

# Автоматизированная система контроля состояния инженерных систем

Филипп Семиров, Николай Павлов

В статье описано решение по защите электротехнического оборудования за счёт обнаружения протечек системы отопления. Данное решение реализовано в рамках проекта по созданию автоматизированной системы контроля инженерных систем здания.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в настоящее время за деятельностью любой крупной производственной инфраструктуры предприятия, обеспечивающей бесперебойное и эффективное функционирование производственного процесса, скрывается система, чаще всего автоматизированная, этой инфраструктурой управляющая. Сердцем такой системы является электроника. Выход из строя какого-либо её компонента может полностью или частично парализовать подконтрольную инфраструктуру и тем самым обречь предприятие на значительные финансовые потери. Причинами выхода из строя системы управления могут служить различные факторы, например, нарушение штатной работы таких систем жизнеобеспечения здания, как система отопления или холодного водоснабжения (ХВС).

## ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Представим себе административно-бытовое здание предприятия, в котором трудится персонал. Функционирование здания зависит от работы множества инженерных систем, позволяющих создать комфортные условия для пребывания в нём людей, например от системы водяного отопления и холодного водоснабжения. Наличие воды и обеспечение комфортной температуры в помещениях — одни из первостепенных требований к эксплуатации здания.

Довольно часто случается, что эксплуатация систем отопления и водоснабжения осуществляется ненадлежащим образом, что приводит к наруше-

нию целостности этих систем и утечке их содержимого. Подобное явление может проходить достаточно медленно и незаметно, например, прорыв трубопровода и разлив воды в технических помещениях, который приводит к разрушительным последствиям и материальному ущербу. Затопление помещения и порча имущества вместе с выходом из строя дорогостоящего электронного оборудования могут полностью парализовать деятельность предприятия, приостановить выполнение его функций.

Такой инцидент, произошедший в крупной компании во время отопительного сезона в одном из удалённых зданий, повлёк за собой необходимость поиска решения для предотвращения подобной ситуации в будущем, а именно:

- создание противоаварийной системы защиты здания, обеспечивающей идентификацию потенциально опасных для электроники прорывов трубопровода и своевременное предотвращение разлива воды из повреждённой системы путём её перекрытия или частичной изоляции;
- обеспечение контроля герметичности системы отопления в подконтрольном помещении и системы холодного водоснабжения во всём здании;
- обеспечение своевременного оповещения дежурного персонала объекта и центральной диспетчерской службы, несущей ответственность за объект, об аварийной ситуации;
- развёртывание системы в нескольких зданиях, расположенных в разных населённых пунктах.

Полученная система должна удовлетворять критерию масштабируемости на случай её внедрения на других объектах.

Компанией «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ» было предложено решение данной задачи, в статье приводится описание разработанной системы и инженерных решений.

## КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

В зависимости от способа организации системы отопления здания выделим два метода определения нарушения её герметичности:

- 1) фиксация разлитого теплоносителя в помещении с расчётом скорости испарения влаги (используется в качестве основного);
- 2) определение по разности расходов на вводе и выводе трубопровода (используется в качестве дополнительного).

### Фиксация разлитого теплоносителя в помещении

Подконтрольное помещение представляет собой комнату с размещённым в ней электротехническим оборудованием, через которую проходит магистраль системы отопления, создающая потенциальную угрозу вывода из строя оборудования.

Ввиду того что подконтрольное помещение имеет большую площадь и существует возможность затопления с верхнего этажа, применение напрашивающегося решения — использования датчиков протечки — оказывается экономически и практически нецелесообразным. Поэтому решено представить из-

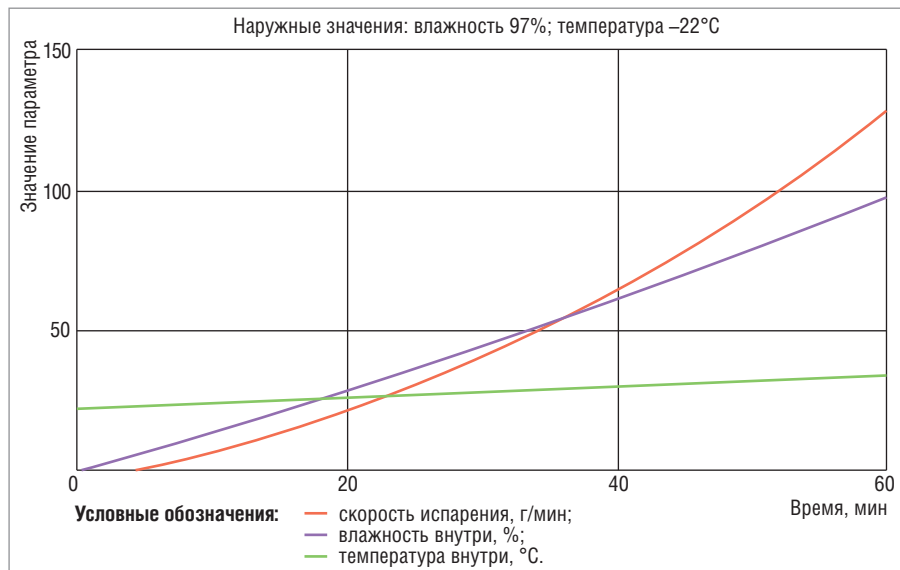


Рис. 1. График зависимости скорости испарения влаги от температуры и влажности воздуха

мерительную часть системы маятниковыми датчиками влажности и температуры в количестве, достаточном для охвата всего объема подконтрольного помещения. Датчики размещаются под потолком. Опорные значения параметров фиксируются с наружного датчика влажности и температуры, который обычно устанавливают на северной или восточной стороне здания.

Такое решение используется преимущественно в отопительный период и опирается на следующие принципы:

- 1) абсолютная влажность воздуха в помещении с некоторым запаздыванием стремится к наружной при условии отсутствия постороннего источника влажности;
- 2) в зимний период относительная влажность воздуха в помещении ощутимо ниже наружной относительной влажности из-за разности температур;
- 3) разлив воды системы отопления сопровождается повышением температуры и влажности в месте её разлива.

Показания датчиков (от 4 штук) можно анализировать по отдельности или использовать их среднее значение. Оба варианта имеют как преимущества, так и недостатки: в первом случае снижается достоверность показаний, а значит, надёжность измерения; во втором снижается чувствительность системы.

Так как требование к надёжности измерений в данном случае важнее, чем чувствительность системы, которую, кстати, можно подкорректировать с помощью величины зоны нечувствительности, то было решено использовать второй вариант. Для определения среднего значения влажности и температуры все датчики размещены с учётом

равномерного охвата площади помещения, а выбор метода нахождения среднего учитывает следующие аспекты:

- сбой или неисправность одного из датчиков не должны оказывать влияние на результат вычисления;
- фиксируется скорость изменения показаний датчиков.

Полученные усреднённые значения температуры и влажности в помещении, а также зафиксированные на улице температура и влажность используются в расчёте скорости испарения влаги в помещении.

### Методика расчёта скорости испарения влаги в помещении

Методика представляет собой математическую модель определения утечки теплоносителя системы отопления, основанную на законах термодинамики и молекулярной физики.

Во-первых, вычисляется масса водяного пара, содержащегося в 1 м³ воздуха, называемая *абсолютной влажностью воздуха*. Другими словами, это плотность водяного пара в воздухе.

При одной и той же температуре воздух может поглотить вполне определённое количество водяного пара и достичь состояния полного насыщения. Абсолютная влажность воздуха в

состоянии его насыщения носит название *влагоёмкости*. Величина влагоёмкости воздуха экспоненциально возрастает с увеличением его температуры. Отношение величины абсолютной влажности воздуха при данной температуре к величине его влагоёмкости при той же температуре называется *относительной влажностью воздуха*.

Абсолютная влажность воздуха в помещении и на улице вычисляется по относительной влажности, полученной с датчиков.

Во-вторых, раз в минуту по разности фактической и расчётной (смотрите 1-й принцип) абсолютной влажности в помещении определяется скорость испарения влаги. Увеличение влажности воздуха в момент разлива теплоносителя отразится в значении скорости испарения со знаком плюс, а снижение влажности, то есть высушивание, — со знаком минус. Результат моделирования показан в виде графика (рис. 1). График демонстрирует пример роста скорости испарения при температуре на улице -22°C и влажности 97%. В помещении объёмом 215 кубических метров приняты начальные значения температуры воздуха +23°C и влажности 10%. Видно, что скорость испарения имеет экспоненциальную зависимость от температуры и влажности и занимает широкий диапазон значений, что позволяет достоверно зафиксировать аварийную ситуацию с минимальным количеством ложных срабатываний.

Заметим, что ни одна система обнаружения протечки не обеспечивает мгновенной реакции на возникшую протечку вследствие инертности происходящих процессов.

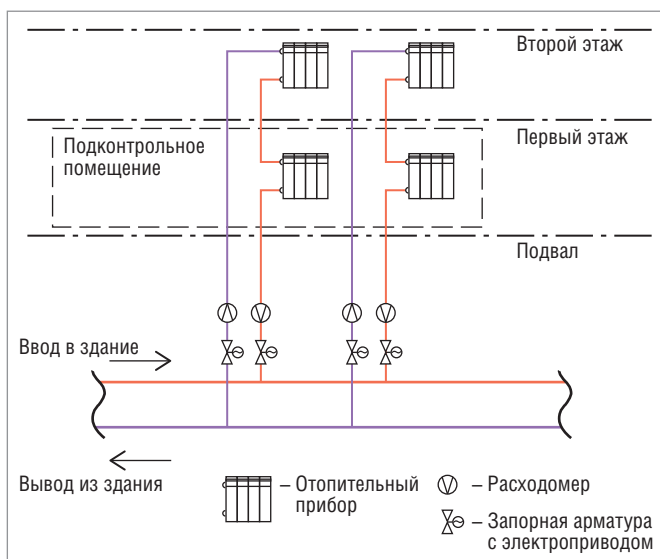


Рис. 2. Схема установки запорной арматуры в двухтрубную систему отопления здания

## Разность расходов теплоносителя

Это, как уже говорилось, дополнительный способ определения нарушения герметичности системы отопления. Он применим, если здание имеет внешнее центральное отопление, тогда запорная арматура устанавливается на ввод и на вывод системы. В случае если здание имеет собственную котельную, помимо запорной арматуры на вводе и выводе устанавливается байпас.

При наличии двухтрубной схемы отопления здания с нижней раздачей изолируется конкретный повреждённый участок, но не вся система целиком. Это достигается путём установки ультразвуковых расходомеров и запорной арматуры на подающие и обратные магистральные участки, проходящие через подконтрольное помещение (рис. 2).

В случае если система отопления здания построена по иной схеме, не позволяющей реализовать возможности обнаружения пробоя и изоляции конкретного участка, запорная арматура устанавливается на вводе всей системы отопления или осуществляется переключение на байпас. Управление запорной арматурой происходит автоматически при возникновении аварийного события. Также имеется возможность ручного или дистанционного управления по команде диспетчера.

Выбор и использование такого устройства, как ультразвуковой расходомер для определения участка, на котором произошёл пробой, осуществляется путём вычисления разности расходов между входом и выходом системы отопления. Расходомер выбирается с учётом такого диаметра используемых труб, чтобы допустимая погрешность измерения расхода воды при номинальном давлении не превышала критичного для фиксации протечки значения. Так, например, для трубы с диаметром условного прохода больше 20 миллиметров не имеет смысла установка расходомеров, иначе суммарная допустимая погрешность расходомеров, установленных на подающем и возвращающем участках, получается значительно выше требуемой чувствительности.

## Отработка аварийной ситуации

Кратко отработку аварийной ситуации можно описать следующим образом:

1) фиксируется превышение скорости испарения влаги *предаварийной уставки* (задаётся из центральной диспет-

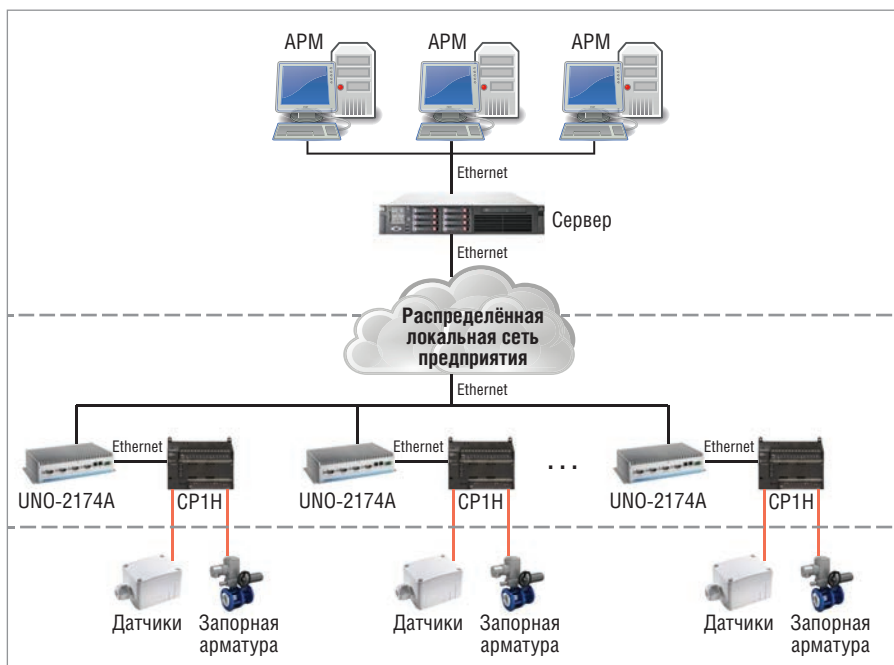


Рис. 3. Архитектура системы контроля

черской) за интервал времени и выставляется предупредительный сигнал для дежурного персонала (в это время персонал может предпринять действия по выяснению причин возникновения предупредительного сигнала);

2) фиксируется превышение скорости испарения влаги уже *аварийной уставки* (задаётся из центральной диспетчерской) и выставляется аварийный сигнал для дежурного персонала;

3) в зависимости от конфигурации системы изолируется повреждённый участок или производится отключение всей системы отопления здания.

Вновь открыть запорную арматуру системы отопления возможно только после квитирования диспетчером аварии и подачи команды на открытие из шкафа автоматики либо из диспетчерского пункта.

Возможно, у читателя появился вопрос: зачем применяется двухступенчатый анализ содержания влаги в помещении? Для того чтобы предотвратить ложное срабатывание из-за кратковременного возмущающего воздействия, например, мытья полов в подконтрольном помещении или длительного присутствия людей в совокупности с низкой уставкой зоны нечувствительности.

## Контроль герметичности системы ХВС

Алгоритм обработки аварийной ситуации аналогичен описанному, только анализируется не скорость испарения влаги, а расход воды.

Контроль герметичности системы холодного водоснабжения выполняется с помощью ультразвукового расходомера, который устанавливается на вводе системы ХВС в здание в паре с запорной арматурой.

Автоматика сравнивает показания расходомера с уставкой и при нештатной ситуации отключает водоснабжение. Выбор уставки в зависимости от типа объекта, количества пребывающих людей, а также от вида деятельности проводится на основании СНиП 2.04.01-85\*, Приложение № 3 «Нормы расхода воды потребителями».

Превышение уставки по причине выхода из строя сантехники и, как следствие, неконтролируемого расхода воды классифицируется как аварийное состояние со всеми вытекающими последствиями. На практике часто встречающиеся неисправности сливного бачка унитаза или водопроводного крана ощутимо увеличивают расход, а равно и коммунальные платежи, поэтому контроль потребления ХВС имеет дополнительный плюс в виде мониторинга состояния сантехнического оборудования, что позволяет снизить финансовые затраты.

## АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ, АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Созданная компанией «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ» система контроля на объекте заказчика имеет трёхуровневую архитектуру и является территориально распределённой. Система построена по принципу модульности, отчего в основе





Рис. 4. Фото модуля системы контроля

каждого удалённого модуля лежит типизированный функционал и перечень используемого оборудования, что ощутимо сокращает время на ввод модуля в эксплуатацию и позволяет легко масштабировать систему в будущем. Работоспособность отдельного модуля не влияет на работоспособность остальных частей и всей системы в целом.

Как показано на рис. 3, на каждом уровне работает специализированное оборудование для выполнения конкретных функций:

- *нижний уровень* — датчики влажности и температуры AGS54 компании Thermokon Sensortechnik и шаровые краны с электроприводами и конечными выключателями;
- *средний уровень* — программируемый логический контроллер CP1L компании OMRON, обеспечивающий обработку информации от датчиков, выполнение алгоритма и выработку команд для управления шаровыми кранами, и промышленный компьютер UNO-2174A компании Advantech, связывающий удалённый модуль с верхним уровнем (на рис. 4 представлен один из модулей);
- *верхний уровень* — сервер, обеспечивающий сбор, хранение, архивирование, а также оперативное представление информации о состоянии инженерных систем, дистанционное управление оборудованием, находящимся на объекте, и автоматизированные рабочие места.

Программные средства состоят из

- операционных систем:
  - 1) Windows Embedded Standard 7 на промышленных компьютерах;
  - 2) Windows Server 2012 R2 Essentials на сервере;
  - 3) Windows 7 Professional на APM;
- SCADA-системы GENESIS64 компании ICONICS;
- OPC-сервера Modbus Ethernet OPC Server компании ICONICS;

- и вспомогательных программ для синхронизации времени, защиты сетевых подключений и пр.

### Что получилось?

Наблюдения за показаниями датчиков и работой алгоритма определения скорости испарения влаги показали, что система адекватно реагирует как на изменения погодных условий, так и на изменения микроклимата помещения, и в случае возникновения аварийной ситуации перекрывает нужную систему. Результат наблюдения развеял сомнения по поводу применимости данной мето-

дики определения утечки воды, принятой на этапе проектного решения.

В заключение отметим, что описанное решение позволяет предотвратить негативное влияние аварийных ситуаций инженерных систем на работоспособность оборудования на удалённых объектах, увеличить время его бесперебойной эксплуатации и снизить издержки из-за простоя. ●

**Авторы – сотрудники фирмы «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ»**  
**Телефон: (495) 232-18-17**  
**E-mail: info@norvix.ru**

## Новые SLIO CPU

максимальная производительность при минимальных размерах

Мощные, как S7-300, и чрезвычайно гибкие!

Новые процессорные модули CPU 014 и CPU 015 серии SLIO обеспечивают максимальную гибкость системам управления, созданным на их основе. Благодаря разнообразным встроенным интерфейсам они легко интегрируются в промышленные сетевые структуры. Мощный процессор, быстрая системная шина и наличие широкого набора модулей расширения позволяют осуществлять управление самыми различными технологическими процессами, гарантируя при этом высочайшую скорость реакции системы.

- Возможность расширения объёма рабочей памяти до 512 кбайт
- Встроенные порты Ethernet PG/OP и PROFINET (CPU 015)
- Возможность подключения до 64 модулей расширения
- Порт X2 с функционалом MPI или PROFIBUS DP ведущий/ведомый
- Порт X3 с поддержкой обмена данными в режиме PtP (включая Modbus RTU) или MPI
- Системная шина со скоростью передачи 48 Мбит/с

S7-300 является зарегистрированной торговой маркой Siemens AG

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ VIPA

РЕКЛАМА

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**КАЗАНЬ**  
**КРАСНОДАР**  
**САМАРА**  
**УФА**  
**ЧЕЛЯБИНСК**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
 Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru