

ПРЕДИКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТЕОДАНЫХ – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТИЗАЦИЕЙ ЗДАНИЯ

Мартин Бисмарк, директор Sauter Building Control International Ltd.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

система предиктивного регулирования, использование метеорологических данных, энергоэффективность, термоактивные системы климатизации зданий, теплопередача, интеллектуализация систем управления

Сегодня идет много дискуссий об использовании в системах управления нейросетевых технологий или технологий искусственного интеллекта. Предиктивное (прогнозное) управление, основанное на анализе метео данных и прогнозировании характера их изменения, является интеллектуальным инструментом управления инженерными системами здания. Предиктивное управление не только вносит свой вклад в улучшение комфортных условий, но и позволяет повысить энергоэффективность и долю использования возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе здания.

Уже многие годы в строительстве используются термоактивные системы отопления и охлаждения зданий (Thermo Active Building Systems, TABS)¹. При этом бетонные потолки или стены используются как теплотехнические массивные элементы накопления теплоты или холода. Температура воды для нагрева и охлаждения ограничена, что позволяет использовать возобновляемые источники энергии, такие как тепло грунтовых вод и т. п. Практика показывает, что в этом случае энергопотребление может быть снижено в 2–3 раза по сравнению со стандартным офисным зданием. Наряду с этим

¹ Подробнее см. статью «Термоактивные системы отопления и охлаждения зданий», АВОК № 5–2012.

Башня
Meseturm



достигается повышенный комфорт для находящихся в здании людей, благодаря лучистой составляющей (как и в панельно-лучистых системах отопления/охлаждения). Однако такие системы довольно инерционны, т. е. они не позволяют быстро реагировать на изменение температуры наружного воздуха или интенсивности солнечной радиации. При этом быстрый нагрев или охлаждение невозможны. По этой причине обычно рекомендуется использовать термоактивные элементы только для покрытия базовой нагрузки, которая существует весь день или которую можно заранее рассчитать.

Более десяти лет назад были проведены первые испытания разработанного швейцарской фирмой Sauter AG интеллектуального управления, ориентированного на предиктивное регулирование термоактивных потолков. Объектом проведения испытаний в рамках проекта Wetterfrosch («Погодная лягушка») стала башня Messeturm, расположенная в Базеле, Швейцария.

Здание Messeturm является составной частью выставочного центра. Это первое высотное здание в городе Базель, введенное в эксплуатацию в 2003 году. В нем размещается 4-звездочная гостиница на 230 номеров, известный «Бар Роуш» с незабываемым видом на город Базель (находится на 31-м этаже), сервисный центр выставочной компании и большое количество офисных помещений общей площадью 9 тыс. м².

Энергоэффективные решения здания Messeturm

Здание стало символом города благодаря не только своей высоте (105 м), но и интересному стеклянному фасаду площадью 14 тыс. м². Остекление фасада отличается высокими показателями теплоизоляции, что позволило установить новые стандарты теплозащиты, несмотря на то, что доля остекления превысила 95 % от общей площади фасада. Между слоями фасада циркулирует вытяжной воздух из офисов и гостиничных номеров.

Установленные в здании инженерные системы автоматизированы одной из самых передовых для того времени системой modulo5 фирмы Sauter, что способствовало существенному повышению энергоэффективности. При этом преследовалась цель не только достичь максимального энергосбережения, но также использовать преимущества так называемого «мягкого» нагрева и «мягкого» охлаждения, что позволяет увеличить уровень комфорта для пользователей. Для реализации этой идеи было решено использовать системы термоактивных элементов.

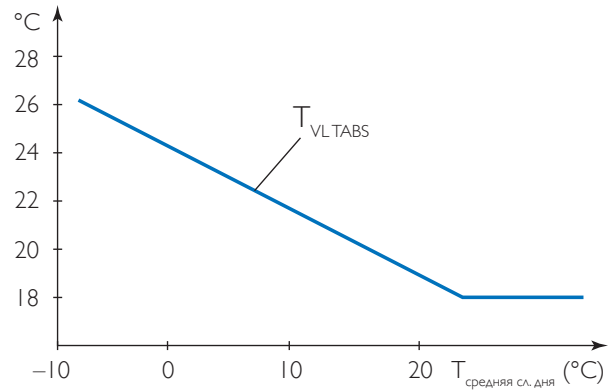


Рис. 1. Температура подающей среды в зависимости от средней величины наружного воздуха на следующий день

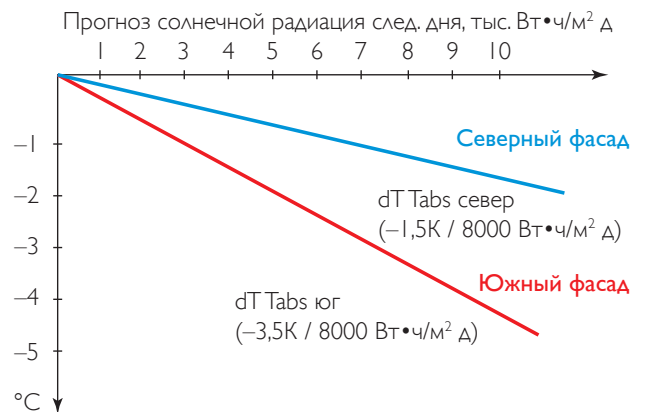


Рис. 2. Коррекция (изменение) температуры подающей среды в зависимости от итоговой величины солнечной радиации на следующий день

Термоактивные элементы

В термоактивном элементе трубы находятся внутри массива бетона, поэтому нужен был другой подход к расчету системы. Поскольку на достаточно небольшой глубине под проектируемым зданием были обнаружены грунтовые воды, было решено использовать эту воду для энергоснабжения здания теплом и холодом. Однако на тот случай, если зима окажется особенно холодной, предусмотрена возможность использования дополнительной тепловой энергии от городской сети централизованного теплоснабжения.

ПРОЕКТ «ПОГОДНАЯ ЛЯГУШКА»



Первые испытания интеллектуального управления, ориентированного на предиктивное регулирование термоактивных потолков, были проведены в Базеле (Швейцария) в рамках проекта Wetterfrosch («Погодная лягушка»), поскольку известно, что лягушки весьма точно чувствуют грядущую перемену погоды. Так, лягушку в народе называют «живой барометр», потому что это земноводное точно реагирует на изменение влажности воздуха. Например, если вечером лягушки много квакают, это означает, что следующий день будет ясный, солнечный и безветренный, а если лягушки скачут по берегу — ждите ливня и т. п.

Предиктивный: от англ. *predict* – «предсказывать, прогнозировать»

Поскольку теплотехнически инерционная бетонная масса здания взаимодействует с трубными системами отопления/охлаждения, необходимо учитывать поведение здания. Перед разработчиками стояли такие вопросы, как влияние внутренней отделки и мебели на температуру помещений, нестационарные процессы при натопе, стратегия регулирования и управления, расчет оптимальной температуры подаваемого тепло- или холодоносителя.

Как уже отмечалось, инертность термоактивных бетонных элементов не позволяет быстро реагировать на изменение потребностей в теплоте или холоде. Температура внутреннего воздуха определяется в основном источником теплоты внутри помещения и внешними теплопоступлениями (солнечная радиация). Благодаря маленькому перепаду между температурой поверхности строительных элементов (бетонного потолка) и температурой внутреннего воздуха в помещении получается весьма эффективное саморегулирование. Обычно температура поверхности термически активного потолка колеблется в интервале от 21 до 25 °С. Если температура внутреннего воздуха выше значения температуры поверхности потолка, то потолок работает как поверхностный охладитель, если ниже – как нагреватель.

Саморегулирование теплопередачи

Например, в весенний период в утренние часы температура воздуха в офисе 18 °С, тогда потолок нагревает помещение, отдавая тепло. В дневные часы температура в помещении повышается в результате внутренних теплопоступлений (тепловыделения от сотрудников, работающие компьютеры, осветительные лампы и т.п.) и внешних источников тепловой энергии (солнечное излучение). Как только температура внутреннего воздуха достигает 21 °С, потолок переключается на режим охлаждения. Другими словами, происходит саморегулирование теплопередачи между бетонным потолком и воздухом в помещении. В результате благодаря данному эффекту саморегулирования происходит кратковременное регулирование мощности внутри дневного цикла.

В нерабочее время (ночные часы) теплотехнически инерционные бетонные потолки «загружаются» теплотой или холодом. При этом «загрузка» происходит в зависимости от средней температуры наружного воздуха, температуры внутреннего воздуха или разности температуры подаваемого или обратного теплоносителя. Следовательно, здесь нет фактического регулирования по температуре внутреннего воздуха, а лишь более или менее эффективное «управление аккумулятором энергии».

Использование возобновляемых источников энергии

Благодаря небольшой энергетической нагрузке в системах TABS возможна энергоэффективная и экономная работа на базе возобновляемых источников энергии. С другой

БАШНЯ MESSETURM (БАЗЕЛЬ, ШВЕЙЦАРИЯ)

Здание стало символом города благодаря не только своей высоте (105 м), но и интересному стеклянному фасаду площадью 14 тыс. м². Остекление фасада отличается высокими показателями теплоизоляции, что позволило установить новые стандарты теплозащиты, несмотря на то, что доля остекления превысила 95 % от общей площади фасада. Между слоями фасада циркулирует вытяжной воздух из офисов и гостиничных номеров.



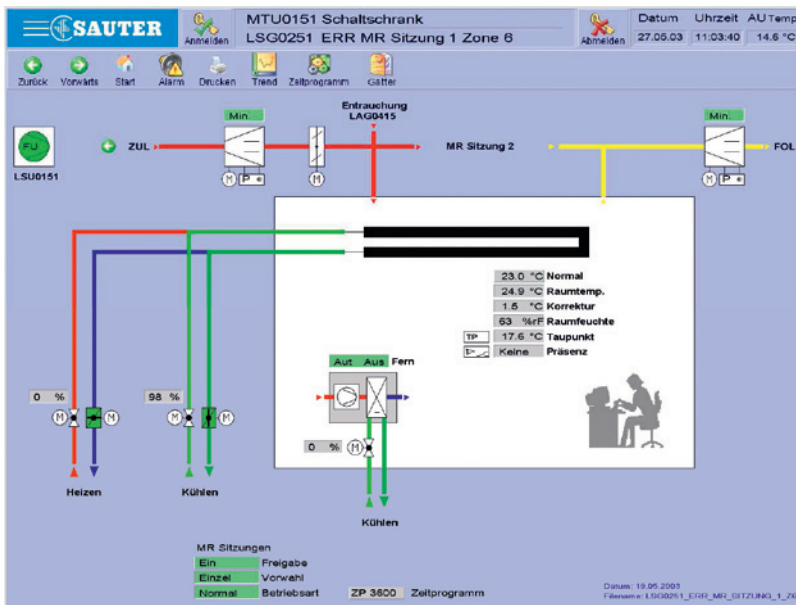


Рис. 3. Мнемосхема работы системы

стороны, при быстром изменении нагрузки предел производительности быстро достигается – наблюдаются колебания температуры внутри помещений. Поэтому эти системы требуют специального инструмента по регулированию температуры теплоносителя, который может учитывать:

- значительную инерционность термической массы бетонных элементов (время реакции составляет от 10 до 12 ч!);
- относительно низкое количество теплоты и холода, подаваемых в систему;
- относительно высокое влияние внутренних и внешних теплоступлений на мощность системы.

Наряду с этим нужно найти оптимальную периодичность включения и выключения циклов нагрева и охлаждения.

Предиктивное управление

Уже в начале пусконаладочных работ инженерных систем здания Messeturm и системы автоматизации и диспетчеризации всем участникам проекта было ясно, что одновременное достижение высоких показателей энергоэффективности и комфорта возможно только в том случае, если обеспечить предиктивное (прогнозируемое, предсказательное) управление.

Из-за большой инерционности TABS (до 12 ч) нужно учитывать те параметры, которые будут через 12 ч. Следовательно, регулирование должно базироваться на данных прогноза погоды следующего дня. Эмпирическим путем было определено, какие погодные параметры оказывают наибольшее влияние на температуру внутреннего воздуха в помещении и как их следует учитывать. При этом, как и при математическом моделировании, нужно попытаться уменьшить количество данных факторов и учитывать только самые главные.

Для первых помещений здания Messeturm используемые станции автоматизации были запрограммированы по принципу прогнозируемого управления. В СКАД novaPro Open был установлен интерфейс, объединяющий систему автоматизации и диспетчеризации башни с гидрометцен-

тром «Метео Швейцария», данные которого доступны в Интернете. Оказалось, что есть три прогнозируемых погодных параметра, которые существенно влияют на температуру теплоносителя системы термоактивных элементов:

- средняя температура наружного воздуха, прогнозируемая на следующий день;
- амплитуда (разница между максимальным и минимальным значениями) температуры наружного воздуха, прогнозируемой на следующий день;
- солнечная радиация, ожидаемая на следующий день.

Эти параметры, с одной стороны, определяют сдвиг заданной величины температуры теплоносителя, с другой стороны, на их базе определяется режим: нагрев или охлаждение. Последнее происходит каждый день ровно в 19:00. Затем, учитывая прогноз погоды, система начинает регулировать температуру теплоносителя и следит за этим в течение 11 ч (до 6:00 следующего дня). В течение еще 6 ч система постоянно запрашивает обновленные погодные данные и при необходимости корректирует температуру теплоносителя. Начиная с 12:00 процесс «кондиционирования» закончен, насосы выключаются.

Мониторинг работы системы предиктивного регулирования

Описанная система предиктивного регулирования была запущена в башне Messeturm в апреле 2009 года, а через 9 месяцев была проверена эффективность ее работы. В результате сделаны выводы, что за все время наблюдения значения температуры внутреннего воздуха в помещениях в рабочее время находились в комфортной зоне: 20–25 °С. Даже когда в летний период температура наружного воздуха поднималась до 30 °С, внутри здания температура в помещениях никогда не превышала 25 °С. Добиться этого позволяло охлаждение помещений в ночные часы, при котором температура в помещениях в утренние часы оставалась в комфортной зоне – не ниже 22 °С.

Очевидное преимущество новой концепции регулирования отразилось на энергозатратах. По сравнению с предыдущими годами работы за период мониторинга (апрель–декабрь) было сэкономлено 32 % энергии, идущей на охлаждение, и 9 % – на нагрев помещений. В период наблюдения не вошел отопительный сезон, поэтому можно предположить, что за год можно экономить до 18 % тепловой энергии.

Вместе с тем измерения показали, что также в среднем на 35 % сократилось время наработки насосов для подачи воды в систему TABS, для подъема грунтовых вод, отопления и охлаждения. Только данный «побочный» эффект (экономия электрической энергии на работу насосов в году составила 19 тыс. швейцарских франков) позволяет вернуть инвестиционные затраты в реализацию проекта «Погодная лягушка» в кратчайшее время.

Интеллектуализация систем регулирования

Положительные результаты предиктивного контроля как в проекте в башне Messeturm, так и в других проектах дали стимул к усовершенствованию контроллеров modu525. Целью стала реализация возможности передачи метеорологических данных из Интернета прямо на станцию автоматизации, минуя СКАД-систему или независимо от нее, и реализация прогнозируемого контроля в малых или средних установках.

В России первым примером применения такого предиктивного регулирования, основанным на прогнозе погоды, стало новое здание НПО «Унисервис» в Жуковском (Московская область) в 2018 году. В рамках данного проекта программисты инженерного центра впервые использовали новый программный блок-погодный модуль. Этот FBD-блок позволяет BACnet-контроллеру modu525 получать для нужного региона прогноз погоды на ближайшее время. Информация берется со специализированного сайта и включает все необходимые параметры, такие как температура, влажность, скорость и направление ветра. Полученные данные можно использовать для оптимизации работы установки.

Система отопления в зависимости от 24-часового прогноза по изменению наружной температуры воздуха рассчитывает точную уставку на отопительном графике, к которой система должна выйти к началу рабочего дня. В ночное время идет максимально допустимое снижение температуры внутреннего воздуха в целях экономии энергии. Это тоже предполагает использование информации об изменении температуры наружного воздуха в ночные часы. Получаемые по сети данные дают прогноз по температуре и влажности наружного воздуха на период до 60 ч. С учетом инерционности большого кирпичного здания на улице Королева, эта информация значительно оптимизирует процессы в отопительной системе.

В планах модернизация системы вентиляции и связанных с ней групп фэнкойлов. В теплое время года воздух, подаваемый в помещения, будет также подготавливаться заранее, через погодный модуль. Это позволит избежать пикового расхода энергии в начале рабочего дня.

Литература

1. Gassmann F., Dr: Für einmal ein zuverlässiger Wetterfrosch // Bau- & Energiemarkt. 2011.
2. Бисмарк М. Автоматизация и управление зданием – наша профессия // Высотные здания. 2008. Апрель/май.
3. Wetterfrosch im Messeturm; <https://de.slideshare.net/ineltc2011/4-gassmann-wetterfrosch4oc>.
4. Бисмарк М. Использование прогноза погоды для оптимизации энергозатрат при оптимальных условиях комфорта. Новости 12/2018. Электронный ресурс: http://www.sauter-bc.ru/rnu/download/file_pdf/Meteomodul_Unidom.pdf.
5. hermann & partner Energietechnik GmbH. Wetterfrosch Messeturm. Basel, 2009.
6. Wetterfrosch spart Energie // Sauter facts. 2011. № 23. ■

Сочетает высокую производительность с архитектурой IoT.

modulo 6



SAUTER modulo 6

устанавливает новые стандарты в автоматизации зданий.

Производительность

- ▶ Маленький, но мощный
- ▶ Большой объем памяти для хранения исторических данных
- ▶ Высокая скорость обработки и отклика

Интеграция

- ▶ BACnet/IP
- ▶ Полевые протоколы: Modbus, M-Bus, KNX, BACnet MS/TP, novaNet (через ecos5)
- ▶ Объединяет электрические системы, отопление, вентиляцию, кондиционирование для создания стабильной, надежной системы

Безопасность

- ▶ Встроенное разделение сети здания и интернета
- ▶ Веб-сервер с зашифрованной связью, поддерживающий BACnet SC
- ▶ Интегрированная аутентификация пользователей Audit Trail

Управление

- ▶ Интегрированный веб-сервер moduWeb Unity для обслуживания и работы
- ▶ Через Bluetooth со смартфона, для ввода в эксплуатацию и технического обслуживания
- ▶ Через локальный блок управления «LOI» с графическим цветным дисплеем высокого разрешения для приоритетной работы (EN ISO 16484-2)

Интернет вещей и облако

- ▶ Интеграция IoT с MQTT
- ▶ Резервное копирование данных через MQTT в облаке
- ▶ Облачные сервисы для контроля, управления и проектирования

Защита инвестиций

- ▶ Обратная совместимость с modulo 5
- ▶ Расширение сетей EY3600/modulo 2 или их интеграция в новые СКК (novaNet через ecos5). Бюджетная реконструкция существующих систем
- ▶ Долгосрочная доступность

Более подробную информацию Вы получите здесь:

www.sauter-controls.com

www.sauter-bc.ru

Реклама

Systems
Components
Services
Facility Services

SAUTER
Creating Sustainable Environments.