

Показан эффект, возникающий при частичной автоматизации распределенного комплекса зданий на базе энергоэффективного оборудования и современных технологий автоматизации, который при определенных условиях может приводить к снижению экономии энергоносителя в целом по комплексу зданий

УДК 696/697:681.5

А.С. Солдатенков

А.Н. Потапенко, к.т.н., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ЗДАНИЙ

Известно, что автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) распределенными энергосистемами комплекса зданий – одно из важных направлений современных технологий энергосбережения, так как в АСДУ предусмотрены возможности регулирования работы энергохозяйства, получения информации о текущих процессах и формирования основ для оперативного и стратегического управления распределенными объектами с целью экономии энергоресурсов.

Для исследования особенностей функционирования систем управления распределенным комплексом зданий на базе автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), приточно-вентиляционных установок (ПВУ) и тепловых завес была использована математическая модель управления процессом теплоснабжения комплекса зданий на основе имитационного моделирования в среде Simulink по аналогии как в [1]. Основная модель управления процессом теплоснабжения распределенного комплекса зданий учитывает структуру связей зданий, относительное расположение автоматизированных энергосистем, а также включает математические модели исследуемого процесса для каждого объекта с учетом схем присоединения энергосистем [2].

1. Особенности исследуемой системы. Для выявления основных особенностей управления процессом теплоснабжения распределенных энергосистем зданий с учетом имитационного моделирования исследовалась система, схема которой представлена на рис. 1. Согласно этой схеме через технологическую камеру (ТК₁) осуществляется теплоснабжение трех зданий, содержащих следующие объекты управления:

- здание 1 – систему отопления (ИТП₁);
- здание 2 – ИТП₂ и ПВУ₁;
- здание 3 – ИТП₃, ПВУ₂ и тепловую завесу (ТЗ₁).

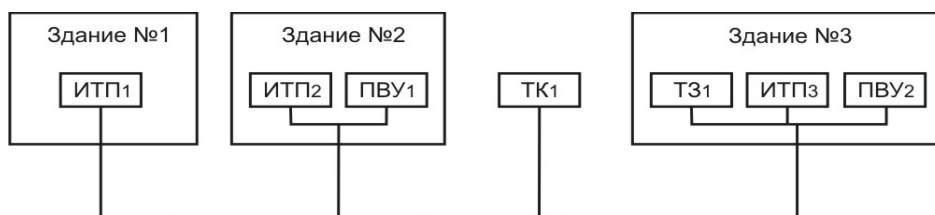


Рис. 1. Схема централизованного теплоснабжения 3-х зданий

Схема автоматизированного ИТП для закрытой системы централизованного теплоснабжения с применением электронного регулятора из класса специализированных кон-

троллеров со встроенными функциями [3], например, типа ECL Comfort 300 (Дания) показана на рис. 2. В системе автоматизации ИТП применяется узел учета теплотребления (УУТ) с учетом контура подпитки и циркуляционной системы ГВС.

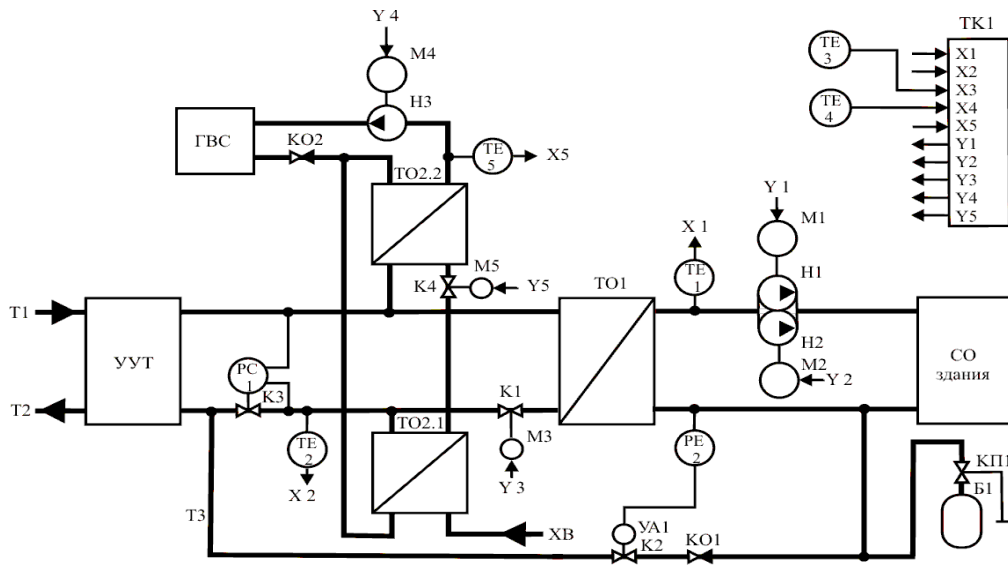


Рис.2. Схема автоматизированного ИТП для закрытой системы теплоснабжения

Система автоматического регулирования (САР) отопления здания содержит следующие приборы и оборудование:

- регулирующий клапан К1 с исполнительным механизмом М3;
- регулятор перепада давления РС1 с клапаном К3 и узлом регулирования;
- теплообменник ТО1;
- моноблок циркуляционных насосов Н1 и Н2 с учетом соответствующих электроприводов М1 и М2;
- датчик давления РЕ1;
- специализированный контроллер ТК1;
- погружные датчики температуры теплоносителя ТЕ1 и ТЕ2 соответственно в подающем трубопроводе системы отопления здания (СО здания) и в обратном трубопроводе (подающий Т1 и обратный Т2 трубопроводы ИТП связаны с тепловыми сетями), а также датчики температуры наружного ТЕ3 и внутреннего ТЕ4 воздуха здания;
- подпиточный контур (трубопровод ТЗ, соединяющий обратный трубопровод Т2 и СО здания) содержит: клапан К2 с электромагнитным приводом УА1, связанный с датчиком-реле давления РЕ2, входящих в состав регулятора прямого действия, а также клапан обратный КО1, расширительный бак Б1 с предохранительным клапаном КП1.

САР горячего водоснабжения содержит следующие приборы и оборудование:

- 2-х ступенчатый теплообменник ТО2, при этом подача холодной воды в ТО2.1 осуществляется по трубопроводу ХВ;
- циркуляционный насос Н3 с электроприводом М4;
- датчик давления РЕ3;
- обратный клапан КО2;
- погружной датчик температуры теплоносителя ТЕ5;
- регулирующий клапан К4 с исполнительным механизмом М5.

К контроллеру ТК1 подключены:

- электроприводы М1 и М2 моноблока насосов и исполнительные механизмы М3 и М5 системы отопления и ГВС соответственно к выходам ТК1 (Y1 – Y5);
- датчики температуры ТЕ1 – ТЕ5 соответственно к аналоговым входам (X1 – X5).

С целью экономии электроэнергии в системе ГВС применяется частотно-регулируемый привод (ЧРП) с учетом канала управления «давление в системе ГВС – изменение скорости вращения электропривода насоса в циркуляционной системе ГВС» (на рис. 2 датчик давления не показан). Это связано с тем, что в офисных, учебных зданиях и других зданиях аналогичного типа потребление горячей воды неравномерное, а в ночное время прекращается, что позволяет снизить расходы на коммунальные услуги. Учитывая этот факт, в системе АСДУ предусмотрена возможность задания недельного графика работы оборудования, что позволяет эффективно изменять режимы работы электрооборудования, и всей системы в целом.

Преобразователи частоты (ПЧ), как составной элемент ЧРП, являются силовыми регуляторами напряжения и частоты, подводимых к статорной обмотке асинхронного электродвигателя, что позволяет обеспечивать эффективное управление скоростью вращения электроприводов циркуляционных насосов.

Применение ПЧ позволяет в основном обеспечить следующее:

- плавный пуск и торможение электродвигателей для снижения нагрузки в системе;
- существенную экономию электроэнергии и воды (с учетом программного отключения насоса в ночное время, что позволяет исключить утечки воды в системе);
- снижение шума и вибрации циркуляционных насосов;
- автоматическую диагностику неисправностей и защиту двигателей от перегрузок, обрыва и перекоса фаз, короткого замыкания и т.п.;
- возможность обмена информацией по стандартному интерфейсу RS-485 с коммуникационными контроллерами, предоставляющими диспетчеру необходимую информацию;
- увеличение срока службы циркуляционных насосов и электродвигателей, а также снижение расходов на техническое обслуживание.

2. Исследование процессов управления теплоносителем. При разработке структурной схемы имитационного моделирования управления процессом теплоснабжения распределенных объектов (см. рис. 1), их гидравлические сопротивления определялись на основе экспериментальных исследований для каждого объекта, а гидравлические сопротивления трубопроводов до объектов вычислялись, например, как в [4] с учетом их диаметров, длин, изгибов и т.д. В экспериментальных исследованиях применялись следующие приборы: ультразвуковой расходомер жидкости типа Portaflow с учетом накладных датчиков (относительная погрешность $\pm 3\%$), ультразвуковой толщиномер типа Sonagage II (абсолютная погрешность $\pm 0,01$ мм) и измерительный преобразователь давления типа Метран (относительная погрешность прибора $\pm 0,2\%$ от шкалы). При проведении экспериментальных исследований система автоматизации была переведена в ручной режим работы.

Результаты моделирования распределения расходов теплоносителя в подающих трубопроводах исследуемых объектов при их функционировании в рабочих режимах и с учетом условий, при которых расходы теплоносителя в заданных объектах принимались равными нулю, представлены в табл. 1.

Анализ результатов показывает (табл. 1), что относительные соотношения расходов теплоносителей в подающих трубопроводах объектов, находящихся в рабочих режимах, следующие: $G_{11} - 15,0\%$; $G_{21} - 30,0\%$; $G_{22} - 5,4\%$; $G_{31} - 35,1\%$; $G_{32} - 12,0\%$; $G_{33} - 2,5\%$. Учитывая, что G_{\max} в системе централизованного теплоснабжения 3-х зданий наблюдается на объекте ИТП₃, поэтому рассмотрим анализ варианта, при котором $G_{31} = 0$. Перераспределение соотношений расходов теплоносителя между остальными объектами, находящимися в рабочих режимах следующее: $G_{11} - 23,1\%$ (увеличился на $8,1\%$); $G_{21} - 46,0\%$ (увеличился на $16,0\%$); $G_{22} - 8,0\%$ (увеличился на $2,6\%$); $G_{32} - 19,0\%$ (увеличился на $7,0\%$); $G_{33} - 3,9\%$ (увеличился на $1,4\%$). Следовательно, при $G_{31} = 0$ наблюдается максимальное увеличение расхода G_{21} на объекте ИТП₂, что связано с гидравлическими сопротивлениями этих объектов.

Таблица 1

Состояние объектов (PP – раб. режим)	Расход теплоносителя по объектам, м ³ /ч					
	здание 1	здание 2		здание 3		
	ИТП ₁ , G ₁₁	ИТП ₂ , G ₂₁	ПВУ ₁ , G ₂₂	ИТП ₃ , G ₃₁	ПВУ ₂ , G ₃₂	ТЗ ₁ , G ₃₃
Объекты (O _k) – PP	7,0	14,0	2,50	16,40	5,60	1,20
G ₁₁ = 0, O _i – PP	0	16,80	2,90	18,76	6,80	1,40
G ₂₁ = 0, O _i – PP	10,50	0	3,70	22,37	8,30	1,70
G ₃₁ = 0, O _i – PP	10,80	21,40	3,70	0	8,80	1,85
G ₁₁ = 0, G ₂₁ = 0, O _i – PP	0	0	4,87	28,67	10,90	2,21

Аналогично при G₁₁ = 0 максимальное увеличение G_m также наблюдается на объекте ИТП₂, причем значение G₂₁ при этом составляет 36,0 % от общего расхода, т.е. увеличилось на 6,0 %. Полученное приращение расхода G₂₁ при G₁₁ = 0 меньше, чем в предыдущем варианте, так как G₁₁ < G₃₁. Появление погрешности суммарного расхода теплоносителя в технологической камере ТК₁ (< 0,3 %) при определении расходов теплоносителя на вводах объектов для различных вариантов имитационного моделирования (табл. 1) объясняется тем, что в основе модели находятся значения гидравлических сопротивлений, часть из которых определяется на основе экспериментальных исследований, а другая с учетом вычислений.

Зависимость изменения суммарных расходов G_{Σi} в исследуемых зданиях (согласно показаниям расходомеров теплосчетчиков в ИТП) с возможностью изменения расхода теплоносителя в здании 1 до нуля, показана на рис. 3.

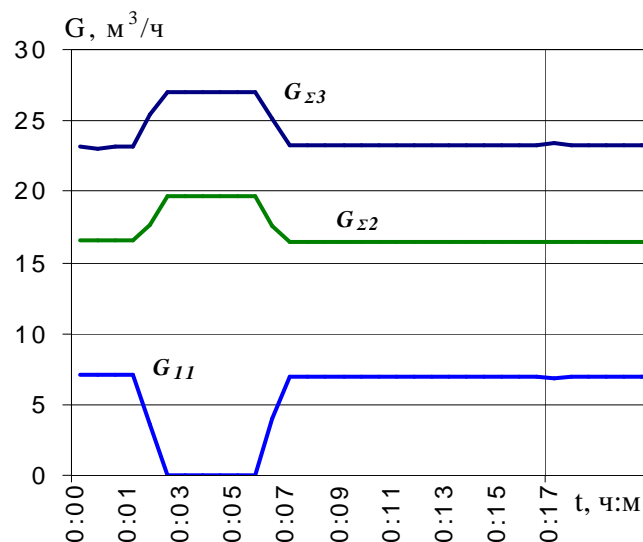


Рис. 3. Зависимость изменения суммарных расходов G_{Σi} в зданиях 2 и 3 при условии, что в здании 1 расход G₁₁=0

Сравнительный анализ экспериментальных данных (рис. 3) и результатов имитационного моделирования (табл. 1) показывает, что относительная погрешность по суммар-

ному расходу теплоносителя для здания 3 составляет $\pm 3,2\%$, а для здания 2 – порядка $\pm 4,4\%$, причем общий расход теплоносителя в ТК₁ оставался при этом неизменным.

Необходимо отметить, что полученные результаты имитационного моделирования на первый взгляд совершенно не очевидны. Например, согласно схемы, показанной на рис. 1, для одного из проведенных исследований с помощью имитационного моделирования при уменьшении расхода теплоносителя в системе отопления здания 3 до нуля, т.е. при условии $G_{31} = 0$, следовало бы ожидать существенного увеличения расходов теплоносителя в приточно-вентиляционный установке (G_{32}) и в системе тепловой завесы (G_{33}) в этом же здании, а не максимального увеличения расхода теплоносителя (G_{21}) в системе отопления здания 2. Однако результаты расчетов показали, что исследуемом случае процессы определяются прежде всего гидравлическими сопротивлениями этих объектов, а не расстояниями между зданиями.

В заключение следует отметить, что в результате имитационного моделирования с учетом экспериментальных данных выявлено, что при возможной частичной автоматизации систем централизованного теплоснабжения 3-х зданий, ИТП которых через общую технологическую камеру связаны с внешними теплосетями, возможно перераспределение теплоносителя внутри этого комплекса, которое в целом может снизить общую экономию энергоносителя.

Литература

1. Потапенко, А.Н. Исследование процесса отопления зданий с применением теплообменников и с возможностью фасадного автоматического регулирования / А.Н. Потапенко, С.В. Костриков Е.А. Потапенко // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – 2006 – № 7-8. – С. 63-74.
2. Потапенко, А.Н. О математической модели управления процессом отопления распределенного комплекса зданий для автоматизированных диспетчерских систем / А.Н. Потапенко, Е.А. Потапенко, А.О. Яковлев // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – Прил. к №3. – С. 23-33.
3. Потапенко, А. Н. Основы автоматизации процесса централизованного теплоснабжения зданий: учебное пособие/А.Н. Потапенко. – Белгород: Издательство БГТУ, 2006. – 206с.
4. Зингер, Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем / Н.М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1986.– 320 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЕНЕРГОНОСІЯ ПРИ ЧАСТКОВІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНОГО КОМПЛЕКСУ БУДИНКІВ

А.С. Солдатенков, А.Н. Потапенко

Показано ефект, що виникає при частковій автоматизації розподіленого комплексу будинків, на базі енергоефективного устаткування й сучасних технологій автоматизації, що за певних умов може приводити до зниження економії енергоносія в цілому з комплексу будинків.

POVER DISTRIBUTION PROCESSES EXPLORATION AT PARTIAL AUTOMATION OF BUILDING COMPLEX

A.S. Soldatenkov, A.N. Potapenko

Effect, appearing under partial automation of the portioned complex of the buildings on base of the energy – effect equipment and modern technology to automations, which under determined condition can bring to reduction spare power system as a whole on complex of the buildings in this article is shown