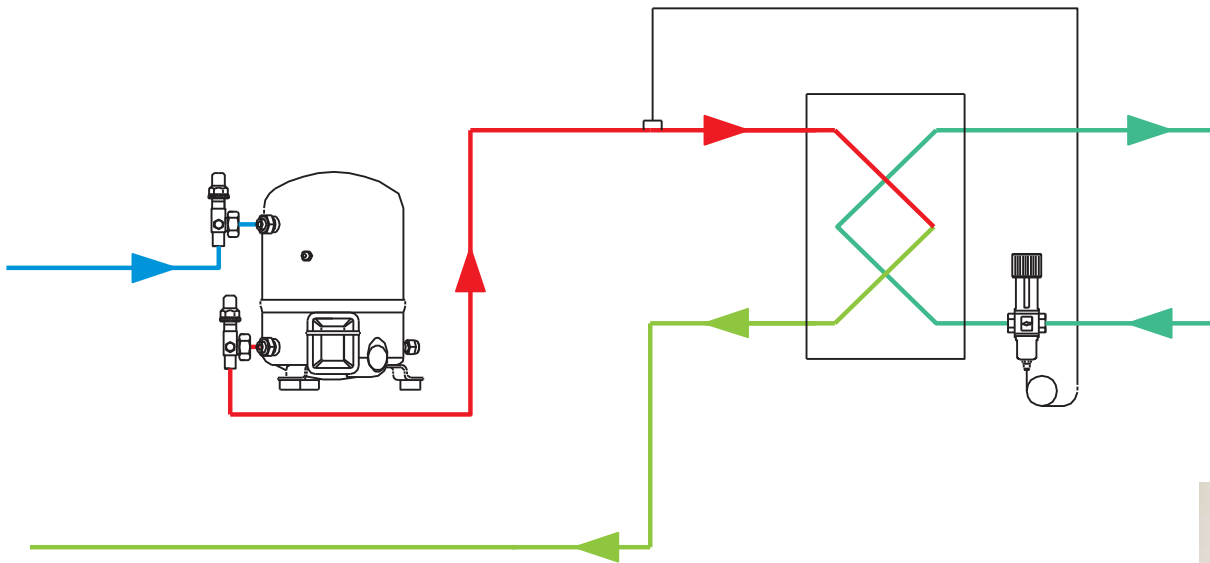
позволяет уменьшить энергопотребление на

3-5%

2-4%

Методы контроля давления конденсации

Управление расхода охлаждающей жидкости



AVTA



WVFX



WVO



WVTS

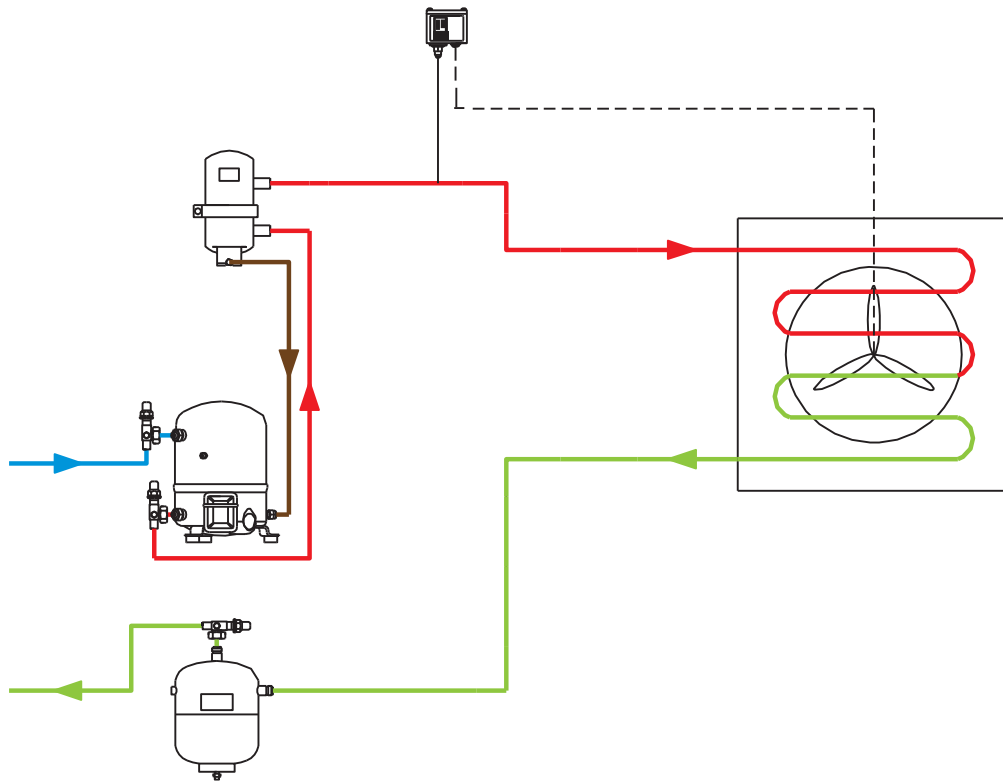


WVS

- Плавная регулировка
- Минимизация расходов

Методы контроля давления конденсации

Управление вращением вентилятора при помощи реле давления



- Автоматизация процесса
- Ступенчатая регулировка



RT



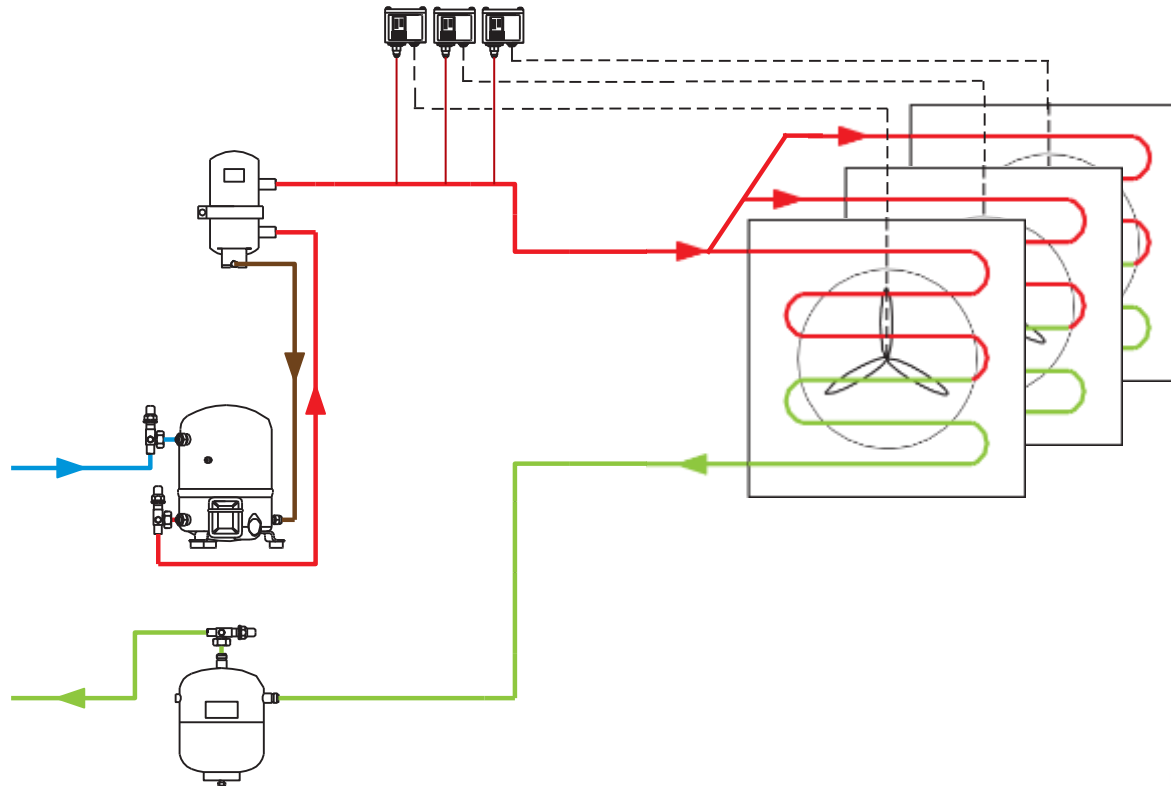
KP



ACB

Методы снижения давления конденсации

Управление вращением вентилятора при помощи реле давления



- Автоматизация процесса
- Ступенчатая регулировка
- Уменьшение энергопотребления



RT



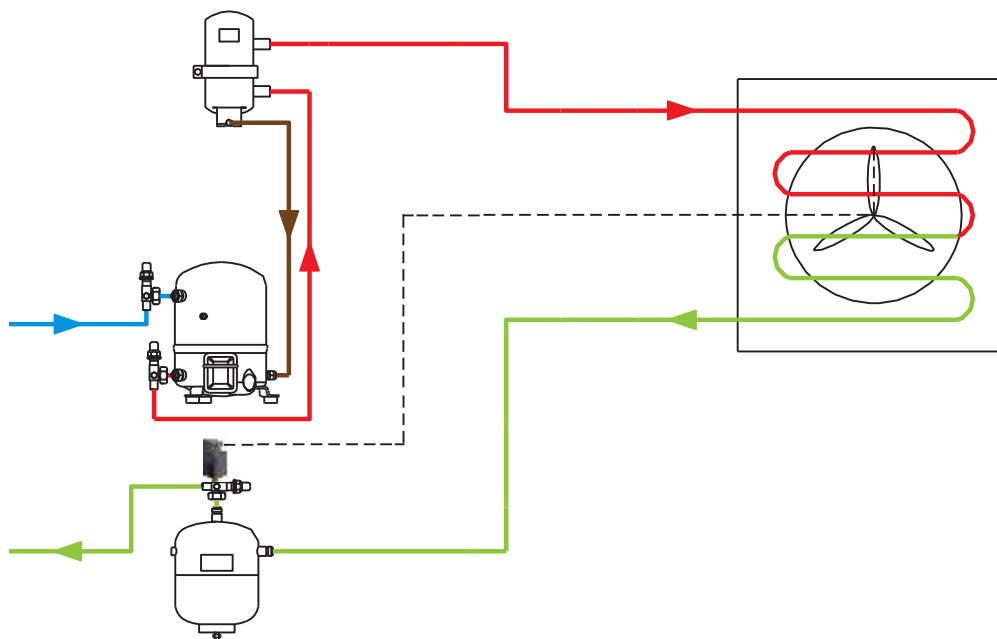
KP



ACB

Методы снижения давления конденсации

Управление скоростью вращения вентилятора



- Плавная регулировка
- Минимально возможный шум
- Уменьшение энергопотребления



XGE



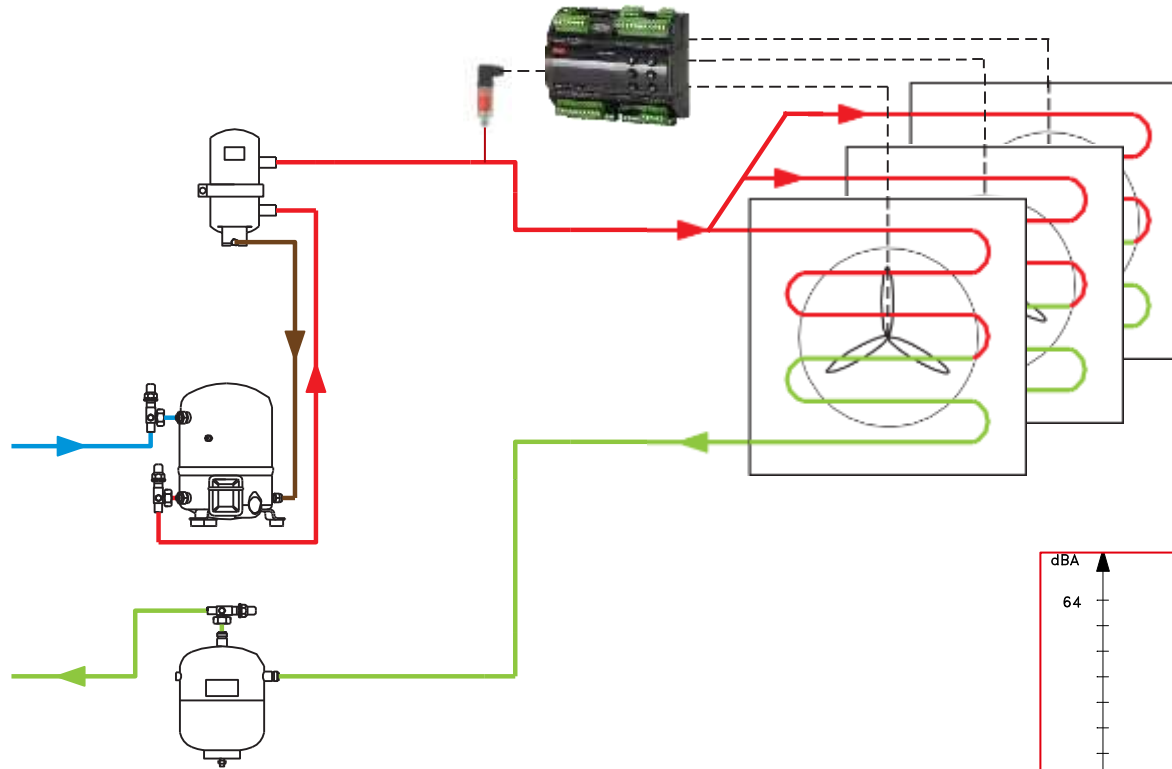
RGE - 1φ



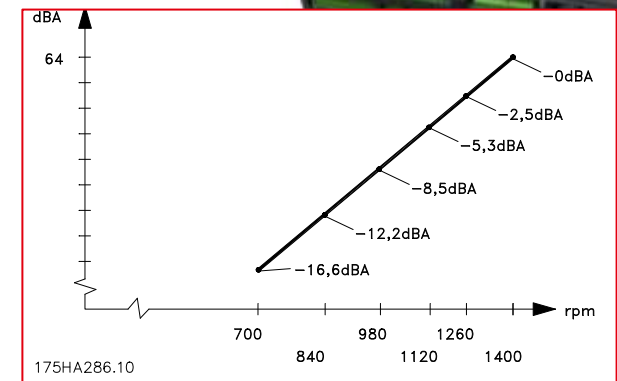
RGE - 3φ

Методы снижения давления конденсации

Управление скоростью вращения вентилятора



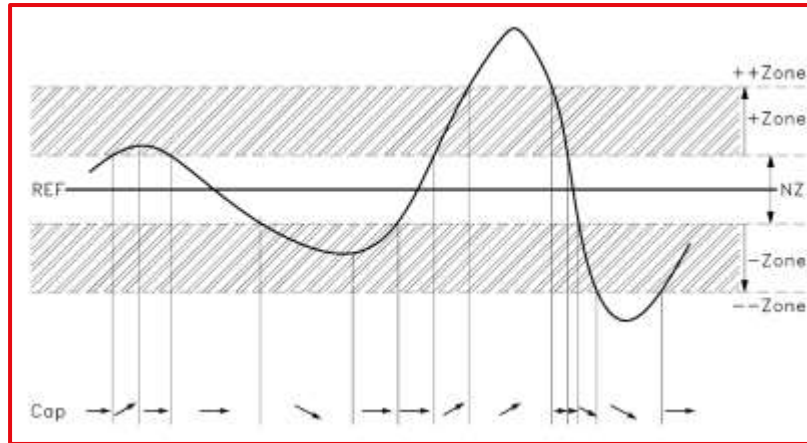
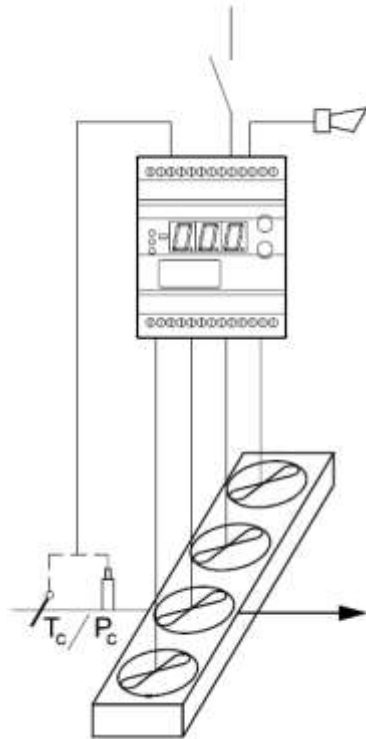
EKC 331/331T



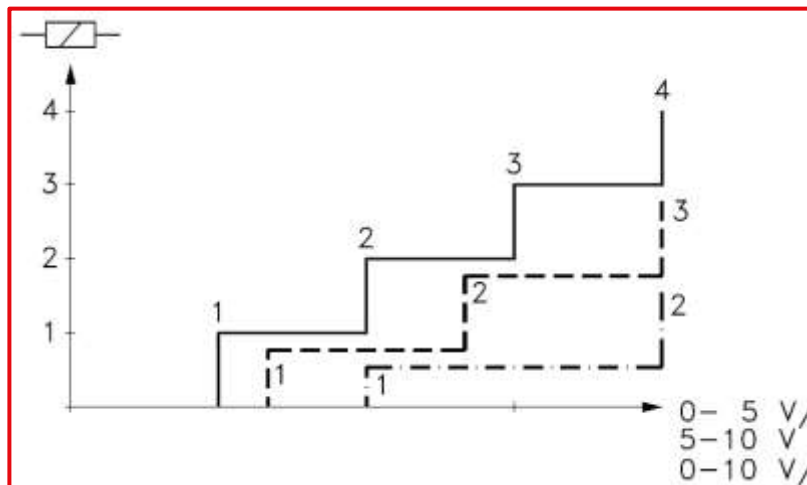
- Плавная регулировка
- Минимально возможный шум
- Минимизация энергопотребления

Методы снижения давления конденсации

Управление скоростью вращения вентилятора

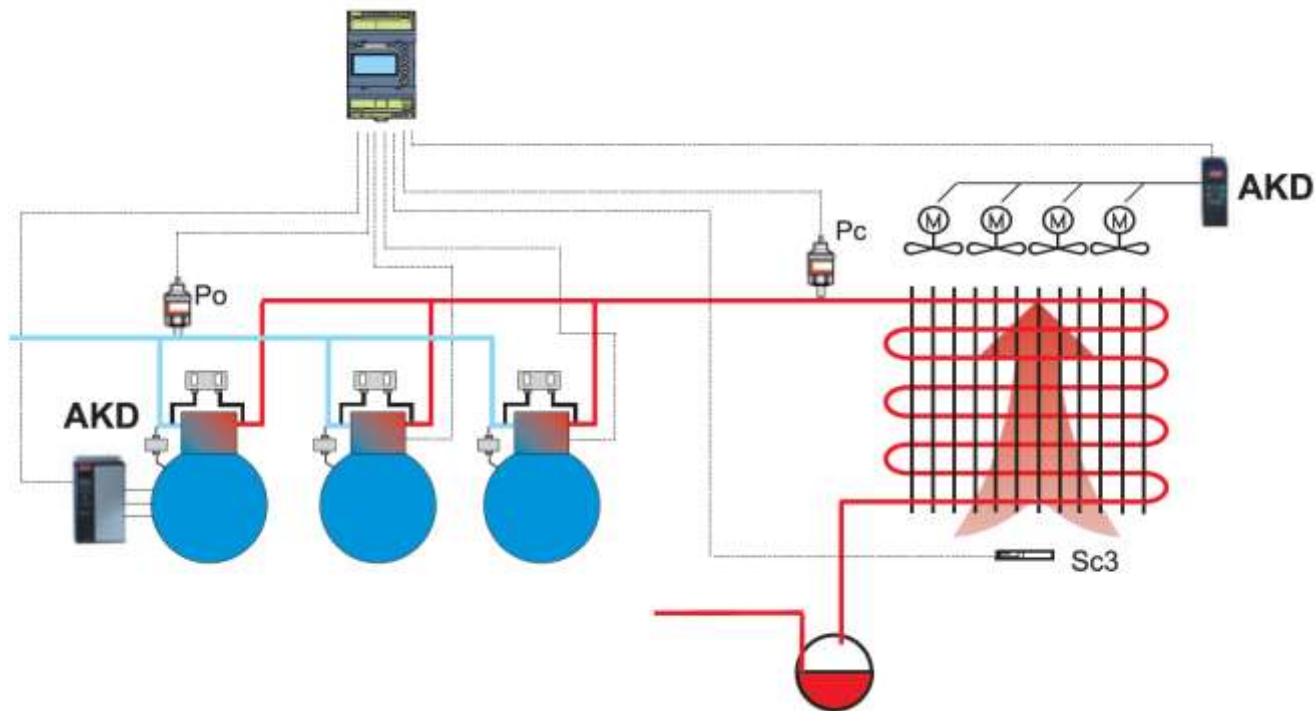


ЕКC 331Т



Методы снижения давления конденсации

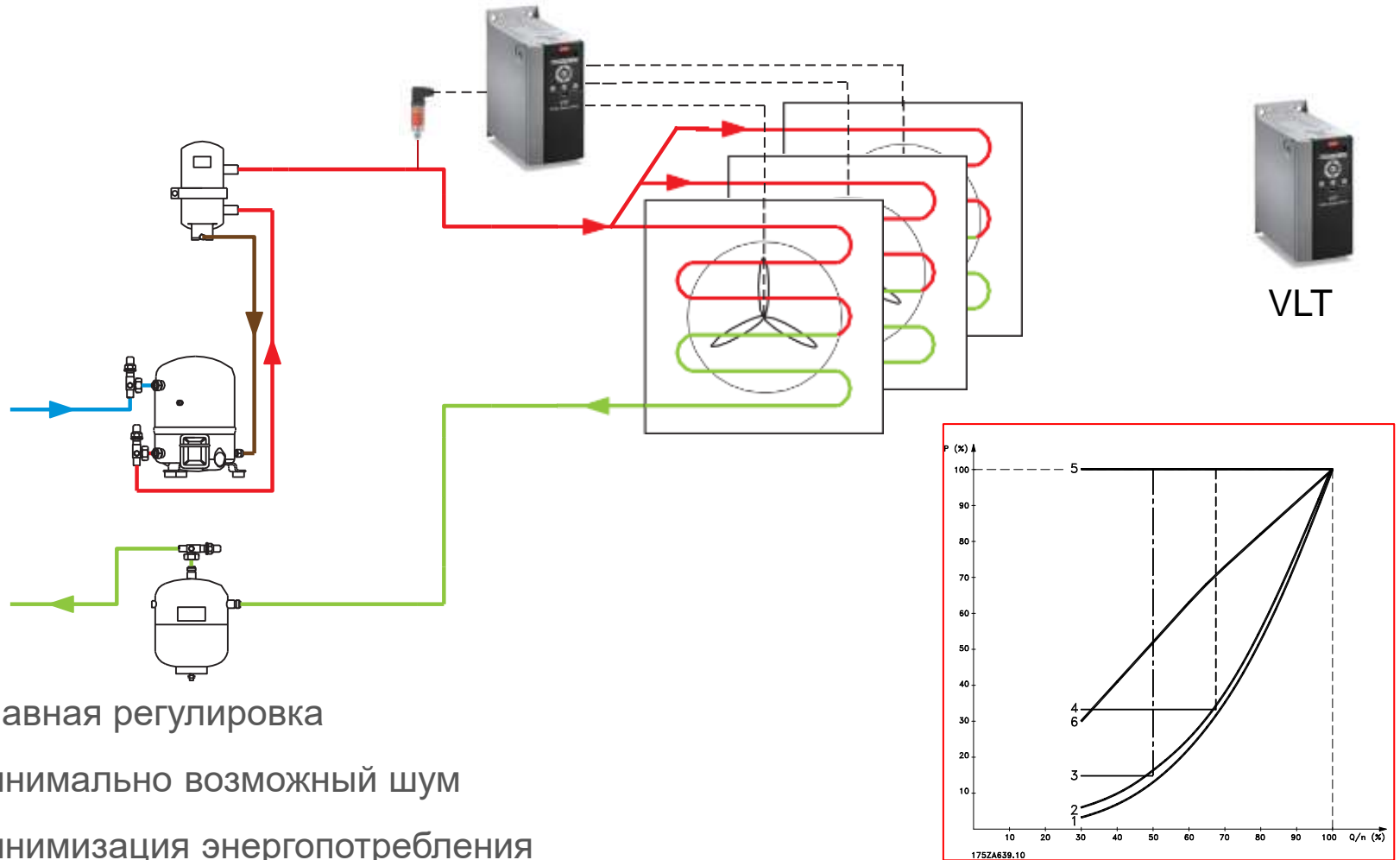
Управление скоростью вращения вентилятора



AK-PC 351/551/651

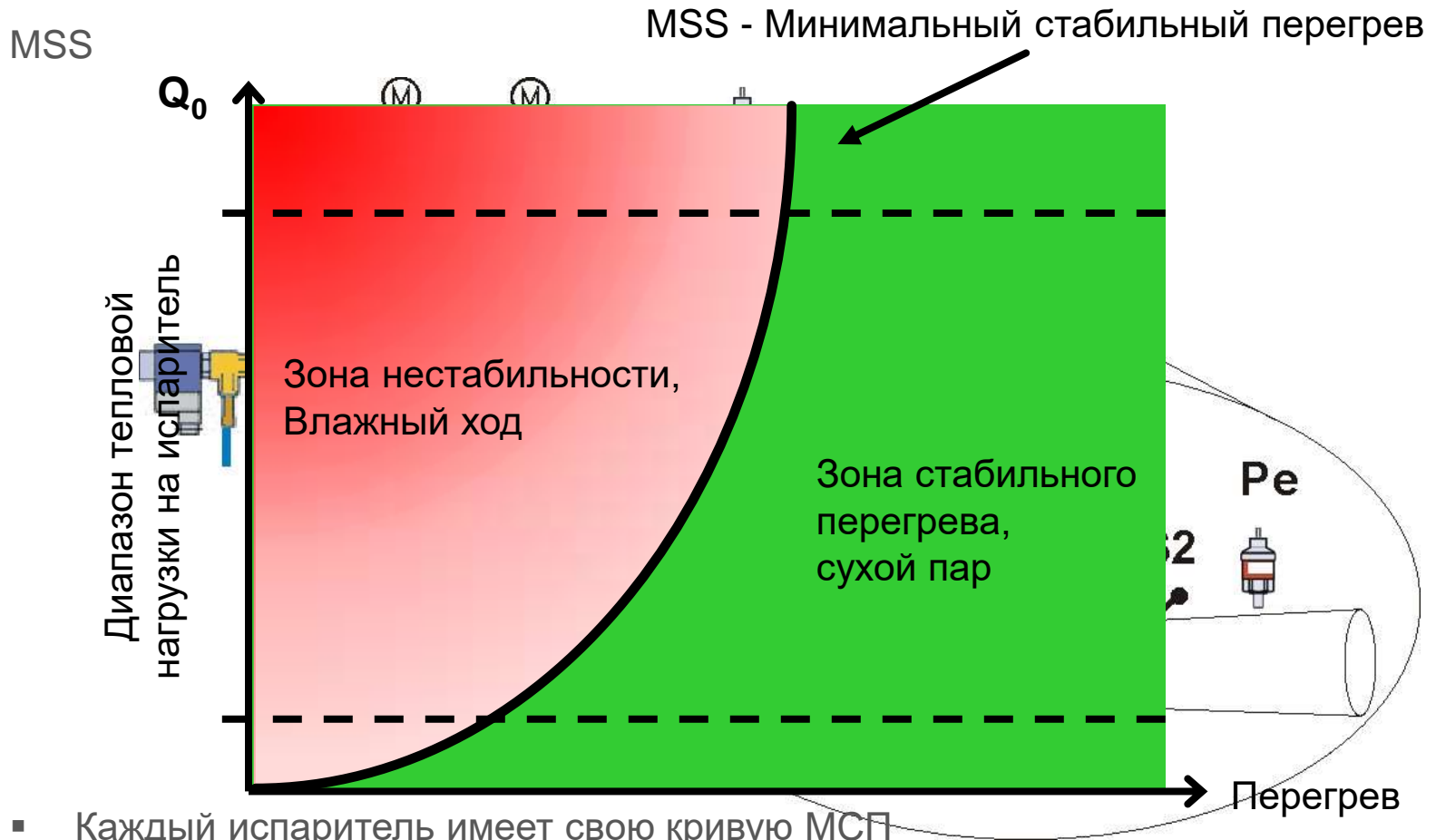
Методы снижения давления конденсации

Управление скоростью вращения вентилятора



- Плавная регулировка
- Минимально возможный шум
- Минимизация энергопотребления

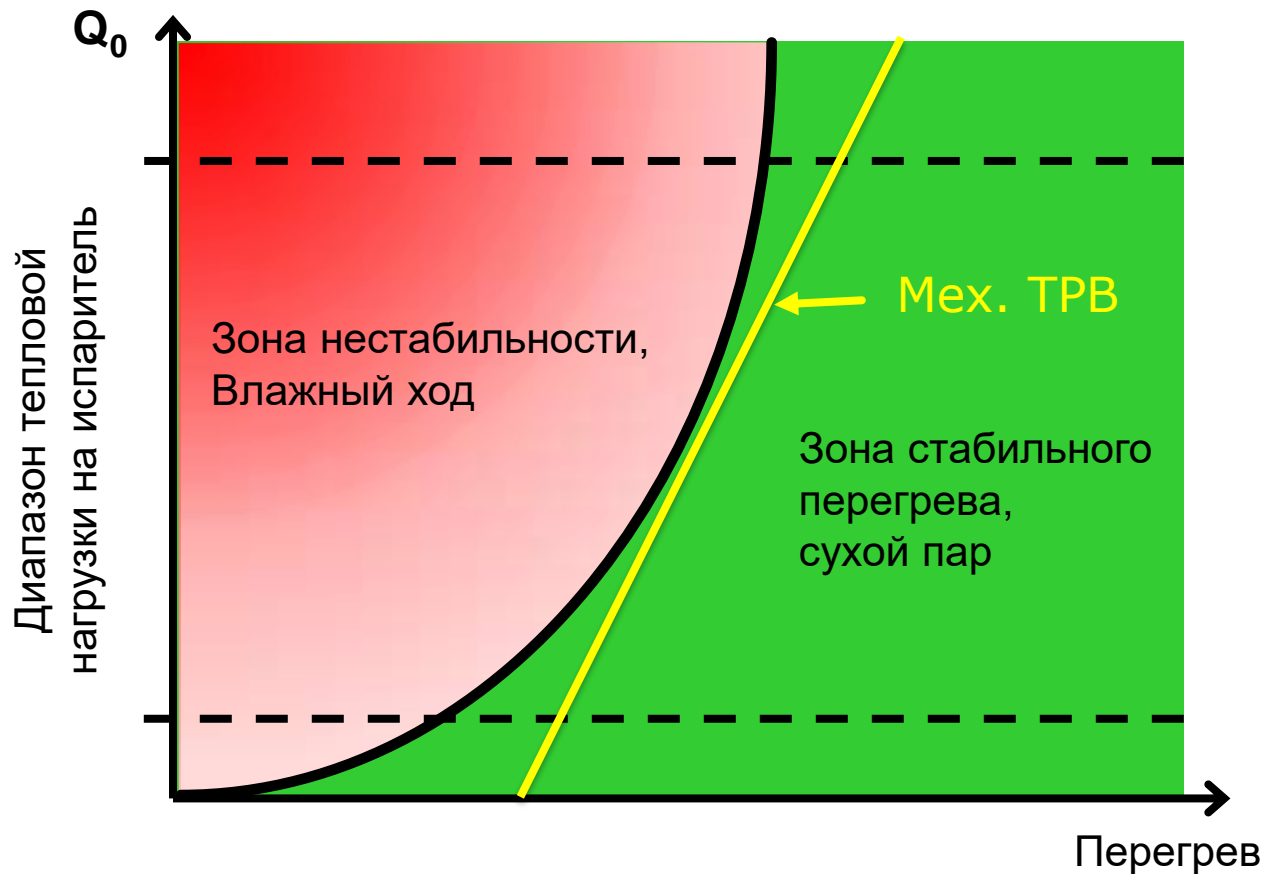
Контроль работы испарителя



- Каждый испаритель имеет свою кривую МСП
- Точка МСП зависит от условий работы
- МСП = наилучшее использование испарителя

Контроль работы испарителя

Механический ТРВ



T/TE 2



TE 5 - 20



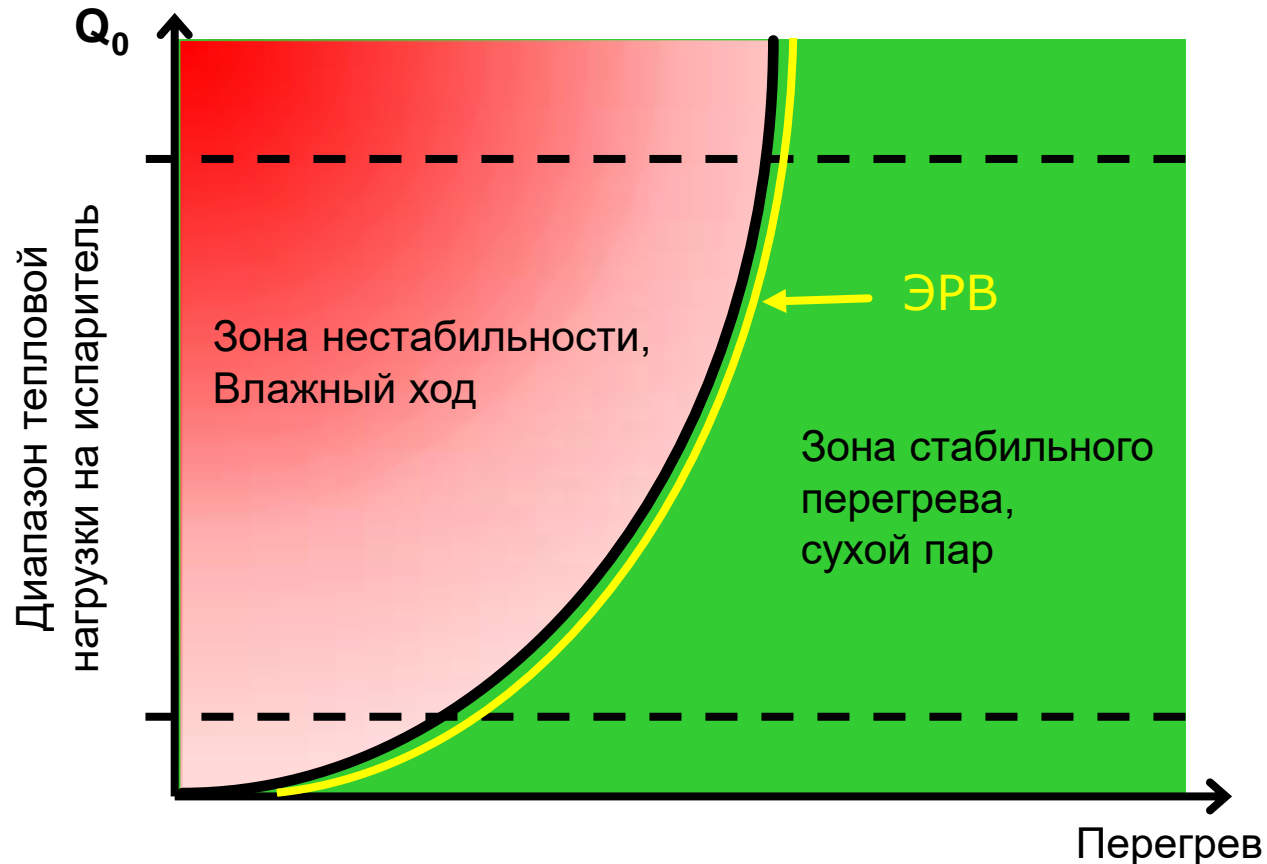
TU, TC



TGE, TR

Контроль работы испарителя

Электронный TRV



ETS



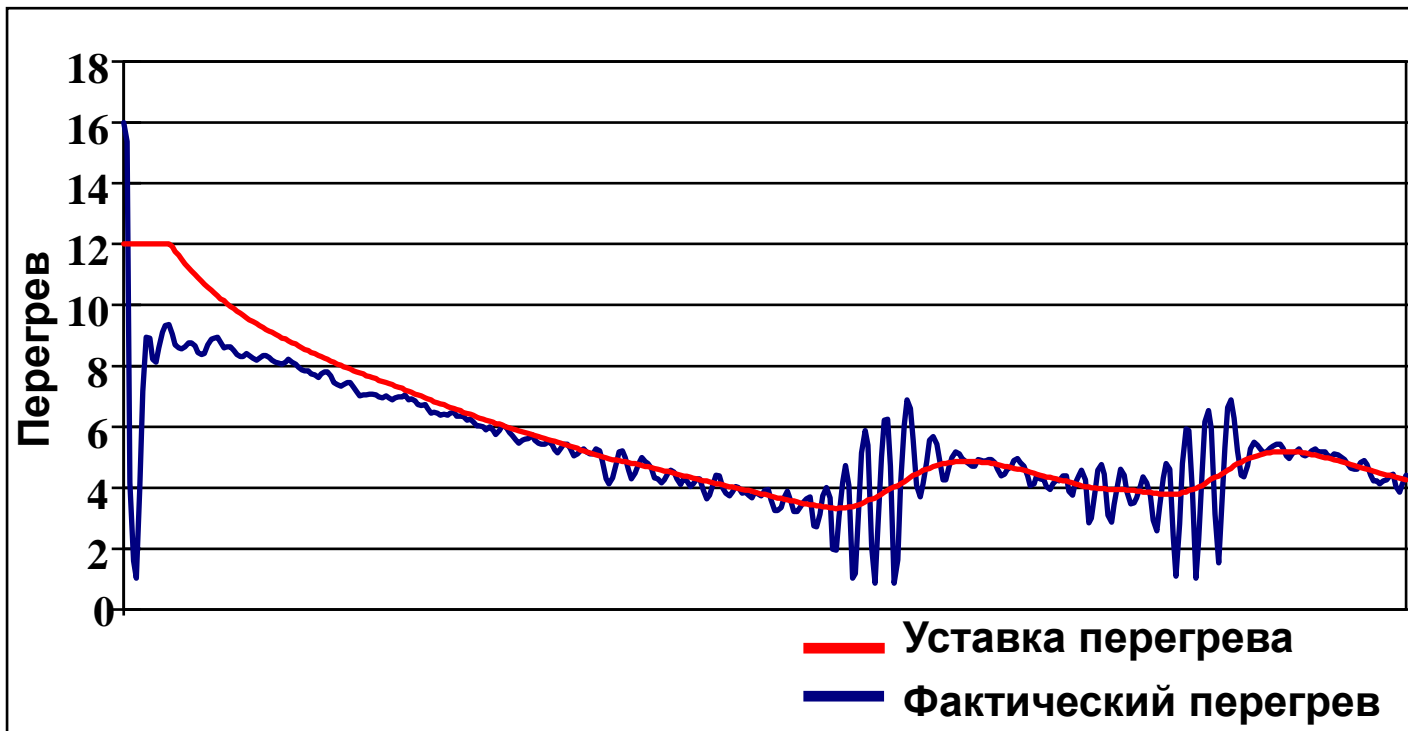
Colibri



AKV

Контроль работы испарителя

Адаптивный контроль перегрева



EKD 316C



AK-CC 525

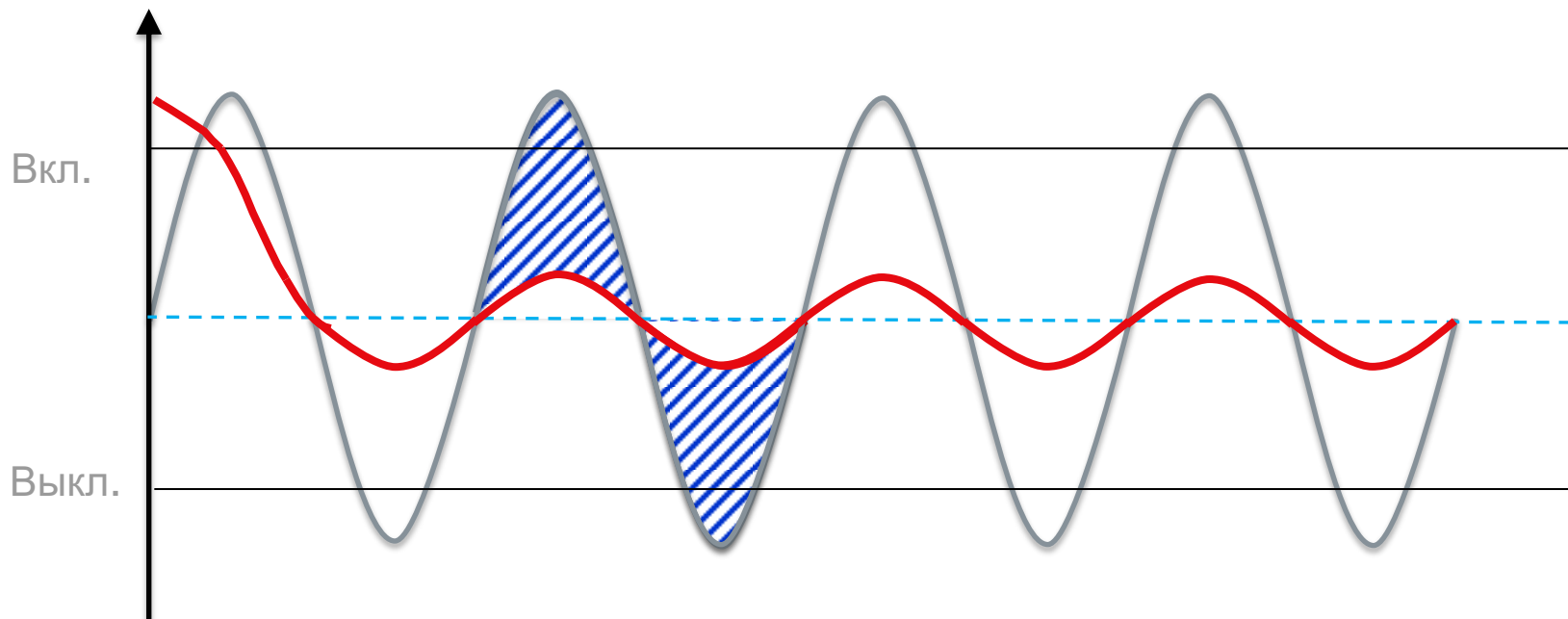


AK-CC 550A



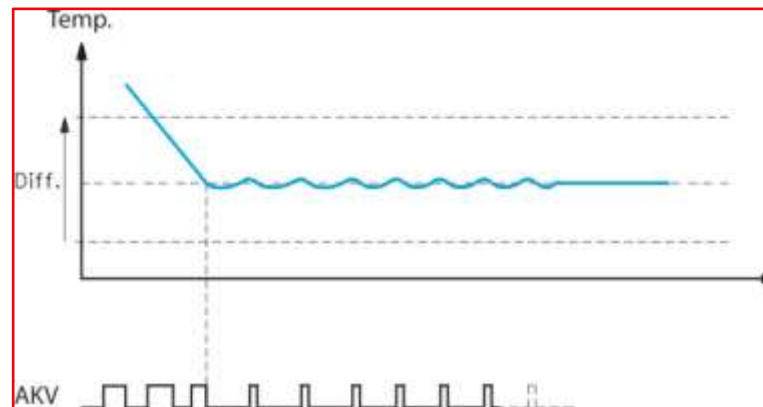
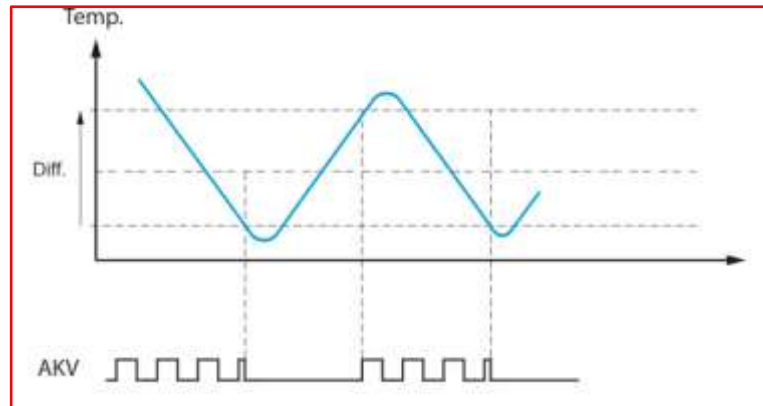
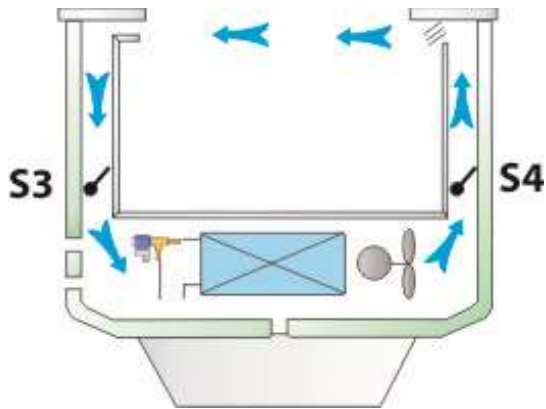
AK CC 750

Контроль параметра и экономия



Контроль температуры

Модулирующий контроль температуры



- Плавная регулировка
- Точный контроль (± 0.2 °C)
- Минимизация энергопотребления



AK-CC 525



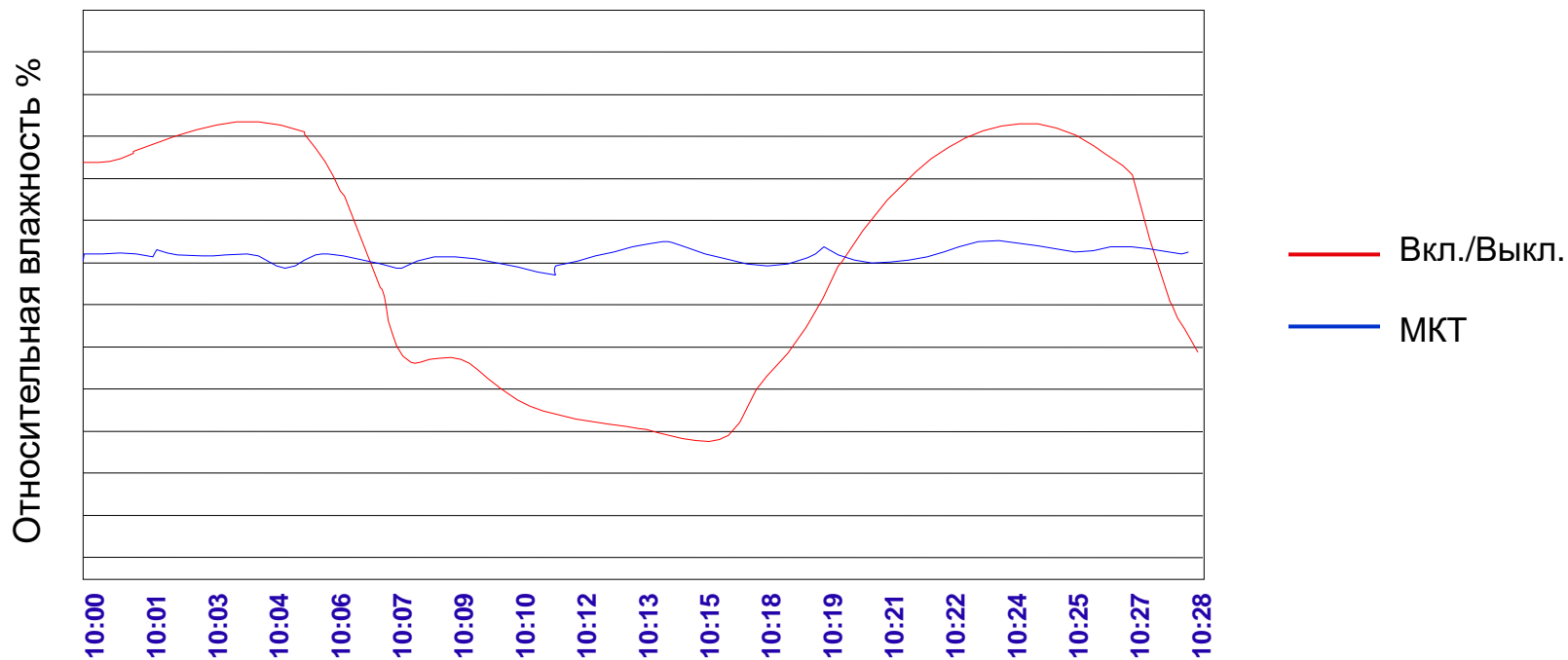
AK-CC 550A



AK CC 750

Контроль температуры

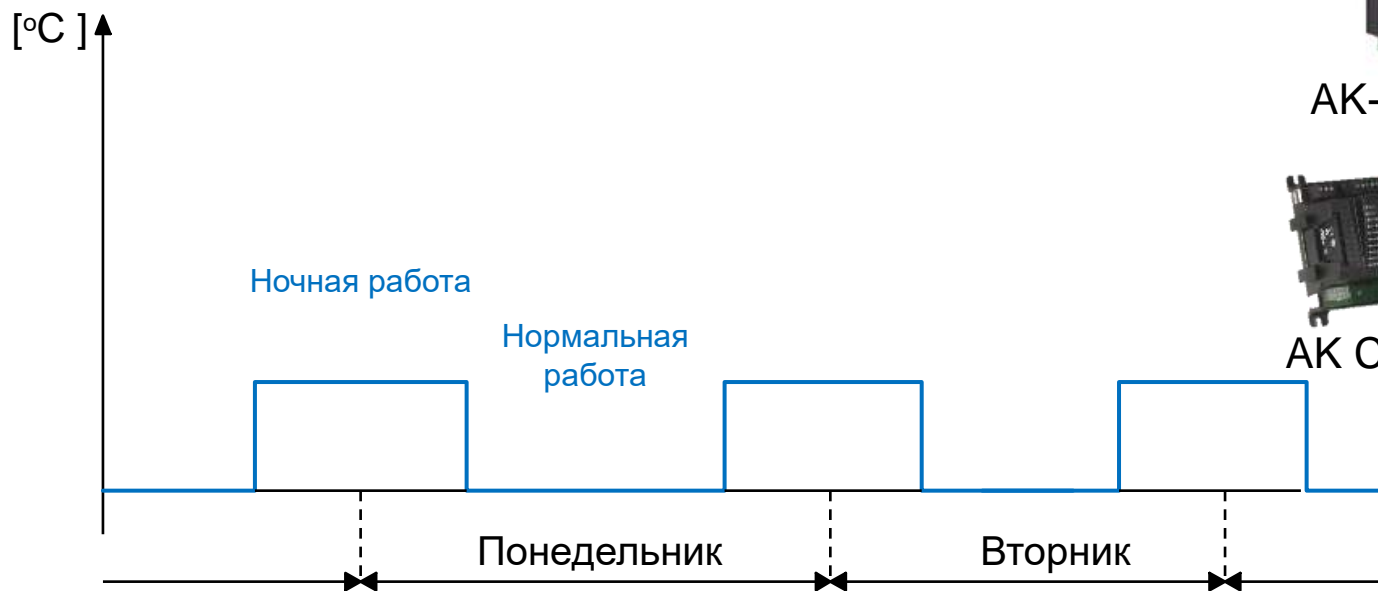
Модулирующий контроль температуры - **Постоянная влажность воздуха**



- Плавная регулировка температуры
- Минимальна усушка товара
- Минимальное образование снеговой шубы

Контроль температуры

Смещение уставок / Ночной режим

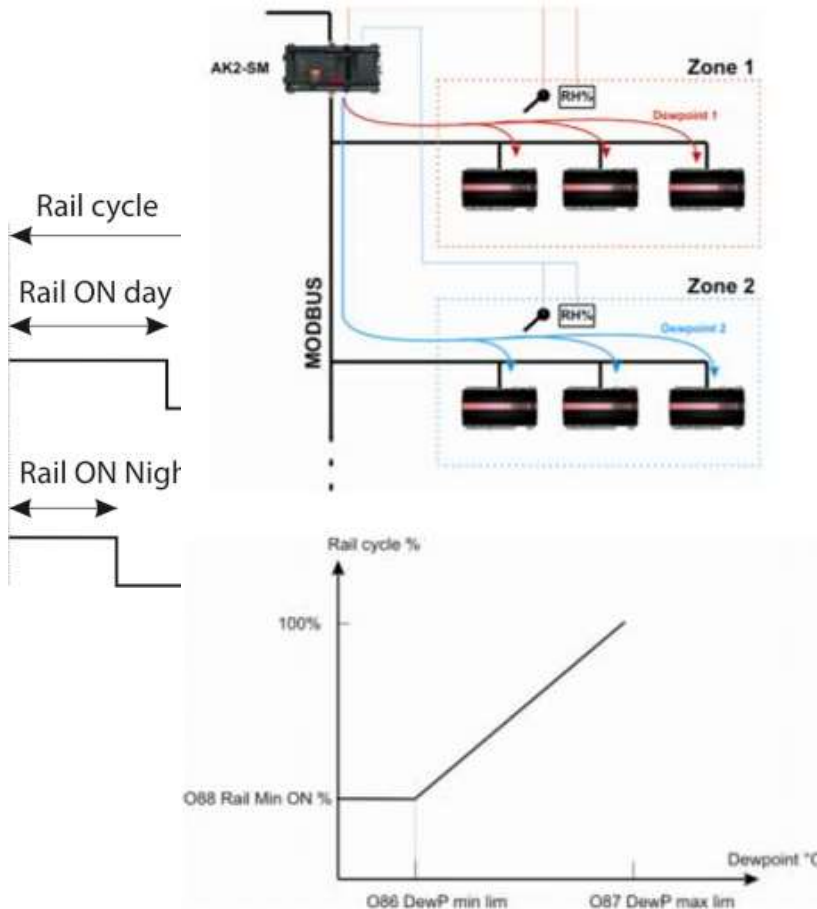


- Программы для различных дней
- Внешний сигнал [реле, датчик света, выключатель]



Управление работой узлов

Пульсирующая работа кантового обогрева
Управление по точке росы



EKC 2XX



DC 525



AK-SM 810,

AK-SM 820,

AK-SM 850,

AK-CC 550A

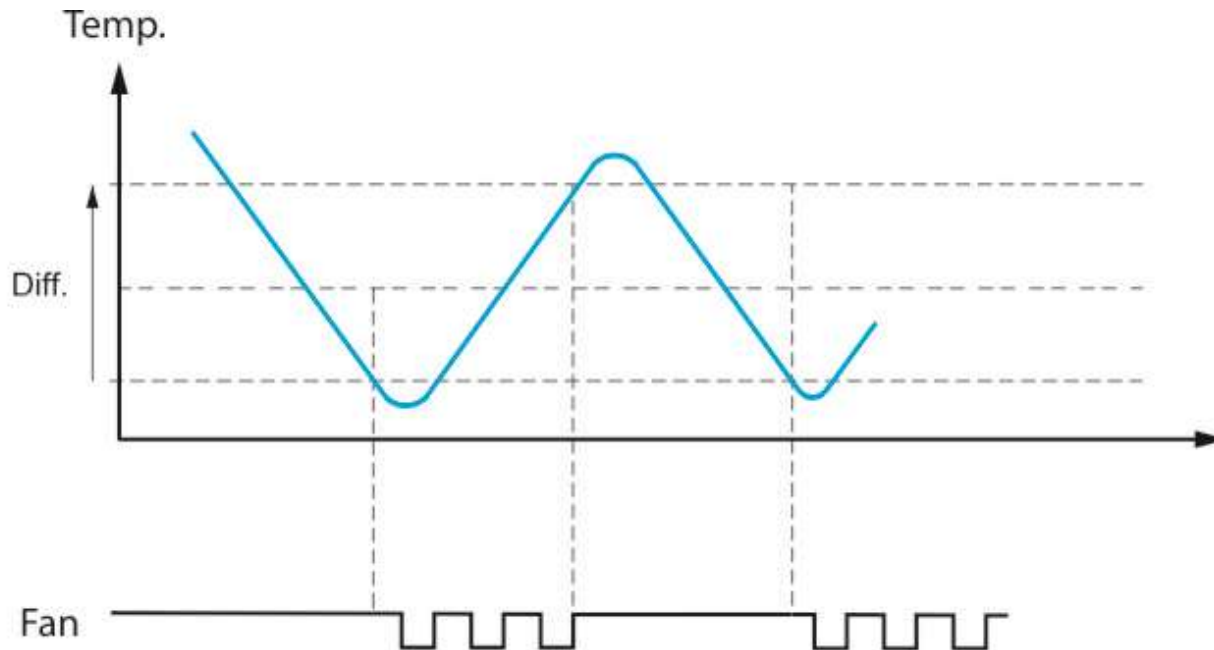
AK-SM 880



AK CC 750

Оптимизация работы узлов

Пульсирующая работа вентиляторов испарителя



- Импульсный режим работы при отключенном компрессоре
- Равномерное распределение температуры
- Уменьшение количества пуска компрессора



ERC 2XX



EKC 2XX



AK-CC 525



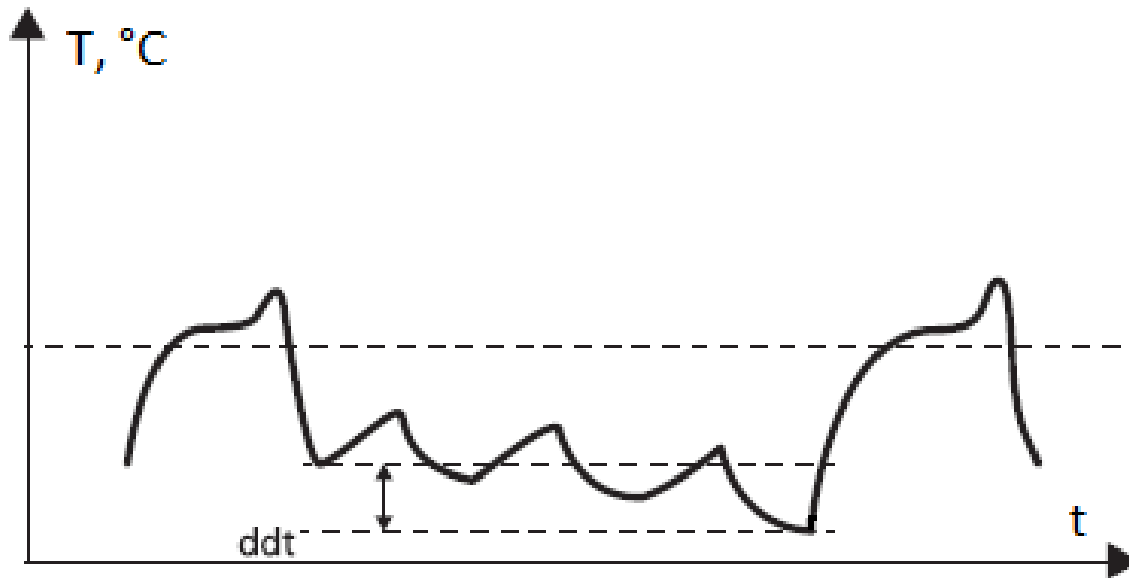
AK-CC 550A



AK CC 750

Оптимизация работы узлов

Оттайка по необходимости



ERC 2XX



EKC 2XX-3XX

- Меньшее количество и время процесса оттаек, меньший разогрев камеры
- Меньшие затраты электроэнергии
- Лучшее качество хранения продуктов

Оптимизация работы узлов

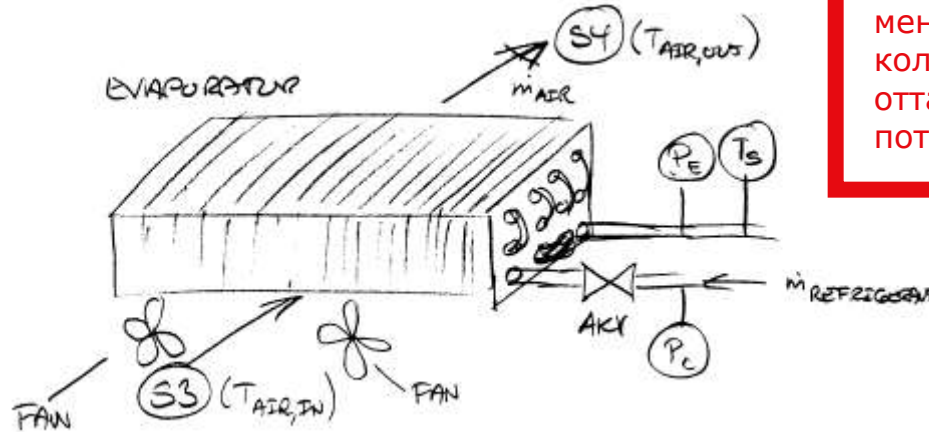
Адаптивная оттайка

Энергетический баланс:

$$\dot{Q}_{REF} = \dot{Q}_{AIR}$$

$$\dot{Q}_{REF} = \dot{m}_{REF} (h_{REF,OUT} - h_{REF,IN})$$

$$\dot{Q}_{AIR} = \dot{m}_{AIR} (h_{AIR,IN} - h_{AIR,OUT})$$



На
85%

меньше
количество
оттаек для СТ
потребителей
*Netto, Дания

На
50%

меньше
количество
оттаек для НТ
потребителей
*Netto, Дания

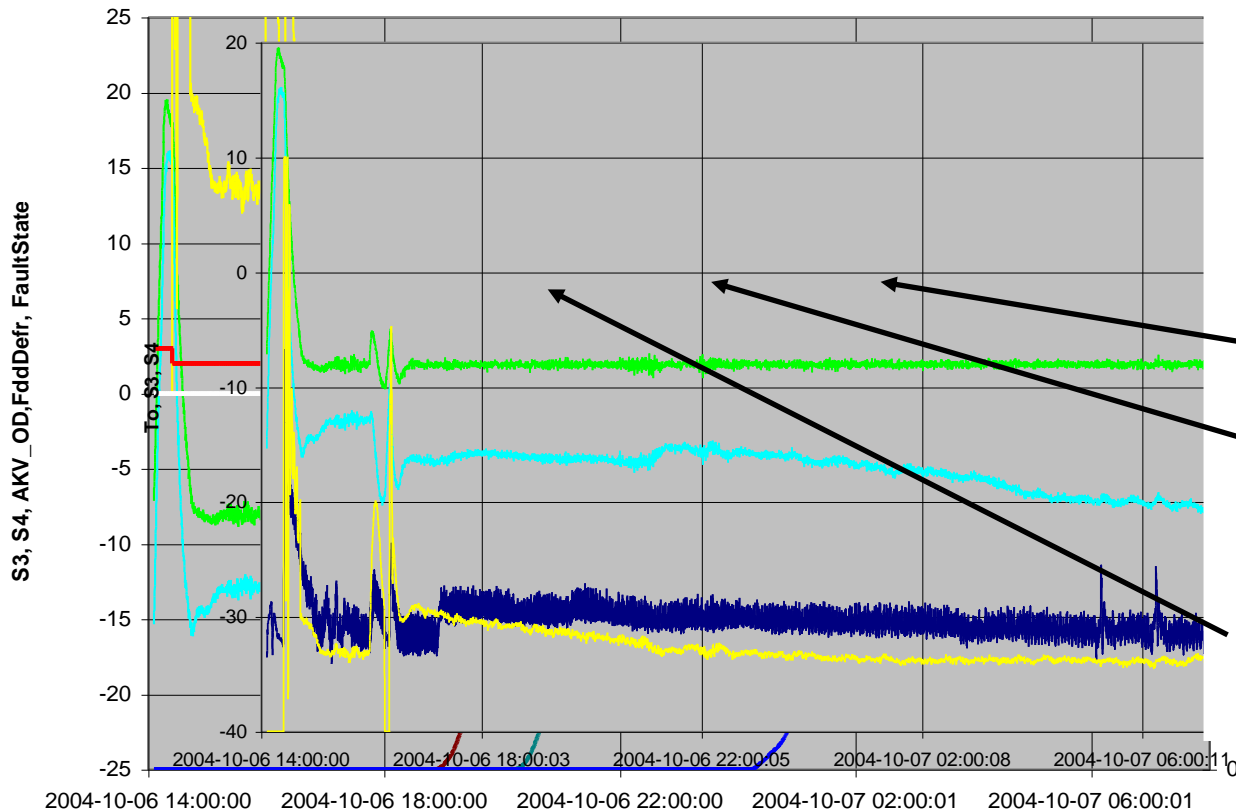
Для реализации этой функции необходимо наличие АКВ, датчиков S3, S4 и датчика Pс, значение которого должно передаваться по сети от центрального блока управления.

- Мониторинг работы испарителя
- Пропуск оттаек днем и ночью
- Добавление оттаек

Оптимизация работы узлов

Адаптивная оттайка

Fault Indication Test, Modulating Termostat Regulation



Сильное обмерзание

Среднее обмерзание
Старт оттаивания или
Подача аварийного сигнала

Слабое обмерзание



AK-CC 550A

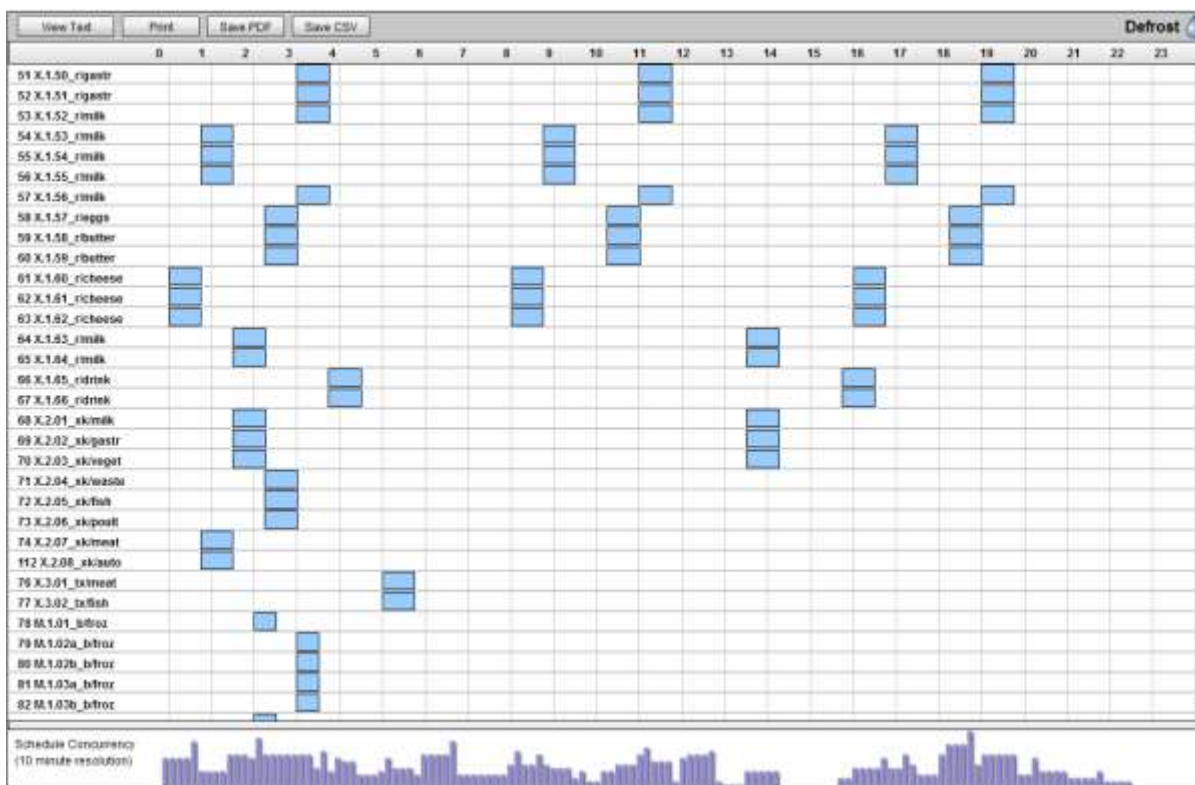


AK CC 750

Функция адаптивной оттайки определяет обмерзание испарителя за несколько часов до начала проблем с поддержанием температуры

Управление работой узлов

График оттаек

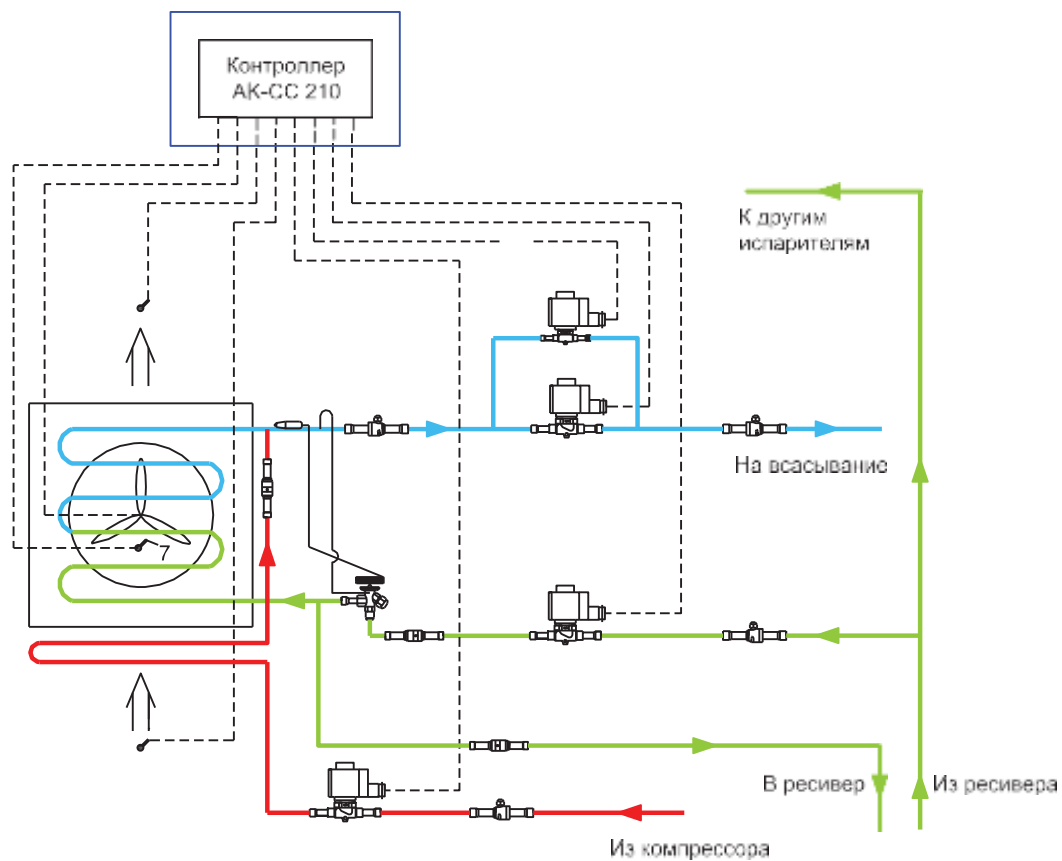


AK-SM 810,
AK-SM 820,
AK-SM 850,
AK-SM 880

- Оптимизация нагрузки и затрат электроэнергии в зависимости от времени
- Расписание с учетом рабочих и выходных дней

Управление работой узлов

Оттайка горячим газом



EKC 2XX



AK-CC 350



AK-CC 525



AK-CC 550A



AK CC 750

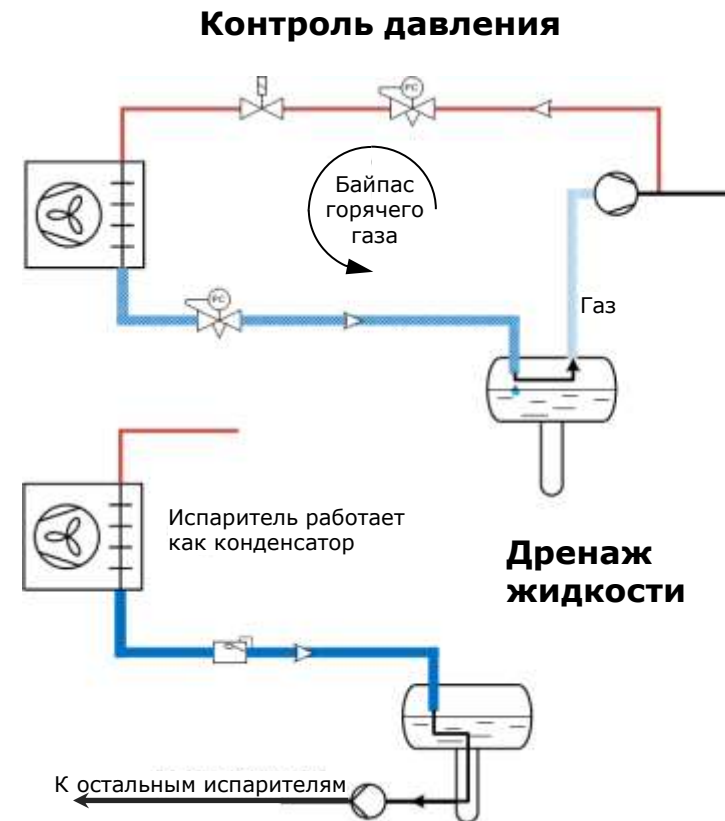
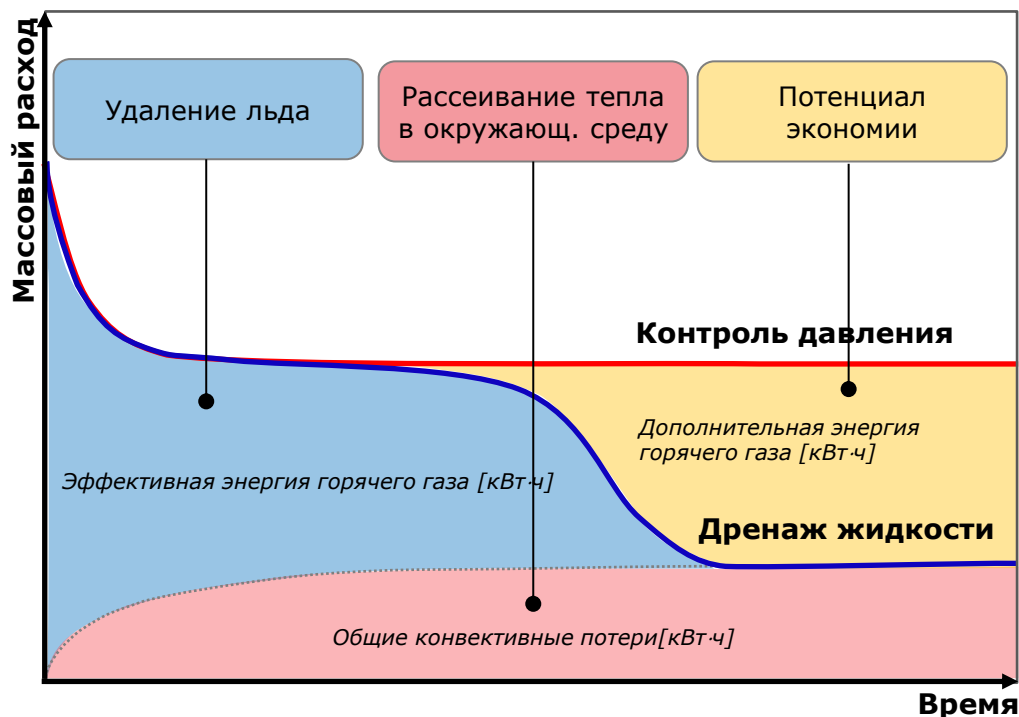
Оптимизация работы узлов

Оттайка горячим газом

Дренаж жидкости или контроль давления?

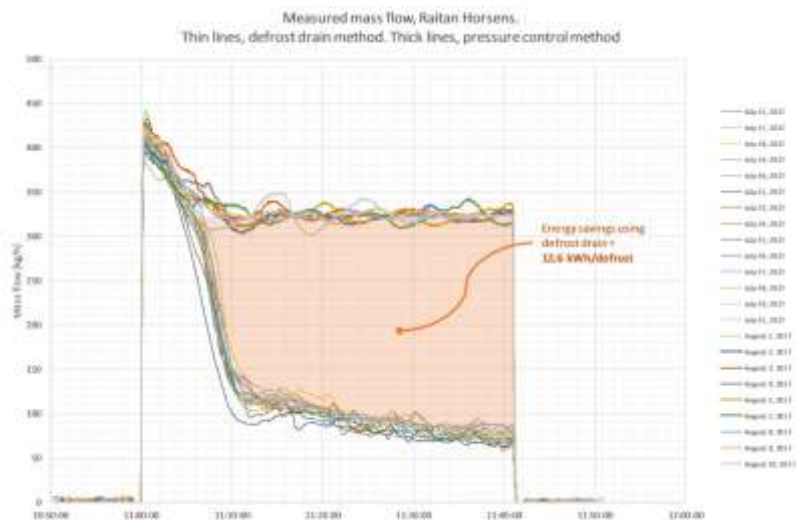
До
90%

уменьшение
байпаса газа при
использовании
метода дренажа



Оптимизация работы узлов

Оттайка горячим газом с использованием ICFD модуля



Экономия

9800

гривен

на одном
испарителе в год



Оценка:

Испаритель: 41 kW при -25C

Оттайка 40 мин. один раз в день

Экономия: 12.6 кВтч за 1 оттайку

$$12.6 \times 2,13 \times 365 = 9796 \text{ грн}$$

- Меньшая нагрузка на компрессор и его энергопотребление
- Уменьшение байпаса газа до 90%, нет необходимости в повторном сжатии

Методы повышения давления кипения

Оптимизация давления кипения в системе

- 1 Получение данных
- 2 Анализ данных и определения критической точки
- 3 Оптимизация давления кипения

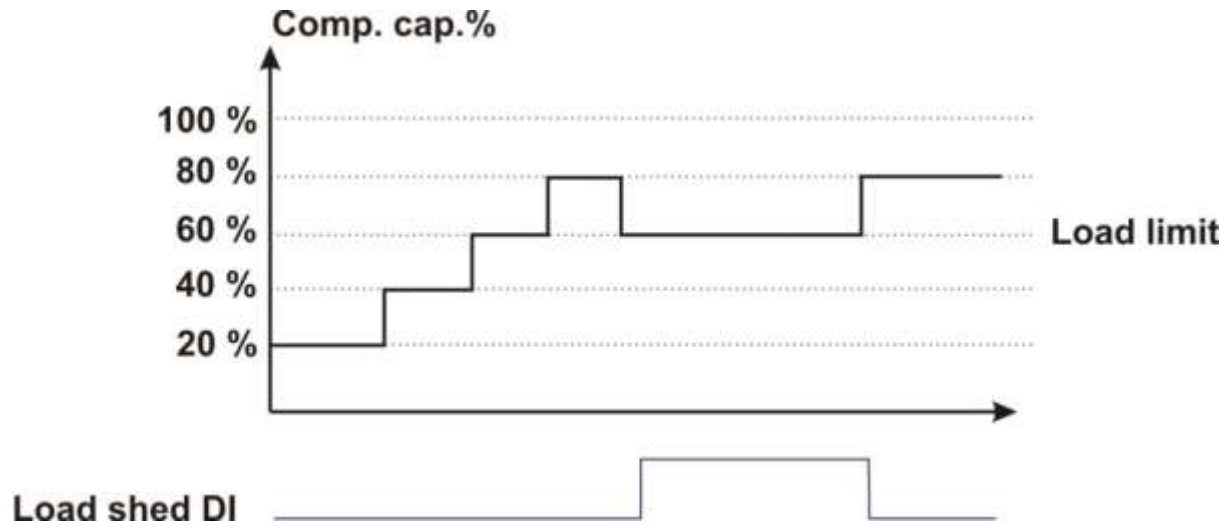


AK-SM 810,
AK-SM 820,
AK-SM 850,
AK-SM 880

- Снижение энергопотребления
- Уменьшение усушки продуктов
- Уменьшение обмерзания испарителя

Контроль работы узлов

Сброс нагрузки



AK-PC 551



AK-PC 651

- Мощность компрессоров может быть ограничена по сигналу с DI
- Для каждого компрессора можно определить макс. мощность при подаче сигнала
- Сброс не будет работать если давление всасывания превысит верхний аварийный уровень

Преимущества, достигаемые при использовании системы управления ADAP-KOOL

Энергоэффективные технологии с использованием компонентов ADAP-KOOL и блока мониторинга:

- Оптимизация давления всасывания
 - Оптимизация давления конденсации
 - Электронные расширительные вентили ЭРВ
 - Адаптивное оттаивание и прочее интеллектуальное управление
-
- Поддержание высокого качества продуктов и увеличение срока их хранения
 - Экономия электроэнергии
 - Круглосуточный мониторинг наиболее важных параметров работы системы
 - Дистанционное обслуживание и аварийное управление
 - Уменьшение затрат на сервисное обслуживание
 - Увеличение срока службы основного оборудования

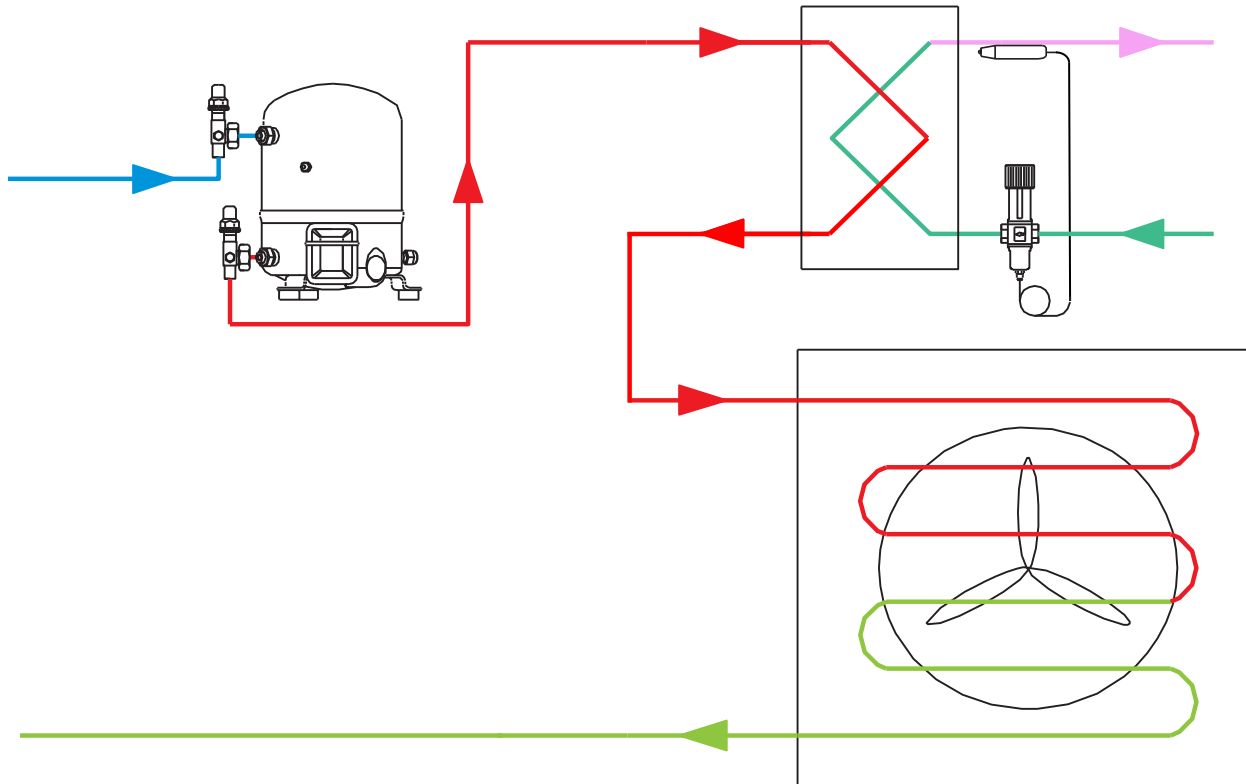
До

35%

энергосбережение с адаптивной технологией управления

Использование бросового тепла

Утилизация тепла конденсации



AK-PC 551



AK-PC 651

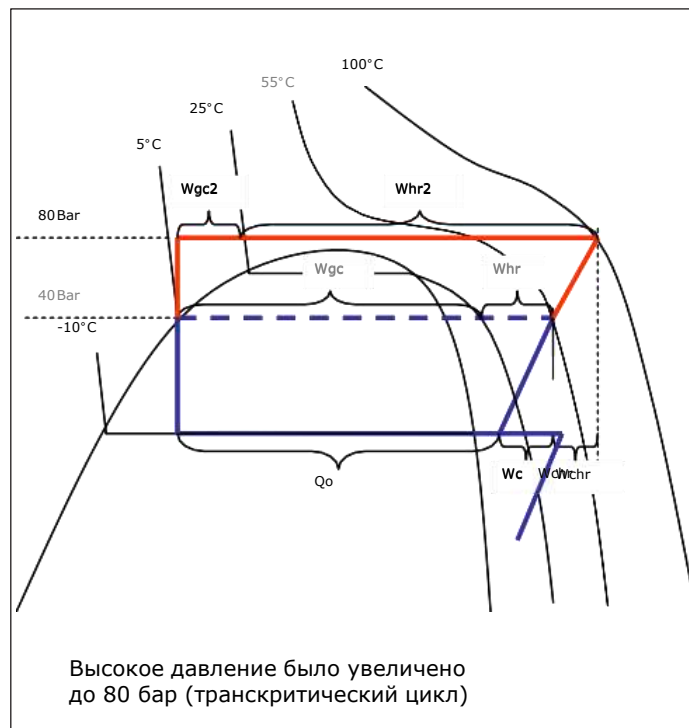


AK-PC 781A

Использование бросового тепла



Утилизация тепла CO2 систем



AK-PC 772A

AK-PC 781A

AK-PC 782A

AK-PC 783A

Qo: Тепловая нагрузка

Wc: Работа компрессора

Whr: Тепло что может быть отобрано (температура от 55° до 25°C)

Wgc: Тепло выбрасываемое газо-охладителем (температура от 25° до 5°C)

Управление работой узлов

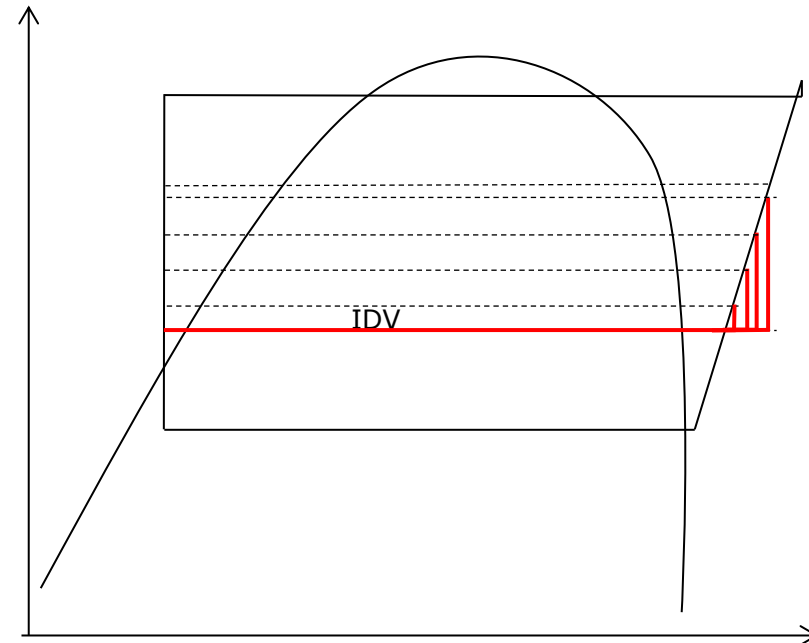
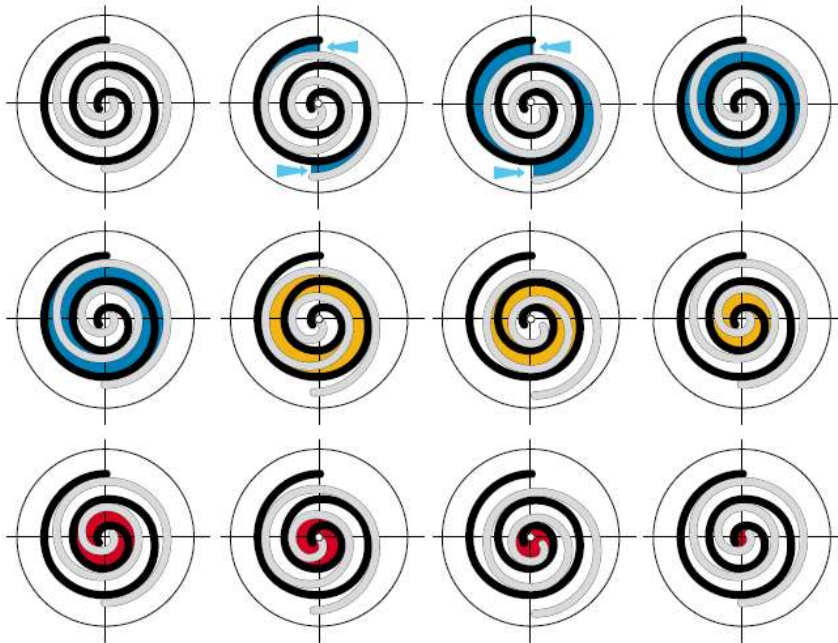
Функции управления



- Базовое управление светом, бойлерами, кофемашинами при помощи модулей АК-ХМ
- Управление подогревом пола с помощью ПИ-контроллера АК-LM 340
- Рекуперация тепла цикла CO₂ для нужд горячего водоснабжения и отопления при помощи АК-РС 781
- Управление приточной установкой с помощью свободно программируемого контроллера МСХ

Энергоэффективный компрессор DSH/DCJ

IDV клапан



Оптыма™ Plus INVERTER

Специализированный спиральный компрессор Данфосс с инвертером

- Интеллектуальный CDS частотный преобразователь
- **VLZ** компрессор с патентованной IDV системой для холодильных применений



- Точная регулировка производительности и контроль температуры
- Экономия электроэнергии и лучшие показатели при частичной нагрузке
- Минимально возможный шум, снижение нагрузки, увеличение ресурса работы

Оптыма™ Plus INVERTER

**Электродвигатель компрессора с постоянными магнитами -
Наивысший КПД электродвигателя**

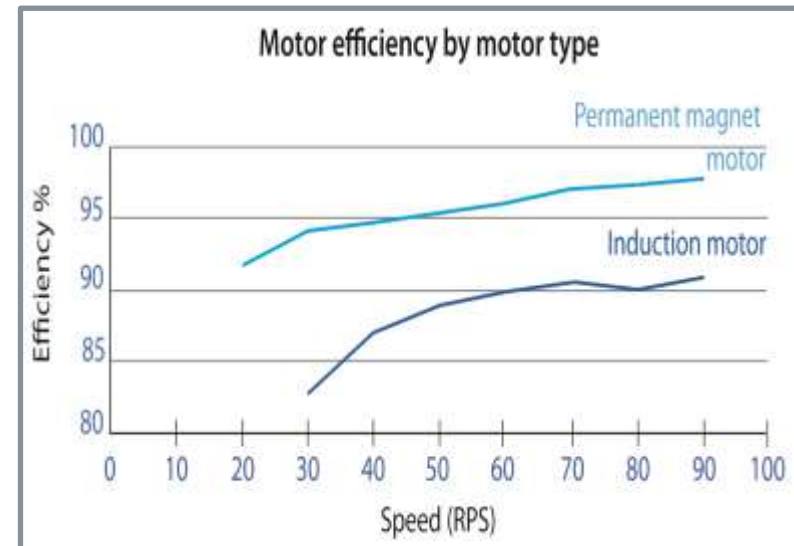
Стандартные асинхронные двигатели (с 1889 года)

Низкие значения КПД



Синхронные двигатели с постоянными магнитами

- Высокий КПД (IE3 – IE4):
- Макс. нагрузке: КПД=96%
- Низкой нагрузке: КПД=92%
- Компактные размеры
- Высокая динамика

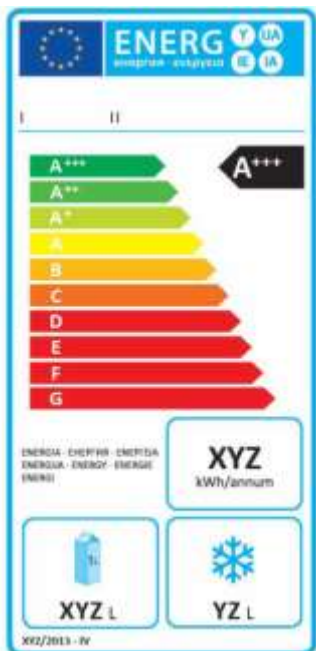


Высокоэффективный эл.двигатель обеспечивает **лучшие показатели по энергопотреблению**

MEPS, SEPR

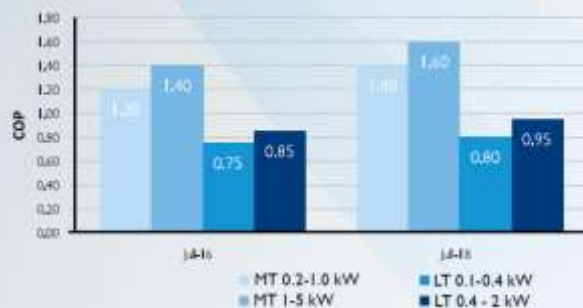
SEPR коэффициент сезонной энергетической эффективности.

MEPS стандарт минимальной энергетической эффективности, вступил в силу для рынка ЕС в июле 2016 года.



Requirements of Ecodesign Regulation

COP Condensing Units



SEPR Condensing Units



Ambient Temperature: Strasbourg



Оптимизация узлов

МСНЕ



- Уменьшение объема заправки
- Меньшее энергопотребление установки
- Меньший вес



Optyma



Optyma Slim Pack



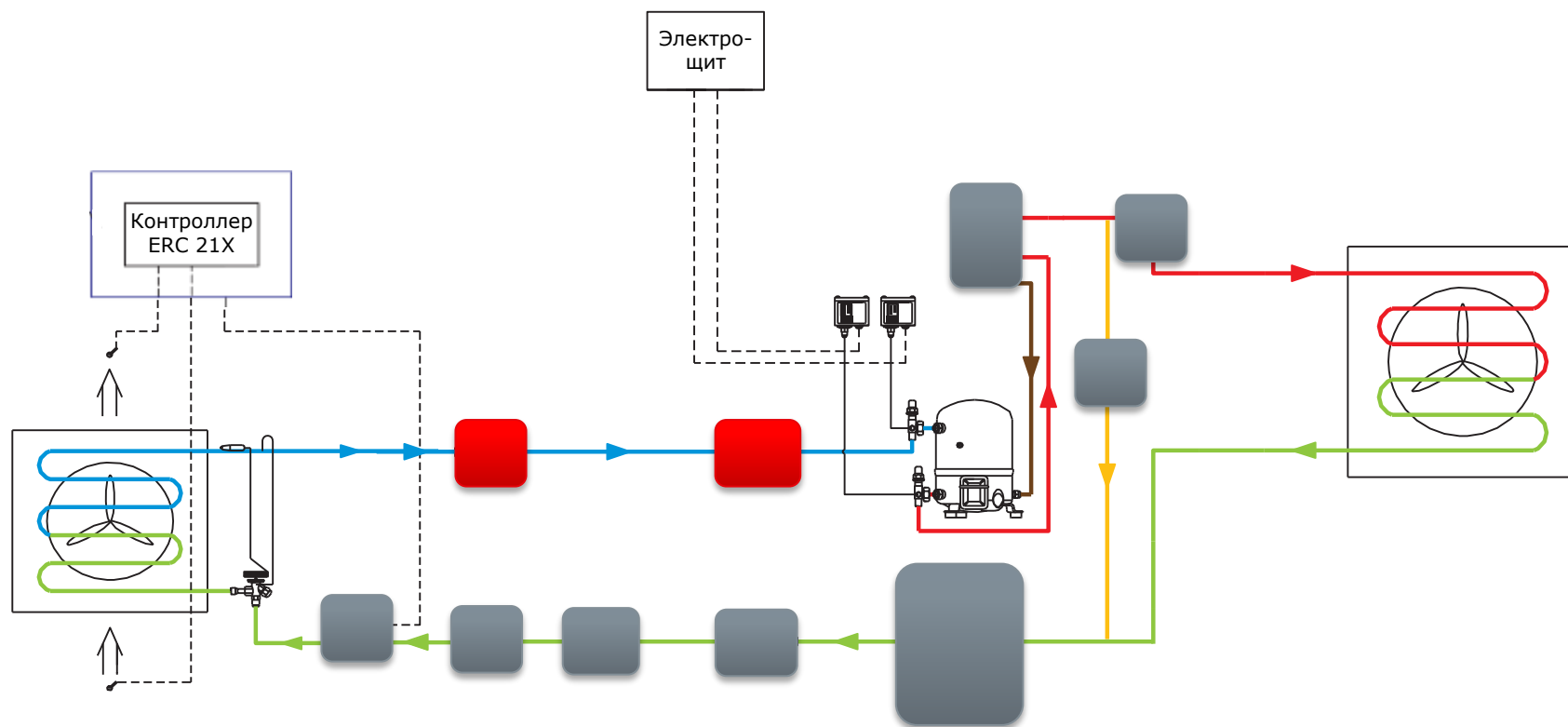
Optyma Plus

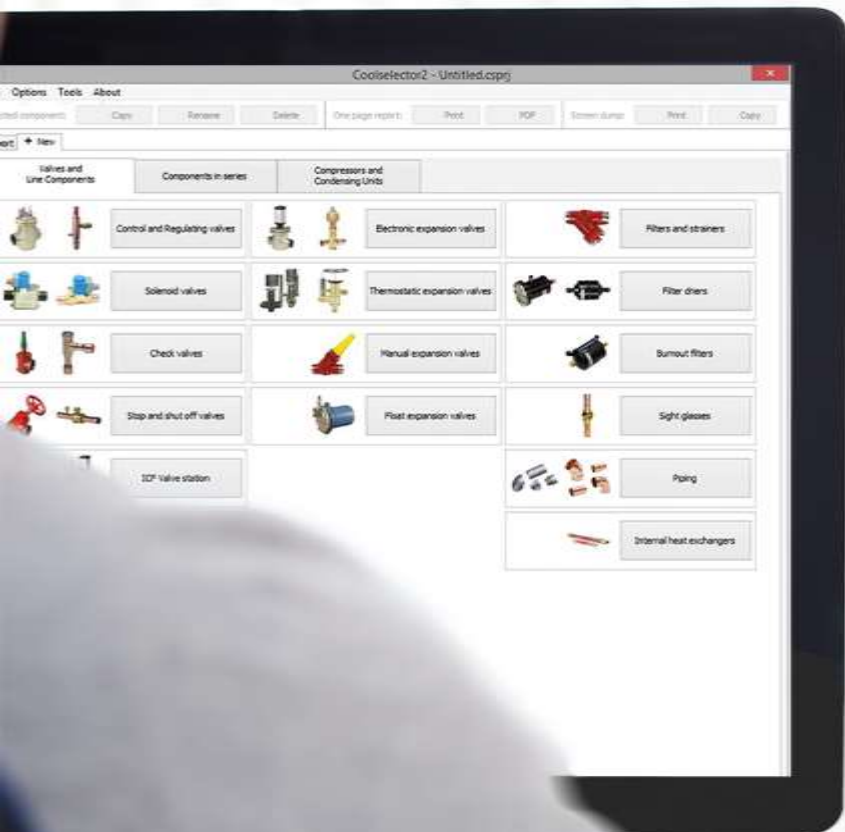


Optyma Plus INVERTER

Оптимизация отдельных узлов

Перепад давления и выбор элементов





Одна

программа для всех
ваших расчетов и
различных критериев
выбора

Coolselector[®]2

The image displays three overlapping windows from the Coolselector 2 software interface:

- Connect and calculate valves:** A window titled "Connect and calculate valves" with a sub-header "Select system and line:". It offers two system options: "Dry" (represented by a simple schematic diagram) and "Transcritical" (represented by a more complex schematic diagram).
- Valves and Line Components:** A window showing a grid of various valve types for selection, including:
 - Control and Regulating valves
 - Solenoid valves
 - Check valves
 - Stop and shut off valves
 - IDF Valve station
 - Safety relief valves
 - Water valves
- Cold Room - Step 2 of 4: Review Cold Room Load:** A detailed configuration window for a cold room. It includes:
 - Room dimensions:** Length: 6,00 m, Width: 5,00 m, Height: 3,60 m.
 - Room conditions:** Temperature: 5,0 °C, Relative humidity: 80 %, Operating hours: 17,3 h.
 - Goods:** Mixed products, Quantity per day: 4000 kg, Respiration heat load, Inlet temperature: 10,0 °C, Total mass in room: 20000 kg.
 - Air exchange (infiltration):** Temperature: 20,0 °C, Relative humidity: 55 %, Door openings: Regular, Air exchange rate: 1,099 (times room volume per 24 hours).
 - Heat transfer:** Standard panels selected, Type: Polyurethane, Thickness: 100,0 mm, Temperature of surroundings: 28,0 °C, Temperature below floor: 10,0 °C. A 3D model of a polyurethane insulation panel is shown.
 - Additional loads:** Lights: 240 W, Fans: 230 W, People: 0 h/day, Other: 0 W.
 - Defrost:** Natural defrost selected, Power: 1510 W, Defrosts per day: 4, Defrost time: 30 min.

Coolselector®2

Хладагенты и продукты

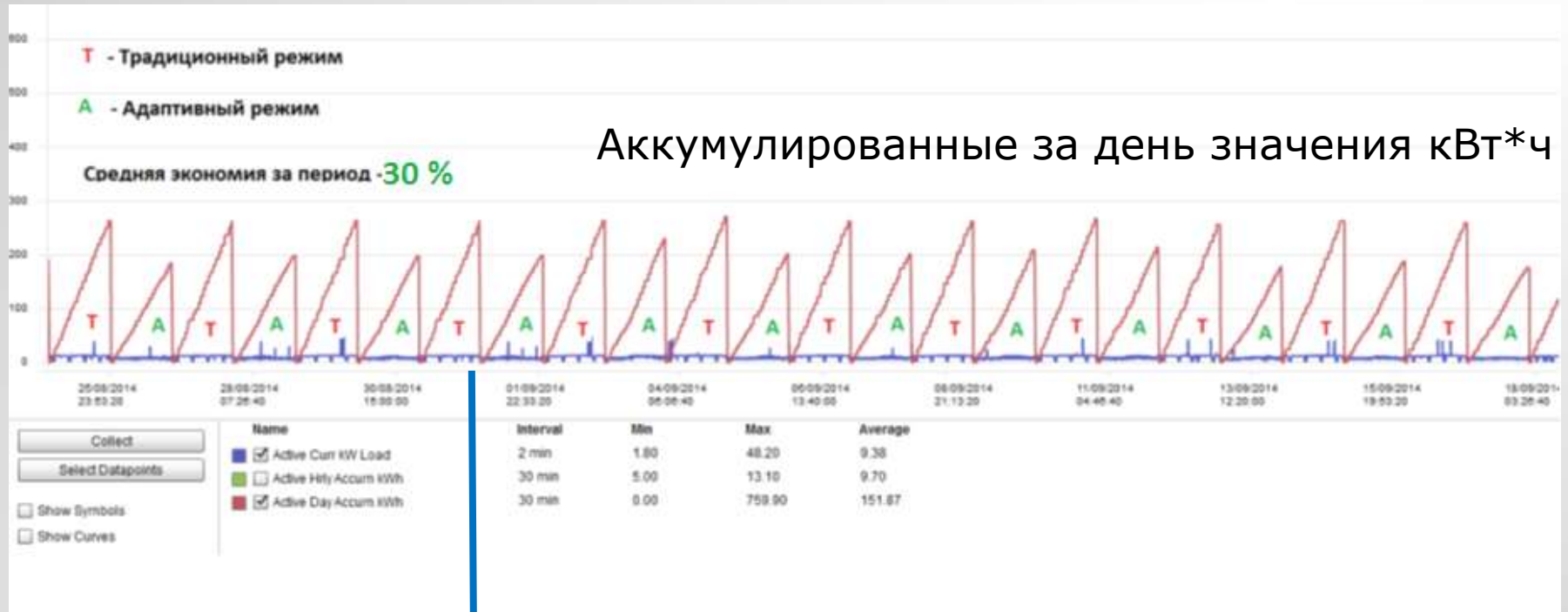
The screenshot displays the Coolselector software interface. On the left, a list of refrigerants is shown, including R717, R718, R744, RE170, R290, R125, R236fa, R407C, R417A, R422D, R427A, R438A, R444B, R447A, R448A, R449A, R449B, R450A, R452A, R454B, R455A, R513A, R22, R401A, R402A, R402B, R408A, R409A, R502, R503, and R507. A red circular logo with the Danfoss name and a stylized 'A' is overlaid on the list. The main part of the screen is a large grid with columns for various refrigerant properties and rows for different products. A red arrow points to a specific cell in the grid. The interface also includes a menu bar at the top and a toolbar on the left.

Используемые технологии:

- Погодозависимая плавающая уставка температуры конденсации
- Адаптивная уставка температуры всасывания
- Адаптивное поддержание минимального стабильного перегрева
- Оттайка испарителей привязана к расписанию и разведена во времени.



Сравнение эн.-пот-ния СТ установки в период с 25.08 по 18.09



Сравнение энергопотребления среднетемпературной установки

В теплый период с 25.08 по 18.09

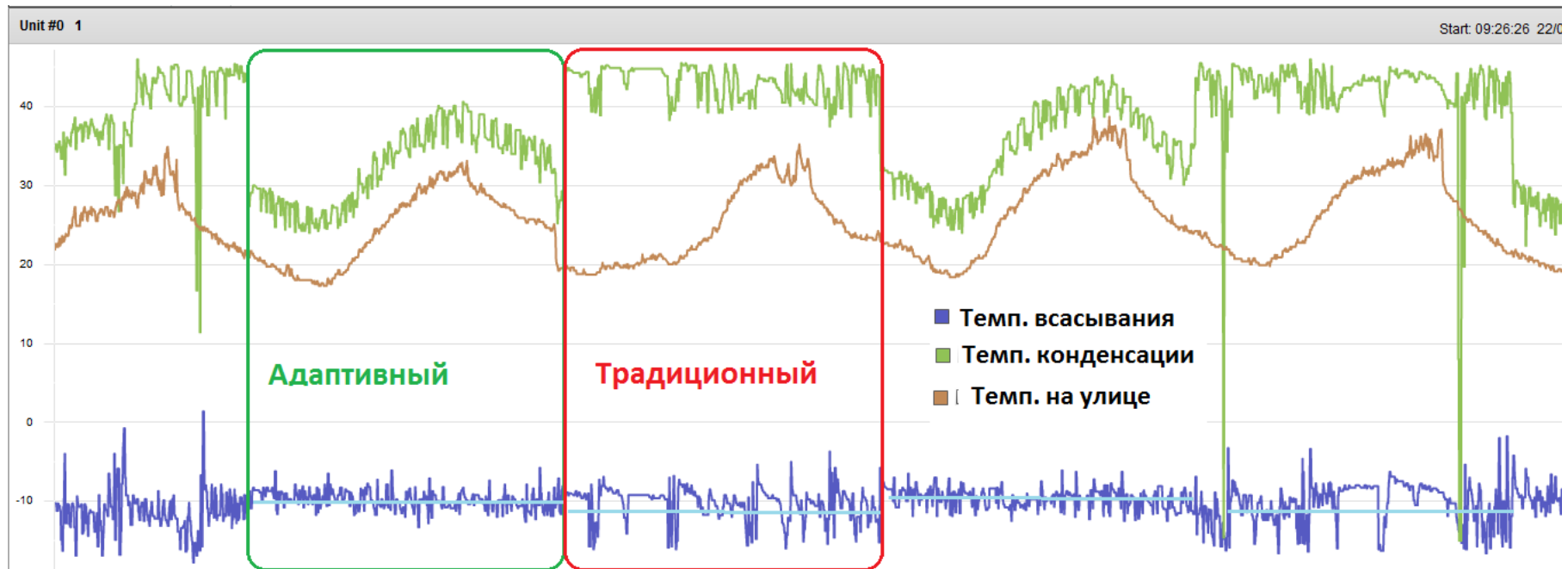
Дата	Энергопотр. кВт*ч	Экономия кВт*ч	Экономия %
25.08.2014	262,9		
26.08.2014	184,4	78,5	30%
27.08.2014	265,5		
28.08.2014	198,4	67,1	25%
29.08.2014	263,1		
30.08.2014	197	66,1	25%
31.08.2014	262,4		
01.09.2014	219,1	43,3	17%
02.09.2014	278,4		
03.09.2014	229,1	49,3	18%
04.09.2014	270,6		
05.09.2014	201,3	69,3	26%
06.09.2014	262,1		
07.09.2014	200,8	61,3	23%
08.09.2014	276,4		
09.09.2014	208,3	68,1	25%
10.09.2014	266,4		
11.09.2014	213,4	53	20%
12.09.2014	255,4		
13.09.2014	177,8	77,6	30%
14.09.2014	262,2		
15.09.2014	187,7	74,5	28%
16.09.2014	258,7		
17.09.2014	175,9	82,8	32%
Средняя экономия			25%

В холодный период с 21.09 по 14.10

Дата	Энергопотр. кВт*ч	Экономия кВт*ч	Экономия %
21.09.2014	250		
22.09.2014	166	84	34%
23.09.2014	261		
24.09.2014	201	60	23%
25.09.2014	246		
26.09.2014	166	80	33%
27.09.2014	245		
28.09.2014	170	75	31%
29.09.2014	249		
30.09.2014	166	83	33%
01.10.2014	254		
02.10.2014	162	92	36%
03.10.2014	230		
04.10.2014	148	82	36%
05.10.2014	227		
06.10.2014	142	85	37%
07.10.2014	227		
08.10.2014	147	80	35%
09.10.2014	218		
10.10.2014	139	79	36%
11.10.2014	247		
12.10.2014	158	89	36%
13.10.2014	252		
14.10.2014	164	88	35%
Средняя экономия			34%

Измерение параметров работы централи

- погодозависимое поддержание T_c
- адаптивное регулирование T_o



Регулирование температуры и перегрева

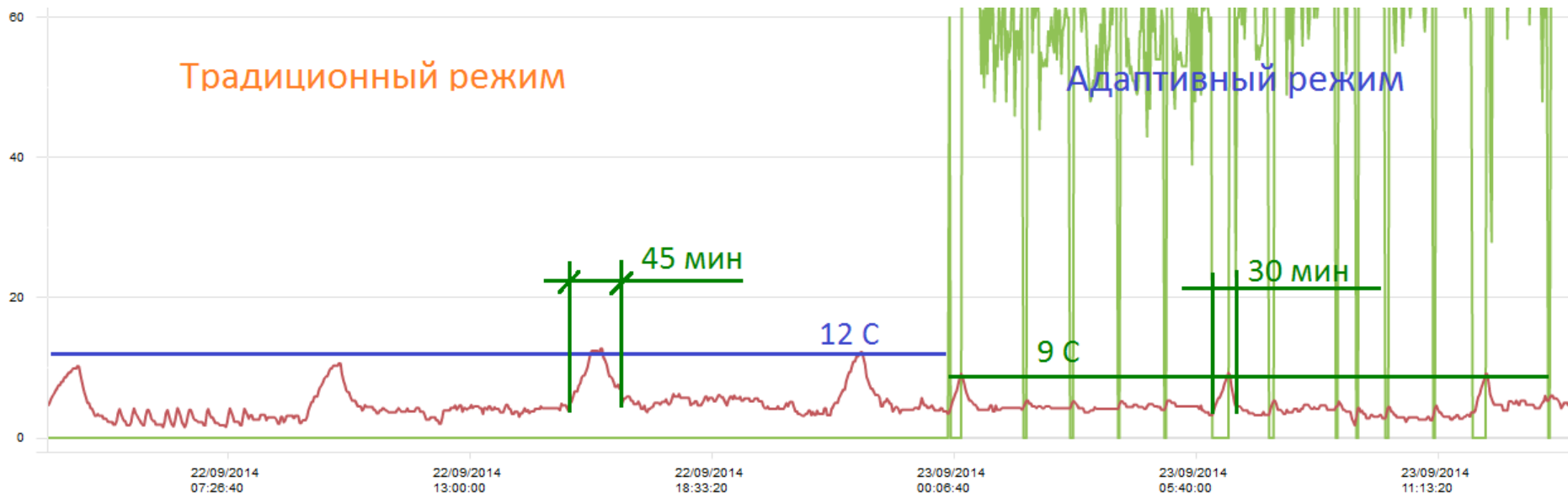
- адаптивное регулирование перегрева
- повышение эффективности испарителя



Оттаивание

- В обоих случаях установлено 4 отт. в сутки.

	Метод	Продолжит.	Пиковая температура
Традиционный	Произвольный	45 мин	12 С
Адаптивный	По расписанию	30 мин	9 С
Преимущества	Равномерная нагрузка	на 15 мин. меньше	на 3 С ниже





ENGINEERING
TOMORROW