

НПО Тепловизор

ПРИБОРЫ УЧЁТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Разработка, производство, установка, обслуживание



$$Q = \gamma_1 \rho_1 (h_1 - h_2) - \gamma_2 \rho_2 (h_2 - h_3)$$

www.teplovizor.ru
+7(495)730-47-44



В который раз о выборе качественных и надежных теплосчетчиков для узлов учета тепловой энергии в ЦТП, ИТП, жилых домах



В статье подробно объяснено, почему возникает несоответствие в показаниях квартирных и общедомовых счетчиков потребления воды и тепла. Авторы привлекают внимание к необходимости разработки новых методов подсчета для избавления от таких недостатков.

НПО «Тепловизор», г. Москва

Вот уже более 25 лет в нашей стране идет непрерывный процесс установки, обслуживания и замены уже отслуживших и отказавших узлов учета тепловой энергии. За это время накоплен гигантский опыт в области как эксплуатационной, так и метрологической надежности теплосчетчиков почти всех типов и самых разных производителей. Общая наработка расходомерных и температурных каналов теплосчетчиков, установленных на трубопроводах систем отопления, превышает миллионы «приборо-лет».

Игнорировать этот опыт неразумно. Только бережное отношение к этим знаниям позволит как достоверно ранжировать значимость рекламируемых, объявляемых и скрытых параметров теплосчетчиков разных изготовителей, так и установить их реальную эксплуатационную и метрологическую надежность.

Так, во всех регионах страны управляющие компании ЖКХ регулярно вынуждены решать проблему небаланса потребленной жильцами горячей и холодной воды по показаниям квартирных счетчиков воды и общедомовых приборов учета. Хотя уже давно известно, что одной из основных причин этого являются грубые отклонения результатов измерений счетчиков воды и расходомеров в теплосчетчиках от истинных значений при измерении ими переменных расходов.

Не нагружая читателя анализом причин неустойчивости метрологических характеристик турбинных и крыльчатых счетчиков воды на пе-

ременных расходах, подробно остановимся на причинах влияния переменных расходов на метрологические характеристики ультразвуковых и электромагнитных расходомеров, получивших самое широкое распространение на узлах учета в жилых домах и других зданиях, а также на источниках водо- и теплоснабжения. Практически все ультразвуковые и большинство электромагнитных расходомеров измеряют расход прошедшей воды непрерывно, а периодически. Либо раз в секунду или несколько секунд, а то и минут (особенно ультразвуковые, измеряющие разность времени распространения звукового сигнала по потоку и против потока), либо, как электромагнитные, за одинаковые интервалы времени с помощью аналого-цифрового преобразователя — АЦП (проводится опрос-измерение амплитудного значения электрического напряжения, индуцируемого на электродах потоком воды, протекающим через магнитное поле первичного преобразователя расхода — ППР). Частота формирования ультразвуковых импульсов в целях снижения энергопотребления обычно не превышает десятых долей герца, а частота опроса напряжения с электродов у электромагнитных приборов аналого-цифровым преобразователем, учитывая, что его обычно используют для поочередного измерения от десяти и более различных параметров, также находится на уровне долей герца.

Фурье-спектр поквартирного потребления из-за его импульсного характера с короткими фронтами и ми-

нимальными длительностями открытого состояния крана в единицы секунд простирается выше нескольких десятков герц. Поэтому для адекватного описания и соответственно выполнения измерений таких расходов с заданной погрешностью в соответствии с теоремой Котельникова об отсчетах необходимо, чтобы частота опроса АЦП о расходе у расходомеров-счетчиков и теплосчетчиков была не ниже 40...60 Гц.

Следует подчеркнуть, что общее потребление ГВС и ХВС жилых домов носит столь же неравномерный характер. В нем обычно выделяется три максимума — утренний, обеденный и вечерний, отношение амплитуд которых к среднему потреблению нередко превышает порядок (то есть более чем в 10 раз) и в значительной степени определяется видами трудовой деятельности жильцов, а также близостью их дома к месту работы. И если лет 15–20 назад еще можно было обособить требования к приборам учета для систем отопления из-за специфики почти постоянных расходов и плавно меняющихся температур теплоносителя (не более 3...5 °С в час), то в настоящее время в борьбе за реальную экономию теплопотребления в большинстве регионов страны повсеместно внедряются системы погодного регулирования, наладка которых оставляет желать лучшего, так как их работа носит клиппированный характер. Не намного лучше ситуация с обеспечением отладки систем автоматического регулиро-

вания в ЦТП и ИТП. Поэтому в настоящее время и тем более в будущем нам необходимы теплосчетчики, способные измерять быстропеременные расходы с неопределенностью не более 2%. А это возможно обеспечить у теплосчетчиков только тогда, когда их расходомерные каналы производят опрос-измерение расхода с частотой, не менее чем в два раза превышающей максимальную в Фурье-спектре функции изменения расхода во времени.

Мы уже отмечали, что у многих используемых в настоящее время расходомеров-счетчиков и теплосчетчиков частота измерения сигнала о расходе значительно ниже (более чем в 30 раз) верхней частоты спектра Фурье этого сигнала, что и является основной причиной недопустимых отклонений от реальных значений при измерении быстропеременных расходов воды в системах ГВС и ХВС. Даже если пренебречь всеми возможными квазисинхронными случаями между гармониками спектра и частотой опроса (как редкими), среднестатистически наиболее вероятными будут отклонения показаний таких счетчиков от фактически потребленных значений, равные отношению веса всех гармоник спектра Фурье выше половины частоты опроса (от 0,1...0,3 Гц до 40...60 Гц) к весу гармоник ниже этой частоты (от 0 Гц до 0,1...0,3 Гц).

Не меньшее значение для обеспечения требуемых метрологических характеристик у расходомеров-счетчиков и теплосчетчиков имеет их внутренний алгоритм вычисления потребленной воды или тепловой энергии.

В «Правилах коммерческого учета тепловой энергии» и соответствующих нормативных документах потребленные объем (масса) воды и тепловая энергия определяются как интегралы объемного (массового) расхода воды и тепловой мощности на заданном отрезке времени. Однако у всех счетчиков воды и теплосчетчиков эти интегралы вычисляются пошагово, путем приближения их конечной суммы, количество слагаемых которой определяется числом временных отрезков-шагов (тактов), покрывающих отрезок времени интегрирования. При этом потребленные в каждом таком интервале объем (масса) воды или тепловая энергия вычисляются

у большинства расходомеров-счетчиков и теплосчетчиков методом ступенчатой аппроксимации. То есть расход, температура или давление на этом интервале принимаются постоянными и равными значению, полученному в результате опроса в пределах этого интервала. Длительность этих интервалов практически у всех существующих расходомеров-счетчиков и теплосчетчиков находится в пределах от 0,5 секунды до нескольких десятков секунд. Поэтому резко меняющиеся во времени параметры, такие как давление, расход и даже температура, в течение столь продолжительного интервала могут иметь несколько локальных максимумов и минимумов, что и является причиной непредсказуемых отклонений при вычислении результата. Не может устранить эти отклонения использование метода кусочно-ломаной аппроксимации или других методов осреднения данных опроса. Только уменьшение продолжительности шага-такта или множественный опрос значений параметра в течение него (что равнозначно) позволяют устранить возможные грубые отклонения результатов измерений.

Еще большие проблемы с достоверностью вычислений возникают при использовании средних значений переменных величин, зависящих от двух и более параметров. Использование в вычислениях тепловой энергии или других ресурсов, определяемых двумя и более переменными параметрами, средних значений этих параметров заведомо приводит к грубым отклонениям полученных результатов от истинных значений. Величина отклонений составляет половину от суммы произведений амплитуд всех синхронных гармоник их спектров. Тем самым, если амплитуды хотя бы одной из синхронных гармоник спектров расхода и температуры составляют более 20% от средних значений этих параметров за отчетный период, то относительное отклонение результатов вычисления тепловой энергии от истинного ее значения превысит 2%. Более того, неидеальное осреднение или фильтрация переменных параметров и соответственно непредсказуемые фазовые сдвиги гармоник будут приводить к дополнительной неопределенности результатов вычислений. Опять же, не утомляя читателя анализом при-

чин появления синхронных гармоник в спектрах, отметим, что изменение расхода в отопительной системе обязательно приводит к изменению энергосодержания (энтальпии) воды и соответственно ее температуры, так как именно она является носителем тепловой энергии, расходуемой на обогрев. Это и формирует синхронные изменения расхода и температуры со сдвигами, определяемыми характеристиками отопительной системы. Аналогичные процессы теплообмена в котлах и теплообменниках на источниках тепловой энергии, а также в теплосетях формируют переменные расходы с синхронным изменением температуры. Именно поэтому для обеспечения измерений переменных расходов воды, а также производимой, распределяемой и потребляемой тепловой энергии с требуемой неопределенностью расходомерные и температурные каналы теплосчетчиков при использовании дискретных способов обработки сигналов должны иметь тактовую частоту опроса не ниже 60...80 Гц.

Частотно-фазовые характеристики их трактов не должны оказывать заметного влияния (не более 0,2 от уровня допустимой неопределенности измерений) на амплитуды и фазы возможных верхних гармоник процессов производства, передачи и распределения тепловой энергии. Максимальная длительность такто-шага квазиинтегрирования в вычислителях таких теплосчетчиков не должна превышать 10...15 мс.

Обращаясь к читателям этой статьи, мы пытаемся привлечь их к соавторству в необходимой, на наш взгляд, работе по совершенствованию требований в существующих весьма объемных «Правилах коммерческого учета тепловой энергии» и других связанных с ними и регламентирующих теплоучет документах, которые так и не решили многих проблем не формального, а реального теплоучета.

В. С. Коптев, директор по науке,
А. В. Прохоров, директор,
С. В. Коптев, главный метролог,
Е. Н. Демин, главный конструктор,
НПО «Тепловизор», г. Москва,
тел.: +7 (495) 730-4744,
e-mail: mail@teplovizor.ru,
сайт: www.teplovizor.ru