

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ НА КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЯХ

полупроводниковых приборов» (г.Томск) сконструирован измерительно - вычислительный комплекс для бесконтактного измерения распределения удельного сопротивления по поверхности полупроводниковых пластин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрченко, А.В. Реальная стоимость энергии – от ресурсов до потребителя// А.В. Юрченко, Ф.В. Саврасов, В.И. Юрченко. - Известия ТПУ, 2009. – Т. 314, № 3. – С. 43–46
2. Непомнящий, А.И. Структура и электрофизические свойства мультикристаллического кремния // А.И. Непомнящий, Б.А. Красин, А.С. Токарев, Т.С. Шамирзаев. - Сб. тез. конф. «Кремний 2004» – Иркутск, 2004. – С.45
3. Воторопин, С.Д. Автоматизированная установка на основе автодиных датчиков КВЧ диапазона для контроля материалов.//С.Д. Воторопин, А.В. Юрченко, В.И. Юрченко, А.В. Чихман, С.В. Крылов, В.С. Мызгин. - Электронная промышленность.1998. вып. 1-2. С.136-138.
4. Крылов, С. В. Установка визуализации и определения мест дефектов в плоских материалах на основе КВЧ автодиных датчиков 5-и мм диапазона.// С. В. Крылов, А. В. Юрченко, С. Д. Воторопин, В. И. Юрченко.- Сб. докл. III-я Всеросс. научн.-техн. конф. «Методы и средства измерений физических величин». - Н. Новгород, 1998, Т.V. С. 4-5.
5. Юрченко, А.В. Установка для визуализации и определения мест расположения дефектов в солнечных элементах на основе автодиных датчиков 5 – миллиметрового диапазона длин волн// А.В. Юрченко, С.Д. Воторопин, В.И. Юрченко. - Труды VIII-ой Крымской Междунар. микроволн. конф. «КрыМиКо'98». – Севастополь, 1998.
6. Воторопин, С.Д. Автодиные СВЧ-датчики для бесконтактных измерений и контроля.// С.Д. Воторопин, В.Я. Носков и др. - Матер. III-ей Крымской конф. «СВЧ-техника и спутниковые телекоммуникационные технологии». - Севастополь. -1992. -С.159-164.
7. Усанов, Д.А. Использование эффекта автодиного детектирования в полупроводниковых СВЧ генераторах для создания устройств радиоволнового контроля.// Д.А. Усанов, В.Д. Тупикин, А.В. Скриапль, Б.Н. Коротин Дефектоскопии. -1995. -Т.31. -№5. -С.16-20.
8. Носков, В.Я. Анализ автодиного СВЧ датчика для бесконтактного измерения и контроля размеров изделий. // В.Я. Носков. - Измерительная техника. -1992. -вып.3. -С.24-26.

К.т.н., доцент Юрченко А.В., тел. 8-913-82 60-301, e-mail: piirp@inbox.ru; аспирант Новиков А.Н., Национальный исследовательский Томский политехнический университет, кафедра информационно-измерительной техники (г. Томск).

УДК: 621.31:658.386

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ НА КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЯХ

А.Г. Якунин А.Г., И.М. Жихарев, А.Л. Ненашев А.Л.

Обсуждаются особенности обработки сигнала, обусловленные характером наблюдаемых сцен изображений систем технического зрения, предназначенных для подсчета и идентификации в производственных условиях объектов, перемещающихся на конвейерных линиях. Описывается один из возможных подходов к разработке алгоритмического обеспечения таких систем.

Ключевые слова: система технического зрения, компьютерное моделирование, оперативный контроль, идентификация изделий, псевдрегулярные структуры, нелинейные алгоритмы.

На сегодняшний день системы технического зрения показали свою высокую эффективность при решении многих задач, связанных с управлением сложными производствами и автоматизацией производственных процессов [1].

Несмотря на достигнутые успехи в области построения таких систем [2], проблема автоматизированного контроля выпускаемой продукции с применением таких преобразователей по-прежнему остается важной и актуальной. Это обусловлено, в первую оче-

редь, тем обстоятельством, что как сами объекты контроля, так и сцена изображения, на которой они находятся, отличаются значительным многообразием.

В целом в общей задаче контроля изделий можно выделить такие частные цели, как их подсчет, идентификацию и комплексную оценку качества. В силу наличия вышеуказанной проблемы приходится констатировать, что в общем виде задача оценки качества до настоящего времени полностью не решена и при контроле с применением теле-

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

визионных систем обычно ограничиваются решением частных случаев, а именно идентификацией изделий и их подсчетом.

В этом направлении на сегодняшний день имеется множество готовых решений, доведенных до массового производства, например, [3,4]. Однако, практика практического применения подобных систем [5-10] показала, что в реальных производственных условиях даже простейшая задача подсчета изделий наталкивается на ряд труднопреодолимых трудностей.

В частности, при решении задачи контроля процесса выпечки хлебобулочных изделий в жарочной печи на выбор алгоритмов обработки изображения сцены и идентификации объектов существенное влияние оказывают следующие факторы:

- неравномерность освещения анализируемой сцены, характер которой может медленно флуктуировать в течение суток;
- не подчиняющаяся статистическим закономерностям спонтанная флуктуация освещенности в течение светового дня, связанное с засветкой сцены перекрываемым тучами солнечным светом через окна;
- изменение чувствительности сенсора видеокамеры из-за оседания на объективе пыли, грязи и жировых отложений;
- наличие вибрации электропривода конвейера, вызывающей как вибрацию самой видеокамеры, так контролируемой сцены изображения;
- неравномерная скорость движения конвейера;
- появление в зоне анализа посторонних объектов (рисунок 1);



Рисунок 1 Пример попадания в область контроля посторонних динамических объектов

- сложность различения контролируемых

объектов, удовлетворяющих и не удовлетворяющих заданным критериям качества по форме, цвету, характеру поверхности;

- возможность замыканий изображений контролируемых объектов, например, из-за появления между булками хлеба кусков теста или залипания булок между собой (рисунок 2)

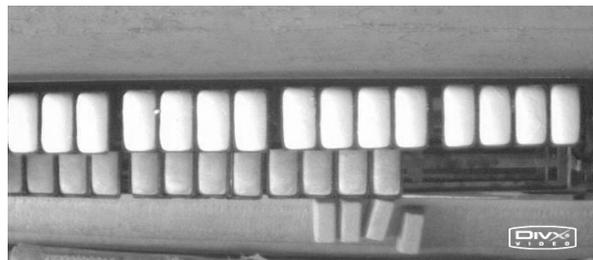


Рисунок 2 Пример появления между контролируемыми объектами (изображения хлебобулочных изделий перед загрузкой в жарочную печь) посторонних статических замыкающих объектов (верхний ряд, булки 4 и 5)

Целью данной работы заключалась в разработке алгоритмического обеспечения, способного максимально эффективно минимизировать влияние перечисленных факторов на точность и надежность идентификации системы контроля.

Для достижения данной цели было разработано специализированное ПО (рисунки 3,4), предназначенное для анализа влияния перечисленных факторов на работу используемых в системе контроля алгоритмов обработки сигнала.

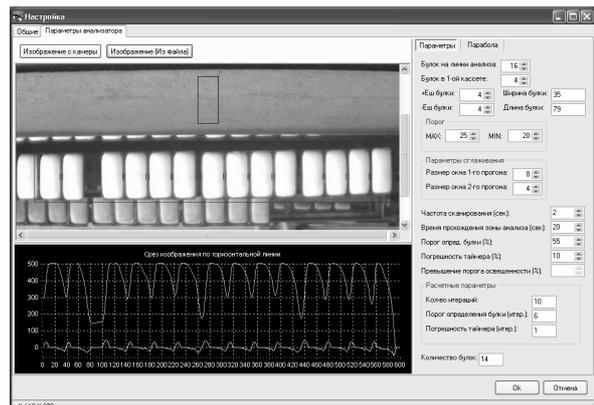


Рисунок 3 Форма настройки программного комплекса для исследования сеточных алгоритмов идентификации

Для проведения исследований в натуральных условиях с применением видеокамеры D-Link [5] сначала производилась запись натурной сцены изображения. Затем обработка полученных данных с использованием разра-

ботанного ПО производилась уже в лабораторных условиях.



Рисунок 4 Форма для исследования работы алгоритмов выделения контуров объектов, представляемых для идентификации нейронной сети.

Анализ известных решений показал, что основу большинства алгоритмов обработки изображений составляет последовательное применение к ним тех или иных фильтров, сводящих исходное изображение к бинарной матрице или векторному сигналу [11]. Дополнительно в процессе преобразований изображение может быть подвергнуто сегментации и на нем могут быть выделены контуры, удовлетворяющие каким-либо определенным требованиям, например замкнутости, выпуклости и т.д. [11]. При этом для собственно идентификации применяются либо нейросетевые методы [12], либо алгоритмы, основанные на непосредственном синтаксическом анализе отфильтрованного изображения [11].

При разработке алгоритмов для обработки изображений, создаваемых изделиями на конвейерных линиях, целесообразно учитывать их следующие специфические особенности:

- «плоский» характер сцены и неизменность масштаба наблюдаемой картины;
- возможность применения для анализа одномерных видеосенсоров (одного, расположенного поперек направления движения конвейера, либо двух таких сенсоров, размещенных ортогонально);
- простоту реализации алгоритмов выделения информации о наличии движения путем применения простейших корреляционных экстремальных систем;
- простоту решения задачи сегментации анализируемой схемы;
- возможность использования для обработки изображений для повышения точности идентификации дополнительной информации о наличии в кадре регулярных или псевдорегулярных упорядоченных структур, исключающих необходимость созда-

вать алгоритмы, инвариантные к повороту изделий.

«Испытательным полигоном» для отработки новых концепций и программно – технических решений при решении задач подсчета и идентификации была выбрана жарочная печь для выпечки хлебобулочных изделий ОАО «Русский хлеб» (г.Барнаул).

Уже первые эксперименты показали, что в качестве видеосенсора для таких задач вместо промышленных преобразователей изображения удобнее применять IP WEB – камеры. Основными причинами такого выбора послужили:

1. возможность передачи видеопотока на достаточно большие расстояния в отличие от камер на основе USB – интерфейса;
2. отсутствие необходимости в приобретении специальных аппаратных средств, необходимых для оцифровки видеосигнала с аналоговых телекамер;
3. возможность, в отличие от однострочных сенсоров, получения мгновенных снимков всей контролируемой сцены изображения, что исключает необходимость применения специальных мер для учета динамики изменения освещенности и появления в зоне контроля посторонних объектов во время прохождения детали мимо телекамеры;
4. наилучшее соотношение цена/качество за счет использования устройств массового применения при вполне удовлетворительных технических характеристиках и достаточном для многих практических применений телевизионном разрешении.

В частности, в данной работе применялась камера D-Link DCS900 с разрешением 640*480.

Следующий важный вывод, который был сделан в процессе исследований, заключается в том, что для решения многих задач идентификации оказалось вполне достаточно перейти от обработки всего кадра изображения к его срезам, взятым из его отдельных строк и столбцов, образующих на изображении достаточно разреженную сетку. Кроме того, общую фильтрацию изображения по всему полю кадра можно также заменить фильтрацией по строкам и столбцам, что позволяет существенно снизить технические требования к используемым средствам вычислительной техники. Однако, проведенные исследования показали, что использование классических схем перехода от полутонового сигнала к бинарному вектору, основанных на использовании точек перехода через ноль

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

второй производной предварительного сглаженного прямоугольным или треугольным окном видеосигнала (рисунок 3, нижний график) оказывается недостаточно, если на сцене изображения могут появляться фоновые засветки. В этом случае строку изображения нужно предварительно нормировать с учетом появления на ней резких перепадов яркости, обусловленных такой засветкой. Для такого учета можно, например, предложить авторский алгоритм, основанный на проведении нормировки сигнала в некотором ε -слое, толщина которого определяется реальным контрастом изображения без учета наличия фоновой засветки. Выделить такой слой можно применением соответствующих морфологических операций, либо же с помощью специального цифрового нелинейного PD – фильтра, алгоритм работы которого эмулирует работу широко применяемого в радиотехнике пикового детектора (Peak detector) с заданной постоянной времени, определяющей скоростью экспоненциального перезаряда виртуальной емкости и, соответственно, перепада освещенности. При этом, в отличие от физически реализуемого устройства, его виртуальный аналог может перезаряжать емкость инверсно как по амплитуде, так и по времени, за счет чего, собственно, и удается формировать виртуальный слой.

Подобный же фильтр можно применять и для сглаживания и замыкания контуров двумерных изображений, предъявляемых нейросетевому имитатору. Однако, в этом случае обработку сигнала необходимо выполнять в полярных координатах, что не создает дополнительных сложностей, если на вход сети подается сигнатура. Однако, при двумерной обработке общий подход к фильтрации изображения и формирования первичных, образующих контур, сегментов, несколько меняется. В частности было установлено, что вместо применения традиционных алгоритмов оконтуривания, таких как, например, маска Собела, маска Превитта, и Лапласиан [11] более эффективно применение обычных градиентных методов, дополненных специальным способом формирования контура. Его суть заключается в обходе «хребтов» 3D – функции, представляющей собой нормированный градиент исходного сигнала. Обход начинается с самой высокой вершины и продолжается до тех пор, пока «откосы» очередного «хребта» в направлении движения не превысят заданной пороговой величины.

Пример применения подобного алгоритма показан на рисунке 5

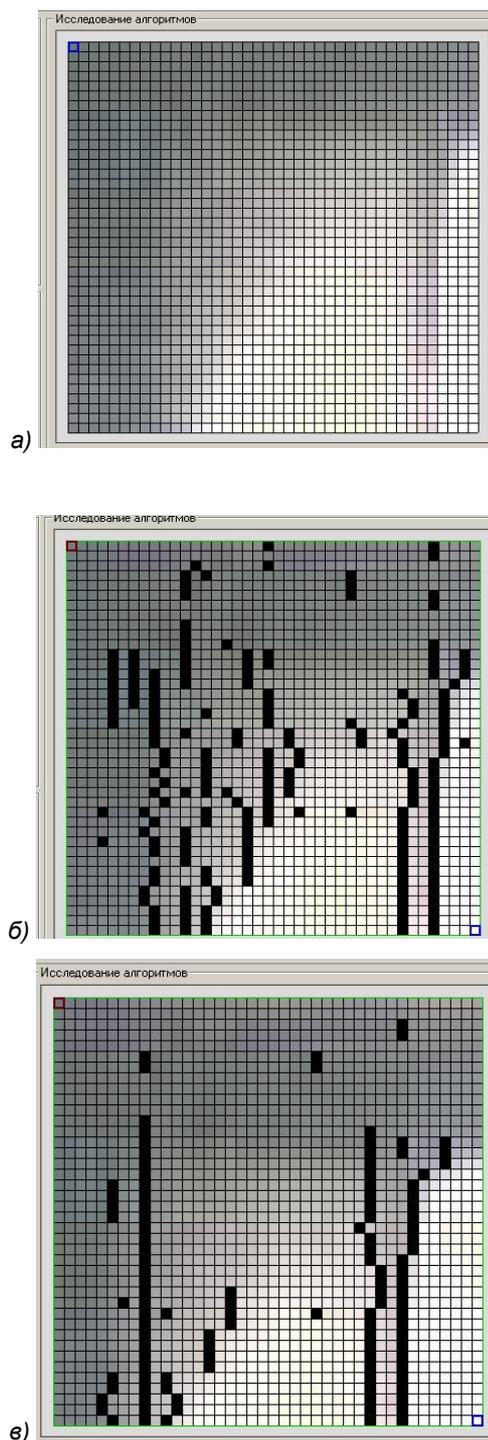


Рисунок 5 Применение алгоритма определения контура объекта с использованием градиентного метода. а) исходное изображение;

б) результат работы алгоритма выделения контуров по фиксированному порогу градиента исходного изображения; в) результат работы алгоритма определения контура путем поиска хребтов на градиенте изображения объекта

Выводы

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, влияние специфических особенностей изображений изделий на конвейерной линии на достоверность идентификации в значительной степени зависит от используемого алгоритма обработки сигнала. Наименьшую устойчивость при этом имеют алгоритмы, основанные на анализе конкретных геометрических параметров контролируемого объекта, а наибольшую – алгоритмы, основанные на вычислении корреляционной функции. Однако, применение последних становится затруднительным, когда основная обработка видеoinформации производится централизованно на персональном компьютере оператора технологического процесса. Компромиссным вариантом является применение нейросетевых алгоритмов.

Применение нейронных сетей для решения задач контроля изделий, движущихся на конвейерных линиях, сводится к решению задачи идентификации изображений с псевдерегулярной структурой в условиях динамики контролируемой сцены изображения и линейного равномерного смещения этой сцены в двумерной области. В данной работе подобрана оптимальная архитектура нейронной сети и отмечены отдельные особенности реализованного алгоритма распознавания объектов.

В тех случаях, когда номенклатура изделий жестко ограничена и не подлежит модификации, неплохие результаты можно получить с применением простейших синтаксических анализаторов изображений, представленных выборками из всего кадра изображения в виде ограниченного количества ортогональных линий, строковые сигналы которых обрабатываются с использованием специальными эвристических алгоритмов, основанных на применении нелинейной цифровой фильтрации. Применение таких «сеточных» анализаторов особенно эффективно при использовании для обработки технических средств с ограниченными ресурсами, например, промышленных микроконтроллеров, и позволяет создавать достаточно надежные и в то же время максимально дешевые средства контроля.

Системы контроля с применением обоих подходов были протестированы и отлажены в натурном эксперименте и апробированы в опытной эксплуатации на реальном предприятии. В качестве тестовой задачи использовалась задача контроля хлебобулочных изделий для подсчета количества хлеба, за-

гружаемого в поточные печные линии, сводящаяся к их подсчету и разбраковке по форме. В настоящее время ведутся работы по дальнейшему совершенствованию предложенных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническое зрение роботов/В.И. Мошкин , А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г.Якушенков; Под общ.ред. Ю.Г.Якушенкова. – М.: Машиностроение, 1990.- 272 с.
2. Ким, Николай. Обработка и анализ изображений в системах технического зрения : учебное пособие / Н. Ким. – М.: Издательство МАИ, 2001. - 164 с.
3. Горгуца, С. Р. Учебный курс по системам технического зрения на базе программной среды Labview. [Электронный ресурс] / С. Р. Горгуца , П. М. Михеев, А.С.Соболев. . Режим доступа: <http://www.automationlabs.ru/images/Thesises/vision%20course.pdf>
4. Видеодатчики и камеры машинного зрения. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.sick-automation.ru/catalog/sensors/complex/sensor_video.html
5. Жихарев, И.М. Особенности применения WEB-камер для решения задач технического зрения / И.М. Жихарев, А.Г. Якунин. - Третья Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь». – Барнаул, изд-во Алт. гос. тех. университета, 2006. – с. 26-27
6. Жихарев, И.М. Особенности обработки изображений при решении задач автоматизированного подсчета и контроля изделий/И.М. Жихарев. Материалы девятой региональной конференции по математике “МАК-2006”. – Барнаул: изд-во Алт. Ун-та, 2006. – с. 58 -60
7. Жихарев, И.М. Комплекс программно-технических средств для решения задач оперативного контроля и учета выпечки хлебобулочных изделий / И.М. Жихарев. Ползуновский альманах. – Барнаул, изд-во Алт. гос. тех. университета, 2006.- №4.- с. 36.
8. Жихарев, И.М. Особенности обработки сцены изображения в системе технического зрения контроля и подсчета изделий на конвейерах жарочных печей / И.М. Жихарев, О.И. Хомутов, А.Г. Якунин. - Материалы международной научной конференции «Информационные технологии в современном мире», ч. 4. – Таганрог: Изд-во «Антон», ТРТУ, 2006.
9. Жихарев, И.М. Метод определения формы изделия для системы контроля хлебобулочных изделий на поточных печных линиях / И.М. Жихарев. - Ползуновский альманах. - № 3. – 2007. – С. 44-45
10. Ненашев, А.Л. Интеллектуальные системы контроля изделий на конвейерных линиях на основе нейросетевых технологий / А.Л.Ненашев. - Ползуновский альманах. - № 2. – С.78-8
11. Гонсалес, Р. Цифровая Обработка Изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс.; Перевод с англий-

РАЗДЕЛ II. ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ И ТЕХНИКЕ

ского под редакцией П.А. Чочиа. – М.: «Техносфера», 2005 г. – 1072с.

12. Брилюк, Дмитрий. Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы. / Д. Брилюк, В. Старовойтов - М.: Минск, 2001.

д.т.н., профессор **Якунин А.Г.**, аспиранты **Ненашев А.Л., Жихарев И.М.** - (3852) 69-76-21, 36-78-98 yakunin@agtu.secna.ru, Алтайский гостехуниверситет.

УДК: 621.317.7

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Г.А. Чугунов, М.Н. Агапов, А.И. Тищенко

В статье рассматривается эффективность применения приборов измерения показателей качества электроэнергии. Предлагается использование большого количества недорогих приборов для мониторинга отдельной энергосистемы. Описываются функциональные блоки прибора, методы измерения показателей качества электроэнергии, алгоритм работы прибора.

Ключевые слова: электрическая сеть, измерительное устройство, методы измерения, показатели качества электроэнергии, частота электрического тока, система электроснабжения.

В последние годы проблемы качества электроэнергии и надежности электроснабжения приобретают особую актуальность, так как они являются одними из важнейших условий экономичной и длительной эксплуатации любых современных приборов, которые используются в различных отраслях. Исследования проблем качества электроэнергии, проводимые в первую очередь американскими научными институтами, показали, что суммы ежегодных убытков от низкого качества электроэнергии у большинства развитых стран составляют огромные суммы.[3]

Если в индустриальной экономике вполне допустимым считалось прерывание электроснабжения не более 2–3 раз в год, то в новой экономике это неприемлемо, возмущения со стороны источников питания, проявляющиеся в кратковременных провалах напряжения (продолжительностью до 0,1 – 0,2 с) без последующего перерыва электроснабжения уже приводят к срывам технологических процессов.

Реализация современных технологических процессов уже невозможна без управления ими средствами цифровой техники, которая ориентирована исключительно на работу в нормальных эксплуатационных режимах. Поэтому любое возмущение со стороны электрической сети приводит к немедленному аварийному прерыванию технологических процессов, так как возникающие переходные электромагнитные и электромеханические переходные процессы, пусть и кратковременные, разрушают заданную технологию и устраивают работу систем автоматического управления.

Таким образом, становятся очевидным

актуальность решения задачи контроля показателей качества электроэнергии (ПКЭ), с последующим поиском решения по улучшению данных показателей.

При этом сложность решения поставленной задачи обусловлена тем, что электроэнергия, как товар, помимо требований к качеству, обладает рядом особенностей. Например, производство и потребление электроэнергии являются неразделимыми во времени процессами, т.е. электроэнергию нельзя запастись в достаточных в масштабе энергосистемы количествах. А так же должно быть равенство объема выработанной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени, что в свою очередь не позволяет точно оговорить объемы генерации и потребления электроэнергии. В связи с этим, принимая во внимание интегральный характер ПКЭ и факт, что качество электроэнергии на месте производства не гарантирует ее качества в точке присоединения потребителя, необходимо чтобы измерения показателей качества проводились синхронно во всех контрольных точках энергосистемы.

На сегодняшний день существует большое количество приборов, выполняющих измерение и анализ показателей качества электроэнергии. Но все они направлены на то что замеры выполняются в конкретный промежуток времени. Данные приборы имеют, как правило, мощный процессор, большой объем оперативной памяти, собственный многоцветный дисплей, и несколько различных интерфейсов для связи с внешними более интеллектуальными устройствами, например с персональным компьютером. Так как такие приборы являются самостоятель-