

УДК 621.398

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Н. Е. ПАЦЕЙ, В. Т. ПРИДУХО

*Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», г. Минск*

В. Б. ПОПОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) является одним из инструментов, позволяющих оценить эффективность мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности. За счет повышения точности учета и автоматизации сбора данных эти системы позволяют планировать энергопотребление и снижать затраты на него. В настоящее время АСКУЭ проектируются целым рядом компаний и организаций. Количество предложений и высокий спрос на эти системы свидетельствуют об актуальности проблемы качественного выполнения анализа и оптимального выбора проектного решения.

Описание объекта

Среди внедряемых в настоящее время систем наиболее распространенными являются трехуровневые. Первый уровень представлен совокупностью счетчиков учета электроэнергии. В ряде случаев АСКУЭ дополнительно выполняет функции телеконтроля и телеуправления, для этого на первый уровень системы вводят датчики управления и датчики сигнализации. Второй уровень представлен устройствами сбора и передачи данных (УСПД), которые выполняют функции сбора данных измерений, передачи данных между сервером системы, датчиками управления и датчиками сигнализации, энергонезависимое хранение данных измерений и т. д. Третий уровень представлен сервером автоматизированной системы, который выполняет функции сбора данных, их хранения, предоставления для отчета и анализа и т. д. Передача данных измерения от счетчиков электроэнергии к УСПД происходит периодически, величину периода передачи называют срезом. Передача данных измерения от УСПД на сервер системы также выполняется периодически, величину периода называют отчетным периодом.

Постановка задачи

Наличие средств и методик автоматизированного проектирования позволит расширить количество рассматриваемых структур и номенклатуру используемого оборудования. В [1], [2] рассматриваются вопросы автоматизации проектирования АСКУЭ, однако предложенные решения относятся к отдельным задачам, решаемым при проектировании данных систем. В данной работе предлагается методика автоматизированного проектирования АСКУЭ, охватывающая все этапы процесса: структурного синтеза, параметрического синтеза, анализа работы системы. Постав-

ленная задача решается как многокритериальная и многопараметрическая, при этом поиск оптимального решения осуществляется в многомерном пространстве параметров, уникальном для каждого этапа проектирования при множестве критериев оптимальности. Показатели качества работы выбранной системы оцениваются при моделировании ее работы. На всех этапах проектирования оцениваются критерии, влияющие на стоимость системы и на ее устойчивость к отказам. Выбор отказоустойчивости системы в качестве критерия обусловлен тем, что для объективной оценки надежности АСКУЭ необходимо выполнить расчет параметров безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, что является не всегда возможным из-за отсутствия необходимых данных в паспортах элементов системы. В свою очередь оценку отказоустойчивости проводим по количеству потерянных (информационная составляющая) в результате отказа данных и их стоимости (экономическая составляющая). Наличие комплексной оценки позволит при отсутствии полной информации о режиме работы объекта наблюдения и АСКУЭ провести предварительную оценку отказоустойчивости системы по одной из составляющих, а при достаточном объеме информации проводить оценку с использованием взвешенных коэффициентов.

Структурный синтез

На этом этапе проектирования определяется количество УСПД в АСКУЭ, связи между ними и элементами первого уровня. В качестве критериев оптимальности использовали критерии, определяющие отказоустойчивость системы к отказам элементов второго уровня и стоимость системы.

Критерий оптимальности 1: дисперсия количества данных, передаваемых через УСПД при выбранной структуре:

$$Y_1 = \sum_{j=1}^n (d_j^{\text{УСПД}} - d_{\text{ср}}^{\text{УСПД}})^2 / n \rightarrow \min, \quad (1)$$

где n – число УСПД в выбранной структуре; $d_j^{\text{УСПД}}$ – количество данных, передаваемых через j -й УСПД, бит; $d_{\text{ср}}^{\text{УСПД}}$ – среднее количество данных, передаваемое через один УСПД при выбранной структуре, бит.

Данный критерий характеризует информационную составляющую устойчивости системы к отказам элементов второго уровня: АСКУЭ будет наименее чувствительна к отказам УСПД, если их число будет равно числу элементов первого уровня и данные, передаваемые через УСПД, будут равномерно распределены между ними.

Критерий оптимальности 2: дисперсия стоимости данных, передаваемых через УСПД при выбранной структуре:

$$Y_2 = \sum_{j=1}^n (c_j^{\text{УСПД}} - c_{\text{ср}}^{\text{УСПД}})^2 / n \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $c_j^{\text{УСПД}}$ – стоимость данных, передаваемых через j -й УСПД, р.; $c_{\text{ср}}^{\text{УСПД}}$ – средняя стоимость данных, передаваемых через один УСПД при выбранной структуре, р.

Данный критерий характеризует экономическую составляющую устойчивости системы к отказам элементов второго уровня: АСКУЭ будет наименее чувствительна к отказам УСПД, если их число будет равно числу элементов первого уровня и стоимость данных, передаваемых через УСПД, будет равномерно распределена между ними.

Критерий оптимальности 3: стоимость оборудования второго уровня

$$Y_3 = C_{\text{УСПД}} (n - n_{\min}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $C_{\text{УСПД}}$ – стоимость одного УСПД, р.; n_{\min} – минимальное число УСПД, которое может быть использовано для обеспечения передачи данных между устройствами первого уровня и сервером АСКУЭ.

Критерий оптимальности 4: стоимость каналов передачи данных между устройствами первого и второго уровней

$$Y_4 = C_{\text{КУСПД}} (L - L_{\min}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

где $C_{\text{КУСПД}}$ – стоимость одного метра канала передачи данных между устройствами первого и второго уровней при рассматриваемом проектном решении, р./м; L – бщая протяженность каналов передачи данных между устройствами первого и второго уровней при рассматриваемом проектном решении, м; L_{\min} – протяженность каналов передачи данных между устройствами первого уровня и ближайшими устройствами второго уровня при рассматриваемом проектном решении, м.

Критерий оптимальности 5: общая стоимость оборудования второго уровня и каналов передачи данных между устройствами первого и второго уровней

$$Y_5 = Y_3 + Y_4 \rightarrow \min. \quad (5)$$

В качестве оптимизируемых параметров используем число УСПД в системе и множество соединений между УСПД и устройствами первого уровня.

Параметр 1. Число УСПД определяет стоимость системы: чем меньше будет использовано УСПД при выбранной структуре АСКУЭ, тем меньше будет стоимость системы. Однако, использование минимального числа УСПД влечет за собой максимизацию последствий отказа каждого из них, так как увеличивается количество и стоимость передаваемых и сохраненных в элементе памяти УСПД данных, что приведет к уменьшению отказоустойчивости системы. Минимальное количество УСПД определяется количеством каналов передачи данных, необходимых для подключения всех устройств первого уровня, и числом интерфейсов УСПД. Максимальное количество УСПД определяется числом устройств первого уровня.

Параметр 2. Протяженность каналов передачи данных между УСПД и устройствами первого уровня. Минимизация протяженности каналов передачи данных приводит к уменьшению стоимости АСКУЭ. Однако это, в свою очередь, может привести к неравномерности распределения данных и их стоимости между УСПД. Это может привести к неравнозначности отказов устройств второго уровня, что затруднит определение мер по предотвращению или уменьшению влияния отказов УСПД на работу системы. Минимальная протяженность канала передачи данных определяется удаленностью точек подключения (ТП) устройств первого уровня от ближайшего места установки УСПД. Максимальная протяженность канала передачи данных определяется интерфейсом канала передачи данных.

Таким образом, система параметрических ограничений имеет вид:

$$\begin{cases} n_{\min} \leq n \leq c, \\ L_{\min} \leq L \leq L_{\text{ит}}, \end{cases} \quad (6)$$

где $L_{\text{инт}}$ – максимальная протяженность канала передачи данных между устройствами первого и второго уровней с учетом типа интерфейса; $n_{\text{мин}}$ – минимальное число УСПД, рассчитывается, исходя из числа каналов передачи данных, необходимых для подключения всех устройств первого уровня и числа интерфейсов УСПД.

Постоянными параметрами при проектировании являются множество соединений между всеми устройствами первого и УСПД (7), множество, элементы которого равны количеству данных, передаваемых каждым устройством первого уровня (8), множество, элементы которого равны стоимости данных, передаваемых каждым устройством первого уровня (9), тип интерфейса канала передачи (10), число интерфейсов УСПД (11):

$$L = \{l_1, l_2, l_{k \times n}\}; \quad (7)$$

$$D = \{d_1, d_2, d_k\}; \quad (8)$$

$$C = \{c_1, c_2, c_k\}; \quad (9)$$

$$L_{\text{инт}}; \quad (10)$$

$$K^{\text{УСПД}} = 1 \dots K, K^{\text{УСПД}} \in N, \quad (11)$$

где N – множество натуральных чисел.

Совокупность параметрических ограничений и критериев оптимальности, выраженных через оптимизируемые и постоянные параметры, представляет собой операционную модель АСКУЭ на стадии эскизного проектирования.

Поиск оптимальной структуры выполняем с помощью генетического алгоритма, где решение представляется в виде вектора («хромосома»), каждый элемент которого указывает на наличие или отсутствие связи между узлами системы, т. е. искомую структуру представили в виде матрицы $S_{k \times m}$, где k – максимальное количество УСПД в системе, а m – количество ТП. Элемент матрицы $S_{ji} = 1$, если существует соединение между j -м устройством первого и i -м устройством второго уровней и $S_{ji} = 0$, если оно отсутствует, при этом $j = 1, 2, \dots, k$; $i = 1, 2, \dots, m$. Множества D, C, L представим в виде матриц $D, C, L_{k \times m}$ и на их основании определим количество данных $d_j^{\text{УСПД}}$, стоимость данных, передаваемых через УСПД $c_j^{\text{УСПД}}$ и минимальную протяженность кабельных линий для структуры S .

В качестве функции приспособленности используем нормализованный аддитивный критерий

$$Y = \alpha_1 Y_1/Y_1^{(1)} + \alpha_2 Y_2/Y_2^{(1)} + \alpha_3 Y_5/Y_5^{(1)} \rightarrow \min, \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1, \quad (12)$$

где Y_1, Y_2, Y_5 – значения частных критериев (1), (2) и (5) соответственно при текущем проектном решении; $Y_1^{(1)}, Y_2^{(1)}, Y_5^{(1)}$ – значения частных критериев (1), (2) и (3) соответственно при первом анализируемом проектном решении; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – весовые коэффициенты частных критериев (1), (2) и (5) соответственно.

Используя данную методику на этапе структурного синтеза при равных значениях весовых коэффициентов, получили структуру системы с более равномерным распределением количества данных (дисперсия при исходной структуре равна 0,04, при оптимальной – 0,004) и их стоимости (дисперсия при исходной структуре равна 0,03,

при оптимальной – 0,007) между УСПД, исключив из структуры УСПД, отказ которого стал бы критическим для системы.

Параметрический синтез

При выполнении параметрического синтеза определяются устройства, которые будут использоваться для построения АСКУЭ. В качестве критериев оптимальности на данном этапе проектирования использовали критерии, определяющие устойчивость системы к отказам элементов первого и второго уровня и стоимость системы.

Критерий оптимальности 1: стоимость используемого оборудования

$$Y_6 = \sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m c_j, \quad (13)$$

где c_j – стоимость устройства первого уровня, подключаемого к j -й ТП, р.; c_i – стоимость i -го УСПД, р.

Критерий оптимальности 2: отношение количества потерянных при отказе данных к количеству сохраненных данных в системе

$$Y_7 = I^\circ / (I - I^\circ), \quad (14)$$

где I – общее количество данных, передаваемых между элементами системы, бит; I° – количество данных, потерянных в результате отказа элемента системы, бит.

Данный критерий характеризует информационную составляющую отказоустойчивости АСКУЭ: чем меньше данных потеряно в результате отказа ее элементов, тем более система устойчива к их отказу.

Критерий оптимальности 3: отношение стоимости потерянных при отказе данных к стоимости данных, сохраненных в системе:

$$Y_8 = C^\circ / (C - C^\circ), \quad (15)$$

где C – общая стоимость данных, передаваемых между элементами системы в системе, р.; C° – стоимость данных, потерянных в результате отказа элемента системы, р.

Критерий характеризует экономическую составляющую отказоустойчивости АСКУЭ: чем меньше стоимость потерянных в результате отказа данных, тем более система устойчива отказу элементов.

Оценку критериев $Y_7^{(1)}$, $Y_8^{(1)}$ провели по максимальной потере данных и по максимальной стоимости потерянных данных для каждого анализируемого типа отказа с учетом вероятности его возникновения.

Оптимизируемыми параметрами являются типоразмеры устройств первого и второго уровня. В зависимости от характеристик ТП и характеристик системы для заданной ТП может быть сформировано множество устройств, которые могли бы быть установлены в ней.

К параметрам устройств первого уровня, которые определяются характеристиками ТП, относятся: число фаз учета ($nф$), величины номинального тока (ni) и номинального напряжения (ni), возможность учета активной энергии в прямом ($A+$) и обратном направлении ($A-$), возможность учета реактивной энергии в прямом ($R+$) и обратном направлении ($R-$). Ряд параметров устройств первого уровня определяется свойствами проектируемой АСКУЭ. В случае измерительной подсистемы АСКУЭ это период усреднения (ts), точность учета (Qua), число тарифных зон (nt), возможность сбора данных о качественных показателях работы сети электроснабжения (W). К параметрам УСПД, определяемым параметрами устройств первого уровня, отне-

сем протокол передачи данных между ТП и УСПД ($Pt_{тп}$). К параметрам УСПД, определяемым параметрами сервера АСКУЭ, отнесем интерфейс передачи данных между сервером системы и УСПД (Int_{serv}), протокол передачи данных между сервером системы и УСПД (Pt_{serv}). К параметрам УСПД, определяемым параметрами АСКУЭ, отнесем число тарифных зон. Таким образом, систему функциональных ограничений представим в виде подсистемы ограничения ТП:

$$\begin{cases} n\varphi_i \geq n\varphi_i^{тп}, i = 1...m, \\ ni_i \geq ni_i^{тп}, i = 1...m, \\ nu_i \geq nu_i^{тп}, i = 1...m, \\ nr_i \geq nr_i^{тп}, i = 1...m, \\ na_i \geq na_i^{тп}, i = 1...m, \\ nt_i \geq nt_i^{АСКУЭ}, i = 1...m, \\ ts_i \geq ts^{АСКУЭ}, i = 1...m, \\ Int_j = Int^{тп}_j, i = 1...m, j = 1...k, \\ Qua_i^{тп} \leq Qua^{АСКУЭ}, i = 1...m \end{cases} \quad (16)$$

и подсистемы ограничений УСПД:

$$\begin{cases} nt_j^{УСПД} \geq nt_j^{АСКУЭ}, \\ Pt_{serv} = Pt_{УСПД_j}, \\ Int_{serv} = Int_{УСПД_j}, j = 1...k. \end{cases} \quad (17)$$

Данные об оборудовании первого и второго уровней, доступных на рынке, содержатся в базе данных. На основе ограничений (16) и (17) формируется множество оборудования, допустимое к использованию в заданной АСКУЭ.

Постоянными параметрами при параметрическом синтезе являются множества (7)–(9), тип интерфейса канала передачи (10), число интерфейсов УСПД (11) и структура системы, полученная на этапе структурного синтеза и представленная в виде матрицы

$$S_{k \times m}. \quad (18)$$

Совокупности критериев, системы параметрических ограничений и постоянных параметров, описанных выражениями (13)–(15), (16), (17) и (7)–(12), (18) соответственно, представляют собой операционную модель АСКУЭ на стадии технического проектирования.

Для решения задачи используется метод исследования пространства оптимизируемых параметров [3]. Метод заключается в генерации множества проектных решений и формировании на его основе множества Парето. Отличительная черта метода – систематический просмотр многомерной области проектных решений в режиме диалога проектировщика и ЭВМ с удалением неперспективных вариантов, что позволяет оперировать привычными для проектировщика величинами, видя, какой выигрыш по одним критериям могут дать уступки по другим.

Анализ опытной системы проводили для четырех типов отказов: отказ устройства первого уровня, не повлекший отказа элемента памяти, или отказ канала передачи

данных между устройствами первого уровня и УСПД; отказ устройства первого уровня, повлекший отказ элемента памяти; отказ УСПД, не повлекший отказа элемента памяти, или отказ канала передачи данных между УСПД и сервером системы; отказ УСПД, повлекший отказ элемента памяти.

Для каждого типа отказа сформировали множество, элементы которого равны информационной и экономической оценке устойчивости системы к отказам элементов, для которых характерен данный тип отказа. Таким образом получили множества $I_{(КТП)}^{\circ}$, $I_{(ТП)}^{\circ}$, $I_{(КУСПД)}^{\circ}$, $I_{(УСПД)}^{\circ}$, $C_{(КТП)}^{\circ}$, $C_{(ТП)}^{\circ}$, $C_{(КУСПД)}^{\circ}$, $C_{(УСПД)}^{\circ}$. Число элементов каждого множества равно числу элементов, которые подвержены данному типу отказа. Для оценки экономического ущерба и потери данных использовали элементы полученных множеств, имеющих максимальные значения $I_{\max(КТП)}^{\circ}$, $I_{\max(ТП)}^{\circ}$, $I_{\max(КУСПД)}^{\circ}$, $I_{\max(УСПД)}^{\circ}$, $C_{\max(КТП)}^{\circ}$, $C_{\max(ТП)}^{\circ}$, $C_{\max(КУСПД)}^{\circ}$, $C_{\max(УСПД)}^{\circ}$. Потерю данных и экономический ущерб оценили с учетом вероятности отказа каждого типа:

$$I^{\circ} = P_{(КТП)} I_{\max(КТП)}^{\circ} + P_{(ТП)} I_{\max(ТП)}^{\circ} + P_{(КУСПД)} I_{\max(КУСПД)}^{\circ} + P_{(УСПД)} I_{\max(УСПД)}^{\circ}; \quad (19)$$

$$C^{\circ} = P_{(КТП)} C_{\max(КТП)}^{\circ} + P_{(ТП)} C_{\max(ТП)}^{\circ} + P_{(КУСПД)} C_{\max(КУСПД)}^{\circ} + P_{(УСПД)} C_{\max(УСПД)}^{\circ}, \quad (20)$$

где $P_{(КТП)}$, $P_{(ТП)}$, $P_{(КУСПД)}$, $P_{(УСПД)}$ – вероятности наступления отказа канала передачи данных между устройствами первого и второго уровней, устройства первого уровня, канала передачи данных между устройством второго уровня и сервером системы, устройства второго уровня соответственно при отказе системы. Величины рассчитываются с учетом времени наработки на отказ, которое определяется по паспорту соответствующего устройства.

Для принятия окончательного решения используем нормализованный аддитивный критерий

$$\min Y = \beta_1 \times Y_6 / Y_6^{(1)} + \beta_2 \times Y_7 / Y_7^{(1)} + \beta_3 \times Y_8 / Y_8^{(1)}, \text{ при } \sum_{h=1}^3 \beta_h = 1, \quad (21)$$

где β_1 , β_2 и β_3 – весовые коэффициенты частных критериев (22)–(24) соответственно; $Y_6^{(1)}$, $Y_7^{(1)}$, $Y_8^{(1)}$ – значения частных критериев (22)–(24), соответственно при первом анализируемом проектном решении.

Используя данную методику на этапе параметрической оптимизации при равных весовых коэффициентах критериев (22)–(24), удалось подобрать устройства, при использовании которых суммарная стоимость системы была снижена на 10 % по сравнению с начальным вариантом при незначительном увеличении вероятности отказа системы (0,001 %).

Моделирование работы системы

Анализ последствий отказов для определения необходимости резервирования элементов системы и оптимизации режима ее работы проводился для каждого устройства первого и второго уровней в различные отрезки времени с учетом длительности функционирования системы. Оценку степени сохранения качества работы системы при отказе ее элементов проводили по количеству и стоимости потерянных данных, для этого использовали соотношения:

$$Q' = (I - I^{\circ}) / I; \quad (22)$$

$$Q^C = (C - C^o) / C, \quad (23)$$

где Q^I, Q^C – коэффициенты сохранения количества и стоимости информации соответственно; I – количество переданной и сохраненной информации при безотказной работе системы, бит; I^o – количество информации, утерянной в результате отказа элемента системы, бит; C – стоимость переданной и сохраненной информации при безотказной работе системы, р.; C^o – стоимость информации, утерянной в результате отказа элемента системы, р.

Задачу решали с помощью имитационного моделирования, которое позволяет исследовать модель реальной системы при различных условиях функционирования в определенные отрезки времени [4].

Количество данных при отказе ТИ и их стоимость рассчитали по формулам:

$$I_{ТИ}^o = \sum_{i=td}^{tr} b_i^{ТИ}, \text{ бит}; \quad (24)$$

$$C_{ТИ}^o = \sum_{i=td}^{tr} c_i^{ТИ}, \text{ бит}, \quad (25)$$

где td – номера среза, в течение которого произошла последняя передача данных отчетного периода к УСПД; tr – номер среза, в течение которого произошло восстановление ТИ; $c_i^{ТИ}$ – стоимость учтенной за i -й срез энергии, определили по [5].

Количество данных, потерянных в результате отказа точки сигнализации (ТС) и их стоимость определили по формулам:

$$I_{ТС}^o = \sum_{i=td}^{tr} \sum_{v=1}^V b_v^{ТС} k_{iv}^{ТС}, \text{ бит}; \quad (26)$$

$$C_{ТС}^o = \sum_{i=td}^{tr} \sum_{v=1}^V c_v^{ТС} k_{iv}^{ТС}, \text{ р.}, \quad (27)$$

где V – число типов посылок информации системы сигнализации; $b_v^{ТС}$ – длина пакета посылки информации v -типа, бит; $c_v^{ТС}$ – стоимость пакета посылки информации v -типа, р.; $k_{iv}^{ТС}$ – число посылок информации v -типа в течение i -го среза.

Количество данных, потерянных в результате отказа точки управления (ТУ) и их стоимость определили по формулам:

$$I_{ТУ}^o = \sum_{i=td}^{tr} \sum_{r=1}^R b_r^{ТУ} k_{ir}^{ТУ}, \text{ бит}; \quad (28)$$

$$C_{ТУ}^o = \sum_{i=td}^{tr} \sum_{r=1}^R c_r^{ТУ} k_{ir}^{ТУ}, \text{ бит}, \quad (29)$$

где R – число типов посылок информации системы управления; $b_r^{ТУ}$ – длина пакета посылки информации r -типа, бит; $c_r^{ТУ}$ – стоимость пакета посылки информации r -типа, р.; $k_{ir}^{ТУ}$ – число посылок информации r -типа в течение i -го среза.

Количество данных, потерянных в результате отказа УСПД, рассчитали как сумму количества данных, передаваемых между сервером системы и ТУ, и ТС, под-

ключенных к отказавшему УСПД. Стоимость данных, потерянных в результате отказа УСПД, определили как сумму стоимостей данных сигнализации, управления и стоимости ущерба (c_y^{TI}), полученного в результате отсутствия оперативного доступа к данным измерения.

Анализ работы системы для отказов двух типов (не вызывающих потерю данных, хранящихся в памяти элемента системы, и приводящих к потере данных, хранящихся в памяти элемента системы) позволил выявить ТП, отказы которых являются значимыми при заданном режиме работы. Значимым считали отказ первого типа, в результате которого потеря информации или ее стоимость составила бы более 0,5 %, и отказ второго типа, в результате которого потеря информации или ее стоимость составила бы более 20 % от стоимости сохраненных данных в каждом срезе, для которого проводилось моделирование.

Заключение

Согласно предложенной методике, поиск оптимального решения осуществляется в многомерном пространстве параметров, уникальном для каждого этапа проектирования при множестве критериев оптимальности. Это позволяет выполнить структурно-параметрический синтез системы при требуемых технико-экономических показателях. Использование средств моделирования работы АСКУЭ позволяет оценить целесообразность и предусмотреть средства резервирования отдельных устройств на этапе проектирования, оптимизировать режим работы системы. Рассмотренный пример показал, что при равных условиях возможно построение качественно новой АСКУЭ с улучшенными экономическими и техническими характеристиками. В соответствие данной методикой разработаны программные средства, которые могут быть использованы как при создании новых АСКУЭ, так и при модернизации уже существующих. Все программные модули разработаны на языке программирования С.

Литература

1. Новый путь проектирования систем контроля и автоматики / Е. Целищев [и др.] // CADmaster. – 2002. – № 2. – С. 60–63.
2. Игумнов, С. Н. Автоматизация проектирования информационно-измерительной системы коммерческого и технического учета электроэнергии / С. Н. Игумнов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2008. – № 1. – С. 12–15.
3. Соболев, И. М. Выборы оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – Москва : Наука, 1985. – 107 с.
4. Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. – Москва : Радио и связь, 1988.
5. Инструкция по применению двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы : утв. Постановлением М-ва энергетики Респ. Беларусь 16.10.02 : текст по состоянию на 1 февр. 2010 г. – Минск : Дикта, 2010. – 15 с.

Получено 09.09.2010 г.