

BOA-Systronic

Принципы функционирования



| Версия | Дата | Изменения |
|--------|------------|---|
| 2.0 | 17.08.2004 | Первоначальная версия |
| 2.1 | 05.11.2004 | Изменение рис. 16 , заголовка и начальной строки |
| 2.2 | 06.12.2004 | Исправление табл. 4, 5 и 6 |
| 3.0 | 19.01.2005 | Полное исправление, специальные разделы 10, 11 и 13 |

Содержание

| | | |
|--|---|-----------|
| Экономия электроэнергии посредством регулирования насоса и арматуры | | 5 |
| 1 | Главный распределитель | 5 |
| 2 | Основные положения системы | 6 |
| 3 | Компоненты | 8 |
| 4 | Регулировка | 9 |
| 5 | Расход воды | 10 |
| 6 | Напор циркуляционного насоса | 12 |
| 7 | Гидравлическое согласование вторичных распределителей | 14 |
| 8 | Регуляторы перепада давления | 17 |
| 9 | Ввод в эксплуатацию | 18 |
| 10 | Практическая проверка | 19 |
| 10.1 | Установка | 19 |
| 10.2 | Расчет параметров циркуляционного насоса для BOA-Systronic | 25 |
| 10.3 | Измерения | 26 |
| 10.4 | Внешняя температура | 27 |
| 10.5 | Расход воды | 28 |
| 10.6 | Перепад давления в насосах | 29 |
| 10.7 | Электрическая мощность насоса | 30 |
| 11 | Период амортизации BOA-Systronic | 31 |
| 11.1 | Расходы на регулируемую арматуру и экономия энергии | 31 |
| 11.2 | Расходы на отопительный контур с насосом Riotec | 33 |
| 11.3 | Расходы на отопительный контур с насосом Rio-Eco | 34 |
| 11.4 | Рассмотрение общей экономии Riotec / Rio-Eco | 36 |
| 12 | Референции | 38 |
| 13 | Резюме | 39 |

Рисунки

| | |
|--|----|
| Рис. 1: Гидравлическая схема BOA-Systronic | 6 |
| Рис. 2: Сравнение систем | 7 |
| Рис. 3: Компоненты BOA-Systronic..... | 9 |
| Рис. 4: Расход воды трехходового вентиля | 10 |
| Рис. 5: Снижение расхода воды с помощью BOA-Systronic..... | 11 |
| Рис. 6: Напор циркуляционного насоса на примере..... | 14 |
| Рис. 7: Отопительный контур с вторичными распределителями | 15 |
| Рис. 8: Избыточный напор циркуляционного насоса на примере | 18 |
| Рис. 9: Двухкотельная установка | 19 |
| Рис. 10: Коллектор «обратной» воды | 20 |
| Рис. 11: Шкаф управления..... | 21 |
| Рис. 12: Отопительные регуляторы для западного и восточного крыла | 21 |
| Рис. 13: Главный распределитель - западное и восточное крыло..... | 22 |
| Рис. 14: Главный распределитель с BOA-Systronic..... | 22 |
| Рис. 15: Главный регулирующий вентиль BOA-Systronic..... | 23 |
| Рис. 16: Трехходовой вентиль BOA-Systronic | 24 |
| Рис. 17: Система управления BOA-Systronic (Systrobox)..... | 25 |
| Рис. 19: Результаты измерений расхода воды на главном распределителе в период 2000-2002 | 28 |
| Рис. 20: Результаты измерений перепада давления в циркуляционных насосах в период 2000-2002 | 30 |
| Рис. 21: Потребление насосом электрической мощности в период 2000-2002 | 31 |
| Рис. 22: Экономия при работе с насосами Riotec и Rio-Eco при изменении подъема и параллельном смещении на примере | 37 |
| Рис. 23: Главный распределитель с BOA-Systronic DN32 | 38 |

Таблицы

| | |
|--|----|
| Табл. 1: Мощностные характеристики главных распределителей..... | 22 |
| Табл. 2: Снижение капиталовложений для циркуляционного насоса..... | 26 |
| Табл. 3: Измеренные параметры | 26 |
| Табл. 4: Оценка расхода воды в период 2000-2002 | 29 |
| Табл. 5: Оценка измерений перепада давления в насосах в период 2000-2002 .. | 29 |
| Табл. 6: Экономия электроэнергии при эксплуатации насоса..... | 30 |
| Табл. 7: Средняя доплата за систему BOA-Systronic..... | 32 |
| Табл. 8: Средняя доплата за систему BOA-Systronic с насосом Riotec на примере DN50..... | 32 |
| Табл. 9: Средняя доплата за систему BOA-Systronic с насосом Rio-Eco на примере DN50..... | 33 |
| Табл. 10: Расходы на электроэнергию за отопительный период на примере | 33 |
| Табл. 11: Снижение расходов на отопительный контур с насосом Riotec на примере (цены на год 2005) | 34 |
| Табл. 12: Снижение расходов на отопительный контур с насосом Rio-Eco на примере (цены на год 2005)..... | 35 |
| Табл. 13: Обзор расходов при 20-тилетней эксплуатации..... | 36 |
| Табл. 14: Экономия – обобщение | 37 |

Экономия электроэнергии посредством регулирования насоса и арматуры

Новое системное решение BOA-Systronic предлагает до сих пор не нашедший применения принцип регулирования температуры подачи в отопительной сети и следующей из этого экономии электроэнергии при работе циркуляционного насоса.

1 Главный распределитель

Главный распределитель отопительного контура состоит из нескольких регулируемых технических компонентов, таких как циркуляционный насос и регулирующая арматура, соединенных трубопроводом. Циркуляционный насос транспортирует отопительную воду от источника энергии к потребителю. Регулирующая арматура устанавливает величину расхода воды, подаваемой потребителю.

Все трубопроводы, направляющие отопительную воду к потребителю, относятся к системе прямой подачи отопительного контура. Измерение температуры подачи, значение которой необходимо для проведения последующего регулирования, выполняется в области подачи на главный распределитель. Отопительная вода передает большую часть своей тепловой энергии потребителю и в охлажденном состоянии возвращается к источнику энергии. Трубопроводы, по которым проходит эта охлажденная вода, относятся к системе обратной подачи. При этом обычный отопительный контур обладает следующими характеристиками.

- Циркуляционный насос и регулирующая арматура трехходовой системы эксплуатируются без согласования. Системная информация о гидравлике отопительного контура отсутствует. Поэтому зачастую часть гидравлической энергии, иницированной циркуляционным насосом, исчезает на других участках отопительного контура в местах подключения арматуры и регуляторов перепада давления.
- Трехходовая система обеспечивает *количественно постоянный расход воды, идущей к потребителю*¹. Таким образом при неполной нагрузке, которая составляет более 95% всего рабочего времени, по циркуляционному насосу проходит большей частью холодная «обратная» вода.
- Напор в регулируемом циркуляционном насосе в условиях трехходовой системы не зависит от нагрузки, а значит, и от внешней температуры. Экономия возможна лишь в случае воздействия внешнего источника тепла, согласно заданной характеристике насоса: $\Delta p = \text{пост.}$ или $\Delta p = \text{перем.}$

Регулирующие компоненты обычного отопительного контура не согласованы друг с другом

¹ **Количественно постоянный расход воды:** задается через гидравлические параметры главного распределителя (напр., трехходовой вентиль). Как при номинальной, так и при любых частичных нагрузках циркуляционный насос транспортирует по отопительному контуру воду с номинальным расходом в расчетной точке. Только при воздействии внешнего тепла можно повлиять на уровень номинального расхода, воспользовавшись регулирующей функцией термостатного вентиля.

- Согласование нескольких трехходовых систем, подключенных к одному распределительному трубопроводу должно выполняться вручную.

2 Основные положения системы

Анализ выше приведенных характеристик позволил разработать концепцию системы BOA-Systronic с конкретной целью – уменьшить эксплуатационные расходы отопительного контура.

BOA-Systronic согласовывает работу циркуляционного насоса и регулирующей арматуры друг с другом. Исходя из устанавливающего сигнала выше стоящего регулирующего звена, две регулирующие арматуры BOA-CVE SuperCompact задают значение результирующего расхода воды, которая поступает к потребителю. Одновременно циркуляционный насос получает соответствующее целевое значение напора.

Возможность экономии благодаря системной информации

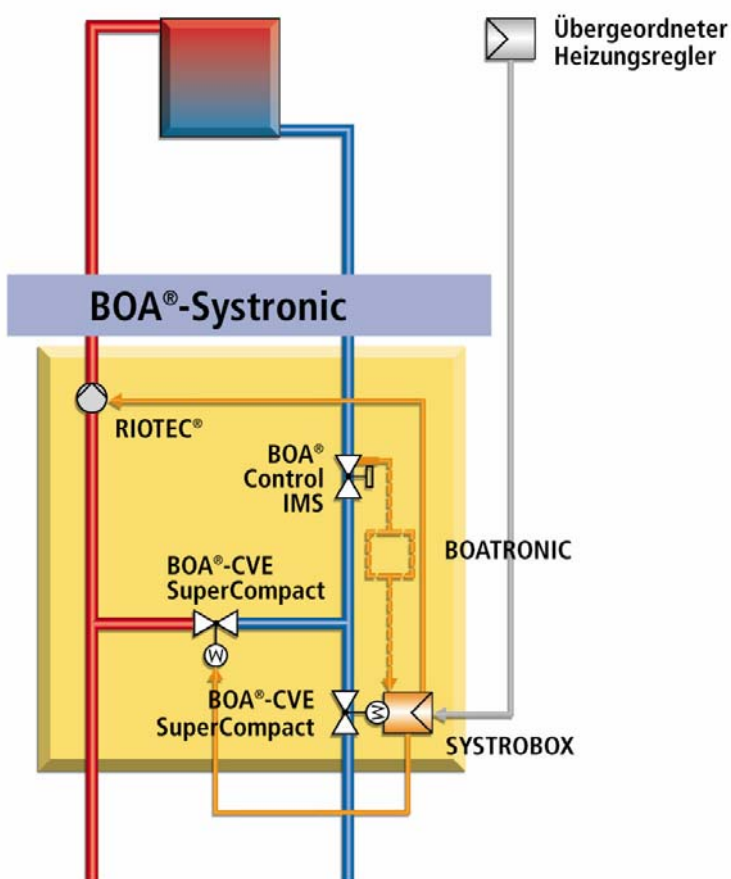


Рис. 1: Гидравлическая схема BOA-Systronic

BOA-Systronic преобразует обычную, количественно постоянную трехходовую систему в количественно изменяемую систему и через характеристику системного управления согласовывает напор циркуляционного насоса с уменьшенным расходом воды.

График нагревательного элемента иллюстрирует физическую взаимосвязь, при которой обеспечивается возможность обслуживания потребителей той же тепловой мощностью, но с меньшим расходом воды, что достигается путем одновременного увеличения температуры подачи. Увеличение температуры подачи выполняется выше стоящим регулирующим звеном. Результирующая экономия расхода воды обозначается ΔQ , напора - ΔH , а их произведение пропорционально сэкономленной электрической мощности циркуляционного насоса².

Дополнительным преимуществом является отсутствие необходимости статического согласования ветви на главном распределителе, поскольку оно теперь выполняется автоматически через циркуляционный насос и снижает пуско-наладочные расходы отопительного контура. В обычной трехходовой системе во время ввода в эксплуатацию отопительного контура разница температуры подачи для расчетной точки устанавливается с помощью регулирующего вентиля ветви. При этом поток регулируется с помощью арматуры. Спад давления на арматуре может составить несколько десятых бар. При использовании BOA-Systronic этим шагом можно пренебречь.

Поскольку BOA-Systronic задает только тот напор, который необходим для преодоления сопротивления установки, шумовые эффекты потока не возникают даже при воздействии внешнего источника тепла. От использования дорогих регуляторов перепада давления для согласования с главным распределителем можно отказаться. Для гидравлического согласования вторичных распределителей такие регуляторы могут быть заменены на более дешевые регулирующие вентили ветви. Переменное регулирование расхода воды с помощью BOA-Systronic не влияет на согласование вторичных распределителей, выполняемое для расчетной точки.

Экономия, достигаемая с помощью BOA-Systronic, является результатом использования информации о гидравлических взаимосвязях в отопительном контуре и не зависит от регулирования перепада давления в циркуляционном насосе. В системе BOA-Systronic оно выполняется, как обычно.

Информация о характеристике трубопроводной сети отопительного контура

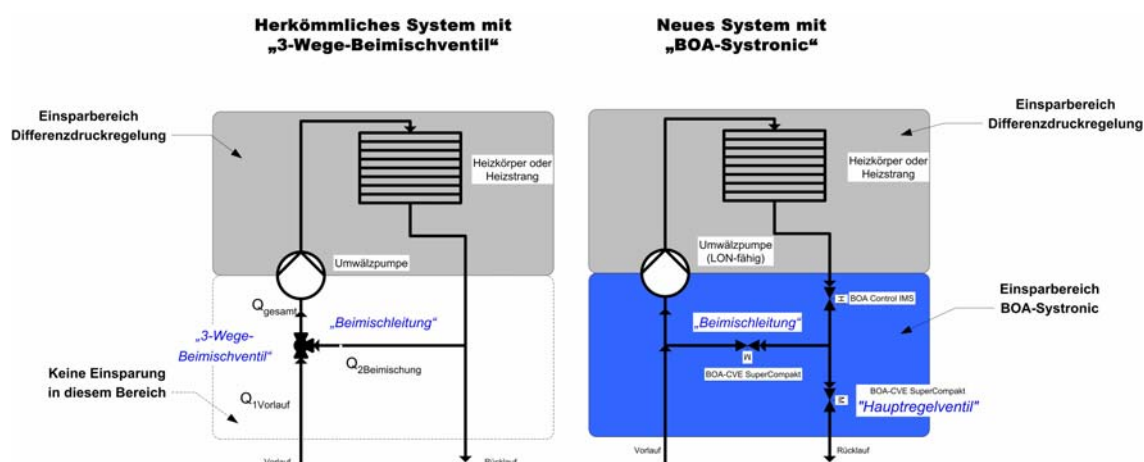


Рис.2: Сравнение систем

² Электрическая мощность циркуляционного насоса: $P_{\text{электр.}} = \text{постоянная} \cdot \int_{t1}^{t2} Q(t) \cdot H(t) dt$.

Постоянная величина описывает коэффициент полезного действия циркуляционного насоса и преобразователя частоты, а также плотность воды и ускорение свободного падения.

3 Компоненты

Переход к количественно изменяемой системе может быть выполнен только в условиях гидравлического разделения частичных напоров и наличия информации о необходимом для снабжения отопительного контура количестве воды.

По этой причине система BOA-Systronic включает в себя три компонента. С помощью обоих регулирующих вентилей *BOA-CVE SuperCompact*³ расход воды, проходящей через потребителя, регулируется в зависимости от нагрузки (переменный расход). При поставке с завода система управления находится на (главном) регулирующем вентиле. Арматура *BOA-Control IMS*⁴ используется для измерения расхода на главном распределителе во время ввода в эксплуатацию. Этот измерительный сигнал позволяет вычислить высоту напора циркуляционного насоса для расчетной точки, а также установочную характеристику отопительного контура и, тем самым, его гидравлическое сопротивление. Как при запуске в эксплуатацию, так и во всем рабочем диапазоне измерительная арматура находится в полностью открытом положении и по гидравлическим характеристикам ведет себя в силу ее очень низкого показателя ζ ⁵ практически, как часть трубопровода. Измерительный компьютер не входит в комплект поставки.

³ **BOA-CVE SuperCompact:** Автоматизированная запорная и регулирующая арматура для отопительных/вентиляционных систем и систем кондиционирования с «интеллектуальным» электроприводом. Арматура производится диаметром от DN20 до DN150 и давлением PN6/10/16. Благодаря своему компактному исполнению, она является на сегодняшний день самой малоразмерной и легкой арматурой данной ступени давления, производимой серийно. Это обеспечивает экономию места при постройке централизованных систем кондиционирования воздуха и теплоэлектроцентралей. Малый вес облегчает монтаж и работу с арматурой. Кроме того, самокалибровка привода позволяет пренебречь юстировкой конечных выключателей.

⁴ **BOA-Control IMS:** Арматура измеряет расход воды не зависимо от положения клапана и минимального дифференциального давления. Точность измерений, по сравнению с традиционными конструкциями, остается постоянной на всем диапазоне регулирования вентиля. Измерительный компьютер принимает и обрабатывает измерительный сигнал. Сразу после включения он показывает номинальный диаметр подключенной арматуры, поскольку она зачастую так изолирована, что надписи на корпусах клапанов сложно прочитать. В заключении оператор с помощью двух кнопок может отобразить либо величину действительного расхода в [м³/ч], либо температуру проходящей среды в [°C]. Таким образом, контроль расхода воды выполняется в течение нескольких секунд. Арматура BOA-Control IMS снабжена линейной дроссельной характеристикой и может использоваться в качестве запорной арматуры. После запорной операции клапан можно снова вернуть в его первоначальное положение, благодаря функции ограничения хода, защищенного колпаком.

⁵ **Величина ζ :** описывает сопротивление арматуры в направлении, противоположном движению среды. Величина ζ зависит от исполнения/формы арматуры.



Рис. 3: Компоненты BOA-Systronic

4 Регулировка

BOA-Systronic представляет собой систему управления, которая следует за системой регулирования. Таким образом, она не заменяет выше стоящее регулирующее звено.

Регулирование температуры подачи выполняется, как обычно, выше стоящим регулирующим звеном. В качестве входящих сигналов используются, кроме прочего, измеренные значения внешней температуры, а также температуры подачи в отопительном контуре. На базе отопительной характеристики, заданной выше стоящим регулирующим звеном, из измеренной внешней температуры высчитывается целевая температура подачи отопительного контура. Из этого целевого значения и измеренной температуры подачи выводится регулируемая разница и добавляется к алгоритму системного регулирования (алгоритм PI или PID). Алгоритм генерирует устанавливающий сигнал, который в условиях обычной трехходовой системы направляется на регулирующий вентиль.

Этот сигнал служит для BOA-Systronic входящим сигналом и подается на ее управляющий элемент (Systrobox). На основе характеристик системного управления, заданных при запуске в эксплуатацию, управляющий элемент преобразует этот сигнал в два отдельных устанавливающих сигнала для обоих регулирующих вентилях *BOA-CVE SuperCompact* и в одно целевое значение напора циркуляционного насоса.

5 Расход воды

Тепловая мощность отопительного контура для расчетной точки вычисляется как произведение расхода Q и разницы температуры подачи ΔT :

$$P_{\text{тепл.}} = 1,163 \cdot Q \cdot \Delta T.$$

Обычная гидравлика

Гидравлическая схема обычной трехходовой системы по своим свойствам позволяет работать исключительно с постоянным расходом воды *вне зависимости от устанавливающего сигнала отопительного регулятора*.

Количество отопительной воды, выходящей из коллектора подачи, связано с количеством холодной «обратной» воды, проходящей через байпасный трубопровод (рис.5).

$$Q_{\text{общ.}} = Q_{1\text{подачи}} + Q_{2\text{байпас.трубопр.}}$$

Поэтому в условиях обычной гидравлической трехходовой системы⁶ регулирование тепловой мощности отопительного контура возможно только через разницу температуры подачи. **Как следствие, циркуляционный насос при частичной нагрузке передает по отопительному контуру большей частью холодную воду.**

Расход воды в отопительном контуре можно уменьшить только за счет регулирующей функции термостатных вентилей (компенсация внешних тепловых источников).

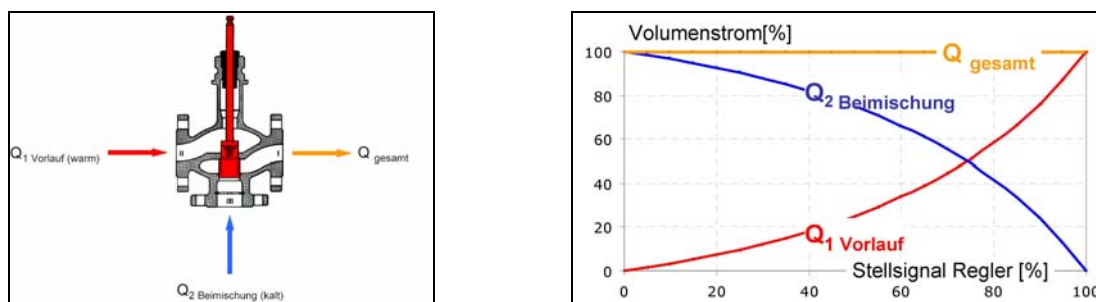


Рис.4: Расход воды трехходового вентиля

⁶ **Трехходовая система:** В трехходовом вентиле смешивающиеся среды подводятся через два ввода, а результирующая после смешивания среда отводится через один выход. Пропорциональное соотношение количества двух входящих сред определяется положением конического стержня (шпинделя). Сумма дроссельного поперечного сечения на обоих входах постоянна на всем диапазоне регулирования вентиля. Таким образом, не зависимо от положения конического стержня, вентиль все время обеспечивает постоянный расход воды.

BOA-Systronic

Новый подход к вопросам управления позволяет регулировать тепловую мощность посредством **изменения разницы температуры подачи и расхода** и тем самым значительно снизить количество воды, проходящей по отопительному контуру. Эту возможность обеспечивают два регулирующих вентиля *BOA-CVE SuperCompact*, отделяющих отопительную воду из коллектора подачи от холодной «обратной» воды, проходящей через байпасный трубопровод.

При этом главный регулирующий вентиль, установленный на подаче или отводе, регулирует количество отопительной воды. Регулирующий вентиль в байпасном трубопроводе задает количество подачи холодной воды. Также остается возможность дополнительного оптимизирования при компенсации внешних тепловых источников посредством термостатных вентиляей.

Из графика нагревательного элемента видно, что при неизменной тепловой мощности, подаваемой потребителю, расход воды может быть снижен за счет соответственного повышения температуры подачи.

При этом возможны два подхода, при которых задействуется стандартная функция отопительного регулятора.

Параллельное смещение отопительной характеристики

Отопительная характеристика регулятора смещается на определенное значение параллельно в направлении более высокой температуры подачи. Регулятор прибавляет постоянное значение ΔT к целевому значению температуры подачи (параллельное смещение отопительной характеристики).

Высота номинального расхода снижается вследствие повышенной разницы температуры подачи на 25%. Таким образом, циркуляционный насос получает новую расчетную точку (рис.5).

Повышение температуры подачи за счет параллельного смещения или изменения подтема отопительной характеристики

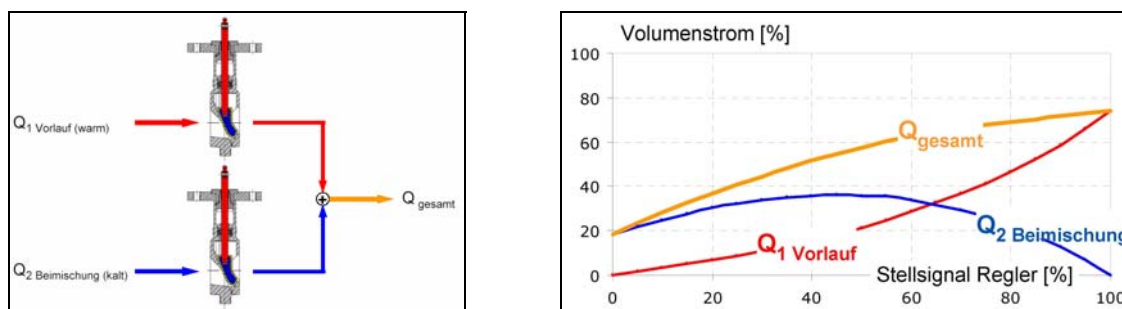


Рис.5: Снижение расхода воды с помощью BOA-Systronic

Новая расчетная точка позволяет значительно снизить сумму капиталовложений для циркуляционного насоса и арматуры отопительного контура:

- возможность использования циркуляционного насоса с меньшей мощностью
Преимущество:
Значительное снижение капиталовложений для циркуляционного насоса
- возможность использования главного распределителя диаметром, меньшим на один размер

Преимущество:

Снижение капиталовложений для запорной арматуры и грязеуловителей
Снижение расходов на монтаж и материал

Новая расчетная точка может быть получена также на базе обычной гидравлики.

Изменение подъема отопительной характеристики

Отопительная характеристика регулятора смещается в направлении более высокой температуры подачи только в случае неполной нагрузки. В зависимости от значения устанавливаемого сигнала регулятор прибавляет значение ΔT к номинальному значению температуры подачи (изменение подъема отопительной характеристики). Номинальное значение расхода, а значит, и расчетная точка остаются неизменными.

В этом случае снижение капиталовложений для циркуляционного насоса и прочей арматуры невозможно.

6 Напор циркуляционного насоса

Гидравлические свойства обычной трехходовой системы не позволяют подогнать напор циркуляционного насоса под **установочную характеристику отопительного контура**. Циркуляционный насос **реагирует** только на пониженный расход воды, подаваемой потребителю, который является результатом регулировки термостатного вентиля. При этом, в зависимости от выбранной характеристики насоса, напор остается постоянным ($\Delta p = \text{пост.}$) или соответственно снижается ($\Delta p = \text{перем.}$).

С помощью двух регулирующих вентилях **BOA-Systronic** устанавливает величину расхода воды в зависимости от внешней температуры и измеряет во время запуска в эксплуатацию **установочную характеристику отопительного контура**. Это позволяет согласовать напор циркуляционного насоса с расходом воды, что выполняется при помощи характеристики системного управления (рис.6). Она выводится автоматически путем измерения расхода во время запуска в эксплуатацию и ограничена минимальным напором циркуляционного насоса. Арматура **BOA-Control IMS** измеряет расход на главном распределителе и высчитывает требуемый номинальный напор циркуляционного насоса в расчетной точке. В заключении, на основании этих значений высчитывается установочная постоянная отопительного контура. В итоге становится известным гидравлическое сопротивление отопительного контура, а система управления имеет информацию о необходимых значениях напора в насосе (в зависимости от уровня нагрузки).

BOA-Systronic регулирует насос согласно установочной характеристике отопит. контура

Приведенный ниже график для Q-N представляет собой **пример** возможных значений напора для насоса с регулятором перепада давления. Насос регулируется вне зависимости от расхода ($\Delta p = \text{пост.}$) и в целях сравнения работает в условиях обычной трехходовой системы и системы BOA-Systronic.

Расчетная точка представляет собой точку пересечения установочной характеристики отопительного контура с характеристикой циркуляционного насоса. Установочная характеристика описывает сопротивление, препятствующее потоку воды, и соответствует необходимому напору

циркуляционного насоса. Она зависит от длины и диаметра трубопроводов подачи и отвода в отопительном контуре, от потерь давления в местах подключения потребителей, регулирующих вентилей, регуляторов перепада давления, грязеуловителей, а также термостатной и запорной арматуры.

Расход и напор выражены в относительных единицах. В циркуляционном насосе с трехходовой системой при понижении расхода воды (влияние внешних источников тепла) напор не изменяется, что приводит к экономии мощности.

При использовании BOA-Systronic с функцией параллельного смещения отопительной характеристики рассчитывается новое номинальное значение расхода

Новая
расчетная
точка для
насоса

$$Q_{\text{нов.}} = 0,75 \cdot Q_{\text{стар.}}$$

и, по закону подобности, соответствующий напор в насосе

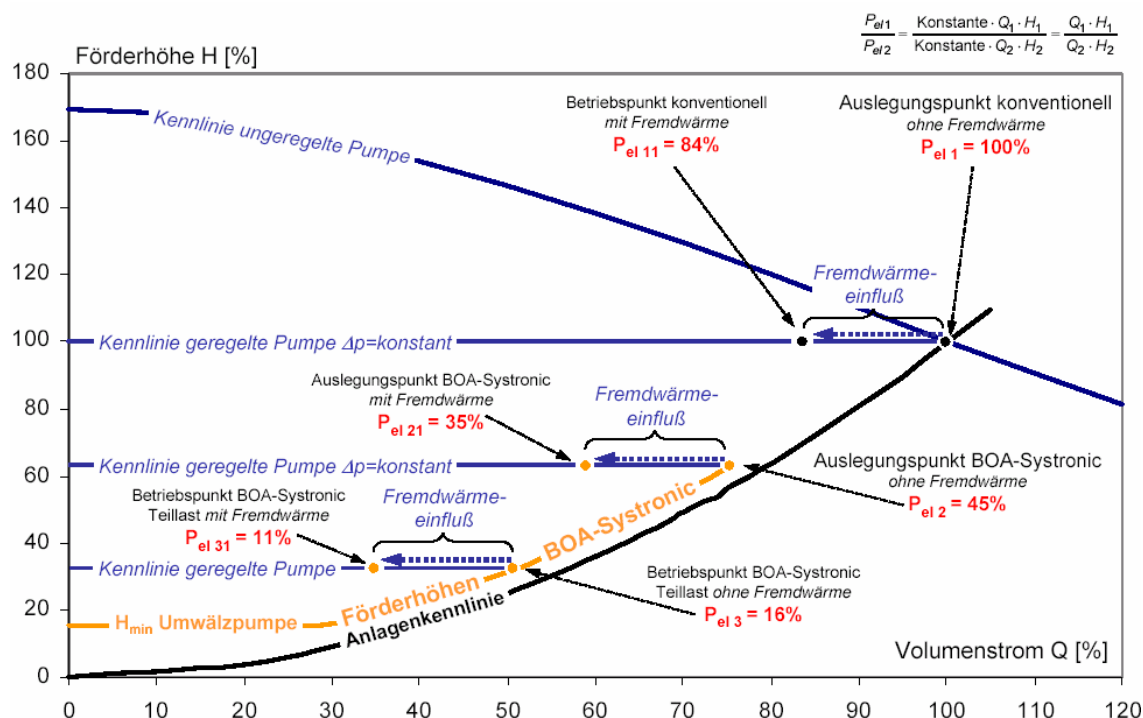
$$H_{\text{нов.}} = H_{\text{стар.}} \cdot \left(\frac{Q_{\text{нов.}}}{Q_{\text{стар.}}} \right)^2 = 100\% \cdot \left(\frac{75\%}{100\%} \right)^2 \cdot H_{\text{стар.}} = 0,56 \cdot H_{\text{стар.}}$$

К этому значению также прибавляется значение «вентильной авторитетности» главного регулирующего вентиля. Оно описывает падение давления на регулирующем вентиле в отношении к перепаду давления насоса (общее падение давления в установке). При использовании BOA-Systronic значение «вентильной авторитетности» остается неизменным на всем рабочем диапазоне. Эта связь выражена в характеристике системного управления и объясняет, почему последняя протекает параллельно к установочной характеристике, но на более высоком уровне (рис.6).

В данном примере циркуляционный насос получает новую расчетную точку: номинальный расход уменьшается на 25%, номинальный напор также соответственно понижается. Благодаря этому, возможен выбор насоса с более низкой мощностью.

В зависимости от внешней температуры рабочая точка насоса, регулируемого с помощью BOA-Systronic, перемещается по графику характеристики системного управления. Если внешняя температура повышается, рабочая точка насоса движется в направлении меньшего расхода и напора.

Дополнительно из графика видно, какое влияние оказывает регулирующая функция термостатных вентилей при различных рабочих точках насоса (влияние внешних тепловых источников). При воздействии внешних источников тепла рабочая точка дополнительно перемещается по графику характеристики насоса с регулятором перепада давления. Согласно заданной характеристике насоса, напор либо остается неизменным ($\Delta p = \text{пост.}$), либо снижается при падении расхода воды ($\Delta p = \text{перем.}$). Все известные свойства регулируемого насоса и термостатных вентилей остаются неизменными.



Все свойства регулируемого насоса остаются неизменными

Рис.6: Напор циркуляционного насоса на примере

7 Гидравлическое согласование вторичных распределителей

При использовании BOA-Systronic эксплуатация отопительного контура выполняется в условиях переменного значения расхода воды. В этой связи возникает проблема гидравлического согласования вторичных распределителей для данных переменных рабочих точек.

Вторичные распределители в расчетной точке (т.е. при номинальной нагрузке) должны быть согласованы друг с другом. Это обеспечивает требуемое обслуживание потребителей во вторичных распределительных пунктах. В дальнейшем номинальная нагрузка будет обозначаться индексом N , а частичная нагрузка - индексом T .

Приведенные ниже расчеты показывают, что изменение расхода воды с помощью BOA-Systronic не влияет на согласование вторичных распределителей.

Расход воды во вторичных распределителях 1, 2 и 3 регулируется с помощью регулирующих вентилей ветви SV1, SV2 и SV3. Важным моментом является соотношение значений спада давления на регулирующих вентилях ветви для

случаев номинальной (напр., $\frac{\Delta p_{N2}}{\Delta p_{N1}}$) и частичной нагрузки (напр., $\frac{\Delta p_{T2}}{\Delta p_{T1}}$).

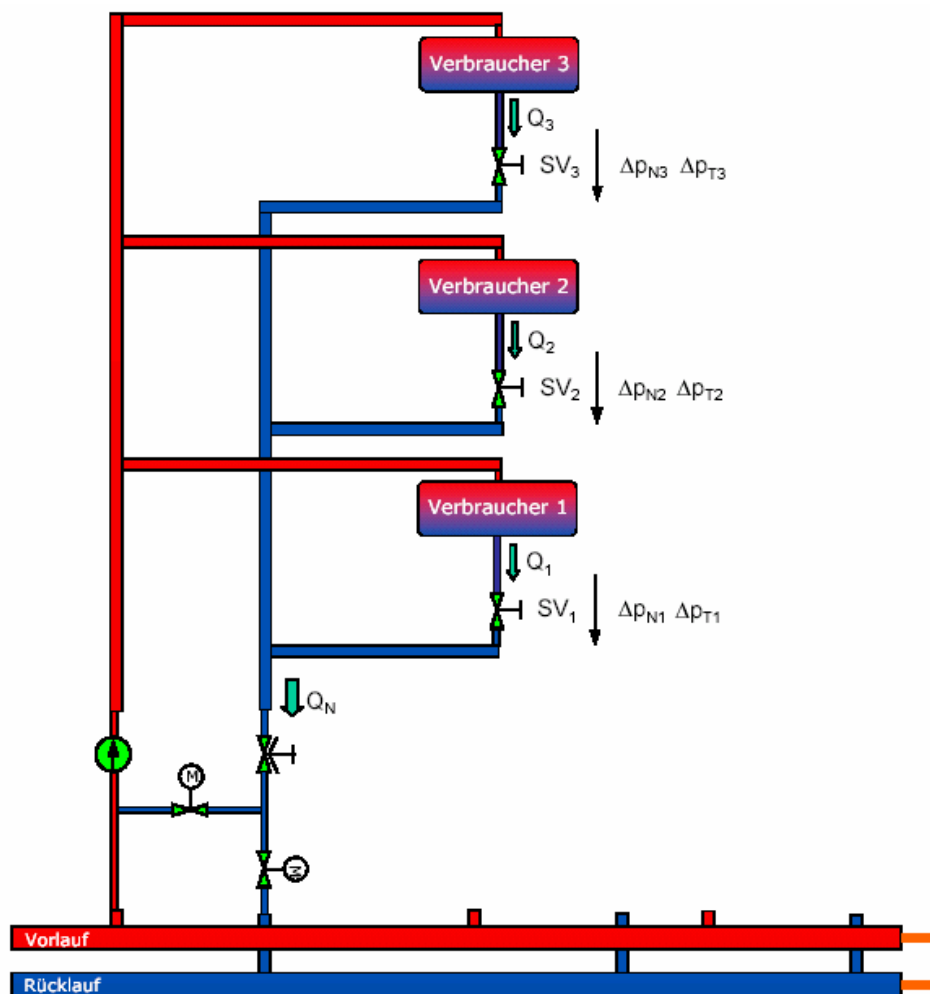


Рис. 7: Отопительный контур с вторичными распределителями

В расчетной точке (номинальная нагрузка) на регулирующем вентиле вторичного распределителя происходит спад следующего дифференциального давления. При этом плотность воды обозначается ρ , цетовое число арматуры - ζ , скорость потока воды - w , поперечное сечение на месте дросселирования – A и расход воды в расчетной точке - Q_N .

Перепад давления при номинальной нагрузке:

$$\Delta p_N = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \zeta \cdot w^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \zeta \cdot \left(\frac{Q_N}{A} \right)^2 \quad \text{Уравнение 1}$$

Согласование ветви вторичного распределителя выполняется для расчетной точки (номинальная нагрузка). Положение регулирующего вентиля ветви при дросселировании больше не меняется. В таком случае спад давления на арматуре зависит только от значения расхода воды (Q). Поперечное сечение прохода (A) и цетовое число (ζ) арматуры остаются постоянными.

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \zeta \cdot \left(\frac{1}{A} \right)^2 = \text{пост.} = c \quad \text{Уравнение 2}$$

Таким образом, перепад давления на регулирующем вентиле ветви зависит только от одного из факторов (с), описывающих арматуру, а также от расхода воды (Q):

Перепад давления при номинальной нагрузке:

$$\Delta p_N = c \cdot Q_N^2 \quad \text{Уравнение 3}$$

При частичной нагрузке значение дифференциального давления на регулирующем вентиле ветви уменьшается следующим образом. При этом фактор F описывает степень частичной нагрузки (0-100) %.

Перепад давления при частичной нагрузке:

$$\Delta p_T = c \cdot (F \cdot Q_N)^2 \quad \text{Уравнение 5}$$

Если уравнение 3 подставить в уравнение 4, получится:

$$\Delta p_T = F^2 \cdot \Delta p_N \quad \text{Уравнение 5}$$

В итоге вторичным распределителям 1, 2 и 3 при номинальной и частичной нагрузке соответствуют следующие значения перепада давления:

| | | |
|-----------------------|---|-------------|
| Перепад давления SRV1 | $\Delta p_{T1} = F^2 \cdot \Delta p_{N1}$ | Уравнение 6 |
|-----------------------|---|-------------|

| | | |
|-----------------------|---|-------------|
| Перепад давления SRV2 | $\Delta p_{T1} = F^2 \cdot \Delta p_{N1}$ | Уравнение 7 |
|-----------------------|---|-------------|

| | | |
|-----------------------|---|-------------|
| Перепад давления SRV3 | $\Delta p_{T3} = F^2 \cdot \Delta p_{N3}$ | Уравнение 8 |
|-----------------------|---|-------------|

При этом верным является следующее соотношение для значений перепада давления:

$$\frac{\Delta p_{T2}}{\Delta p_{T1}} = \frac{\Delta p_{N2}}{\Delta p_{N1}} \quad \text{Уравнение 9}$$

Вывод

При частичной нагрузке действует такая же закономерность между значениями перепада давления во вторичных распределителях, как и при номинальной нагрузке. Таким образом, даже в условиях частичной нагрузки расход воды во вторичных распределителях, необходимый для достижения желаемой отопительной мощности, достаточен для качественного обслуживания потребителей.

8 Регуляторы перепада давления

Если помещение подвержено воздействию внешнего тепла, например, солнечного облучения, термостатные вентили снижают расход воды, проходящей по батареям. В обычном главном распределителе при понижении расхода воды циркуляционный насос, согласно заданной характеристике, работает либо на постоянном, либо на пониженном напоре.

Уменьшение расхода ведет к уменьшению спада давления в трубопроводе. Снижение избыточного дифференциального давления, производимого насосом, возможно только на термостатном вентиле.

Это, в свою очередь, порождает поточные шумы и посвистывание. С целью их избежания зачастую используют регуляторы перепада давления. Они ограничивают скачок дифференциального давления над вентилем и этим препятствуют образованию шумов. В обычном главном распределителе часть напора, произведенного насосом, зачастую мгновенно уничтожается регулятором перепада давления!

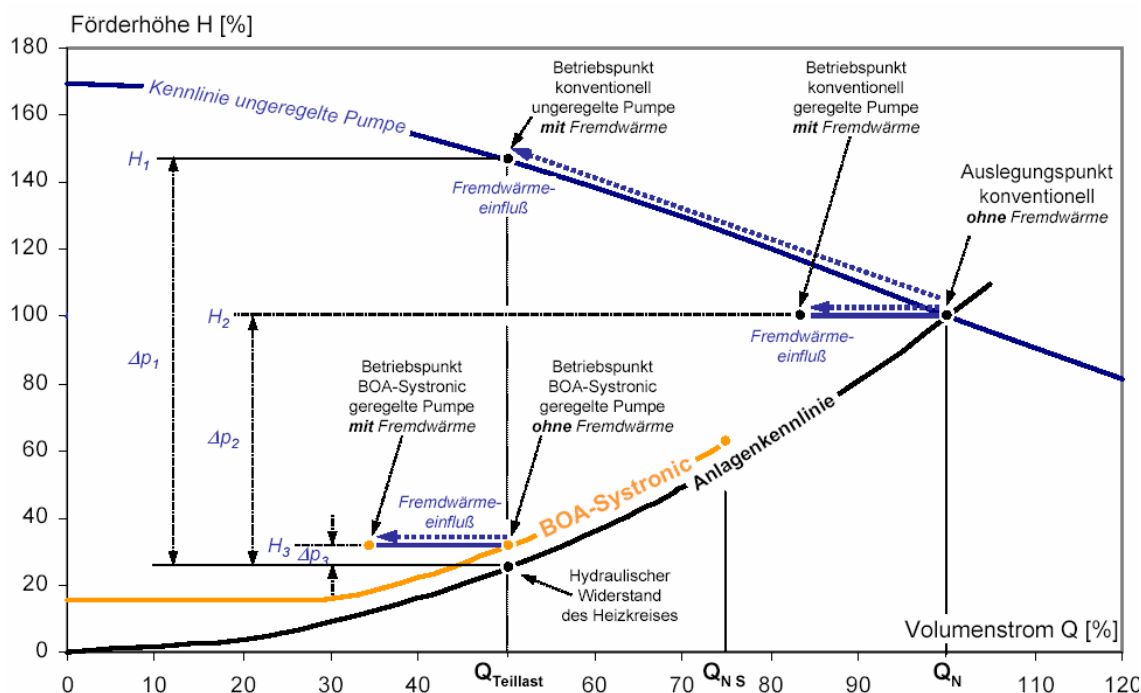
На рисунке 8 (график Q-H) на примере показано влияние внешнего тепла на рабочую характеристику нерегулируемого насоса, насоса, снабженного регулятором перепада давления в форме трехходовой системы, и насоса, в котором перепад давления регулируется системой BOA-Systronic.

Очевидно, что насос с системой BOA-Systronic порождает очень низкое избыточное дифференциальное давление, которое затухает на термостатном вентиле. Оно представляет собой разницу между гидравлическим сопротивлением отопительного контура и напором насоса, регулируемого BOA-Systronic.

В отличие от этого, насос, регулируемый трехходовой системой, производит намного больший избыточный напор на термостатном вентиле (Δp_2). То же самое касается и нерегулируемого насоса (Δp_1).

Вывод

С помощью BOA-Systronic в насосе устанавливается напор, который по физическим параметрам необходим для действительного уровня нагрузки. В случае частичной нагрузки исключается вероятность образования избыточного напора, а также шумовых эффектов на участке потребления. Отпадает необходимость покупки дорогих регуляторов перепада давления для согласования отопительных ветвей. При обеспечении гидравлического согласования вторичных распределителей эти регуляторы могут быть заменены более дешевыми регулирующими вентилями ветви.



Использова-
нием регуля-
торов
перепада
давления
можно
пренебречь

Рис. 8: Избыточный напор циркуляционного насоса на примере

- Q_N Расчетная точка отопительного контура с трехходовой системой
- $Q_{N\text{ Sys}}$ Расчетная точка отопительного контура с BOA-Systronic
- Q_T Частичная нагрузка (пример)
- Δp_1 Перепад давления на термостатном вентиле (нерегулируемый насос)
- Δp_2 Перепад давления на термостатном вентиле (регулируемый насос $\Delta p = \text{пост.}$)
- Δp_3 Перепад давления на термостатном вентиле (BOA-Systronic)

9 Ввод в эксплуатацию

В условиях параллельного смещения отопительной характеристики и исходя из высчитанного в плане значения расхода для обычной трехходовой системы, BOA-Systronic снижает расход в расчетной точке на 25%. Перед запуском в эксплуатацию выполняется конфигурация BOA-Systronic. При этом значение расхода, рассчитанного для обычной трехходовой системы, а также значение системного номинального диаметра BOA-Systronic вносятся в программу для ввода в эксплуатацию (установка параметров). Номинальный диаметр измерительной арматуры BOA-Control IMS соответствует этому системному диаметру.

BOA-Systronic автоматически рассчитывает для расчетной точки необходимый напор в насосе. При этом первый запуск насоса выполняется при минимальном напоре. В отопительном контуре устанавливается соответствующий расход воды, который измеряется на главном распределителе при помощи арматуры BOA-Control IMS. Это измеренное значение преобразуется посредством измерительного компьютера BOATRONIC M-420 в аналоговый сигнал потока (4-20)мА и передается на пункт управления Systrobox. Напор циркуляционного насоса постепенно увеличивают до тех пор, пока разница между целевым и

BOA-
Systronic
автомати-
чески рассчи-
тывает опти-
мальный
напор насоса

измеренным значениями не пересечет определенную границу. По окончании этой процедуры система располагает значениями напора в насосе для расчетной точки, установочной постоянной отопительного контура, а значит, и его установочной характеристикой. Это позволяет определить соотношение между напором и расходом в отопительном контуре.

При последующей эксплуатации BOA-Systronic рассчитывает на базе сохраненных данных характеристику системного управления для расхода при неполной нагрузке, а также характеристики управления для обоих вентилях.

10 Практическая проверка

10.1 Установка

С 2001 года система BOA-Systronic применяется в фирме DeTe-Immobilien в немецком городе Хайдельберге. Отопительная вода подается из двухкотельной установки с тепловой мощностью около 2МВт. Каждый котел снабжен двухступенчатой горелкой. Главный распределительный трубопровод напрямую (без гидравлического переходного устройства) соединен с котлом и работает на 4 отопительных контура, а также другие контуры горячего водоснабжения.



Рис.9: Двухкотельная установка



Обогрев
здания
выполняется
четырьмя
отопительны
ми контурами

Рис. 10: Коллектор «обратной» воды

Четыре отопительных регулятора отвечают за регулирование температуры подачи для четырех частей здания. Они помещены в специальный шкаф управления в котельной.

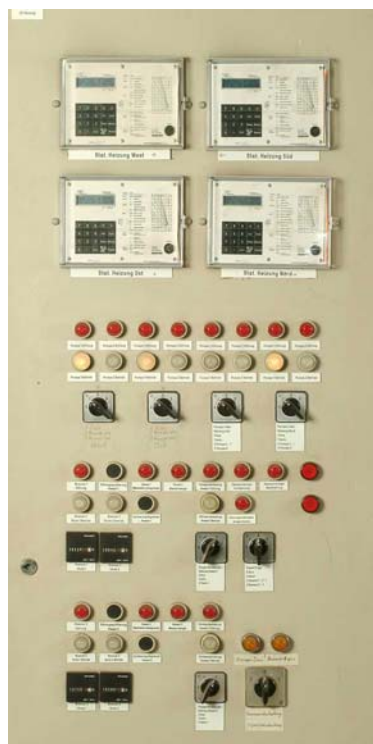


Рис. 11: Шкаф управления

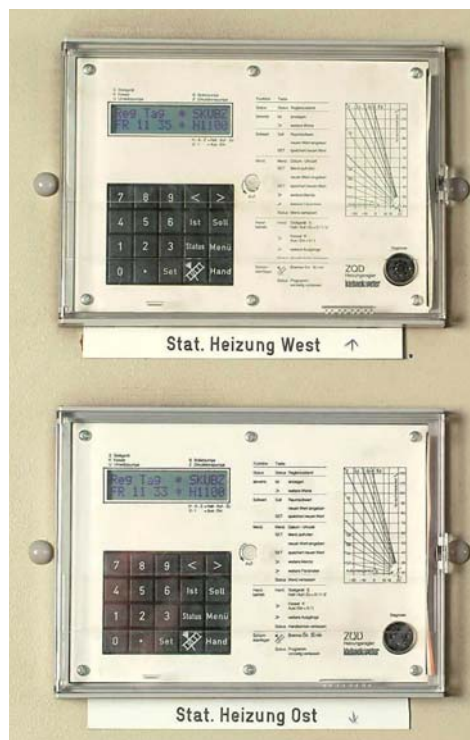


Рис. 12: Отопительные регуляторы для западного и восточного крыла

BOA-Systronic подает тепло в западное крыло здания. Восточное крыло здания снабжается теплом от обычной трехходовой системы. Для отопления обеих частей здания требуется одинаковая тепловая мощность. Регулятор отопления западного крыла передает свой установочный сигнал (для регулирующего вентиля) системе управления BOA-Systronic, которая трансформирует его в целевое значение напора циркуляционного насоса, зависимое от степени нагрузки, и два отдельных установочных сигнала для обоих регулирующих вентиля. В обеих частях здания изменение комнатной температуры (вследствие влияния внешних тепловых источников) регулируется при помощи термостатных вентилей на батареях. В обоих циркуляционных насосах регулируется перепад давления ($\Delta p = \text{пост.}$). Подтверждением преимуществ BOA-Systronic служит сравнение мощностных характеристик обоих главных распределителей:

Регулятор передает свой установочный сигнал BOA-Systronic

| Параметр | Восточное крыло (трехходовая система) | Западное крыло (BOA-Systronic) | Ед. изм. |
|--|---|-----------------------------------|-------------------|
| Тепловая мощность | 300,00 | 300,00 | кВт |
| Разница температуры подачи воды | 20,00 | 27,00 | К |
| Расход, макс. | 13,00 | 9,75 | м ³ /ч |
| Напор, макс. | 8,00 | 4,50 | м |
| Циркуляционный насос | Riotec 65-100 | Riotec 50-100 | |
| Регулирование перепада давления | $\Delta p = \text{пост.}$ | $\Delta p = \text{пост.}$ | |
| Диаметр главного распределителя | DN65 | DN50 | |
| Параллельное смещение отопительной характеристики | нет | + 3,5 | К |

Табл. 1: Мощностные характеристики главных распределителей



Рис. 13: Главный распределитель - западное и восточное крыло



Рис. 14: Главный распределитель с BOA-Systronic

Главный регулирующий клапан имеет системный диаметр DN50 (рис. 15). Он снабжен приводом EA-C40 и встроен в систему подачи главного распределителя. Обозначение EA-C40 указывает на то, что перестановочное усилие привода составляет 4.000Н. Кроме того, имеется коробка для подвода кабеля и ручное колесо черного цвета для управления клапаном в случае сбоя напряжения. При работе без BOA-Systronic привод располагает возможностью выбора линейной

**2 типа
приводов для
различных
системных
диаметров**

или процентной характеристики вентиля. Конфигурация выполняется исключительно через программу для установки параметров.

Привод может по выбору питаться от 24В (перем./пост. напряжение) или 230В (перем./пост. напряжение). В основном, он обрабатывает установочные трехточечные сигналы 230/24В (пост. напряжение), а также аналоговые сигналы тока (0/4-20)мА или сигналы напряжения (0/2-10)В (пост. напряжение), и обладает функцией активного обратного указания положения (2-10)В (пост.напряжение). В сочетании с BOA-Systronic привод располагает также линейной характеристикой вентиля, а его настройка выполняется через аналоговый сигнал напряжения (2-10)В (пост. напряжение).

EA-C40 для системных диаметров от DN65



Рис. 15: Главный регулирующий вентиль BOA-Systronic

Диаметр трехходового вентиля всегда на два размера меньше, чем системный диаметр. Он монтируется вместо обратного клапана в байпасный трубопровод (рис. 16).

Согласно управляющей характеристике вентиля, сохраненной в Systrobox, трехходовой вентиль регулирует расход воды байпасного трубопровода. Он имеет диаметр DN32 и снабжен приводом EA-B12. Перестановочное усилие привода равняется 1.200Н. В случае сбоя напряжения вентиль приводится в действие с помощью шестигранного ключа.

При работе без BOA-Systronic привод располагает возможностью выбора линейной или процентной характеристики вентиля.

Напряжение питания и управления подводится к приводу через пятижильный кабель. Поскольку в приводе находятся зажимы, перед его монтажом следует

EA-B12 для системных диаметров до DN50

снять крышку. Требуемое для питания привода напряжение равняется 24В (перем./пост. напряжение). В качестве установочного сигнала должен использоваться аналоговый сигнал (0/2-10)В. Привод также обладает функцией активного обратного указания положения (2-10)В (пост. напряжение). В сочетании с BOA-Systronic он располагает линейной характеристикой вентиля и регулируется через аналоговый сигнал напряжения (2-10)В (пост. напряжение).



Рис.16: Трехходовой вентиль BOA-Systronic

Systrobox является «сердцем» BOA-Systronic. В нем сохранена информация об управляющих характеристиках обоих вентилях (главного регулирующего и трехходового вентиля), а также о характеристике системного управления насоса. Система управления *Systrobox* питается от 24В (пост. напряжение). В ней имеется интерфейс, служащий для питания измерительного компьютера *BOATRONIC*, а также для приема и обработки измерительного сигнала.

Systrobox является местом стыковки с (выше стоящим) регулирующим звеном, принимает его управляющий сигнал и одновременно передает его в форме сразу трех управляющих сигналов - для насоса и двух регулирующих вентилях.

Каждый из регулирующих вентилях получает отдельный аналоговый сигнал (2-10) В (пост. напряжение), а встроенный преобразователь FTT10 посылает насосу через LON-Bus цифровой сигнал, содержащий информацию о требуемом в данный момент напоре. Через вторую встроенную пару зажимов LON вышестоящая система технического управления здания получает исходные переменные значения LON о BOA-Systronic, а также обо всех подключенных абонентах LON.

Systrobox
является
«сердцем»
BOA-
Systronic

Он получает
и преобра-
зует устано-
вочный
сигнал

Как правило, система управления *Systrobox* монтируется на главном регулирующем вентиле. Иногда, как например, в данном случае, ее устанавливают на трехходовом вентиле или в шкафу управления.



Рис. 17: Система управления BOA-Systronic (*Systrobox*)

10.2 Расчет параметров циркуляционного насоса для BOA-Systronic

Результаты ниже приведенного анализа показывают, что выбранный циркуляционный насос Rietec 50-100, регулируемый с помощью BOA-Systronic, имеет избыточные параметры.

Установочная постоянная отопительного контура рассчитывается как частное напора насоса (H) и расхода воды в квадрате (Q):

$$k_{\text{отопит. контура}} = \frac{H}{Q^2} \quad \text{Уравнение 10}$$

Расход воды для расчетной точки обычного главного распределителя составляет $Q_{\text{ном.}} = 13 \text{ м}^3/\text{ч}$. В таком случае максимальная высота напора насоса Rietec 65-100 составляет $H = 8 \text{ м}$ (см. каталог по насосам). Для такого напора установочная постоянная отопительного контура высчитывается следующим образом:

$$k_{\text{отопит. контура}} = \frac{8}{13^2} = 0,0473 \quad \text{Уравнение 11}$$

В примере разница температуры подачи воды в отопительном контуре составляет $\Delta T=20\text{K}$, и график отопительной характеристики выше стоящего регулирующего звена смещается параллельно на 3,5K. Вследствие этого образуется новая расчетная точка: номинальный расход снижается на 25%.

$$Q_{N,\text{Systronic}} = 0,75 \cdot Q_{N,\text{обыч.}} = 0,75 \cdot 13 \text{ м}^3/\text{ч} = 9,75 \text{ м}^3/\text{ч} \quad \text{Уравнение 12}$$

Для расчета параметров циркуляционного насоса, регулируемого системой BOA-Systronic, вычисляется необходимый напор в расчетной точке через уравнения 2 и 3.

$$H_{N,\text{Systronic}} = k_{\text{отопит. контура}} \cdot Q_{N,\text{Systronic}}^2 = 0,0473 \cdot 9,75^2 \text{ м} = 4,5 \text{ м} \quad \text{Уравнение 13}$$

Для этой новой расчетной точки $[Q/H] = [9,75 \text{ м}^3/\text{ч} / 4,5 \text{ м}]$ может использоваться насос Riotec 50-60. Снижение капиталовложений для циркуляционного насоса на данном примере принимает следующее значение:

| Насос | Цена из каталога 2005 [€] | Разница [€] |
|---------------|---------------------------|---------------|
| Riotec 65-100 | 1.825,11 | |
| Riotec 50-60 | 1.223,20 | 601,91 |

Табл. 2: Снижение капиталовложений для циркуляционного насоса

10.3 Измерения

Для проверки функциональности системы BOA-Systronic были измерены, кроме прочего, следующие параметры:

| Отопит. контур восточного крыла (трехходовая система) | Отопит. контур западного крыла (BOA-Systronic) |
|--|---|
| Внешняя температура | Внешняя температура |
| Расход на главном распределителе | Расход на главном распределителе |
| Перепад давления в насосе | Перепад давления в насосе |
| Потребление насосом электр. мощности | Потребление насосом электр. мощности |

Табл. 3: Измеренные параметры

В период с 2000 по 2002 год измерения проводились 565 дней. Их результаты фиксировались каждые 2 минуты. Таким образом, на каждый день (24 часа) приходилось 711 измерительных значения. Из них для каждого параметра вычислялось среднее дневное значение.

| | |
|--|-------------|
| Измерительный период | 2000 – 2002 |
| Продолжительность дня | 24 часа |
| Кол-во дней, в которые проводились измерения | 545 |
| Кол-во измеренных значений одного параметра в день | 711 |

10.4 Внешняя температура

Измерения значений внешней температуры проводились в течение периода с 2000 по 2002 год. При этом средняя внешняя температура за весь период составила приблизительно 10°C.

Внешняя температура, на которую рассчитаны отопительные контуры, колеблется, в зависимости от места, между -12°C и -15°C . Согласно предписаниям, помещения должны прогреваться до температуры около 16°C . Таким образом, разница между температурой расчетной точки и температурой отключения составляет около $|(-12^{\circ}\text{C}) - (+16^{\circ}\text{C})| = 28^{\circ}\text{C}$.

Разница между температурой расчетной точки и средней температурой составляет около $|(-12^{\circ}\text{C}) - (+10^{\circ}\text{C})| = 22^{\circ}\text{C}$.

Из соотношения обоих значений получается: $22/28 = 0,79$. Это значит, что **в течение указанного периода времени необходимая тепловая мощность для обслуживания обоих отопительных контуров составила в среднем всего 21% от мощности, на которую они рассчитаны.**

Данное утверждение можно подтвердить, сравнив измеренные значения расхода воды, перепада давления и потребления электрической мощности насоса для обеих систем.

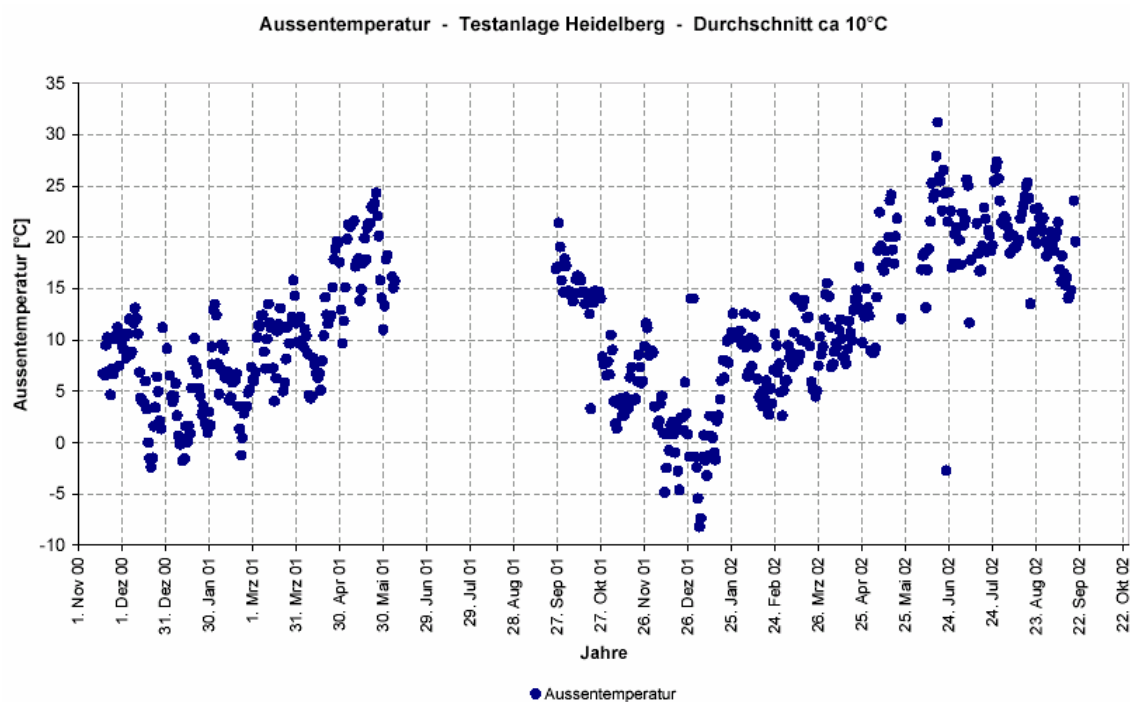


Рис. 18: Результаты измерений внешней температуры на испытательной установке в период 2000-2002

10.5 Расход воды

Трехходовая система должна генерировать в расчетной точке тепловую мощность $P_{th} = 300 \text{ кВт}$. Посредством разницы температуры подачи воды $\Delta T = 20 \text{ К}$ высчитывается необходимый расход $Q_{ном.}$ для расчетной точки:

$$Q_{ном.} = \frac{P_{th}}{1,163 \cdot \Delta T} = \frac{300}{1,163 \cdot 20} \text{ м}^3/\text{ч} = 13 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Это значение подтверждается результатами измерений (рис. 19). Не зависимо от степени открытия, трехходовой регулирующий клапан трехходовой системы задает отопительному контуру всегда постоянное значение расхода (количественно постоянная система).

В отличие от этого, BOA-Systronic регулирует результирующий расход воды на главном распределителе в зависимости от степени открытия обоих регулирующих клапанов, т.е. в зависимости от установочного сигнала отопительного регулятора. Как и предполагалось, расход воды, направляемой через BOA-Systronic в отопительный контур, во время эксплуатации значительно меньше, чем ее расход в условиях обычной трехходовой системы.

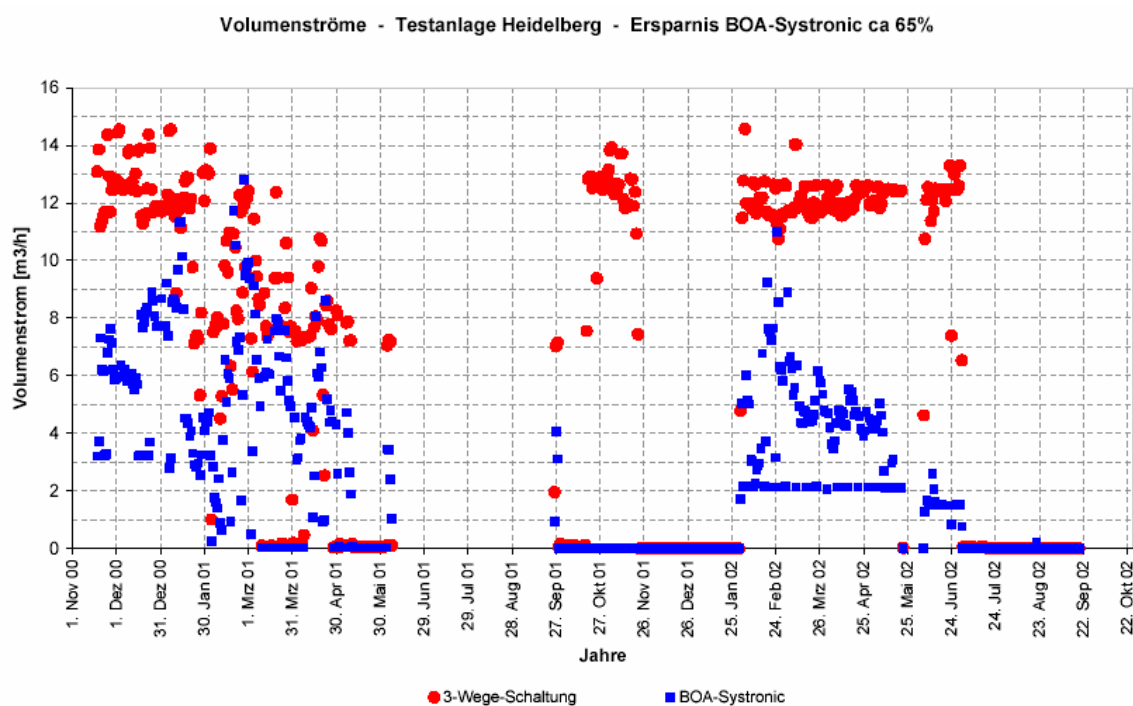


Рис. 19: Результаты измерений расхода воды на главном распределителе в период 2000-2002

На рис. 19 видно, что номинальный расход воды в трехходовой системе не может быть точно измерен. Это является следствием регулирующей функции термостатного клапана при воздействии внешнего тепла на отопительный контур.

С помощью формулы для количества воды $= \int_{t1}^{t2} Q(t)dt$ высчитываются значения количества воды, проходящей по обоим отопительным контурам. На их основании выводится средний расход воды для каждого контура.

| Измеренный параметр | Расход (Q) | | Соотношение |
|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| | Трехходовая система | BOA-Systronic | |
| Отопит. контур | | | $Q_{\text{Systronic}}/Q_{\text{3-ход. с-ма}}$ |
| Единица измерения | [м ³ /ч] | [м ³ /ч] | --- |
| Среднее значение | 11,2 | 3,2 | 0,29 |

Табл. 4: Оценка расхода воды в период 2000-2002

При одной и той же тепловой мощности система BOA-Systronic затратила лишь 40% от того количества воды, которое необходимо для обслуживания отопительного контура обычной гидравлической системы.

10.6 Перепад давления в насосах

При эксплуатации насоса с использованием BOA-Systronic высота напора составляет всего 66% от соответствующего номинального значения в расчетной точке.

| Измеренный параметр | Перепад давления (H) | | Отношение |
|---------------------|----------------------|---------------|---|
| | Трехходовая система | BOA-Systronic | |
| Отопит. контур | | | $H_{\text{Systronic}}/H_{\text{3-ход. с-ма}}$ |
| Единица измерения | [м] | [м] | --- |
| Среднее значение | 4,4 | 2,9 | 0,66 |

Табл. 5: Оценка измерений перепада давления в насосах в период 2000-2002

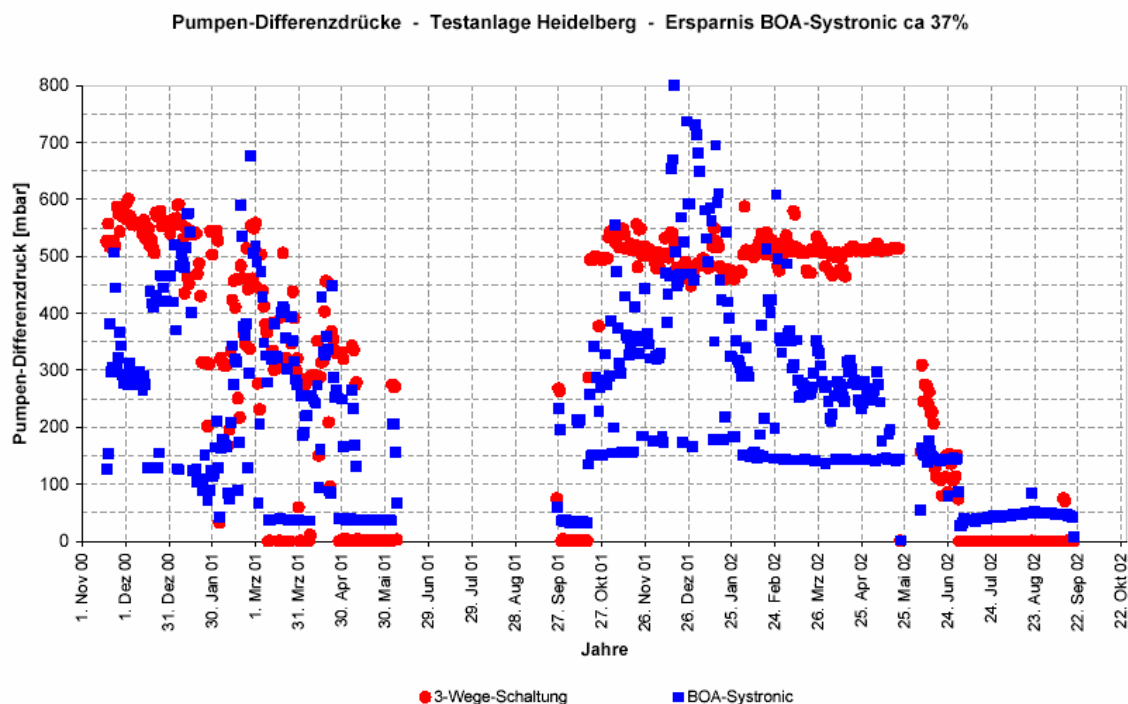


Рис. 20: Результаты измерений перепада давления в циркуляционных насосах в период 2000-2002

10.7 Электрическая мощность насоса

Необходимая для работы насоса электрическая мощность – а, вместе с этим, и потребление электроэнергии – пропорциональна произведению напора и расхода воды.

Исходя из того, что при использовании BOA-Systronic значения напора и расхода снижаются, соответственно уменьшается и потребляемая из электросети мощность. BOA-Systronic экономит при этом около 70% электроэнергии.

| Измеренный параметр | Потребление электрич. мощности (P) | | Отношение |
|---------------------|------------------------------------|---------------|--|
| Отопит. контур | Трехходовая система | BOA-Systronic | $P_{\text{Systronic}}/P_{\text{3-ход.с-ма}}$ |
| Единица измерения | [Вт] | [Вт] | --- |
| Среднее значение | 561 | 184 | 0,33 |

Табл. 6: Экономия электроэнергии при эксплуатации насоса

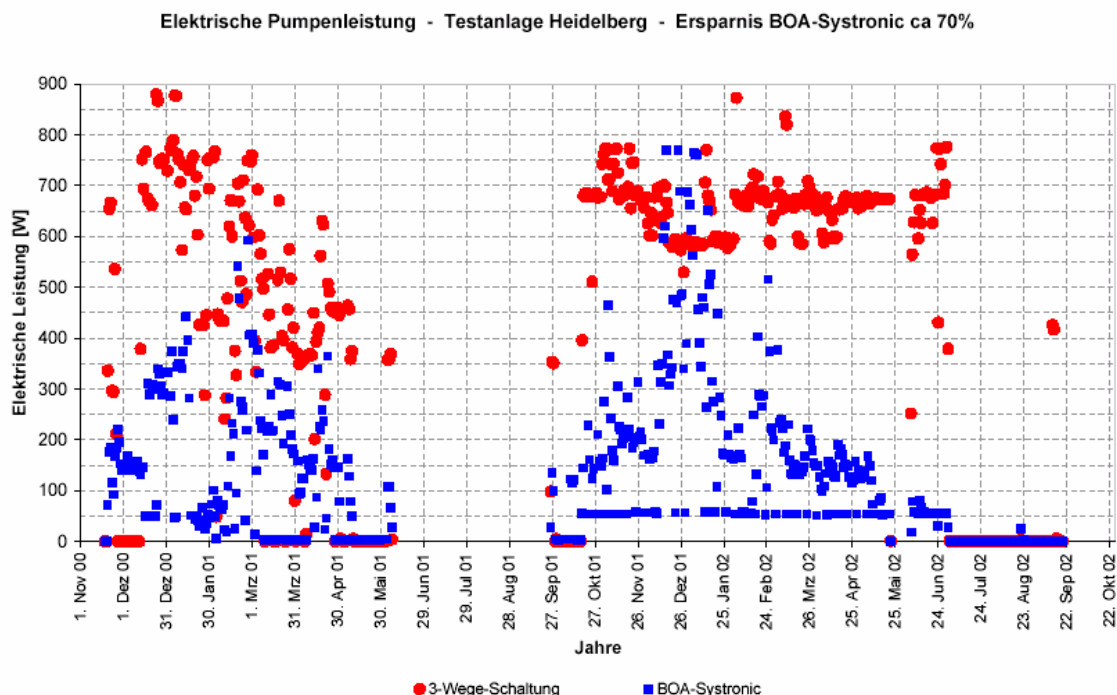


Рис. 21: Потребление насосом электрической мощности в период 2000-2002

Вывод

В данном примере оба отопительных контура потребляют в среднем лишь 21% от тепловой мощности в расчетной точке. По сравнению с обычной гидравлической системой (здесь: трехходовой системой) BOA-Systronic расходует лишь 30% электроэнергии.

11 Период амортизации BOA-Systronic

11.1 Расходы на регуливающую арматуру и экономия энергии

BOA-Systronic позволяет уменьшить на размер диаметр отопительной ветви. Это становится возможным благодаря увеличению разницы температуры подачи при одновременном снижении расхода воды в расчетной точке. В результате:

- (1) диаметр трубопровода главного распределителя может быть на размер уменьшен
- (2) диаметр запорной арматуры в главном распределителе может быть на размер уменьшен
- (3) диаметр грязеуловителей главного распределителя может быть на размер уменьшен
- (4) возможен выбор циркуляционного насоса меньшего размера
- (5) диаметр измерительной и регуливающей арматуры может быть на размер уменьшен

- (6) отпадает необходимость использования регуляторов перепада давления для согласования отопительных ветвей
- (7) уменьшаются затраты на пуско-наладочные работы благодаря автоматической инициализации регулирующих вентилей и насоса, а также автоматическому согласованию ветвей на главном распределителе

Преимущества (1) до (5) могут быть также достигнуты в условиях обычной гидравлической системы, благодаря повышению разницы температуры подачи воды в расчетной точке.

Достижение преимуществ (6) и (7) возможно исключительно при использовании BOA-Systronic.

С целью сравнения цен обеих систем была выбрана средняя цена на обычную трехходовую систему диаметром DN65 (на основе цен из каталогов пяти конкурирующих фирм-поставщиков). Трехходовая система состоит из следующих компонентов:

- трехходовой регулирующий вентиль
- обратный клапан для байпасного трубопровода
- регулирующий вентиль ветви

Стоимость (брутто) системы BOA-Systronic превышает среднюю стоимость обычной трехходовой системы. Эта разница зависит от системного диаметра главного распределителя (табл. 7).

| Системный диаметр | Средняя доплата в цене по сравнению с трехходовой системой в [%] |
|-------------------|--|
| DN25 до DN50 | 11 % |
| DN65 до DN80 | 4 % |
| DN100 до DN150 | 13 % |

Табл. 7: Средняя доплата за систему BOA-Systronic

В данном примере был использован главный распределитель тепловой мощностью в 300кВт с системой BOA-Systronic диаметром DN50. Для обычной трехходовой системы такой же мощностью был выбран диаметр DN65 (табл. 8).

| Главный распределитель | Единица измерения | Значение | Разница |
|---|-------------------|----------|--------------|
| Ø Цена брутто на трехходовую систему DN65 (цены на 2005) | € | 1.673 | |
| Цена брутто на BOA-Systronic DN50 (цены на 2005) | € | 1.858 | |
| Цена брутто на модуль LON для насоса Riotec, предынициализир. | € | 217 | + 402 |

Табл. 8: Средняя доплата за систему BOA-Systronic с насосом Riotec на примере DN50

| Главный распределитель | Единица измерения | Значение | Разница |
|---|-------------------|----------|--------------|
| Ø Цена брутто на трехходовую систему DN65 (цены на 2005) | € | 1.673 | |
| Цена брутто на BOA-Systronic DN50 (цены на 2005) | € | 1.858 | |
| Цена брутто на модуль LON для насоса Rio-Eco, универсально инициализир. | € | 187 | + 372 |

Табл. 9: Средняя доплата за систему BOA-Systronic с насосом Rio-Eco на примере DN50

При помощи симулирования (версия 1.21) была произведена оценка затрат на электроэнергию за отопительный период для насоса с мокрым двигателем **Riotec** 50-100 (табл. 10).

| Расходы | Единица измерения | Значение | Разница |
|---|-------------------|----------|---------------|
| Ø цена на электроэнергию | €/кВт | 0,11 | |
| Ø продолжительность эксплуатации за отопит.период | ч | 6.800 | |
| Ø коэффициент полезного действия η циркуляционного насоса Riotec | % | 35 | |
| Ø потребление насосом электроэнергии за отопит. период для трехходовой системы DN65 | кВт | 5.000 | |
| Ø потребление насосом электроэнергии за отопит. период для BOA-Systronic DN50 | кВт | 1.200 | -3.800 |
| Ø расходы на электроэнергию за отопит. период для трехходовой системы DN65 | € | 548 | |
| Ø расходы за электроэнергию за отопит. период для BOA-Systronic DN50 | € | 131 | - 417 |

Табл. 10: Расходы на электроэнергию за отопительный период на примере

Исходя из средней стоимости трехходовой системы, доплата за BOA-Systronic в данном случае составит около € 402. Если это значение отнять от сэкономленной за один отопительный период суммы за электроэнергию, то **период амортизации BOA-Systronic составит примерно один год.**

11.2 Расходы на отопительный контур с насосом Riotec

При учете всех возможностей экономии расходов при работе с BOA-Systronic, капиталовложения для рассматриваемого отопительного контура снижаются приблизительно на € 1.059.

| Расходы | Единица измерения | Значение | Разница |
|--|-------------------|----------|---------------|
| (1) Меньший диаметр трубопровода главного распределителя | € | | -75 |
| (2) Запорная арматура (3 шт.) меньшего диаметра DN главного распределителя | € | | -123 |
| (3) Грязеуловитель (1 шт.) (одинарный фильтр) меньшего диаметра DN главного распределителя | € | | -29 |
| (4) Циркуляционный насос (1 шт.) Riotec 50-60 вместо Riotec 65-100 | € | | -602 |
| (5) Измерительная и регулирующая арматура меньшего диаметра DN (BOA-Systronic) | € | | см. выше |
| (6) Регулятором перепада давления можно пренебречь (1 шт. на один отопит. контур, 1,5") | € | | -230 |
| Экономия в сумме (1) - (6) | | € | -1.059 |

Табл. 11: Снижение расходов на отопительный контур с насосом Riotec на примере (цены на год 2005)

Если от этой сэкономленной суммы отнять величину доплаты за BOA-Systronic, расходы на главный распределитель уменьшатся на € 657. Благодаря возможности автоматизированного запуска в эксплуатацию, связанные с этим расходы для одного отопительного контура снизятся на один час. Согласно действующим почасовым тарифам на 2005 год, сэкономленная сумма составит €45.

Таким образом, приобретение BOA-Systronic амортизируется практически сразу и значительно снижает капиталовложения и расходы на запуск отопительного контура.

11.3 Расходы на отопительный контур с насосом Rio-Eco

При учете всех возможностей экономии расходов при работе с BOA-Systronic, капиталовложения для рассматриваемого отопительного контура снижаются приблизительно на € 933.

| Расходы | Единица измерения | Значение | Разница |
|--|-------------------|----------|-------------|
| (1) Меньший диаметр трубопровода главного распределителя | € | | -75 |
| (2) Запорная арматура (3 шт.) меньшего диаметра DN главного распределителя | € | | -123 |
| (3) Грязеуловитель (1 шт.) (одинарный фильтр) меньшего диаметра DN главного распределителя | € | | -29 |
| (4) Циркуляционный насос (1 шт.) Rio-Eco 40-80 вместо Riotec 65-100 | € | | -476 |
| (5) Измерительная и регулирующая арматура меньшего диаметра DN (BOA-Systronic) | € | | см. выше |
| (6) Регулятором перепада давления можно пренебречь (1 шт. на один отопит. контур, 1,5") | € | | -230 |
| Экономия в сумме (1) - (6) | | € | -933 |

Табл. 12: Снижение расходов на отопительный контур с насосом Rio-Eco на примере (цены на год 2005)

Если от этой сэкономленной суммы отнять величину доплаты за BOA-Systronic, расходы на главный распределитель уменьшатся на € 561. Благодаря возможности автоматизированного запуска в эксплуатацию, связанные с этим расходы для одного отопительного контура снизятся на один час. Согласно действующим почасовым тарифам на 2005 год, сэкономленная сумма составит €45.

Таким образом, приобретение BOA-Systronic амортизируется практически сразу и значительно снижает капиталовложения и расходы на запуск отопительного контура.

11.4 Рассмотрение общей экономии Riotec / Rio-Eco

| Zeitraum | Riotec (Wirkungsgrad = 35%) | | | | | | | Rio-Eco (Wirkungsgrad = 50%) | | | | | | | Strompreis [€ / kWh] | Betriebsdauer der Pumpe [h] |
|----------|---|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Reduzierte Investitionskosten (1)-(6) [€] | Mehrprijs BOA-Systronic [€] | Reduzierte Inbetriebnahmekosten [€] | Reduzierte Betriebskosten [€] | Ersparnis [€] | Zinsen auf Ersparnis (3%) [€] | Ersparnis plus Zinsen [€] | Reduzierte Investitionskosten (1)-(6) [€] | Mehrprijs BOA-Systronic [€] | Reduzierte Inbetriebnahmekosten [€] | Reduzierte Betriebskosten [€] | Ersparnis [€] | Zinsen auf Ersparnis (3%) [€] | Ersparnis plus Zinsen [€] | | |
| Jahr 1 | -1.059 | 402 | -45 | -417 | -1.119 | -34 | -1.153 | -933 | 372 | -45 | -456 | -1.062 | -32 | -1.094 | 0,11 | 6.800 |
| Jahr 2 | | | | -455 | -1.608 | -48 | -1.656 | | | | -498 | -1.592 | -48 | -1.640 | 0,12 | 6.800 |
| Jahr 3 | | | | -455 | -2.111 | -63 | -2.174 | | | | -498 | -2.138 | -64 | -2.202 | 0,12 | 6.800 |
| Jahr 4 | | | | -493 | -2.667 | -80 | -2.747 | | | | -539 | -2.741 | -82 | -2.823 | 0,13 | 6.800 |
| Jahr 5 | | | | -493 | -3.240 | -97 | -3.337 | | | | -539 | -3.362 | -101 | -3.463 | 0,13 | 6.800 |
| Jahr 6 | | | | -531 | -3.868 | -116 | -3.984 | | | | -581 | -4.044 | -121 | -4.165 | 0,14 | 6.800 |
| Jahr 7 | | | | -531 | -4.515 | -135 | -4.651 | | | | -581 | -4.746 | -142 | -4.889 | 0,14 | 6.800 |
| Jahr 8 | | | | -569 | -5.220 | -157 | -5.376 | | | | -622 | -5.511 | -165 | -5.676 | 0,15 | 6.800 |
| Jahr 9 | | | | -569 | -5.945 | -178 | -6.124 | | | | -622 | -6.298 | -189 | -6.487 | 0,15 | 6.800 |
| Jahr 10 | | | | -607 | -6.731 | -202 | -6.933 | | | | -664 | -7.151 | -215 | -7.365 | 0,16 | 6.800 |
| Jahr 11 | | | | -607 | -7.540 | -226 | -7.766 | | | | -664 | -8.029 | -241 | -8.270 | 0,16 | 6.800 |
| Jahr 12 | | | | -645 | -8.411 | -252 | -8.663 | | | | -705 | -8.975 | -269 | -9.244 | 0,17 | 6.800 |
| Jahr 13 | | | | -645 | -9.308 | -279 | -9.588 | | | | -705 | -9.949 | -298 | -10.248 | 0,17 | 6.800 |
| Jahr 14 | | | | -682 | -10.270 | -308 | -10.578 | | | | -747 | -10.995 | -330 | -11.325 | 0,18 | 6.800 |
| Jahr 15 | | | | -682 | -11.260 | -338 | -11.597 | | | | -747 | -12.072 | -362 | -12.434 | 0,18 | 6.800 |
| Jahr 16 | | | | -720 | -12.317 | -370 | -12.687 | | | | -788 | -13.222 | -397 | -13.619 | 0,19 | 6.800 |
| Jahr 17 | | | | -720 | -13.407 | -402 | -13.809 | | | | -788 | -14.407 | -432 | -14.839 | 0,19 | 6.800 |
| Jahr 18 | | | | -758 | -14.567 | -437 | -15.004 | | | | -830 | -15.669 | -470 | -16.139 | 0,20 | 6.800 |
| Jahr 19 | | | | -758 | -15.762 | -473 | -16.235 | | | | -830 | -16.969 | -509 | -17.478 | 0,20 | 6.800 |
| Jahr 20 | | | | -758 | -16.993 | -510 | -17.503 | | | | -830 | -18.308 | -549 | -18.857 | 0,20 | 6.800 |

Табл. 13: Обзор расходов при 20-тилетней эксплуатации

В данном примере насос Rio-Eco по сравнению с насосом Riotec амортизируется приблизительно через 3 года.

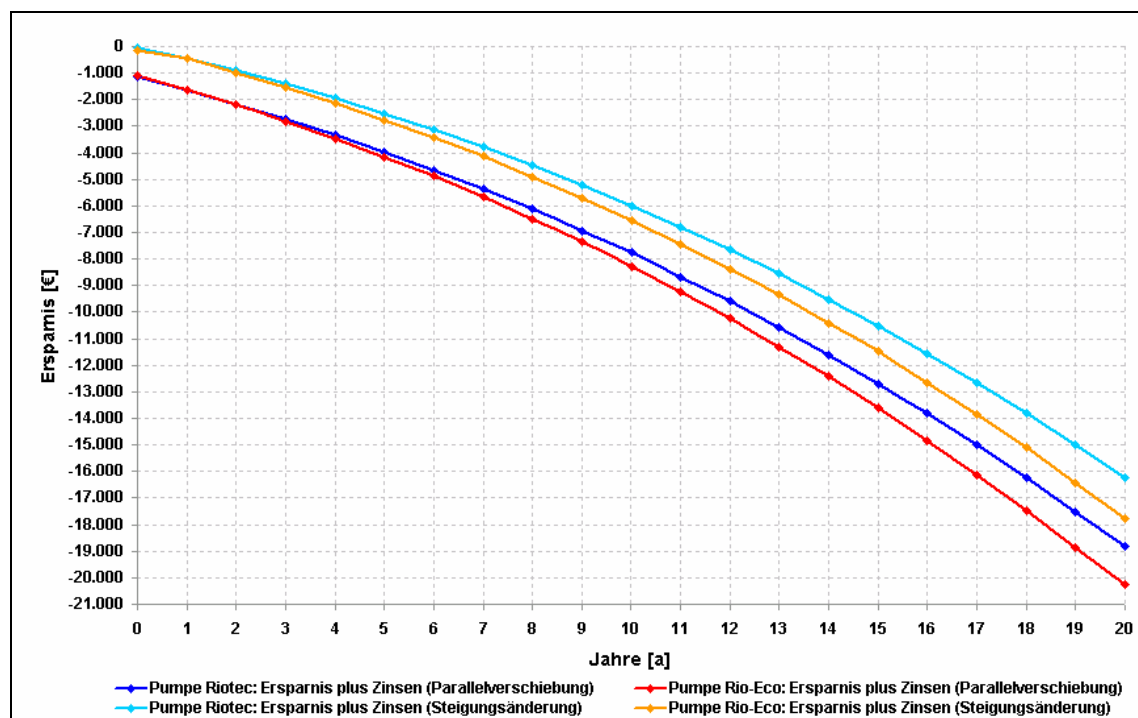


Рис. 22: Экономия при работе с насосами Riotec и Rio-Есо при изменении подъема и параллельном смещении на примере

| Период [a] | Снижение расходов | Единица измерения | Riotec | Rio/Есо | Разница |
|------------|--|-------------------|----------------|----------------|---------------|
| 5 | Капиталовложения и ввод в эксплуатацию | € | -702 | -606 | 96 |
| | Эксплуатация насоса | € | -2.313 | -2.530 | -217 |
| | Проценты на сэкономленную сумму (3%) | € | -322 | -327 | -4 |
| | Всего | € | -3.337 | -3.463 | -125 |
| | Экономия / год | € | -667 | -693 | -25 |
| 10 | Капиталовложения и ввод в эксплуатацию | € | -702 | -606 | 96 |
| | Эксплуатация насоса | € | -5.120 | -5.600 | -480 |
| | Проценты на сэкономленную сумму (3%) | € | -1.111 | -1.159 | -49 |
| | Всего | € | -6.933 | -7.365 | -433 |
| | Экономия / год | € | -693 | -737 | -43 |
| 15 | Капиталовложения и ввод в эксплуатацию | € | -702 | -606 | 96 |
| | Эксплуатация насоса | € | -8.381 | -9.168 | -787 |
| | Проценты на сэкономленную сумму (3%) | € | -2.514 | -2.660 | -146 |
| | Всего | € | -11.597 | -12.434 | -837 |
| | Экономия / год | € | -773 | -829 | -56 |
| 20 | Капиталовложения и ввод в эксплуатацию | € | -702 | -606 | 96 |
| | Эксплуатация насоса | € | -12.095 | -13.234 | -1.139 |
| | Проценты на сэкономленную сумму (3%) | € | -4.706 | -5.017 | -311 |
| | Всего | € | -17.503 | -18.857 | -1.354 |
| | Экономия / год | € | -875 | -943 | -68 |

Табл. 14: Экономия – обобщение

12 Референции

После поступления в продажу в 2003 году система BOA-Systronic нашла применение во многих отопительных установках зданий общественного и промышленного пользования по всей Германии.

На следующем снимке изображены три главных распределителя, оборудованных BOA-Systronic системным диаметром DN32.



Рис. 23: Главный распределитель с BOA-Systronic DN32

13 Резюме

Использование BOA-Systronic снижает производственные расходы.

Исследование нагрузочного профиля отопительных установок показало, что отопительные контуры 95% всего рабочего времени работают с частичной нагрузкой. Этот факт подтверждает высказывание о том, что в обычной трехходовой системе по отопительному контуру транспортируется большей частью холодная «обратная» вода. Система BOA-Systronic, в свою очередь, передает только необходимое количество воды и позволяет циркуляционному насосу за один отопительный период сэкономить в среднем до 70% от суммы, затрачиваемой на электроэнергию. В зависимости от тепловой мощности отопительного контура, годовая экономия электроэнергии может составить несколько сотень евро.

Использование BOA-Systronic снижает расходы на отопительный контур.

При постройке новых зданий или реконструкции уже существующих старых сумма капиталовложений для главного распределителя, или отопительного контура, может быть уменьшена без изменения планирования. Регуляторами перепада давления для согласования отопительных ветвей можно пренебречь. При согласовании вторичных распределителей эти регуляторы могут быть заменены менее дорогими регулирующими вентилями ветви. Даже в случае применения регулирующего насоса с LON амортизационное время системы BOA-Systronic составит менее двух лет.

Использование BOA-Systronic снижает расходы на ввод в эксплуатацию отопительного контура.

Инициализация циркуляционного насоса и регулирующей арматуры происходит автоматически. Насос автоматически выполняет статическое согласование ветви на главном распределителе. С точки зрения гидравлики достигается оптимальная эксплуатация отопительной ветви. Система сразу узнает о наличии воздуха в трубопроводе и, таким образом, предотвращает затраты, связанные с ненужным запуском. Сумма расходов на запуск отопительного контура в итоге снижается.

Система BOA-Systronic предлагает повышенный комфорт.

С точки зрения гидравлики эксплуатация отопительной ветви проходит оптимально, благодаря значительно сниженному напору и расходу воды. Избыточный напор при частичной нагрузке отсутствует, а шумы потока в направлении потребителя сводятся к нулю.

BOA-Systronic щадит окружающую среду.

Электричество не возможно производить «про запас» - его вырабатывают по мере необходимости. При сжигании горючих полезных ископаемых для получения 1 кВт электроэнергии выделяется около 0,53 кг CO₂.

Благодаря снижению потреблению мощности из электросети, BOA-Systronic эффективно способствует защите окружающей среды.

– ◇ –

Йоахим Диде
Менеджер по продукции - арматура
KSB AG, 67227 Франкенталь
joachim.diede@ksb.com