

СИСТЕМА ЗА ДИСТАНЦИОНЕН КОНТРОЛ И УПРАВЛЕНИЕ НА КЛИМАТИЧНА ИНСТАЛАЦИЯ

Емилия Димитрова¹, Васил Димитров¹

¹Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София

REMOTE CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR AIR- CONDITIONING INSTALLATION

Emiliya Dimitrova¹, Vasil Dimitrov¹

¹Todor Kableshkov University of Transport – Sofia

Abstract

Building automation is a centralized system for remote control of heating, cooling, ventilation, humidity and aims to maintain the microclimate in the building according to the requirements. The paper presents a system for remote control and management of air conditioning, discusses the principles of construction and selection of different modules. A study of the cooling effect was performed.

Keywords: air conditioning system; energy efficiency.

ВЪВЕДЕНИЕ

В последно време все по-широко приложение намират различни информа-ционно – управляващи системи за сградна автоматизация. От една страна, това се налага от повишените изисквания, предявявани по отношение на микроклимата в промишлените, административните и особено в някои специални сгради [1-3]. От друга страна, системите за мониторинг и управление на електро-енергийната консумация в бизнес-сгради и офис центрове предоставят възможност за предотвратяване на определени събития чрез анализ и обработка на данните и гарантиране на оптимизирана експлоатация на електрическата мрежа, повишаване на енергийната ефективност и спестяване на финансови средства. Системите за отдалечен мониторинг и управление са съвкупност от технически, програмни и други средства за осъществяване на контрол и управление от разстояние на технологични обекти и процеси в сградата и прилежащия ѝ район. Необходимо е непрекъснато да се обменя информация между контролираните

обекти, от една страна, и системите и оператора в центъра за управление.

В доклада е разработена система за дистанционен контрол и управление на климатична инсталация, разгледани са принципите на изграждане и избора на различните модули. Проведено е проучване за ефекта на охлаждане.

СТРУКТУРА НА СИСТЕМАТА

Едно от съвременните предложения за реализация е SmartStruxure Solution [3] – интегрирано системно решение за управление на сгради, което включва голямо разнообразие от хардуерни контролери, входно-изходни (I/O) модули и софтуерни продукти. Системата може да бъде персонализирана за приложения за управление както на малка офис сграда, така и на бизнес център, училище или индустриална среда. Съчетава контрол на микроклимата, мониторинг/измерване и управление на консумацията на енергия, управление на аларми, сигурност, изготвяне на отчети и др.

В основата на Smart Struxure Solution е сървърно устройство – AS-P контролер (SmartX Controller). AS-P изпълнява ключови функционалности (като например логика за управление, регистриране на тенденции и наблюдение на аларми) и поддържа комуникация и свързаност към I/O устройства на полевите шини. Разпределената интелигентност на SmartStruxure Solution осигурява отказо-устойчивост в системата и предоставя напълно функционален потребителски интерфейс чрез работна станция и уеб станция. AS-P е мощно устройство, което може да действа в малка инсталация като самостоятелен сървър, монтиран със своите I/O модули. В големи инсталации функционалността е разпределена на множество сървърни устройства, които комуникират през TCP/IP.

AS-P може да координира трафика, да доставя данни, да изпълнява множество програми, да управлява локални I/O, аларми и потребители, да извършва планиране и регистриране и да комуникира, използвайки различни протоколи. Поради това повечето части на системата функционират автономно и продължават да работят като цяло, дори ако комуникацията се провали или отделни сървъри или устройства SmartStruxure излизат офлайн.

AS-P разполага със следните портове:

- Два Ethernet порта 10/ 100BASE-TX (RJ45);
- Два RS-485 порта;
- Един порт LonWorks TP/FT-10;
- Един вграден порт I/O шина;
- Един USB хост порт;
- Един порт за USB устройство.

Двата Ethernet порта са свързани към вграден Ethernet превключвател. Един порт трябва да бъде свързан към мрежата. Другият порт може да се използва за свързване към работна или уеб станция, ВАСnet/IP устройство, Modbus TPC модул, но не към друг SmartStruxure сървър.

Портът за USB устройство позволява настройка и взаимодействие на AS-P чрез Device Administrator. USB хост порт може да се използва за осигуряване на хранване и комуникации. AS-P може да използва трите най-популярни стандарти за сгради: ВАСnet, Modbus и LonWorks.

Процесорът е двуядрен ARM Cortex –A9, честота – 500 MHz, има 512 MB SDRAM, и 4 GB eMMC (MultiMediaCard) карта памет.

Използват се следните допълнителни модули: I/O модул DI-16 (16 канален цифров вход – мониторинг на състоянието на оборудването или алармен мониторинг; при конфигуриране като броячи могат да се използват при измерване на енергия), I/O модули DO-FC-8 и DO-FC-8-H (8-канален цифров изход), I/O модул UI-16 (16-канален универсален вход: всеки канал може да поддържа цифрови или аналогови входове за контрол на температура, налягане, дебит и др.), модул за хранване PS-24 V (на сървъра и на I/O модули).

За измерване на температурата се използват датчици Siemens Pt 1000 с чувствителен елемент (със съпротивление 1000 Ω при 0 °C).

НАСТРОЙКА И ОСИГУРЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНА РАБОТА

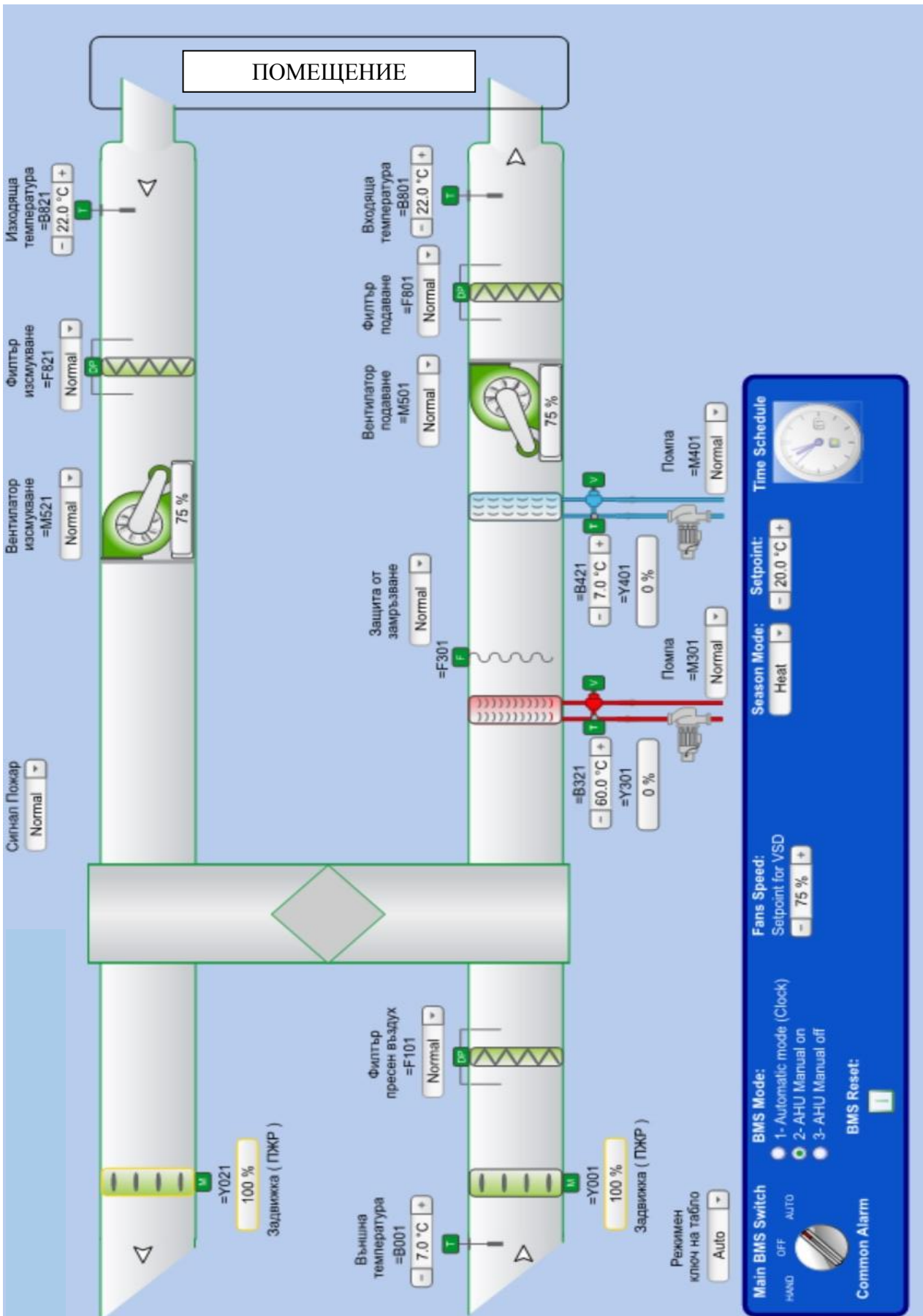
Системата за контрол и управление на климатичната инсталация в малка офис сграда (фиг. 1) извършва следните функции:

✓ Контрол на температурата на нагнетявания въздух на инсталацията за обработка на въздуха (следи се температурата на нагнетявания въздух и се регулира спрямо дадена константна стойност):

Отоплителна секция – за загряване на пресния входящ въздух се използва нагревател с топла вода с ниско налягане. Нагревателят е включен в управляващата последователност на температурата на изсмуквания въздух и полученият управляващ изходен сигнал действа като управляваща команда за съответния вентил =Y301 на нагревателя.

Охладителна секция – охлаждателен топло-обменник за въздух (на студена вода), включен е в общото управление на температурата, като управляващият изходен сигнал регулира позицията на вентила =Y401 на охлаждащия топлообменник.

Защита от замръзване на инсталацията се реализира на ниво климатична камера. Ако сензорът за защита от замръзване отчете температура на студената пита по-ниска от 5° C, то той сигнализира за опасност от замръзване.



Фиг. 1. Операторска станция и контролирани величини

✓ Контролерът извършва следните операции:

- Аварийно спиране на нагнетателния и смукателни вентилатори на камерата (=M501, =M521);

- Затваряне на подвижните жалюзийни решетки на камерата, снабдени със задвижка (Y001);

- Аварийно отваряне на топлия вентил (=Y321);

- Активирането на защита от замръзване се индицира на операторската станция. Тя остава активна до нулирането на алармата от оператора.

✓ Сигнализации на инсталацията за обработка на въздуха:

- Замърсен филтър – степента на замърсеност (F101) се установява чрез пресостат, превключващ от диференциалното налягане. Наличието на замърсен филтър се сигнализира на операторската станция;

- Наблюдение на двигателите на вентилаторите – чрез честотните регулатори, които осигуряват плавно регулиране на оборотите на скоростта. Нагнетателният (=M501) и смукателният (=M521) вентилатори имат самостоятелни честотни регулатори. При надвишаване на тока над номинално допустимия ток на съответния двигател или при друга ненормална ситуация честотният регулатор генерира аларма и спира работата на вентилатора. Тази авария се индицира на ел. табло, операторския терминал и на операторската станция.

✓ Въздушна работна единица - използвани са следните възможности за настройка на апаратурата на климатичната камера:

Входове:

- S98151 – автоматичен режим (вкл./изкл.);

- M501A1 – аларма на вентилатора на подаване;

- M521A1 – аларма на вентилатор изсмукване;

- M301A1 – аларма на помпа за отопление;

- M401A1 – аларма на помпа за охлаждане;

- F101A1 – аларма на филтър за пресен въздух;

- F301A1 – аларма за замръзване;

- Fire_Alarm – аларма за пожар;

- F801A1 – аларма на филтър на подаване;

- F821A1 – аларма на филтър за изсмукване;

- BMS_reset – нулиране на аларма;

- B801W1 – температура на подавания въздух;

- B821W1 – стайна температура (изсмукване);

- B001W1 – температура на външния въздух;

- B421W1 – температура на охлаждащата вода;

- B321W1 – температура на отоплителната вода;

- HCS – селектор за отопление / охлаждане (Heating / Cooling Selector);

- Setpoint temperature – зададена температура;

- VSD_Speed – задвижване с променлива скорост.

Изходи:

- Y301Y1 – клапан на отопление;

- Y401Y1 – клапан на охлаждане;

- M301C1 – старт на помпа за отопление;

- M401C1 – старт на помпа за охлаждане;

- M521Y1 – задаване скорост на мотора на изсмукване;

- M501Y1 – задаване скорост на мотора на подаване;

- M521C1 – стартиране мотора за изсмукване;

- M501C1 – стартиране на мотора за подаване;

- Y001Y1 – пресен (свеж) въздух;

- YO21Y1 – отработен (замърсен) въздух.

ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

За да се оцени енергийната ефективност, се използват измерванията от системата за контрол и управление на климатичната инсталация. Референтният период на изследването е през 2019 г. – от 1 юни до 31 август за общо 92 дни и 25296 проби от данни за всяка от използваните точки за измерване (режим на охлаждане). Тъй като изследователската дейност беше насочена към икономия на вентилационната енергия на охлаждащата намотка DX на рекуператора, смесителната кутия беше изключена по време на запис на данни. Параметрите за обработка на въздуха, получени от полево проучване за изследването, са илюстрирани на фиг. 2 и 3 с месечен график. Тъй като температурата на атмосферния въздух беше най-висока през юни за целия сезон на охлаждане, този месец беше избран за подходящо представяне на извадка от измерените данни. Имайки предвид най-горещите периоди през сезона на охлаждане, температурата на атмосферния въздух на-

малява с около 4-5 °C поради ефекта на предварителното охлаждане на рекуператора и с допълнителните 18-20 °C, осигурени чрез въздушно охлаждане на DX бобината; съответно – енергията на околния въздух намалява с около 8-10 kJ/kg поради ефекта на предварително охлаждане на рекуператора и с допълнителни 30-35 kJ/kg, осигурени чрез въздушно охлаждане на намотката DX.

Като се има предвид фактът, че се реализира балансирана вентилация, ефективността ε_S на рекуператора (топлообменник, чрез който се извършва регенерация на топлина или на студ във вентилационната система)

се определя чрез измерените стойности на температурата на въздуха [4]:

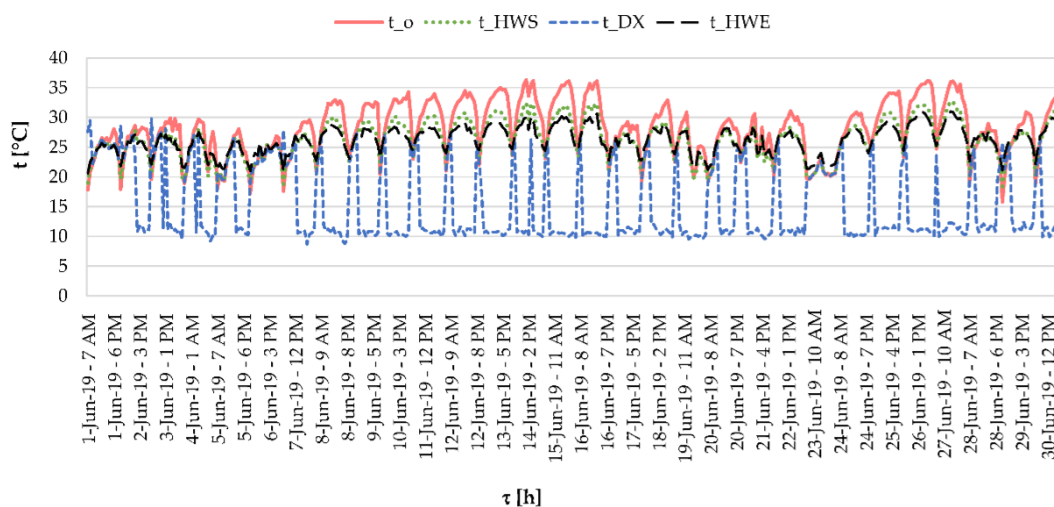
$$\varepsilon_S = \frac{(t_{HWS})}{(t_{HWE})} \quad (1)$$

където ε_S е реалната ефективност на рекуператора,

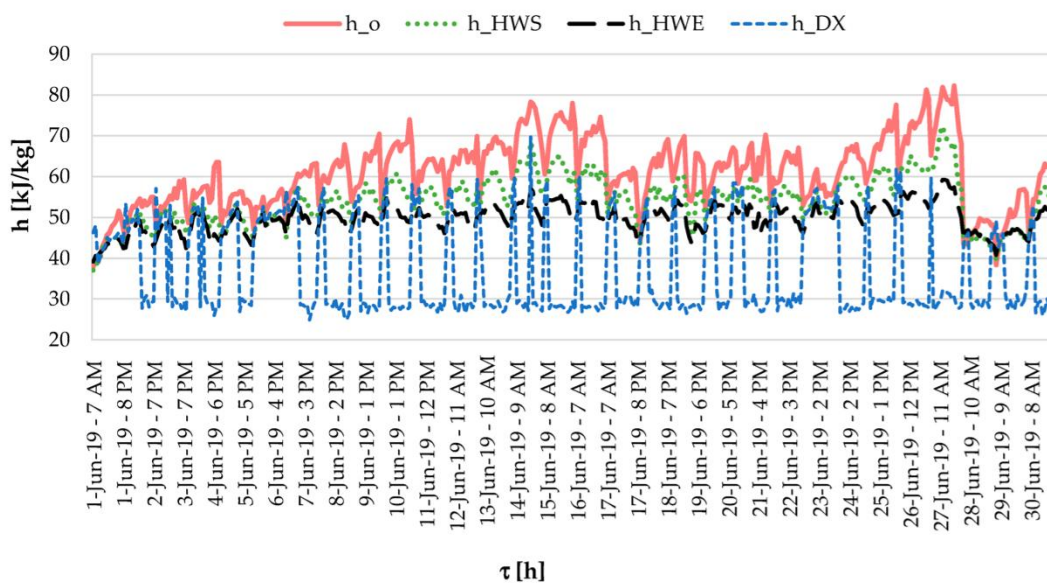
t_{HWS} - температура на въздуха в секцията на изхода след рекуператора,

t_{HWE} - температура на въздуха в участъка на входящия отвор към рекуператора (температурата на околния въздух, която е равна на температурата на въздуха в секцията за подаване).

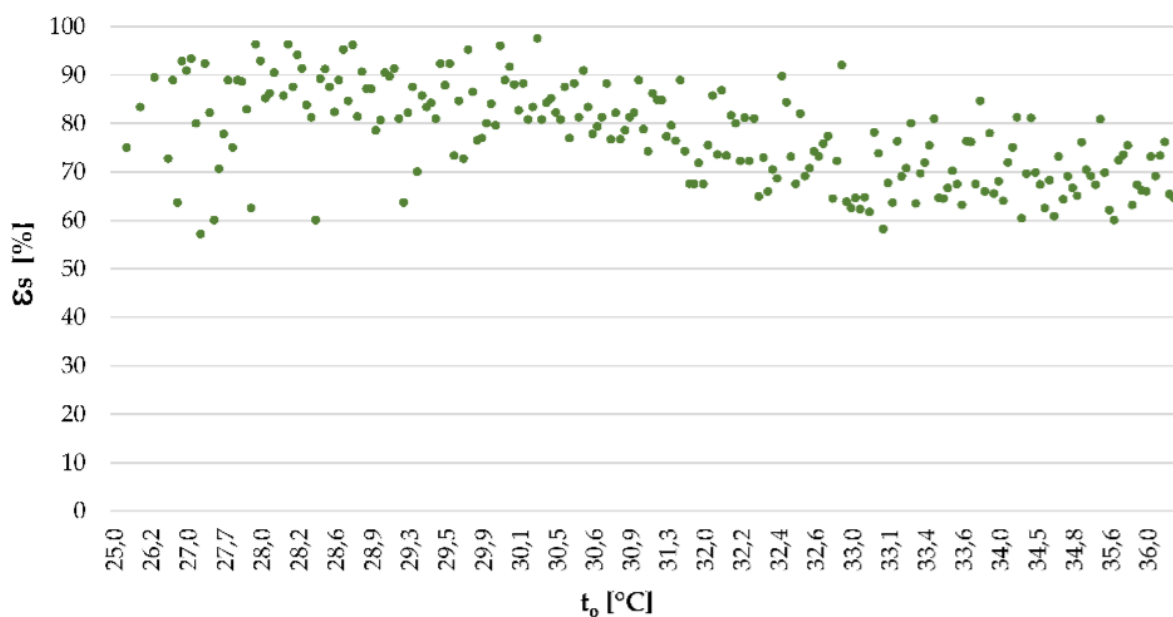
Получените резултати са показани на фиг. 4.



Фиг. 2. Стойности на температурата на въздуха в процесите на обработка: температура на външния въздух (t_o), на въздуха в секциите за подаване на изхода на рекуператора (t_{HWS}), в DX намотка (t_{DX}) и в секцията за вход на отработените газове на рекуператора (t_{HWE})



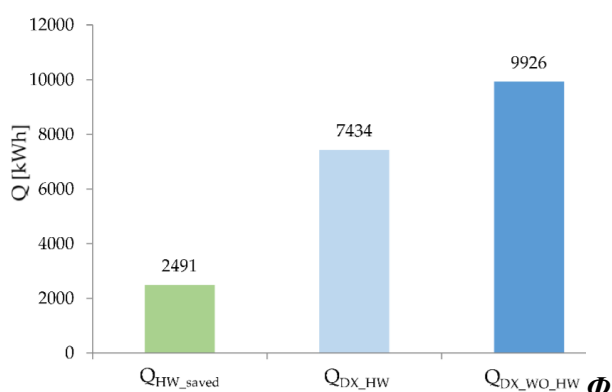
Фиг. 3. Стойности на енергията на въздуха в процесите на обработка: енергия на външния въздух (h_o), на въздуха в секциите за подаване на изхода на рекуператора (h_{HWS}), в DX намотка (h_{DX}) и в секцията за вход на отработените газове на рекуператора (h_{HWE})



Фиг. 4. Ефективност на рекуператора като функция на температурата на външния въздух

Въз основа на резултатите, средната ефективност на рекуператора за целия сезон на охлаждане е 79,6 %, като е регистрирана максимална стойност 97,6 %.

Енергоспестяването на рекуператора $Q_{\text{HW_saved}}$ по отношение на консумацията на охлаждащата енергия на намотката DX с работата на рекуператора ($Q_{\text{DX_HW}}$) и без работата на рекуператора, когато намотката DX директно охлажда горещия външен въздух ($Q_{\text{DX_WO_HW}}$) е показано на фиг. 5.



Фиг. 5. Възстановяване на енергия и спомагателна консумация на охлаждаща енергия за вентилация

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е разработена система за дистанционен контрол и управление на климатична инсталация. Проведено е проучване на ефективността при охлаждане на работеща вентилационна система при работа

на ротационен рекуператор въздух-въздух и охлаждаща намотка. Резултатите могат да се обобщят по следния начин:

1. Работата на рекуператора води до значителна икономия на охлаждаща енергия спрямо консумацията на ел. енергия на външното тяло. Сравнявайки измерваната вентилационна система с климатик без рекуператор, консумацията на охлаждаща енергия е 25,1 % по-висока.

2. Ефективността на рекуператора е 79,6%, като е с 4,7% по-висока от посочената в техническата спецификация (74,9 %).

Системите за сградна автоматизация позволяват високоефективно управление на сградните ресурси. Това от своя страна води до подобряване на микроклимата с повишаване на енергийната ефективност, улесняване на диагностиката и намаляване на разходите за обслужване и на времето за реакция при възникване на аварии.

REFERENCE

- [1] Building Technologies: The future of building management, Siemens, 2014
- [2] BMS – Building Management Systems, CA Ltd., Tel Aviv, 2017
- [3] SmartStruxure Solution, Schneider Electric, 2020
- [4] C Zhong, K Yan, Y Dai, N Jin, B Lou, Energy efficiency solutions for buildings: Automated fault diagnosis of air handling units using generative adversarial networks, Energies, 2019.