

УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ С АКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

Розглянуто систему керування вентиляційною установкою з активною рекуперацією енергії повітряних потоків і регулюванням швидкості компресора і вентиляторів для підтримки заданої температури в приміщенні при мінімальних енергетичних витратах.

Рассмотрена система управления вентиляционной установкой с активной рекуперацией энергии воздушных потоков и регулированием скорости компрессора и вентиляторов для поддержания заданной температуры в помещении при минимальных энергетических затратах.

The article is dedicated to analysis of the control system of the reveal ventilation with active regeneration of air streams energy by adjustment compressor's and ventilator's speeds for maintenance of the set temperature in an apartment at minimum power expenses.

Известно, что в современных зданиях в зимний период как минимум 25–50 % тепла расходуется на нагрев приточного воздуха [2]. В летний период в зданиях, оборудованных системами центрального кондиционирования, имеющие место избытки тепла удаляются за счет охлаждения приточного воздуха. Рост цен на энергоносители стимулирует интерес к рекуперации тепловой энергии во вновь проектируемых и реконструируемых системах вентиляции и кондиционирования воздуха.

Одним из способов сбережения энергии является внедрение активных рекуператоров, осуществляющих обмен теплом между приточным и вытяжным потоками воздуха. Установка активного теплообменника при этом принципиально возможна без замены основных узлов существующей системы.

Цель работы – создание системы управления вентиляционной установкой с активной рекуперацией энергии воздушных потоков и регулированием скоростями компрессора и вентиляторов для поддержания заданной температуры в помещении при минимальных энергетических затратах.

На рис.1 представлена функциональная схема рассматриваемой системы. На ней: 1 – конденсатор, 2 – испаритель, 3 – вентилятор, 4 – компрессор, 5 – обслуживаемое помещение.

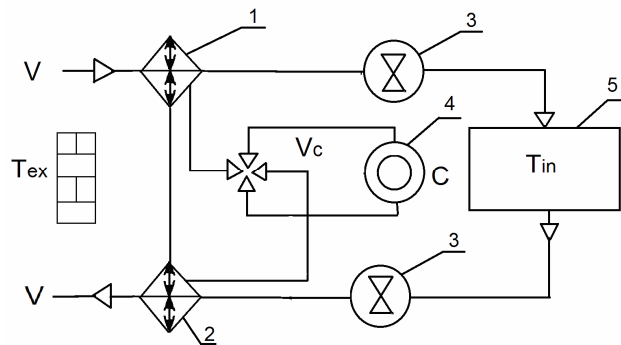


Рис.1. Функциональная схема системы вентиляции с активной рекуперацией

В зимний период времени наружный воздух с температурой T_{ex} , продуваемый вентилятором через конденсатор со скоростью V , получает энергию от конденсатора, нагреваясь до температуры T_{ch+} , и подогревает воздух в помещении до T_{in} . Воздух из помещения, с той же скоростью проходя через испаритель, отдает энергию испарителю, охлаждаясь с температуры T_{in} до T_{ch-} . Количество энергии, передаваемое воздуху, регулируется посредством изменения скорости компрессора V_c , а скорость вентилятора определяет температуру воздуха при постоянном тепловом потоке.

Уравнение теплового баланса для такой системы

$$\lambda(T_{ex} - T_{in}) + VK_{ch}(T_{ch+} - T_{in}) + Q_h + Q_d = 0, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопередачи между помещением и окружающей средой; K_{ch} – коэффициент теплопередачи между фреоном и воздухом; Q_h – поток энергии в единицу времени, выделяемой находящимися в здании людьми и оборудованием; Q_d – мощность дополнительных воздухонагревателей.

Из уравнения (1) можно определить температуру воздуха на выходе конденсатора T_{ch+} , необходимую для обеспечения требуемой температуры воздуха внутри помещения

$$T_{ch+} = \frac{\lambda(T_{in} - T_{ex}) - Q_h - Q_d}{VK_{ch}} + T_{in}.$$

Поток энергии, передаваемой наружному воздуху, который проходит через конденсатор, и расчетная скорость циркуляции фреона в системе определяются следующими выражениями:

$$Q_{cond} = K_{cond}V(T_{ch+} - T_{ex}),$$

$$V_{c \text{ расч}} = K_{comp}Q_{cond},$$

где K_{cond} и K_{comp} – коэффициенты пропорциональности.

На основании рассчитанного значения $V_{c \text{ расч}}$, приведенного к относительным единицам, можно реализовать совместное управление вентилятором и компрессором, обеспечивающее требуемый тепловой баланс. Графики зависимостей V_c и V от $V_{c \text{ расч}}$ показаны на рис.2.

При $0,3 < V_{c \text{ расч}} \leq 1$ скорость движения воздуха максимальна $V = 1$, а $V_c = V_{c \text{ расч}}$. При $V_{c \text{ расч}} < 0,3$ компрессор целесообразно отключать, так как его производительности недостаточно для образования жидкого фреона. Петля гистерезиса в этой области исключает частые переключения компрессора. При $V_{c \text{ расч}} > 1$ для подогрева воздуха до требуемой температуры необходимо уменьшать скорость вентилятора V , например, по линейному закону $V = 2 - V_{c \text{ расч}}$.

Уравнение теплового баланса кондиционера:

$$Q_{isp} = Q_{cond} - Q_s \cdot \text{sign}(V_c), \quad (2)$$

где $Q_{isp} = VK_{isp}(T_{in} - T_{ch-})$ – мощность, поглощаемая в испарителе, $Q_s = K_{vc} + V_c^3$ – мощность, потребляемая компрессором из сети, K_{vc} – коэффициент потерь в компрессоре.

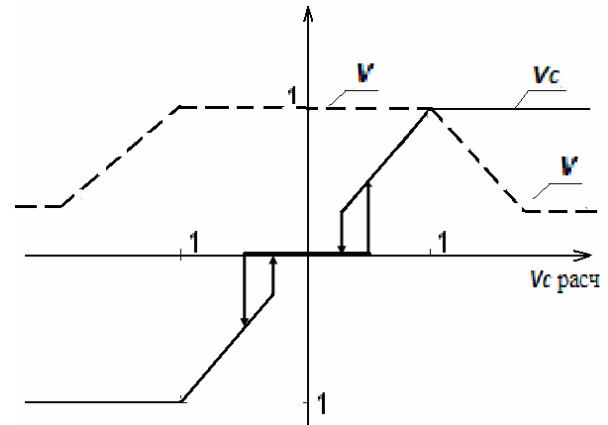


Рис.2. График зависимостей V_c и V от $V_{c \text{ расч}}$

Температура воздуха на выходе испарителя, обдуваемого воздухом из помещения,

$$T_{ch-} = T_{in} - \frac{Q_{isp}}{VK_{isp}}.$$

Следует учитывать, что температура кипения фреона в испарителе $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Эта температура определяет реальное значение $Q_{isp \text{ fact}}$, а также разность расчетной и реальной мощности, поглощаемой на испарителе,

$$Q_d = Q_{isp} - Q_{isp \text{ fact}}.$$

Значение Q_d может быть использовано в качестве управляющего воздействия дополнительными нагревательными элементами.

Таким образом, по приведенным уравнениям может быть рассчитан тепловой баланс системы с активной рекуперацией и необходимые для поддержания заданной температуры в помещении скорости компрессора и вентиляторов.

На рис.3 представлены результаты моделирования координат системы: скоростей вентиляторов V (б) и компрессора V_c (в), температур T_{ch+} и T_{ch-} (г), температуры помещения T_{in} (д) и соотношения мощностей Q_{cond} к Q_s (е) при изменении температуры окружающей среды T_{ex} и мощности внутренних источников Q_h (а). При моделирова-

нии приняты конденсатор, испаритель и помещение инерционными звеньями. Скорости и потоки энергии приведены в относительных единицах.

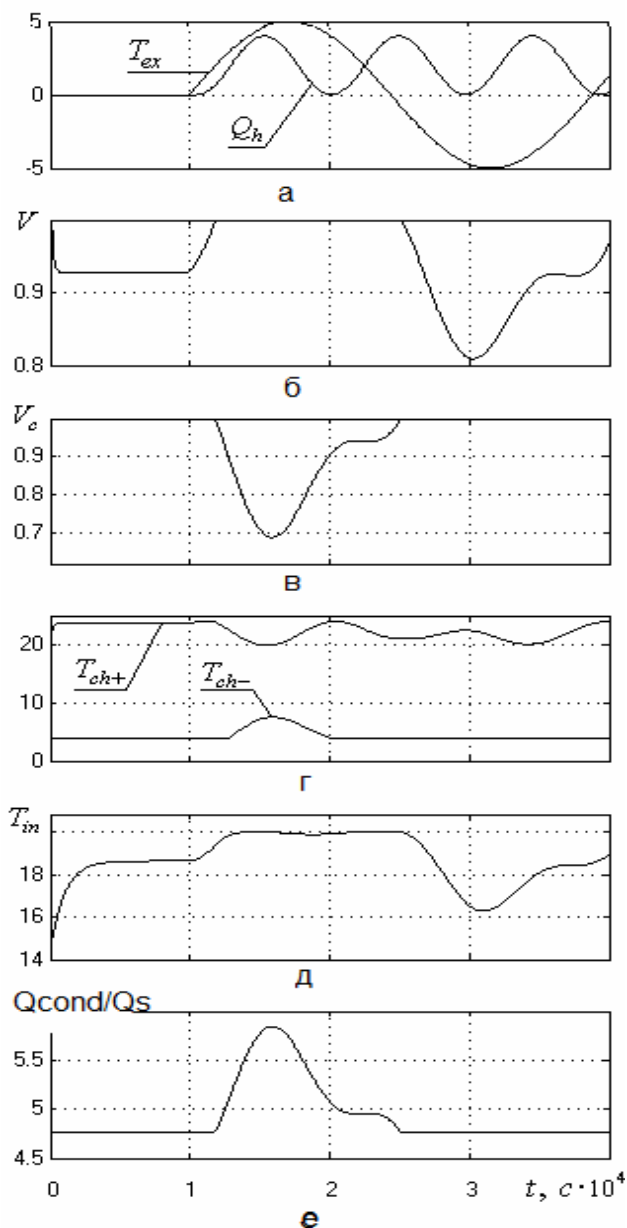


Рис.3. Графики переходных процессов

Результаты моделирования показывают, что потребление энергии из сети при поддержании температуры в помещении, близкой к заданной, снижается в среднем в 5 раз (рис.3, е) по сравнению с системами без рекуперации. Кроме того, система управления по приведенным расчетным выражениям может сформировать все сигналы, необходимые для управления вентиляторами, компрессором, а также дополнительными обогревателями.

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: [Учеб. пособие] /Е.С.Бондарь, А.С.Гордиенко, В.А.Михайлов, Г.В.Нимич. Под общ. ред. Е.С.Бондаря – К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост–Прим», 2005. – 560 с.

2. Besant R.W. Reducing energy costs using run-around systems /Besant R.W, Besant P.E., Johnson A.B. ASHRAE Journal, Vol. 37, 1995.

Получено 13.10.2010



Бушер Виктор
Владимирович,
канд.техн.наук, доцент
Одесск.нац.политехн.ун-та
т.+38(048)7610884



Найденко Елена
Валерьевна,
канд.техн.наук
Одесск.нац.политехн.ун-та
т.+38(048)7797467



Найденко
Антон Васильевич,
аспирант
Одесск.нац.политехн.ун-та
т.+38(048)7871059