

# Автоматизированная система контроля состояния инженерных систем



В статье приводится описание нестандартного решения, реализованного в рамках проекта по созданию автоматизированной системы контроля инженерных систем здания для защиты электротехнического оборудования от последствий аварий на основе анализа параметров воздуха.

ООО «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ», г. Москва

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 ее компонента может полностью или частично парализовать подконтрольную инфраструктуру и тем самым обречь предприятие на значительные финансовые потери. Причиной выхода из строя системы управления могут послужить 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 благоприятные условия для пребывания в нем людей, например от системы водяного отопления и холодного водоснабжения. Наличие воды и комфортная температура в помещениях — одно из первостепенных требований к эксплуатации здания.

Довольно часто случается, что эксплуатация систем отопления и водоснабжения осуществляется ненадлежащим образом, что приводит к такой проблеме, как нарушение целостности этих систем и утечка их содержимого. Подобное явление может протекать достаточно медленно и незаметно (напри-

мер, прорыв трубопровода и разлив воды в технических помещениях), что приводит к разрушительным последствиям и материальному ущербу. Затопление помещения, порча имущества, выход из строя дорогостоящего электронного оборудования могут полностью парализовать деятельность предприятия, приостановить выполнение его функций.

Подобный инцидент, произошедший в одном из удаленных зданий крупной компании во время отопительного сезона, повлек за собой необходимость искать решение для его предотвращения в дальнейшем. А именно такое решение, которое позволит:

- создать противоаварийную систему защиты здания, обеспечивающую идентификацию потенциально опасных для электроники прорывов трубопровода и своевременное предотвращение разлива воды из поврежденной системы путем ее перекрытия или частичной изоляции;

- обеспечить контроль герметичности системы отопления в подконтрольном помещении и системы холодного водоснабжения во всем здании;

- обеспечить своевременное оповещение дежурного персонала объекта и центральной диспетчерской службы, ответственной за объект, об аварийной ситуации;

- развернуть систему в нескольких зданиях, расположенных в разных населенных пунктах.

Полученная система должна была удовлетворять критерию масштабируемости на случай ее расширения на другие объекты.

В статье описано решение, предложенное компанией ООО «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ».

## Контроль герметичности системы отопления

В зависимости от организации системы отопления здания можно выделить два способа определения нарушения ее герметичности:

- фиксация разлитого теплоносителя в помещении (используется в качестве основного);

- по разности расходов на вводе и выводе трубопровода (используется в качестве дополнительного).

## Фиксация разлитого теплоносителя в помещении

Подконтрольное помещение представляет собой комнату с размещенным в ней электротехническим оборудованием, через которую проходит магистраль системы отопления, являющаяся потенциальной угрозой для этого оборудования, которое в случае аварии может быть выведено из строя.

Ввиду того, что подконтрольное помещение имеет большую площадь и существует возможность затопления с верхнего этажа, применять решение, которое направляется в первый момент (использование датчиков протечки), экономически нецелесообразно и непрактично.

Поэтому решено представить измерительную часть системы маятниковыми датчиками влажности и температуры в количестве, достаточном для охвата всего объема подконтрольного помещения. Датчики размещаются под потолком. Оперные значения параметров фиксируются с наружного датчика влажности и температуры, который обычно устанавливается 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 сравняться с 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 ее разлива.

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

Так как требование к надежности 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 развешены с учетом равномерного охвата площади помещения. При выборе метода нахождения среднего значения учитываются следующие аспекты:

- сбой в работе или неисправность одного из датчиков не должны оказывать влияния на результат вычисления;

- скорость изменения показаний датчиков должна фиксироваться.

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

#### Методика расчета 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  $1 \text{ м}^3$

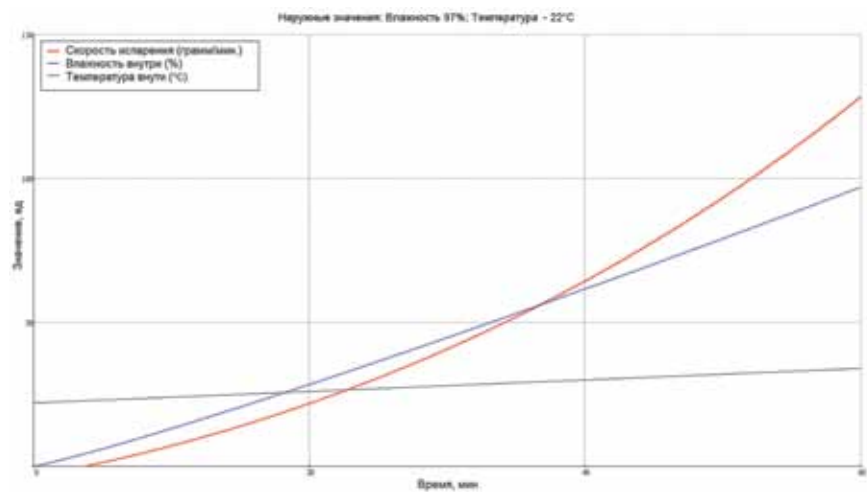


Рис. 1. График зависимости скорости испарения от температуры и влажности воздуха

воздуха, называемая абсолютной влажностью воздуха. Другими словами, это плотность водяного пара в воздухе.

При одной и той же температуре воздух может поглотить вполне определенное количество водяного пара и достичь состояния полного насыщения. Абсолютная влажность воздуха в состоянии его насыщения носит название влагоемкости. Величина влагоемкости воздуха экспоненциально возрастает с увеличением его температуры. Отношение величины абсолютной влажности воздуха при данной температуре к величине его влагоемкости при той же температуре называется относительной влажностью воздуха.

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

Во-вторых, раз в минуту по разности фактической и расчетной (см. 1-й принцип) абсолютной влажности в помещении определяется скорость испарения влаги. Увеличение влажности воздуха в момент разлива теплоносителя отразится на значении скорости испарения со знаком «+», а снижение влажности, — со знаком «-». Результат модели показан на рис. 1 в виде графика.

На графике показан пример роста скорости испарения при температуре на улице  $-22 \text{ }^\circ\text{C}$  и влажности 97%. В помещении объемом 215 кубических метров приняты начальные температура воздуха  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  и влажность 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.

#### Разность расходов теплоносителя

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

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

Если система отопления здания построена по иной схеме, не позволяющей обнаружить пробой и изоляцию конкретного участка, то 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 управления или дистанционного по команде диспетчера.

Выбор и использование такого устройства, как ультразвуковой расходомер, для определения участка, на котором произошел пробой, осуществляется с помощью вычисления разности расходов между входом и выходом системы отопления. При выборе расходомера учитывается диаметр труб, для того чтобы допустимая погрешность измерения расхода воды при номинальном давлении в них не превышала критического для фиксации протечки значения. Так, например, на трубе с диаметром условного прохода больше 20 мм использовать расходомеры не имеет смысла, иначе суммарная допустимая погрешность расходомеров, установленных на подающем и возвращающем участках, окажется значительно выше требуемой чувствительности.

#### Обработка аварийной ситуации

Кратко обработку аварийной ситуации можно описать следующим образом.

1. Фиксируется превышение скорости испарения влаги предаварийной уставки (задается из центральной диспетчерской) за интервал времени и выставляется предупредительный

сигнал для дежурного персонала (в это время персонал может выяснить причины возникновения предупредительного сигнала).

2. Фиксируется превышение скорости испарения влаги уже аварийной уставки (задается из центральной диспетчерской) и выставляется аварийный сигнал для дежурного персонала.

3. В зависимости от конфигурации системы изолируется поврежденный участок или отключается вся система отопления здания.

Вновь открыть запорную арматуру системы отопления возможно только после квитирования диспетчером аварии и подачи команды на открытие со 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 выше, только анализируется не скорость испарения влаги, а расход воды.

Контроль над герметичностью системы холодного водоснабжения

ведется 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. Уставка выбирается в зависимости от типа объекта, количества людей в здании, а также вида осуществляемой деятельности и производится 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 бака унитаза или водопроводного крана ощутимо увеличивают расход, а равно и коммунальные платежи. Поэтому контроль расхода холодной воды имеет дополнительный плюс: он заставляет контролировать состояние сантехнического оборудования, что позволяет снизить финансовые затраты.

#### 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, а в случае возникновения аварийной ситуации перекрывает нужную систему. Результат наблюдения развеял сомнения по поводу применимости подобной методики 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 удаленных объектах, увеличить время его бесперебойной работы и снизить издержки из-за простоя.

Н. Г. Павлов, инженер-программист,  
Ф. В. Семиров, инженер-проектировщик,  
ООО «НОРВИКС-ТЕХНОЛОДЖИ», г. Москва,  
тел.: (495) 232-1817,  
e-mail: info@norvix.ru,  
[www.norvix.ru](http://www.norvix.ru)

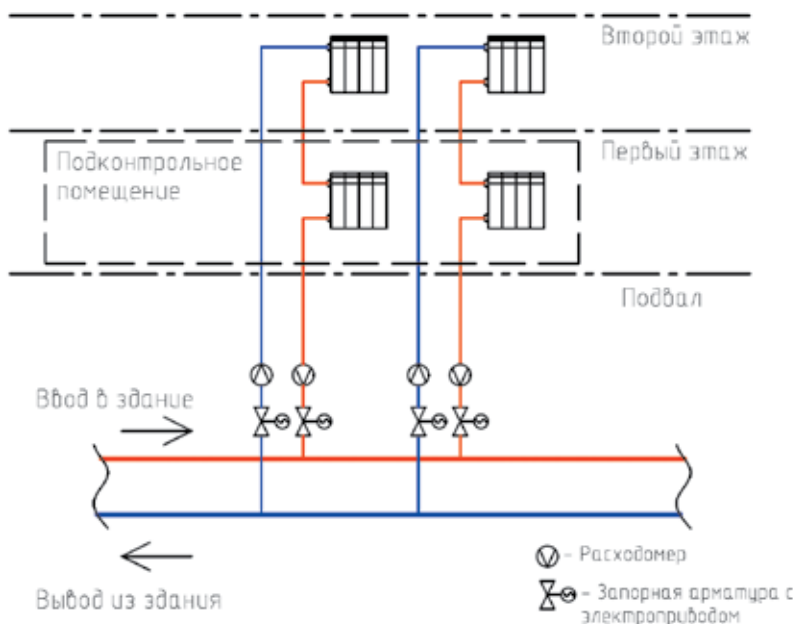
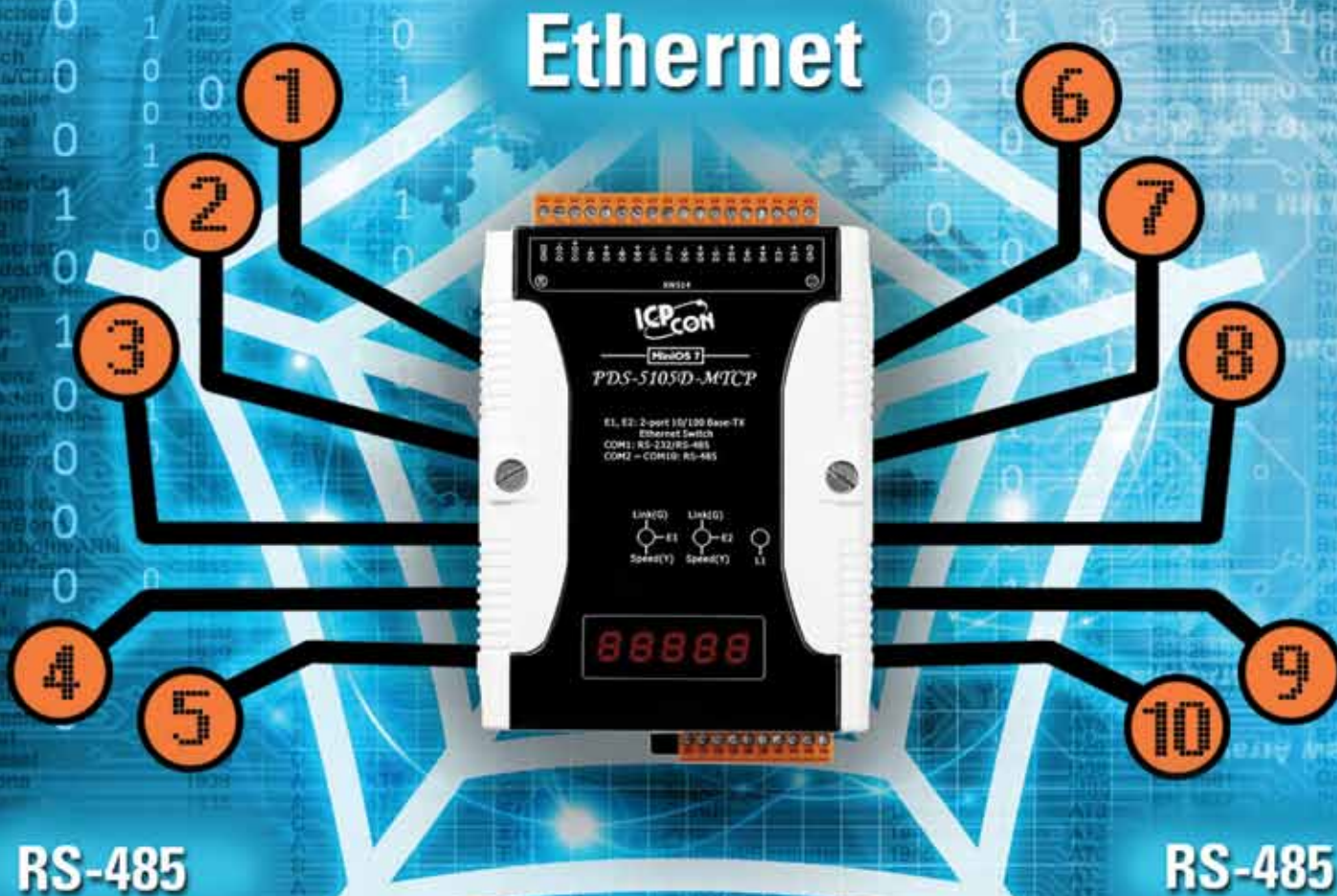


Рис. 2. Схема установки запорной арматуры в двухтрубную систему отопления здания



# 10 портовый конвертер RS-485 портов в Ethernet с функцией Modbus шлюза PDS-5105D-MTCP



**Свяжет ваши устройства в одну сеть!**

## Основные характеристики PDS-5105D-MTCP:

- 10 портов RS-485
- Функция виртуального COM порта
- Функция шлюза Modbus TCP в Modbus RTU/ASCII
- 2xLAN с функцией LAN Bypass
- Возможность кастомизировать прошивку
- Поддержка Windows 7 и 8

