

Федоров С. С., ст. преп.,  
Кобелев Н. С., д-р тех. наук, проф.,  
Кобелев В. Н., ст. преп.,  
Тютюнов Д. Н., канд. техн. наук, доц.,  
Пихлап А. Ф., ст. преп.,  
Бойков А. Ф., ст. преп.,  
Панина Е. А., ст. преп.

Юго-западный государственный университет  
Минко В. А., д-р тех. наук, проф.,  
Гуныко И. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

promaerovent@mail.ru

Предложена модификация функциональной схемы автоматического управления со смешением теплоносителя. Получен алгоритм схемы автоматического регулирования предложенной системы отопления. Разработан вариант энергосбережения при управлении приводом системы отопления.

**Ключевые слова:** система автоматического регулирования, блок-схема, математическая модель, энергосбережения.

Введение. Важнейшей структурной составляющей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является теплоэнергетика, потребляющая до 40% топливных ресурсов страны. Большинство зданий и сооружений (70-95% жилого фонда) обеспечивается путем централизованного теплоснабжения, что составляет более 60% коммунальных расходов потребителей тепла.

Учитывая высокую энергоемкость объектов теплоснабжения, задачи энергосбережения, теплорегулирования, а также вопросы касающиеся повышения надежности и эффективности, контроля качества и повышения работоспособности существующих систем управления и автоматизации процессов теплофикации зданий и сооружений требуют создания инновационных математических моделей и алгоритмов управления. Эти проблемы оптимально решаются по

средствам систем автоматического регулирования (САР) теплоснабжения.

### 1. Основные теоретические предпосылки функционирования САР.

В [1] был рассмотрен один из способов управления, отражающей функционирование зависимой схемы присоединения системы отопления со смешением теплоносителя (рис. 1).

В указанном варианте подключения к тепловым сетям кпд схемы определяется формулой  $\eta_I = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_N$ , где  $\eta_1$  - кпд вентиля  $V_1$ ,  $\eta_2$  - кпд вентиля  $V_2$  и  $\eta_N$  - кпд смесительного насоса. Регулирование теплоснабжение производилось с помощью вентиля  $V_1$ ,  $V_2$ . Насос  $N$  выполнял вспомогательную роль в процессе смешения теплоносителя. Из рис. 1 следует, что вентиль  $V_2$  и насос  $N$  выполняли одну задачу по смешиванию теплоносителя.

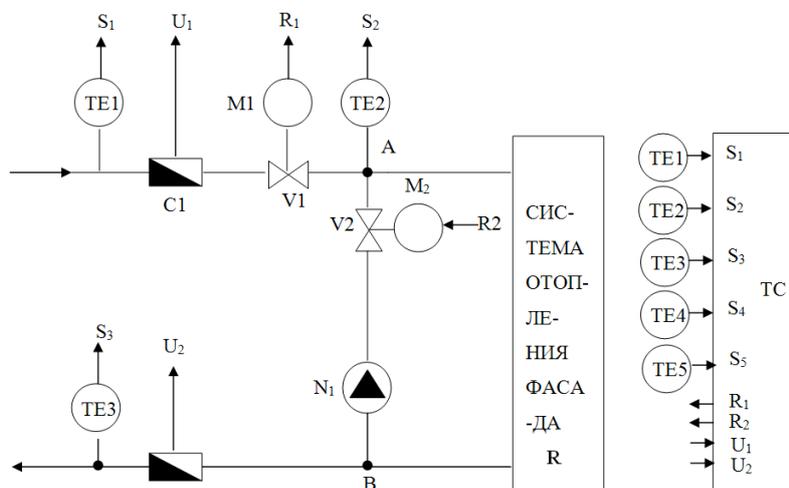


Рис. 1. Существующий вариант функционирования зависимой схемы присоединения системы отопления со смешением воды

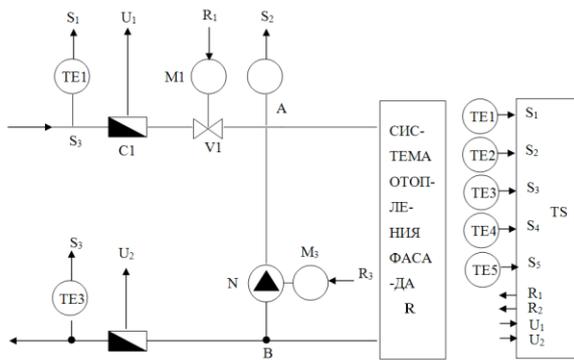


Рис. 2. Модифицированный вариант функционирования зависимой схемы присоединения системы отопления со смещением воды

В [2] был предложен модифицированный вариант рассмотренной схемы (рис.2), который исключает применение клапан V<sub>2</sub>, что позволяет использовать смесительный насос N в качестве регулирующего органа на равне с клапаном V<sub>1</sub>. Эта замена привела к увеличению кпд схемы, определяемым формулой  $\eta_{II} = \eta_1 \cdot \eta_N$ .

В [2, 3] предложены формулы определения расходов теплоносителя G<sub>N</sub> и G<sub>1</sub> соответственно через насос N и вентиль V<sub>1</sub>, учитывая их пропорциональность тепловым потокам Q<sub>N</sub> и Q<sub>1</sub>, что дало возможность связать коэффициенты k<sub>N</sub> и k<sub>1</sub> (доли максимальной частоты вращения насоса и открытия клапана) зависимостью:

$$k_N = \frac{a}{k_1} - b, \quad (1)$$

где  $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $0 < k_1 < \frac{a}{b}$  - константы из уравнения теплового баланса [2].

Долик k<sub>1</sub> и k<sub>N</sub> учитывают кпд  $\eta_1$  клапана V<sub>1</sub> и кпд  $\eta_N$  смесительного насоса N, подавая в систему отопления большее количество тепла соответственно в  $\frac{1}{\eta_1}$  и  $\frac{1}{\eta_1 \eta_N}$  раз.

Формула 1 позволяет управлять электроприводами клапана V<sub>1</sub> и смесительного насоса N, создавая оптимальный режим энергосбережения за счет минимизации целевой функции  $F(k_1, k_N)$ :

$$F(k_1, k_N) = k_1 + k_N = k_1 + \frac{a}{k_1} - b \rightarrow \min \quad (2)$$

Исследования на локальный экстремум позволило получить минимальные значения k<sub>1min</sub>, k<sub>Nmin</sub> и F<sub>min</sub>(k<sub>1</sub>, k<sub>N</sub>):

$$k_{1min} = \sqrt{a}, \quad k_{Nmin} = \sqrt{a} - b, \quad F_{min} = 2\sqrt{a} - b \quad (3)$$

Работа на рис. 2 в режиме (3) позволяет минимизировать расход тепла в системе отопления

при всех прочих равных условиях, соответствующих уравнениям теплового баланса [2].

## 2. Блок-схема алгоритма функционирования САР.

Для реализации теоретических предпосылок, изложенных в пункте 1, необходимо применение автоматического регулирования параметров теплоносителя с помощью САР. Этот процесс осуществляется по средствам программного управления электроприводами системы отопления отапливаемых зданий и сооружений.

Ниже рассмотрим блок-схему алгоритма управления электроприводами исполнительных механизмов M<sub>1</sub> и M<sub>3</sub> соответственно клапана V<sub>1</sub> и смесительного насоса N (рис.3). Полагаем, что в подающем и обратном трубопроводах созданы номинальные безаварийные условия.

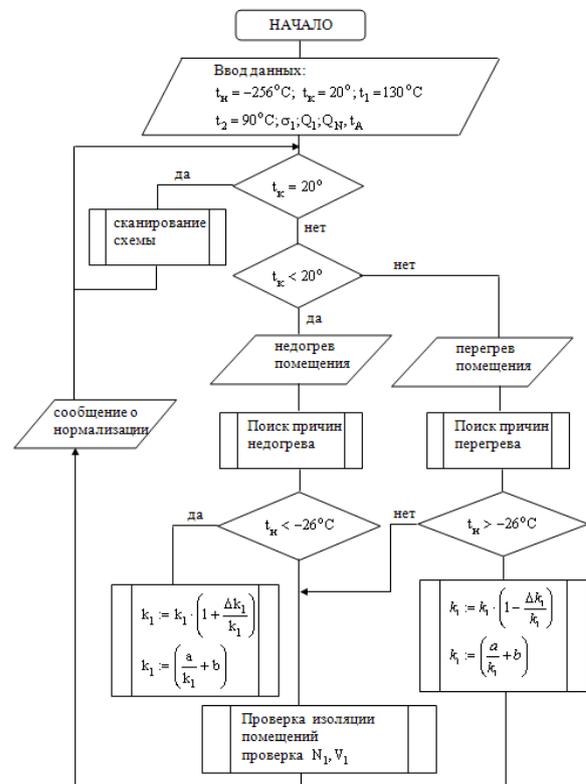


Рис. 3. Алгоритм автоматического контроля работы системы отопления

САР хранит в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) номинальные значения основных параметров рабочего тела, которые по требованию заказчика можно изменить:  $t_{нн} = -26^\circ\text{C}$  - номинальная температура наружного воздуха (г.Курск);  $t_{кн} = 20^\circ\text{C}$  - номинальная температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении;  $t_{1н} = 130^\circ\text{C}$ ,  $t_{2н} = 70^\circ\text{C}$ ,  $t_{An} \in [t_{2н}; 95^\circ\text{C}]$  - соответственно номинальные температуры рабочего тела в подающем, обратном трубопроводах и узловой точки A схемы (рис.1, 2); a, b - безразмерные константы из формулы (1);  $\tau_n$  - среднее время запаздывания поступления теплоносителя

в нагрузку, определенное при опытном внедрении, мин.

Предварительно объявим переменные  $t_k$ ,  $t_n$  - соответственно реальные температуры в обогреваемом помещении и наружного воздуха, °C;  $k_1$ ,  $k_N$  - соответственно реальные доли полного открытия клапана V1 и полной производительности смесительного насоса N.

В начале проводится сравнение текущей  $t_k$  и номинальной  $t_{нн}$  температур в обогреваемом помещении. Если  $t_k = t_{нн}$ , то делаем проверку  $t_n = t_{нн}$ ; если равенство выполняется, то САР осуществляет сканирование датчиков системы и выходит в начало работы блок-схемы; в случае, если  $t_n \neq t_{нн}$ , тогда САР производит сравнение  $t_n < t_{нн}$ . В случае выполнения данного неравенства САР выдает команду управления исполнительными механизмам приводов  $M_1$  и  $M_3$  о корректировке  $k_1$  и  $k_N$ , на нагревание, согласно формул (1-3) и осуществляет переход в повторное сканирование схемы. В случае, если неравенство  $t_n < t_{нн}$  не выполняется, САР выдает команду управления исполнительными механизмам приводов  $M_1$  и  $M_3$  о корректировке  $k_1$  и  $k_N$ , на охлаждение, согласно формул (1-3) и осуществляет переход в повторное сканирование схемы.

Если  $t_k \neq t_{нн}$ , то в случае  $t_k < t_{нн}$ , поступает сообщение о недогреве отапливаемого помещения, САР начинает вести поиск причин недогрева и сравнивает реальную наружную температуру воздуха  $t_n$  с ее номинальным значением  $t_{нн}$ . Если  $t_n < t_{нн}$ , САР выдает команду управления исполнительными механизмам приводов  $M_1$  и  $M_3$  о корректировке  $k_1$  и  $k_N$ , на нагревание, согласно формул (1-3), и осуществляет переход в повторное сканирование схемы. Если  $t_n \geq t_{нн}$ , САР выдаст сообщение об аварии или корректировке  $\tau_n$  осуществляет переход в сканирование схемы. В случае, если  $t_k > t_{нн}$ , поступает сообщение о перегреве отапливаемого помещения. САР начинает вести поиск причин перегрева и сравнивает реальную наружную температуру воздуха  $t_n$  с ее номинальным значением  $t_{нн}$ . Если  $t_n > t_{нн}$ , САР выдает команду управления исполнительными механизмам приводов  $M_1$  и  $M_3$  о корректировке  $k_1$  и  $k_N$ , на охлаждение, согласно формул (1-3), и осуществляет переход в повторное сканирование схемы. Если  $t_n \leq t_{нн}$ , САР выдаст сообщение об аварии или корректировке  $\tau_n$  и осуществляет переход в сканирование схемы.

### 3. Особенности работы схемы в режиме САР.

Анализируя блок-схему алгоритма автоматического контроля работы системы отопления, можно указать, что нормальная работа схемы требует сканирования рабочих органов САР. Особый интерес вызывает появление сообщения об аварии. К нему можно отнести: выход из строя исполнительных механизмов регулирования, протечка трубопроводов и отопительных приборов, неисправность датчиков, нарушение теплоизоляции ограждающих конструкций, неверно рассчитанное время  $\tau_n$ . Вся информация об аварийных ситуациях выносится на главный дисплей пульта управления диспетчера.

Расчет  $\tau_n$  производится заранее, согласно рабочего проекта, в период опытного внедрения САР на объекте. Следует отметить, что расчет  $\tau_n$  производится с учетом сложности, протяженности, конфигурации и размера тепловой нагрузки, и вычисляется экспериментально, как среднее значение времени запаздывания поступления теплоносителя в нагрузку по различным ветвям нагрузки.

#### Выводы.

1. Предложена блок-схема алгоритма работы САР в оптимальном энергосберегающем режиме управления теплоснабжением с учетом изменяющихся погодноклиматических условий.
2. Алгоритм предусматривает постоянное сканирование схемы с контролем за аварийностью элементов схемы.
3. Блок-схема алгоритма учитывает среднее время запаздывания поступления теплоносителя в нагрузку  $\tau_n$  определенное заранее экспериментально.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров С.С. Математическая модель управления приводом системы отопления зданий и сооружений/С.С. Федоров, Н.С. Кобелев, Д.Н. Тютюнов//Научный вестник ВГАСУ – 2010. - №4. – С.35-42.
2. Федоров С.С. Системы автоматического регулирования параметров теплоносителя отапливаемых зданий/С.С. Федоров, Н.С. Кобелев, Д.Н. Тютюнов//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова – 2010. - №4. – С.111-115.
3. Федоров С.С. Регулирование параметров микроклимата зданий и сооружений в зависимости от теплопроводности строительных материалов/С.С. Федоров, Н.С. Кобелев, Д.Н. Тютюнов//Вестник МГСУ – 2011. - №3. – С.415-421.