

Нові стратегії налаштування оптимальної температури припливного повітря та мінімальної витрати повітря в зонах для систем VAV

Костянтин Пиндик, студент¹ (ORCID: 0009-0004-5161-4173)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

АНОТАЦІЯ

На будівлі припадає значна частина загального споживання енергії, тому покращення роботи типових систем зі змінним об'ємом повітря (VAV) в будівлях може забезпечити величезні економічні можливості. Представлено нові стратегії для скидання заданих значень температури припливного повітря (SAT) і мінімальної витрати повітря в зоні, щоб підвищити ефективність типових систем VAV. Результати моделювання показують, що запропоновані стратегії перезавантаження можуть забезпечити економію енергії вентиляторів від 1,6% до 5,7% та економію навантаження на опалення від 7,7% до 33,7%, залежно від місця розташування.

Ключові слова: енергоефективність будівлі; система VAV; скидання температури припливного повітря; мінімальна витрата повітря в зоні; оптимізація; енергоефективність.

1. ВСТУП

Будівлі є одними з найбільших споживачів енергії у світі. Фактично, на цей сектор припадає приблизно 40 відсотків енергії, що споживається, а це більше, ніж кількість енергії, що використовується промисловістю та транспортом. Тому підвищення енергоефективності цих будівель може зменшити загальне споживання енергії та пов'язані з ним викиди вуглекислого газу в будівлях [1]. Серед різних типів систем ОВІК у більшості великих будівель використовуються системи зі змінним об'ємом повітря (VAV). Тому будь-яке вдосконалення роботи типових систем VAV може забезпечити як енергозбереження, так і економію коштів [2]. Таким чином, у кількох дослідженнях вивчалися різні стратегії оптимізації для досягнення кращої енергоефективності в системах VAV. Для вирішення цих проблем представлено інтегровані дві стратегії керування, які скидають як SAT, так і мінімальне задане значення витрати повітря для одноканальної багатозональної системи VAV, а також оцінюються методи в моделюванні та реальних системах керування. Ці стратегії легко реалізувати в реальних системах і вони можуть підвищити ефективність типових систем VAV.

2. МЕТА РОБОТИ

Представити нові стратегії для скидання заданих значень температури припливного повітря (SAT) і мінімальної витрати повітря в зоні, щоб підвищити ефективність типових систем VAV.

3. ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯ СТРАТЕГІЙ КОНТРОЛЮ

Як показано на рис.1, типова система VAV має такі основні контури керування: контур керування приміщенням, контур керування температурою припливного повітря SAT та контур керування статичним тиском у повітропроводі. Температура повітря в приміщенні зазвичай регулюється за допомогою каскадного

контру керування. Один контур використовується для визначення заданого значення витрати повітря, яке підтримує температуру повітря в приміщенні. Інший контур використовується для керування засувкою VAV-боксу, яка підтримує витрату повітря на заданому рівні. Контур керування статичним тиском у повітропроводі використовується для підтримання статичного тиску в повітропроводі на заданому рівні шляхом модуляції швидкості обертання вентилятора [2].

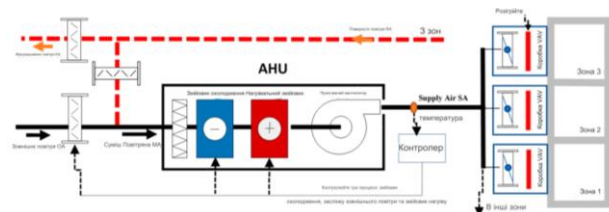


Рисунок 1. Схема типової системи VAV.

Регулювання температури припливного повітря використовується для підтримання температури припливного повітря на заданому рівні. Залежно від робочих станів агрегату, температура припливного повітря (SAT) зазвичай регулюється послідовно трьома окремими пристроями: клапаном охолоджувального змійовика, засувкою зовнішнього повітря (OA) та клапаном нагрівального змійовика. На рис. 2 показано чотири робочі стани або області AHU, як показано нижче. (1) Область 1-нагрівання: коли SAT підтримується шляхом модуляції положення клапана нагрівального змійовика, а засувка зовнішнього повітря знаходиться в мінімальному положенні. (2) Область 2-без охолодження та регулювання OA: коли SAT підтримується за допомогою регулювання положення засувки OA. (3) Область 3 - механічне охолодження та рекуператор: коли засувка OA повністю відкрита, а SAT підтримується за рахунок керування положенням клапана змійовика охолодження. (4) Область 4 - механічне охолодження і мінімальне OA: коли засувка OA знаходиться в мінімальному положенні, а SAT підтримується за допомогою керування положенням клапана змійовика охолодження.

Не має настанови, як скинути мінімальне задане значення витрати повітря в зонах, які не обладнані

датчиками CO₂. Оскільки немає чітких вказівок щодо того, якою має бути мінімальна уставка витрати повітря, мінімальна уставка витрати повітря в зоні зазвичай встановлюється на рівні 20-30% від розрахункової витрати повітря (у цьому дослідженні вона називається максимальним значенням уставки SPf_{max}) - Без застосування стратегії регулювання зі скиданням, активна мінімальна уставка витрати повітря (у цьому дослідженні вона називається уставкою витрати SPf) підтримується постійною під час роботи (SPf = SPf_{max}). У цьому дослідженні представлено нову стратегію скидання активного мінімального значення витрати повітря (SPf) на кожну часову кроці (наприклад, 5 хв) між розрахунковим значенням (SPf_{max}) і найнижчим можливим значенням (SPf_{min}). Найменше можливе значення уставки (SPf_{min}) дорівнює або перевищує кількість повітря, необхідне в зоні дихання, або мінімальний потік повітря, необхідний для стабільності керування блоком VAV.

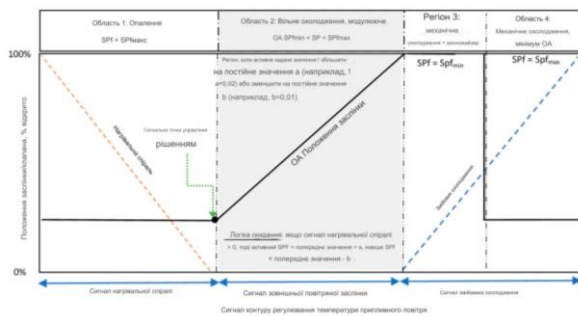


Рисунок 2. Робочі стани кондиціонера та рекомендована стратегія мінімального заданого значення витрати повітря в зоні (SPf)

Рекомендоване задане значення (SPf) залежить від робочих станів АНУ, як показано на рис. 2. В області 1 активне задане значення (SPf) слід підтримувати на проектному максимальному значенні (SPf_{max}), оскільки зменшення заданого значення збільшує кількість зовнішнього повітря, необхідного для вентиляції, і, як наслідок, потребу в нагріві цього повітря. В області 2, коли SAT підтримується за допомогою модуляції засувки OA, система подає менше 100% свіжого повітря, що може перевищувати мінімальну потребу в повітрообміні, тому припливне повітря багате на свіже повітря, а задане значення може бути скинуто до нижчого за максимальне значення (SPf_{max}). В ідеалі, уставку можна оптимально підібрати так, щоб необхідна кількість повітря була близькою до OA, що створюється зовнішньою засувкою для підтримання SAT на заданому рівні, і в цьому випадку немає необхідності в механічному охолодженні або нагріванні. Однак це може бути важко застосувати в реальних системах. Проста і легка в реалізації стратегія скидання полягає у використанні сигналу керування тепловою потужністю як індикатора для зміни заданого значення. Щоразу, коли сигнал теплової потужності (або положення клапана опалення) перевищує нуль (або порогове значення), активне значення SPf має бути збільшене на певну величину (наприклад, a = 0,02 або 2% від розрахункового значення). В іншому випадку установка зменшується на певну величину b (наприклад, b = 0,01 або 1%). Немає необхідності скидати уставки мінімальної витрати повітря в зонах з витратою повітря вище SPf_{max} - будь-які зони з витратою повітря, що дорівнює або нижче

SPf_{max}, називаються критичними зонами, і скидання відбувається тільки в цих зонах. У блоках з прямим розширенням, замість цього можна використовувати сигнал нагріву (якщо це котел або тепловий насос). В області 3 SPf слід підтримувати на рівні SPf_{min}, що дорівнює необхідному повітрообміну в зоні дихання. В області 4 SPf слід підтримувати на рівні SPf_{max}. Зменшення заданого значення може збільшити потребу в вентиляції і, відповідно, навантаження на систему охолодження [1, 2].

Алгоритм скидання в існуючих настановах скидає задане значення SAT (у цьому дослідженні - задане значення температури SPt) лінійно між фіксованим мінімальним значенням SPt_{min} та скоригованим максимальним значенням SPt*_{max} як функцією температури зовнішнього повітря в °C (OAT). Навіть у холодну погоду може існувати кілька зон охолодження, і перезавантаження SAT на основі OAT, запропоноване існуючими настановами, може не забезпечити найкращих результатів. Таким чином, запропонована стратегія використовує контури керування охолодженням або нагріванням зон замість OAT для підрахунку кількості зон, що перебувають в стані охолодження або нагрівання в будь-який момент часу. Якщо зона перебуває в режимі охолодження або вимкнена, значення ZV дорівнює одиниці; в іншому випадку воно дорівнює нулю. Скидання SAT Сигнал охолодження RCS розраховується наступним чином:

$$RCS = \sum_{i=1}^n a_i \cdot Z \cdot V_i \quad (1)$$

де, n - кількість зон; a - це коефіцієнт, який надає вагу зоні i. Значення a_i може бути визначене на основі розрахункової витрати повітря або фактичних показань. Тут a_i розраховується як відношення розрахункової витрати повітря в зоні до суми розрахункових витрат повітря в усіх зонах. Сума повинна дорівнювати 1. Тоді RCS має змінюватися від 0 до 1 (від 0 до 100%). Якщо жодна зона не охолоджується, RCS дорівнює нулю. Якщо всі зони охолоджуються, він стає рівним 1 (100%). SAT скидається на основі RCS.

4. ВИСНОВКИ

1. Інтегровані стратегії скидання SAT та мінімальної швидкості повітряного потоку представлені в цьому документі з метою досягнення кращої енергоефективності будівель.
2. Стратегія SAT використовує алгоритм для підрахунку кількості зон в процесі охолодження або обігріву і використовує цей підрахунок для скидання SAT замість того, щоб покладатися лише на OAT.
3. Стратегія скидання мінімального повітряного потоку враховує робочі стани кондиціонера та сигнал нагрівальної спіралі і відповідно визначає мінімальну уставку швидкості повітряного потоку.

Список літератури

[1] Monthly Energy Review, EIA-US Energy Information Administration. May 2021.

[2] Pease P.; Chhabra J.; Zolfaghari Z. Planning for net zero by 2050, what HVAC system interventions will today's code minimum commercial buildings require? arXiv 2021, arXiv:2111.03899.