

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА
КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ**

Введение

Под информационной технологией (ИТ) понимают технологический процесс, предметом переработки и результатом которого является информация [1]. В соответствии с формулой этой научной специальности ИТ охватывает теоретические и методологические основы и инструментальные средства создания и использования ИТ в различных областях человеческой деятельности, в том числе разработку критериев оценки и методов обеспечения качества.

В работе рассмотрена предложенная авторами информационная технология определения качества коммунальных услуг. В дальнейшем коммунальными будем считать услуги, предоставляемые потребителям в городах с использованием многоуровневых иерархических инженерных сетей, т.е. доставка газа, электроэнергии, отопления, горячей и холодной воды.

Сети состоят из основных, промежуточных и терминальных узлов и линий связи между ними. В основных узлах производится продукт, который далее через линии связи и промежуточные узлы поступает в терминальные узлы, где продукт потребляется. Основные и промежуточные узлы будем называть серверами. Для сетей коммунальных услуг основными серверами являются электростанция, газовая скважина, станция забора и очистки воды, а промежуточными — трансформаторная подстанция, газовый распределительный пункт, теплопункт.

Сети характеризуются двумя видами параметров — параметры потенциала и потока. В международном стандарте IEEE 1076.1 на язык VHDL-AMS соответствующие понятия называются across quantity и through quantity [2]. Параметрами потенциала, которые поддерживают серверы, являются напряжение и частота в электрической сети, давление, температура и число Воббе газовой сети, давление и температура теплоносителя горячего водоснабжения и отопления. Параметрами потока, которые зависят от параметров потенциала и, в основном, формируются в терминальных узлах сети, — электрический ток и количество газа и воды, потребляемых в единицу времени.

При использовании продукта параметры потока изменяются в очень большом диапазоне, в зависимости от сезона, времени суток, температуры окружающей среды, причем это изменение имеет статистический характер. Вследствие ограниченной мощности серверов и сопротивления передаче продукта линиями связи (передачи) в сетях существует обратная связь, при которой параметры потенциала зависят от параметров потока. Степень этой обратной связи и определяет качество сети.

Постановка проблемы

Всегда существуют проблемы как определения качества предоставления коммунальных услуг конкретным поставщиком, так и определения качества потребленных коммунальных услуг каждым потребителем, который использует услуги в необходимое для него время.

© В.А. БАГАЦКИЙ, А.В. БАГАЦКИЙ, 2018

*Международный научно-технический журнал
«Проблемы управления и информатики», 2018, № 3*

Анализ существующего положения по определению качества коммунальных услуг

Современные документы нормируют два показателя качества поставок услуги: надежность и ее качество. Надежность поставки — это количество случаев и общее время отключения услуги за сутки, месяц, год.

В настоящее время технология определения качества услуг обеспечивается в юридическом плане действующим комплексом нормативных документов, а в техническом отношении — существующими измерительными средствами.

Показателем качества предоставления коммунальных услуг являются отклонения параметров потенциала от их нормы за определенный промежуток времени [3–5].

Нормой может быть диапазон допустимых и максимально допустимых отклонений от номинального значения, диапазон допустимых значений или максимальное (минимальное) значение параметра потенциала, которое не должно быть выше (ниже) нормы. Таким образом, параметры потенциала измеряются, а показатели качества вычисляются.

Наиболее важные показатели качества определяются номинальными значениями параметров потенциала и диапазонами допустимых и максимально допустимых отклонений от них (установившиеся отклонения напряжения и частоты в электрической сети, удельная теплота сгорания газа и др.). Качество услуги в целом характеризуют отклонениями нескольких параметров потенциала, т.е. вектором отклонений.

Согласно Постановлению Кабинета Министров Украины № 151 [5], ухудшение одного основного параметра качества — понижения температуры в помещении в отопительный сезон и температуры горячей воды — приводит к уменьшению тарифного коэффициента и соответственно оплаты за услугу. Отклонение показателей качества электро- и газоснабжения от нормы не связаны в документах [3, 4] с величиной оплаты за них. Также не связаны с уменьшением оплаты ухудшение таких показателей качества, как давление теплоносителя в отопительной сети и газа в газовой сети, давление воды в сетях холодного и горячего водоснабжения.

В техническом отношении на верхних уровнях иерархии многоуровневых сетей предоставления услуг существуют системы контроля, которые оценивают качество по векторным показателям [6, 7].

На нижнем уровне иерархии у потребителя есть только счетчик горячей и холодной воды типа ЛВ-4Т [8], в котором снижение температуры горячей воды пересчитывается в уменьшение количества потребленной воды, что приводит к уменьшению оплаты за пользование горячей водой. У потребителя нет официально признанных приборов измерения и документирования показателей качества других услуг в течение дня, недели, месяца.

Поддержание параметров потенциала в норме является основной задачей производителя или поставщика услуг, и поэтому они должны принимать необходимые технические меры для поддержания в норме показателей качества.

В отличие от производителя или поставщика услуг, потребитель не имеет технических и экономических возможностей для улучшения качества услуг, поэтому у него есть единственная возможность повлиять на качество услуги — платить за некачественные услуги производителю меньше. Для этого необходимы такие юридические действия: создать комиссию, провести измерения

параметров качества с помощью специальных технических средств, составить акты, обратиться к производителю или поставщику услуг с претензиями или в суд. Поскольку в настоящее время технические средства и вся необходимая техническая информация находятся у производителя, выиграть суд для рядового потребителя чрезвычайно сложно.

Цель работы

Разработать информационную технологию определения качества коммунальных услуг, которая позволит представлять изменение качества коммунальной услуги во времени по нескольким параметрам в виде скалярного показателя и производить автоматический пересчет оплаты услуги потребителем за расчетное время.

Основные требования к технологии и ее краткое описание

В работе предложены методическое, программное и частично техническое обеспечение новой технологии определения качества коммунальных услуг.

Поскольку для внедрения новой технологии необходимы разработка нормативных документов, специальных технических средств и их производство, для чего требуется определенное время, некоторое время она должна сосуществовать со старой технологией. Поэтому существующая технология должна быть только частным случаем новой.

В предложенной новой технологии для определения качества услуги используется отдельный показатель — коэффициент качества. Если параметры потенциала предоставляемой услуги равны номинальным значениям, указанным в нормативном документе, то коэффициент качества равен единице, если они отклоняются от номинальных, но не превышают максимально допустимые значения, то коэффициент качества находится в пределах от единицы до нуля, а если выходят за пределы максимально допустимых значений, то коэффициент качества равен нулю. Для определения качества предоставления услуг достаточно измерять параметры потенциала, а для определения качества потребленных услуг измеряются параметры потенциала и потока.

Качество услуги оценивается по трем взаимосвязанным коэффициентам качества: мгновенному, частичному и обобщенному.

Измеряется каждый параметр потенциала, характеризующий качество. Измеренное значение преобразуется с помощью функции соответствия в мгновенный коэффициент качества.

Частичный коэффициент оценивает качество по одному параметру в зависимости от изменения его во времени с учетом мгновенных коэффициентов, причем для качества предоставления услуги учитывается только время нахождения параметра качества в зоне с определенным его значением, а для качества потребленных услуг учитывается количество потребленных услуг с определенным уровнем параметра качества.

Обобщенный коэффициент качества определяет качество услуги по совокупности показателей качества и является произведением частных коэффициентов. Относительная важность каждого параметра потенциала учитывается путем выбора функций соответствия для каждого параметра. Обобщенный коэффициент качества — тот скалярный показатель, который характеризует качество услуги в целом.

Различные уровни инженерных сетей коммунальных услуг Украины на сегодняшний день принадлежат разным владельцам, и поэтому предложенная технология может быть применена для оценки качества продукта при перемещении продукта с уровня на уровень в целях его адекватной оплаты.

Методическое обеспечение

К методическому обеспечению относятся методы и методики определения мгновенного, частичного и обобщенного коэффициентов качества.

Функции соответствия и мгновенные коэффициенты качества

Под качеством предоставления услуги будем понимать степень соответствия фактически измеренного параметра потенциала у определенного потребителя номинальному значению параметра, определенному в ГОСТ, ДСТУ, ТУ или в другом нормативном документе.

Степень соответствия характеризуется функцией соответствия $y(x)$, значения которой зависят от измеренного значения параметра потенциала x и которая должна удовлетворять следующим требованиям.

1. В функции соответствия постоянными величинами должны быть номинальное, минимально и максимально допустимые значения параметра потенциала, а переменной величиной — измеренное значение этого же параметра.

2. Функция соответствия должна быть безразмерной и изменяться от единицы (измеренное значение параметра потенциала равно номинальному значению) до нуля (измеренное значение параметра потенциала больше максимально или меньше минимально допустимых значений).

3. Номинальное, минимально и максимально допустимые значения функции соответствия и ее форма определяются требованиями потребителя, необходимыми условиями работы устройств коммунальных услуг у потребителя и экономическими соображениями. Требования могут оформляться в виде договора между поставщиком и потребителем услуги или нормативного документа.

Предположим, что качество определяется одним параметром потенциала, а за время определения качества измеренные значения потенциала могут отличаться от номинального значения, но не должны меняться.

На рис. 1 приведены три функции соответствия: ступенчатая y_s , кусочно-линейная y_{pl} и параболическая $y_p = ax^2 + bx + c$ с осью, параллельной оси ординат. На оси абсцисс отложены нормированные к номинальному значению параметры потенциала (качества), на оси ординат — значения функции.

Простейшей функцией соответствия является ступенчатая функция y_s , которая имеет всего два значения: нуль и единицу. Она отражает операцию контроля, т.е. определяет, выходит ли параметр потенциала за допустимые пределы. Ступенчатая функция соответствия y_s с допустимым отклонением параметра потенциала от номинального на $\pm 10\%$ изображена на рис. 1. Например, по ГОСТ 13109-97 установившееся значение напряжения не соответствует норме при отклонении более 10% [3].

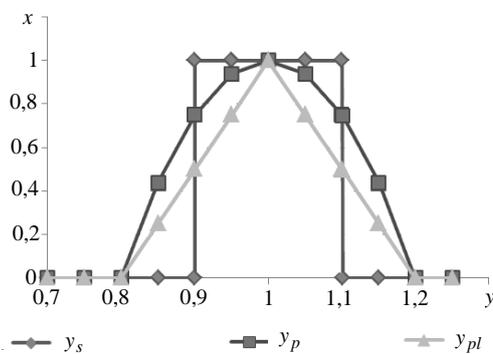


Рис. 1

Выход параметра потенциала за пределы допустимого отклонения не всегда означает прекращение работы или катастрофические последствия, коммунальной услугой можно пользоваться, но ее качество ухудшается.

Кусочно-линейная функция y_{pl} определяется двумя парами постоянных коэффициентов a_{\min}, b_{\min} и a_{\max}, b_{\max} . При этом для каждого значения параметра потенциала x_i

между $x_{\min.adm}$ и $x_{\max.adm}$ можно определить значение функции соответствия $y_i = Q_{q,i}$, которое в дальнейшем будем считать мгновенным коэффициентом качества $Q_{q,i}$. Эта функция также связывает отклонение параметра потенциала от номинального значения со значениями функции соответствия в пределах допустимых и максимально допустимых отклонений.

Для трех известных точек $(x_1; y_1), (x_2; y_2), (x_3; y_3)$, которые определяются граничными условиями, можно построить параболическую функцию соответствия y_p , для чего необходимо найти коэффициенты a, b, c . В математическом плане это сводится к решению системы из трех линейных алгебраических уравнений с тремя неизвестными.

Для несимметричной параболической функции $y_{pns}(x)$, изображенной на рис. 2, максимум сдвигается в сторону большего краевого значения функции и становится больше единицы, что противоречит требованиям к функции соответствия. Поэтому для данного случая функция $y_{pns}(x)$ становится кусочной (1).

$$y_{pns}(x) = \begin{cases} ax^2 + bx + c, & \text{если } y(x) < 1, \\ 1, & \text{если } y(x) \geq 1. \end{cases} \quad (1)$$

Рассмотрим функции вида $y_p^m = (ax^2 + bx + c)^m$, в которых m может быть заданным от 0 до k . Если показатель степени m изменяется от единицы до нуля, то y_p^m будет стремиться к ступенчатой функции, в которой отклонение параметра от номинального до максимально допустимого значения не меняет мгновенного коэффициента качества. Поэтому функции с $m = 0..1$ применяются для менее важных параметров и более выгодны для производителей и поставщиков услуг. Если m изменяется от 1 до k , то степенная функция будет стремиться к сингулярной функции, в которой при малейшем отклонении параметра от номинального значения мгновенный коэффициент качества становится равен нулю. Функции с $m = 1..k$ используются для более важных параметров и более выгодны для потребителей услуг. На рис. 3 приведены параболическая функция $y_p^4 = (ax^2 + bx + c)^4$, в которой $m = 4$, а также функция $(y_p)^{1/4}$ с $m = 1/4$.

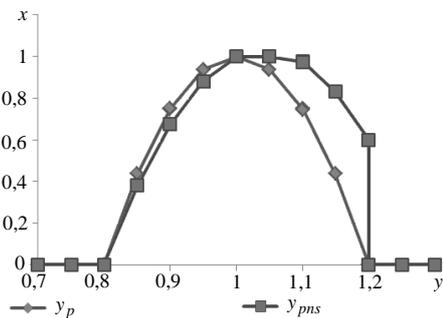


Рис. 2

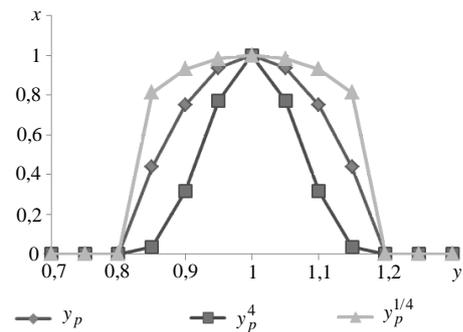


Рис. 3

Теоретически для каждого значения параметра потенциала можно определить мгновенный коэффициент качества. Но на практике функцию соответствия аппроксимируют ступенчатой функцией, где один мгновенный коэффициент ка-

чества применяется для параметров потенциала, которые находятся в определенном диапазоне. Коэффициенты качества для диапазонов 0,95–1,05; 0,95–0,9; 0,9–0,85; 0,85–0,8; 1,05–1,1; 1,1–1,15; 1,15–1,2; рассчитанные в соответствии с функциями, изображенными на рис. 1 и 3, приведены в таблице.

Таблица

x	y_s	y_{pl}	y_p	y_p^4	$y_p^{1/4}$
0,8–0,85	0	0,125	0,22	0,02	0,405
0,85–0,9	1	0,375	0,595	0,18	0,87
0,9–0,95	1	0,625	0,845	0,55	0,95
0,95–1	1	1	1	1	1
1–1,05	1	1	1	1	1
1,05–1,1	1	0,625	0,845	0,55	0,95
1,1–1,15	1	0,375	0,595	0,18	0,87
1,15–1,2	0	0,125	0,22	0,02	0,405

Анализ рассмотренных функций соответствия позволяет сделать определенные выводы относительно их использования.

1. Параболическая функция по сравнению с линейной в большей степени соответствует предположению, что небольшие отклонения параметра качества от номинального значения приводят к незначительному уменьшению коэффициента качества, тогда как большие отклонения — к значительно большему уменьшению коэффициента качества.

2. Если отклонение от номинального значения в сторону больших значений менее критично, чем отклонения в сторону меньших значений, и наоборот, можно применять несимметричную функцию соответствия.

3. Параболические функции вида $y_p^m = (ax^2 + bx + c)^m$ позволяют присваивать каждому параметру качества определенный вес. Например, функция y_p^4 , где $m = 4$, может использоваться для более важного параметра качества, а функция $(y_p)^{1/4}$ с $m = 1/4$ — для менее важного.

4. Поскольку выбор типа и крайних значений функций соответствия является предметом соглашения между поставщиком и потребителем услуг, следует заметить, что степенные параболические функции типа $(y_p)^{1/4}$ более выгодны поставщику услуг, тогда как функции типа y_p^4 более выгодны потребителю.

Детальный анализ функций соответствий связан с тем, что на этом этапе фактически осуществляется качественный переход от измеренных именованных параметров потенциала к коэффициентам качества, которые напрямую могут влиять на оплату услуг.

Частичные коэффициенты качества

Мгновенные коэффициенты качества в большинстве реальных случаев не могут применяться непосредственно для определения качества услуги, так как в процессе ее регистрации качество предоставления услуги постоянно меняется.

Для учета изменений качества предоставления услуги в процессе ее регистрации, авторами разработан метод определения качества предоставления коммунальных услуг с контролем потребления [9].

Суть метода заключается в том, что качество услуги определяется только при ее потреблении по сумме относительных долей времени пребывания параметра качества в диапазонах возможных изменений параметра потенциала, умноженных на мгновенные коэффициенты качества. От существующих метод отличается тем, что характеристика качества существует в виде отдельного коэффициента, а не введена в тариф или количество услуги.

Для каждого момента времени методу соответствует формула (2) для определения частичного (по одному параметру) коэффициента качества.

$$Q_{p.q.} = \left(\frac{T_1}{T_{all}}\right) \cdot Q_1 + \left(\frac{T_2}{T_{all}}\right) \cdot Q_2 + \dots + \left(\frac{T_i}{T_{all}}\right) \cdot Q_i + \dots + \left(\frac{T_n}{T_{all}}\right) \cdot Q_n, \quad (2)$$

где $Q_{p.q.}$ — частичный коэффициент качества, T_i — время пребывания параметра потенциала на i -м участке, Q_i — мгновенный коэффициент качества для i -го участка, T_{all} — общее время регистрации качества на данный момент времени, n — количество участков на диапазоне параметра потенциала.

$$T_i = \sum_{j=1}^k T_{ij}, \quad (3)$$

где j — номер временного участка, на котором на i -м участке диапазона находится параметр потенциала, k — количество временных участков на i -м участке.

По этой формуле можно рассчитывать качество услуги по отдельным параметрам потенциала как результат суточного мониторинга услуги, который регламентирован существующими нормативными документами.

Например, по ГОСТу 13109-97 для качества электроэнергии 95 % измеренных за 24 часа значений установившегося напряжения должны находиться в пределах допустимых отклонений $\pm 5\%$, а 5 % — в пределах максимально допустимых отклонений $\pm 10\%$.

В формуле (2) T_1 и T_2 — времена пребывания параметра потенциала в пределах допустимых и максимально допустимых отклонений от номинального значения. Если перевести проценты в доли единицы, использовать мгновенные коэффициенты $Q_1 = 1$ и $Q_2 = 0,9$ для функции y_{pl} и подставить эти значения в формулу (2), то качество электроэнергии будет удовлетворять требованиям ГОСТа только тогда, когда значение $Q_{p.q.} \geq 0,995$.

Контроль потребления, который используется в описанном методе, позволяет не принимать во внимание качество предоставления услуги, когда она не потребляется конкретным потребителем. Информация об особенностях потребления услуги минимальна: есть потребление или нет — 1 бит. Такой метод хорошо работает только в том случае, когда параметр потока, т.е. потребление, не меняется в процессе регистрации качества.

Для учета в полной мере особенностей потребления услуги авторами был разработан метод определения качества потребленных коммунальных услуг [10].

Суть разработанного метода заключается в том, что измеряется как параметр потенциала, характеризующий качество предоставления услуги, так и параметр потока, т.е. количество потребленной услуги, причем количество потребленной услуги привязано к участкам с соответствующим уровнем качества.

Для каждого момента времени методу соответствует формула (4) для определения частичного (по одному параметру) коэффициента качества

$$Q_{p.q.} = \left(\frac{A_1}{A_{all}}\right) \cdot Q_1 + \left(\frac{A_2}{A_{all}}\right) \cdot Q_2 + \dots + \left(\frac{A_i}{A_{all}}\right) \cdot Q_i + \dots + \left(\frac{A_n}{A_{all}}\right) \cdot Q_n, \quad (4)$$

где $Q_{p.q.}$ — частичный коэффициент качества, A_i — количество потребленной услуги на i -м участке параметра потенциала, A_{all} — общее количество потреб-

ленной услуги на данный момент времени, Q_i — мгновенный коэффициент качества для i -го участка, n — количество участков на диапазоне параметра потенциала.

$$A_i = \sum_{j=1}^k A_{ij}, \quad (5)$$

где j — номер временного участка, на котором на i -м участке диапазона находится параметр потенциала, k — количество временных участков на i -м участке параметра потенциала.

Таким образом, частичный коэффициент качества является средним значением мгновенного коэффициента за все время регистрации качества с учетом относительного времени пребывания параметра потенциала или относительного количества потребленной услуги в зонах с определенными значениями мгновенного коэффициента качества.

Обобщенный коэффициент качества

Обычно качество услуги характеризуется двумя или большим количеством параметров потенциала. Поскольку плата за услугу рассчитывается по мультипликативной формуле, форма обобщенного коэффициента качества также выбрана мультипликативной. Известная [2] формула для мультипликативного критерия приведена ниже.

$$Q_{all} = \prod_{i=1}^n Q_{p,q,i}^{\omega_i}, \quad (6)$$

где Q_{all} — обобщенный коэффициент качества, $Q_{p,q,i}$ — частичные коэффициенты качества по каждому параметру, ω_i — коэффициенты важности (или весовые коэффициенты).

В нашем случае $0 < Q_{p,q,i} \leq 1$, а $\omega_i = (0...1), (1...k)$.

Выбор весовых коэффициентов для частичных коэффициентов качества эквивалентен выбору значений степени для функций соответствия вида $y_p^m = (ax^2 + bx + c)^m$. Поэтому обобщенный коэффициент качества можно вычислить по формуле (7), где коэффициенты важности учитываются посредством определенного выбора степеней параболических функций соответствия.

$$Q_{all} = Q_{p,q,1} \cdot Q_{p,q,2} \cdot \dots \cdot Q_{p,q,i} \cdot \dots \cdot Q_{p,q,n}, \quad (7)$$

где Q_{all} — обобщенный коэффициент качества, $Q_{p,q,i}$ — частичный i -й коэффициент качества.

Частичные коэффициенты качества по определению меньше единицы или равны ей [11], т.е. критерий можно назвать «худший или худший худшего». Это — синергетический критерий, поскольку если частичные коэффициенты качества для двух параметров потенциала равны 0,9, обобщенный коэффициент качества для этих двух параметров будет равен 0,81.

В теоретическом плане это переход от векторного показателя качества к скалярному, что достаточно подробно разработано в теории многокритериальной оптимизации [12, 13]. Скалярный показатель можно применить для расчета платы за коммунальную услугу с учетом ее качества в соответствии с формулой

$$P = T \cdot A \cdot Q_{all}, \quad (8)$$

где P — плата за услугу, T — тариф, A — количество потребленной услуги, Q_{all} — обобщенный коэффициент качества потребленной услуги.

Программное обеспечение технологии

Разработана архитектура программной системы, на основе которой возможно создание унифицированной модульной системы для различных уровней иерархии коммунальных услуг, что позволяет единообразно проводить как сбор, так и обработку данных [14].

На каждом уровне иерархии происходит обмен данными — объект более низкого уровня передает полученные данные объекту высшего уровня, где они обрабатываются и передаются дальше. Таким образом, программная часть системы для контроля качества коммунальных услуг состоит из архитектурно одинаковых частей, соединенных иерархическими связями. Они отличаются на разных уровнях иерархии объектами, от которых получают и передают данные, алгоритмами обработки данных, возможностями хранения данных и взаимодействия этих частей с оператором. Такой модульный подход позволяет значительно сократить время разработки всей программной части системы и облегчить дальнейшее обслуживание и модернизацию.

Архитектурные составляющие программной части описаны с помощью паттернов (patterns) программирования [15]. Преимуществами такого подхода является облегчение сопровождения программы в целом и возможность повторного использования частей программ при создании новых архитектурных решений.

Использование паттернов позволяет абстрагироваться от языка программирования и применять программные конструкции, которые уже проверены на практике в различных языках программирования. Для описания конструкций используются UML-диаграммы [14].

В предлагаемой архитектуре условно выделяется семь независимых частей, каждая из которых выполняет определенные задачи.

1. Справка — сущность, необходимая для интерпретации данных, полученных от устройства.
2. Арбитр — сущность, которая контролирует последовательность выполнения алгоритмов и доступа к другим частям.
3. Алгоритмы, которые могут быть использованы для всех объектов.
4. Прибор — в предложенной программной модели это источник данных, который совместим с концентратором хотя бы на пяти уровнях моделей ISO / OSI — от физического до сеансового [16]. Для создания такого источника данных физический прибор должен быть подключен ко входу концентратора.
5. Хранитель — сущность, которая предоставляет интерфейсы для хранения данных.
6. Интерфейс пользователя (GUI) — сущность, которая позволяет источнику данных выводить свои данные для информирования пользователя.
7. Унифицированный интерфейс передачи данных от пользователя к концентратору, который позволяет настраивать определенные элементы системы.

Для создания программной системы, которая принимает результаты измерения от источника данных, выбран язык программирования Qt. Этот язык создавался на базе языка C++ именно для программ с графическим интерфейсом пользователя (GUI), что позволяет использовать синтаксис C++. Кроме этого, в Qt есть возможность использовать потоки (Qthreads), которые платформонезависимы. Такой выбор позволил создать мультиплатформенную (Windows / * nix) программ-

ную систему, которая через протокол USB принимает и обрабатывает данные. Кроме того, предусмотрена возможность принятия данных через другие интерфейсы связи (COM-порт, Ethernet и др.) и их сохранения в формате XML.

Следует заметить, что и динамическая библиотека, и часть программной системы для ввода-вывода написаны на C++ и фактически являются главной ее частью.

Программная система является многопоточной. Количество потоков зависит от количества источников данных и количества ядер объекта высшего уровня. Главным мотивом использования многопоточного программирования в этой системе является не ускорение расчетов, а возможность ускорить прием данных, которые передают источники данных. В программе можно выделить, по меньшей мере, две асинхронные задачи: получение данных от источника и отображение (или сохранение) их на другом приборе, который должен быть USB-хостом.

Техническое обеспечение

В настоящее время существуют системы, позволяющие контролировать количество потребленных услуг и их качество по отдельным параметрам потенциала на верхних уровнях иерархических сетей создания и распределения коммунальных услуг. К ним можно отнести системы фирмы «Techem» для контроля и учета воды, тепла, электроэнергии и газа [7], автоматизированную систему для контроля параметров электроэнергетических сетей С300 Dialog Center фирмы «Landis & Gyr» [6], систему «Баланс» компании «Самгаз» для контроля потребления газа в реальном времени [17] и др.

Производятся также приборы, позволяющие контролировать качество электроэнергии непосредственно у потребителя. К ним относятся «Ресурс UF2» [18], UNIGOR-330 [19], Omix-3 [20], PE-01 «Меридиан» [21], которые различаются как по точности измерений и количеству измеряемых параметров, так и по цене. Некоторые приборы измеряют параметры сети и рассчитывают показатели качества по ГОСТу 13109-97, а в некоторых приборах (например, в PE-01 «Меридиан») также выполняется контроль текущих показателей по отношению к нормативным с формированием данных о соответствии или несоответствии требованиям ГОСТа текущих показателей.

В Украине нет приборов определения качества газа, теплоснабжения, холодной воды, которые предназначены для использования потребителем.

Существующие системы и приборы либо не измеряют показатели качества вообще, либо только контролируют параметры качества услуги на соответствие нормативным документам. Такой контроль является чисто технической функцией и не влияет на оплату услуги.

Только разработанный организацией «Харьковтеплоэнерго» счетчик воды ЛВ-4Т [8] определяет один параметр потенциала — температуру горячей воды, которая пересчитывается в количество потребленной горячей воды, что уменьшает оплату за воду с температурой ниже нормы согласно [5].

Следует отметить, что предложенная информационная технология определения качества коммунальных услуг может быть реализована программным путем в существующих компьютерных системах и приборах.

Авторами статьи разработан прибор «Якість-Е1», который позволяет определять обобщенный коэффициент качества поставки электроэнергии по двум параметрам — установившимся значениям напряжения и частоты. В приборе реализованы новый метод и структура [22] для определения качества предоставления электроэнергии с контролем потребления. По частичным коэффициентам каче-

ства можно определить, удовлетворяет ли электроэнергия требованиям ГОСТа 13109-97 по указанным двум параметрам.

Структурная схема прибора

Упрощенная структурная схема прибора показана на рис. 4.

Датчиком напряжения и частоты является трансформатор типа ТПГ-1, который работает в режиме холостого хода, управление прибора состоит из пяти кнопок, а в качестве устройства вывода информации используется жидкокристаллический индикатор с контроллером типа HD44780 и USB-выход. В приборе есть часы реального времени на микросхеме DS1337.

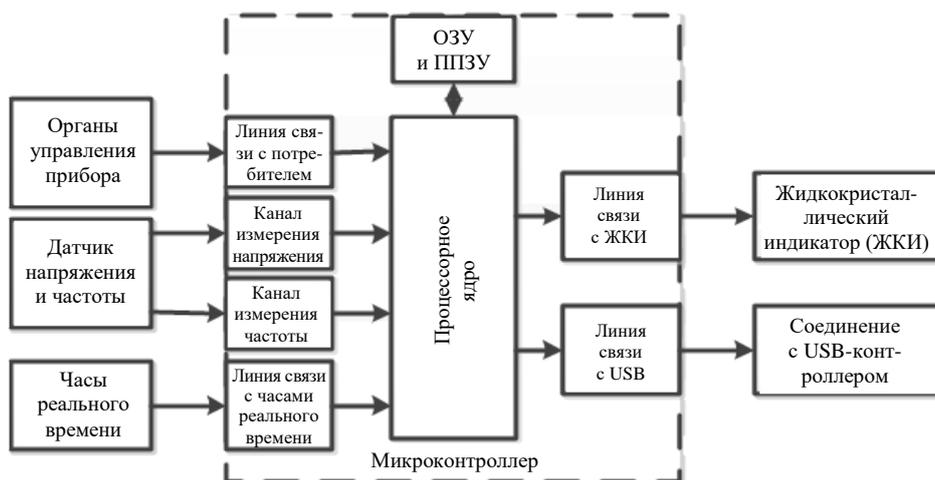


Рис. 4

Микроконтроллер типа C8051F320 принимает, обрабатывает и выводит на жидкокристаллический индикатор значения частоты и действующее значение напряжения, рассчитанные для этих величин частичные коэффициенты качества и обобщенный коэффициент качества. Сохранение рассчитанной или полученной информации возможно в ОЗУ или ППЗУ (программируемое постоянное запоминающее устройство). Управляющая программа занимает в ППЗУ 10 Кбайт.

Для измерения частоты используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) время-импульсного типа, который состоит из элементов микроконтроллера. Аналоговый компаратор отмечает момент перехода сигнала переменного напряжения через нулевое значение, после чего счетчик заполняется импульсами стабильной частоты до следующего перехода сигнала через нуль. Число, хранящееся в счетчике, обратно значению частоты. В течение одной секунды выполняется пятьдесят измерений частоты, которые усредняются.

В момент, когда сигнал достигает и переходит максимальное значение амплитуды напряжения, АЦП поразрядного уравнивания, который есть в составе микроконтроллера, выполняет 25 измерений значений синусоиды через 175 мкс. Из этих отсчетов микроконтроллер выбирает максимальное значение, которое хранится в памяти. В течение одной секунды выполняются 50 таких циклов, затем в процессоре максимальные значения усредняются. Усредненное значение используется в процедуре многопорогового сравнения для выборки из памяти мгновенного коэффициента качества, что соответствует усредненному значению амплитуды.

В приборе применена кусочно-линейная функция соответствия с крайними значениями (0,7; 0,7), (1, 1) и (1,3; 0,7). Частичные коэффициенты качества в каждый момент времени вычисляются по формуле (2), а обобщенный коэффициент качества — по формуле (7).

Для отображения результатов измерений и соответствующих коэффициентов качества в приборе используется жидкокристаллический индикатор, отражающий действующее значение переменного напряжения, его мгновенный и частичный коэффициенты качества, значение частоты, ее мгновенный и частичный коэффициенты качества, мгновенный обобщенный и обобщенный коэффициенты качества сети 220 В. Подробные технические данные прибора приведены в [22].

Предложенная информационная технология определения качества коммунальных услуг зарегистрирована в установленном порядке в Министерстве образования и науки Украины за №0617U000030 от 30.01.2017.

Заключение

1. Предложена информационная унифицированная технология определения качества коммунальных услуг, которая позволяет определять как качество предоставления услуг, так и качество потребленных услуг по коэффициентам качества.

2. Мгновенные коэффициенты качества используются для выявления аварийных ситуаций в определенном сегменте сети в реальном времени.

3. Частичные коэффициенты качества позволяют контролировать услуги на соответствие нормативным показателям качества по отдельным показателям.

4. Обобщенный коэффициент качества может быть использован для расчета оплаты за услуги в случае, когда качество услуги определяется по нескольким показателям качества одновременно.

В.О. Багацький, О.В. Багацький

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ КОМУНАЛЬНИХ ПОСЛУГ

Наведено запропоновану авторами інформаційну технологію визначення якості комунальних послуг, в якій якість визначено як ступінь відповідності вимірних параметрів послуги їх номінальним значенням. Якість визначається трьома взаємопов'язаними коефіцієнтами: миттєвим, частковим та узагальненим. Розроблено методичне, програмне та частково технічне забезпечення технології.

V.A. Bagatskyi, A.V. Bagatskyi

THE INFORMATION TECHNOLOGY FOR DEFINING THE QUALITY OF PUBLIC UTILITIES

The information technology for defining the quality of public utilities is proposed by the authors. That the quality is defined as the degree of conformity of the measured values to its nominal value parameters. The quality is determined by three interrelated coefficients: instant, partial and general. The methodical, software and partly technical support of the technology have been developed.

1. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. — К. : УкрНДІСЦІ, 1994. — 92 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. — М. : МГТУ им. Баумана, 2006. — 336 с.

3. *ГОСТ 13109-97* (ИЕК, ИЕС). Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — К. : ТК 30 ЕМС, 1999. — 45 с.
4. *ГОСТ 22667-82*. Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе. — М. : Госстандарт СССР. — 1983. — 4 с.
5. *Про затвердження Порядку проведення перерахунків розміру плати за надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення в разі ненадання їх або надання не в повному обсязі, зниження якості*: Постанова Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2010 р. № 151 / Офіційний вісник України. — К. : ДП Українська правова інформація: Кабінет Міністрів України, 2010. — 114 с.
6. *Landis & Gyr DGC300* — Metsys. — [http://www.metsys.hu/villamosenergia/files/Felhaszn%E1%E3%20k%E9%20z%20F6nyv%20\(DGC-300%20Ver.%202.4\).pdf](http://www.metsys.hu/villamosenergia/files/Felhaszn%E1%E3%20k%E9%20z%20F6nyv%20(DGC-300%20Ver.%202.4).pdf).
7. Система «Techem». — <http://www.techenergy.ru/>.
8. *Лічильник «ЛВ-4Т»*. — <http://www.hgcsms.kharkov.ua/lv-4t/lv-4t.htm>.
9. *Кривонос Ю.Г., Палагін О.В., Багацький В.О., Багацький О.В.* Патент на винахід №82925, Україна, МПК (2006) G01R 11/00, G06Q 50/00. Спосіб контролю витрати і якості комунальних послуг. Заявник та патентовласник ІК НАН України, заявка № a200607592, заявл. 07.07.2006, опубл. 26.05.2008, Бюл. № 10.
10. *Багацький В.О., Багацький О.В.* Патент на винахід №92540, Україна, МПК (2009) G01R 11/00, G06Q 50/00. Спосіб контролю спожитих комунальних послуг. Заявник та патентовласник ІК НАН України, заявка № a200901200, заявл. 16.02.2009, опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21.
11. *Кривонос Ю.Г., Палагін О.В., Багацький В.О., Багацький О.В.* Патент на винахід №82791, Україна, МПК (2006) G01F 1/00, G01R 21/133 (2008.01), G06Q 50/00. Система контролю комунальних послуг. Заявник та патентовласник ІК НАН України, заявка № a200700963, заявл. 30.01.2007, опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.
12. *Михалевич В.С., Волкович В.Л.* Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. — М. : Наука, 1982. — 288 с.
13. *Мушник Э., Мюллер П.* Методы принятия технических решений. — М. : Мир, 1990. — 208 с.
14. *Багацький О.В.* Програмна архітектура системи для збору і обробки параметрів комунальних послуг // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2016. — № 1. — С. 23–28.
15. *Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж.* Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб. : Питер, 2001. — 368 с.
16. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 4-е изд. — СПб. : Питер, 2010. — 958 с.
17. Система «Баланс». — <http://www.samgas.com.ua/ua/4clients/products/216.html>.
18. *Измеритель* показателей качества электроэнергии «Ресурс-UF2». — <http://www.tst-market.ru>.
19. *Digital Multimeter + Signal Generator UNIGOR® 330, 355*. UNIGOR® 330, 355 — TechRentals. — www.techrentals.com.au/uploads/LEM_UNIGOR355.pdf.
20. «*Omix P99-MA-3*» (Omix-3) — Анализатор качества трехфазной электрической сети переменного тока. — http://evelen.ru/product/04/01/omix_3.html.
21. *Анализатор* качества электрической энергии «МЕРИДИАН PE-01». — <http://www.merydian.kiev.ua/production/analyzer-of-electric-power-quality.php>.
22. *Багацький В.О., Багацький О.В.* Прилад для визначення якості електроенергії в мережі 220 В у споживача. — Київ : ІК НАНУ. — 2014. — № 13. — С. 15–22.

Получено 03.01.2018

Статья представлена к публикации чл.-корр. НАНУ Боюном В.П.