

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Коцуба А. М., Шилин Л. Ю.

Кафедра систем управления, кафедра теоретических основ электротехники
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: strateg.home@gmail.com

В данной работе рассматривается принцип расчета теплопотерь дома, необходимый для расчета мощности котла отопления. Предложен расчет необходимого количества радиаторов и линеаризованная модель котла отопления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для отопления жилых домов применяется оборудование, работающее на газовом, твердом или жидком топливе, а также на электрической энергии. Кроме них существуют комбинированные котлы отопления, способные функционировать на двух и более видах энергии. При выборе того или иного вида котла отопления нужно учитывать множество факторов, таких как: размер отапливаемого дома, место расположения, цены на ресурсы.

I. ТЕПЛОПТЕРИ ДОМА

При тщательном подходе к выбору системы отопления дома необходимо начать с расчета теплопотерь здания. Эти данные понадобятся для определения необходимой мощности системы отопления и тепловой мощности каждого радиатора в отдельности.

Потери тепла в доме происходят через стены, окна, крышу и пол первого этажа. Тепло также уходит вместе с воздухом при вентиляции и через щели в конструкциях.

Для расчета потерь тепла через потолок, окна, стены и пол используют формулу 1:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{ВН} - t_{НАР}). \quad (1)$$

где Q — теплопотери, Вт;
 k — коэффициент теплопередачи, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$; кJ/(kg·K);
 F — площадь рассчитываемой конструкции, m^2 ;
 $t_{ВН}$ — температура воздуха внутри помещения, $^\circ C$;
 $t_{НАР}$ — температура воздуха снаружи, $^\circ C$.

Коэффициент теплопередачи потолка, стен и пола рассчитывается по формуле 2:

$$k_{СТЕН} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ВН}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{НАР}}}. \quad (2)$$

где d_1 — толщина первого слоя конструкции, м;

λ_1 — коэффициент теплопроводности первого слоя конструкции, $Vt/m \cdot K$;

d_n — толщина n-го слоя конструкции, м;

λ_n — коэффициент теплопроводности n-го слоя конструкции, $Vt/m \cdot K$;

$\alpha_{ВН}$ — коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к конструкции;

$\alpha_{НАР}$ — коэффициент теплоотдачи от конструкции к наружному воздуху.

Коэффициент теплоотдачи окна рассчитывается по формуле 3:

$$k_{ОКНА} = \frac{k_{СТ} \cdot F_{СТ} + k_P \cdot F_P + p \cdot \psi}{F_O}. \quad (3)$$

где $k_{СТ}$ — коэффициент теплопередачи стеклопакета, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

$F_{СТ}$ — площадь стеклопакета, m^2 ;

k_P — коэффициент теплопередачи рамы окна, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

F_P — площадь рамы окна, m^2 ;

p — периметр остекления, м;

ψ — коэффициент для учета теплопередачи алюминиевой полосы;

F_O — площадь окна, m^2 .

Расход тепла на нагрев приточного воздуха считается для жилых комнат, кухни и санузлов по формуле 4:

$$Q_i = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot C \cdot (t_p - t_i) \cdot k. \quad (4)$$

где Q_i — количество тепла, необходимое для нагрева инфильтрации, Вт;

L_n — расход удаляемого воздуха, $m^3/$;

ρ — плотность воздуха в помещении, kg/m^3 ;

— удельная теплоемкость воздуха,

t_p — температура воздуха внутри помещения, $^\circ C$;

t_i — температура наружного воздуха, $^\circ C$.

k — коэффициент учета встречного теплового потока в конструкциях.

Коэффициенты теплопроводности материалов берутся из СНиП II-3-79.

II. ВЫБОР МОЩНОСТИ КОТЛА ОТОПЛЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА РАДИАТОРОВ

При выборе котла необходимо учесть, что эффективность работы автономной системы отопления в первую очередь зависит от мощности выбранного котла. Недостаточная мощность не позволит достичь комфортной температуры в холодное время года, избыточная — приведет к неэкономному расходу топлива.

Для выбора мощности котла отопления необходимо найти сумму всех потерь тепла. Также необходимо обеспечить запас мощности, чтобы обеспечить нормальную работу котла, продлить его долговечность и не подвергать его полной нагрузке.

При расчете необходимого количества радиаторов сперва необходимо рассчитать объем дома. Расчет объема дома делаем по формуле 5:

$$V = a \cdot b \cdot c. \quad (5)$$

где a — длина дома, м;

b — ширина дома, м;

c — высота дома, м.

Далее рассчитывается необходимое количество тепла по формуле 6:

$$Q_t = V \cdot Pt. \quad (6)$$

где V — объем дома, m^3 ;

Pt — тепловой поток в помещении, Вт.

Для расчета количества секций радиатора используется формула 7:

$$N_c = \frac{Q_t}{Pt_c}. \quad (7)$$

где N_c — количество секций радиатора, шт;

Q_t — необходимое количество тепла для отопления, Вт;

Pt_c — тепловой поток секции радиатора, Вт.

III. ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Для нахождения областей устойчивости котла отопления предлагается использовать линеаризованную модель системы (рисунок 1). Модель состоит из 4-х звеньев: микроконтроллер, насос, теплообменник, датчик температуры воды. Выберем передаточные функции всех звеньев.

Передаточная функция микроконтроллера:

$$W_1(p) = \frac{k_1 p + k_2}{p}$$

Передаточная функция насоса:

$$W_2(p) = \frac{k_n}{T_1 p + 1}$$

Передаточная функция теплообменника:

$$W_3(p) = \frac{k_3}{T_2 p + 1}$$

Передаточная функция датчика температуры воды:

$$W_4(p) = \frac{1}{T_3 p + 1}$$

Линеаризованная модель изображена на рисунке 1:

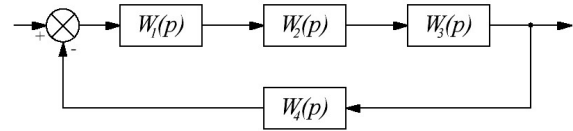


Рис. 1 – Линеаризованная модель котла отопления

IV. ВЫВОДЫ

При выборе системы отопления необходимо учитывать степень утепления дома. Чем лучше дом утеплен, тем менее мощный котел необходим для обогрева этого дома. Также необходимо обеспечить запас мощности котла, для продления срока его эксплуатации и возможности работы при экстремально низких температурах.

Для расчета теплотерь дома была разработана программа, способная при вводе необходимых параметров рассчитать суммарные теплотери дома. На основе расчета теплотерь был произведен расчет требуемой мощности котла отопления и количество радиаторов отопления.

Рассмотрен процесс определения областей устойчивости системы отопления. Построены области устойчивости системы для выбора необходимых параметров. Также рассчитаны и построены области качества по времени переходных процессов.

Для проверки правильности выбора параметров создана имитационная модель системы. Моделирование в пакете прикладных программ Matlab позволяет подтвердить соответствия характеристик требованиям технического задания. Исследован переходный процесс системы отопления.

1. Падалка, Д. Г. Отопление от А до Я К: Диалог-Пресс, 2008.
2. Малявина, Е. Г. Теплотери здания. // Авок-Пресс, 2011.
3. Смирнова, Л. Н. Отопление и водоснабжение загородного дома. // Рипол Классик, 2006.