

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК \_\_\_\_\_

Янченко  
Владислав Сергеевич

Система сбора данных о параметрах качества электрической энергии  
на основе сети интернет

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

---

Научный руководитель  
Белошицкий Анатолий Павлович  
кандидат технических наук, доцент

---

Минск 2015

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью настоящей работы является разработка системы сбора данных о параметрах качества электрической энергии с помощью сети интернет. Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- произведен анализ работ по контролю качества электрической энергии;
- осуществлен обзор существующих приборов измерения показателей качества электрической энергии (анализаторов качества);
- произведен анализ современных способов передачи измерительной информации по сетям общего пользования;
- рассмотрены вопросы метрологического обеспечения и устройства анализатора качества электрической энергии;
- разработана и опробована на практике методика калибровки анализатора качества;
- разработана структура системы, определено взаимодействие ее блоков между собой;
- приведены алгоритмы работы системы в режиме мониторинга параметров качества электрической энергии при калибровке анализатора качества электрической энергии;
- представлена пошаговая настройка как аппаратного, так и программного обеспечения системы сбора данных.

В настоящее время одним из наиболее универсальных видов продукции является электрическая энергия, однако преимущественное внимание уделялось больше количественным характеристикам чем качественным. Но электричество производится, перемещается, продается и потребляется. Поэтому в настоящее время актуальной стала проблема оценки качества электроэнергии. Мониторинг и контроль количественных и качественных показателей энергоносителей всегда было приоритетной задачей, поскольку результаты этих измерений служат основанием для финансовых расчетов между производителем и потребителем энергии, а также, позволяют оценить экономическую эффективность технологических процессов и оборудования, управлять ими или создавать новые энергосберегающие технологии.

Отклонения показателей качества электрической энергии от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам, как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают технологический и электромагнитный ущерб

В настоящий момент ведутся работы по внедрению автоматизированных систем контроля потребляемой энергии, которые должны существенно уменьшить потери и повысить качество электроэнергии в РБ. Также, как и на национальном уровне, локальные предприятия сталкиваются с проблемой непрерывного мониторинга и контроля всего спектра параметров качества электрической энергии, которые оказывают влияния на производственный процесс. В рамках работы над магистерской диссертацией были

освещены вопросы проектирования, разработки и настройки системы сбора данных о параметрах качества электрической энергии на основе сети интернет. Результаты работы были апробированы на 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «БГУИР» факультета ФТК. Также результаты были представлены на семинаре «Метрологическое обеспечение в энергетике» Белорусского государственного института метрологии с последующей публикацией в журнале "Метрология и приборостроение" «БелГИМ».

Библиотека БГУИР

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из наиболее универсальных видов продукции является электрическая энергия, однако преимущественное внимание уделялось больше количественным характеристикам чем качественным. Но электричество производится, перемещается, продается и потребляется. Поэтому в настоящее время актуальной стала проблема оценки качества электроэнергии. Мониторинг и контроль количественных и качественных показателей энергоносителей всегда было приоритетной задачей, поскольку результаты этих измерений служат основанием для финансовых расчетов между производителем и потребителем энергии, а также, позволяют оценить экономическую эффективность технологических процессов и оборудования, управлять ими или создавать новые энергосберегающие технологии.

Отклонения показателей качества электрической энергии от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам, как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают технологический и электромагнитный ущербы[1].

В настоящее время практически повсеместно наблюдается рост потерь электроэнергии. В среднем относительные потери достигли 15 - 20 %, а в муниципальных и районных электрических сетях их доля составляет 25 - 50 %. Основной причиной сложившейся ситуации является рост коммерческих потерь, львиная доля которых приходится на электрические сети напряжением 0,4 кВ.

В целях уменьшения коммерческих потерь при востребовании оплаты контролеры энергосбыта совершают регулярные обходы абонентов, выписывают и рассылают квитанции (счета) на оплату и т. д. В настоящий момент ведутся работы по внедрению автоматизированных систем контроля потребляемой энергии, которые должны существенно уменьшить потери и повысить качество электроэнергии в РБ. Также, как и на национальном уровне, локальные предприятия сталкиваются с проблемой непрерывного мониторинга и контроля всего спектра параметров качества электрической энергии, которые оказывают влияния на производственный процесс. Настоящая работа освещает вопросы проектирования, разработки и настройки системы сбора данных о параметрах качества электрической энергии на основе сети интернет.

## **1. Анализ работ по контролю качества электрической энергии в Республике Беларусь**

Производители и потребители электрической энергии несут значительные экономические потери из-за нарушения ее качественных показателей. Параметры качества электроэнергии непосредственно или косвенно влияют на качество продукции и услуг, на надежность, безопасность и сроки службы производственного и бытового оборудования, на условия окружающей среды.

Энергия имеет высокую реальную стоимость, которая в силу общемировых тенденций, связанных в первую очередь с истощением запасов ископаемого ограниченного топлива, возрастает из года в год. Вся сфера товарообращения, в которой в качестве товара выступает электрическая энергия, образует энергорынок. Функционирование энергорынка характеризуется следующими особенностями:

- 1) непрерывностью и одновременностью процессов производства и потребления электроэнергии;
- 2) взаимозависимостью параллельно работающих производителей, передатчиков и приемщиков электрической энергии, в том числе изменением мощностей, включением и отключением приемников, изменением нагрузок;
- 3) высокой скоростью протекания и распространения переходных процессов.

При этом энергорынок должен быть в полной мере вооружен соответствующими средствами измерений и метрологическим обеспечением, должны быть исключены все возможности неконтролируемого качества электрической энергии для любого потребителя, независимо происходит это на оптовом рынке электроэнергии или при ее отпуске бытовому потребителю.

Существующая проблема коммерческих потерь в сетях электроснабжения актуальна и требует создания комплексного эффективного механизма ее решения. Некоторые имеющиеся предложения в области автоматизации энергоучета касаются создания автоматизированных систем управления технологическими процессами, т. к. предполагают активное технологическое вмешательство в процессы электроснабжения и оплаты.

Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии – это система технических и программных средств для автоматизированного дистанционного измерения, сбора, передачи, хранения, накопления, обработки, анализа, отображения и документирования результатов потребления электроэнергии в территориально распределенных точках учета, расположенных на объектах энергоснабжающей организации и (или) потребителей [2].

Средствам измерения показателей качества электрической энергии в последние годы уделяется большое внимание. При выборе СИ ПКЭ (средств измерений показателей качества электроэнергии) необходимо обеспечить выполнение следующих требований.

По принципу действия СИ должны быть способны в реальном масштабе времени по установленным стандартам алгоритмам обеспечивать непрерывное

измерение одновременно всех ПКЭ и вспомогательных параметров электрической энергии. При современном состоянии элементной базы это, как правило, цифровые программируемые приборы, использующие высокоразрядные АЦП и бысторедействующие сигнальные процессоры.

По хранению результатов измерений СИ, предназначенные как для постоянных, так и периодических измерений, должны обладать достаточной по объему энергонезависимой памятью, позволяющей долго сохранять результаты измерений. Это требование определяется объемом обработанной информации, удобством обращения к ней как к единственно достоверной, возможностью анализа результатов измерений на больших временных интервалах. Кроме того, такие ПКЭ как провалы и импульсы напряжения представляют интерес не только со статистической точки зрения, но и как события, характеризуемые определенными параметрами в привязке к дате и времени события.

По отображению результатов измерения СИ должны обладать возможностью просмотра как текущей информации, т. е. отображающей текущие на момент измерения значения ПКЭ, так и архивной, представляемые как в алфавитно-цифровом, так и графическом виде. В конструктивном отношении это требование может быть удовлетворено различными способами, например, с помощью жидкокристаллических дисплеев, смонтированных либо непосредственно в прибор, либо в прикладных программах дополнительного анализа данных, а так же создания отчетов.

На сегодняшний день в Государственный реестр Республики Беларусь внесен широкий спектр приборов различных производителей, позволяющих проводить измерения ПКЭ.

## **2. Общие вопросы метрологического обеспечения анализаторов качества электрической энергии**

Правовой основой метрологического обеспечения является законодательная метрология, которая включает в себя комплексы общих правил, требований и норм, а также другие вопросы (нуждающиеся в регламентации со стороны государства), направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений в республике [15].

Главной задачей в области обеспечения качества электроэнергии является определение и оценка качественных показателей электрической энергии. В Республике Беларусь эти вопросы регламентированы ТКП 183.1-2009 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии», ТКП 183.2-2009 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии», а также действующим на территории Республики Беларусь ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах энергоснабжения общего назначения», в которых устанавливаются требования к качеству электроэнергии,

погрешностям измерений и интервалам усреднения, которые должны реализовываться в приборах контроля при измерениях показателей и их обработке.

Под системой электроснабжения общего назначения понимают электрическую сеть энергоснабжающей организации, предназначенную для передачи электрической энергии различным потребителям (приемщикам электрической энергии). При контроле качества электрической энергии проводят проверку соответствия показателей качества электрической энергии установленным требованиям. При анализе качества электрической энергии выявляют причины несоответствия показателей качества электрической энергии установленным требованиям.

В соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами при контроле и анализе качества электрической энергии определяют следующие ПКЭ.

1. Показатели КЭ, характеризующие установившиеся режимы работы электрооборудования энергоснабжающей организации и потребителей электрической энергии, дают количественную оценку КЭ в зависимости от особенностей технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. К ним относятся:

- установившееся отклонение напряжения;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонение частоты;
- размах изменения напряжения;
- доза фликера.

2. Показатели КЭ, характеризующие кратковременные помехи, возникающие в электрической сети в результате коммутационных процессов, работы средств защиты и автоматики, грозовых атмосферных явлений, дают количественную оценку динамических процессов. К ним относятся:

- длительность провала напряжения;
- импульсное напряжение;
- коэффициент временного перенапряжения.

Для определения соответствия значений измеряемых показателей КЭ нормам, за исключением длительности провала напряжения, устанавливается минимальный интервал времени измерения равный 24 ч.

Для контроля этих параметров в настоящее время используются СИ включенные в Реестр Республики Беларусь и представленные в главе 1. Наиболее удовлетворяет этим требованиям и имеет возможность быть использованным в системе сбора данных анализатор качества электрической

энергии *Elspec Blackbox* серии G4420. Также для обеспечения необходимых метрологических характеристик должна проводиться периодическая метрологическая калибровка, которая в данный момент отсутствует (существует только методика поверки). Методика калибровки должна разрабатываться в соответствии с ТКП 8.014 - 2012 «Система обеспечения единства измерения Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Правила проведения работ» и содержать следующие разделы:

- вводная часть;
- нормативные ссылки;
- термины и определения;
- операции калибровки;
- средства калибровки;
- требования безопасности;
- условия калибровки;
- подготовка к калибровке;
- процедура измерений;
- обработка результатов измерений;
- оформление результатов калибровки.

Разработанная методика калибровки для анализатора качества электрической энергии *Elspec Blackbox* серии G4420 представлена в Главе 2 магистерской диссертации.

### **3. Метрологические характеристики и устройство анализатора качества электрической энергии *Elspec Blackbox G4420***

Анализатор качества *Elspec Blackbox G4420* это портативное устройство, предназначенное для контроля качества электрической энергии. Данный прибор позволяет непрерывно производить регистрацию всех вышеперечисленных параметров качества, также одновременно производить математические преобразования, такие как БПФ (Быстрое преобразование Фурье) и др. Все измеренные данные сохраняются в сжатом виде, с помощью запатентованной технологии *PQZip*, что позволяет сохранять измерительную информации на протяжении года. Встроенный веб-сервер обеспечивает возможность дистанционного контроля, используя стандартные веб-браузеры. С помощью любого приемопередатчика беспроводной сети стандарта 802.11 b/g и сети Ethernet, портативное устройство *Elspec Blackbox G4420* обеспечивает возможность дистанционного анализа данных. Внешний вид анализатора качества представлен на рисунке 1.

В комплекте с прибором поставляется четыре комплекта гибких токовых клещей для измерений в цепях переменного тока, с осуществлением автоматической идентификацией; пять комплектов потенциальных кабелей;

подзаряжаемый источник питания; прочный кейс для переноски, а также сопроводительная документация включающая CD-диск.



Рисунок 1 – Внешний вид анализатора качества *Elspec Blackbox G4420*

Более подробно функциональные возможности анализаторов качества *Elspec Blackbox* серии *G4400* представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Функциональные возможности анализаторов *G4400*

Наименование	<i>Elspec G4410</i>	<i>Elspec G4420</i>	<i>Elspec G4430</i>
Измеряемые величины и ПКЭ			
Действительные значения фазных напряжений $U_A, U_B, U_C, U_N, В$	+	+	+
Действительные значения междуфазных напряжений $U_{AB}, U_{AC}, U_{BC}, В$	+	+	+
Действительные значения фазных токов $I_A, I_B, I_C, I_N, А$	+	+	+
Коэффициент мощности по фазам $PF_A, PF_B, PF_C$	+	+	+
Полная мощность по фазам $S_A, S_B, S_C, ВА$	+	+	+
Активная мощность по фазам $P_A, P_B, P_C, Вт$	+	+	+
Реактивная мощность по фазам $Q_A, Q_B, Q_C, ВАр$	+	+	+
Частота $f$ , Гц	+	+	+
Регистрация переходных процессов (50/60), мкс	78/65	39/32.5	19.5/16
Измерения дозы фликера (в соответствии с IEC 61000-4-15)	+	+	+
Измерение кратковременной дозы фликера $PS_t$	+	+	+
Измерение интергармоник	+	+	+
Осциллографирование и запись данных			
Спектр измеряемых гармоник	128	256	512
Частота дискретизации, кГц	12.8	25.6	51.2
Журнал событий	+	+	+
Объем встроенной памяти (FIFO)	64 МБт	2 ГБт	8 ГБт

Продолжение таблицы 1

Глубина хранения измеренных данных и осциллограмм	1 день	1 месяц	1 год
Передача данных			
Ethernet порт (10/100 Mbit)	1	2	2
Интерфейс RS485/422	+	+	+
USB-порт	-	+	+
Возможность подключения внешнего GSM модема	+	+	+
Разъем Compact Flash для GPS	+	+	+
Встроенный WEB – сервер, OPC – сервер	+	+	+
Синхронизация			
Синхронизация от внешнего эталона времени	+	+	+
Синхронизация SNTP	+	+	+
Синхронизация через GPS (с помощью дополнительного оборудования - GPS time server)	+	+	+
Установки питания			
Время работы после исчезновения питания, с	10	25	25
Электропитание PoE	+	+	+
Установки, аварийная сигнализация и управление			
Одно- и много условные аварийные сигнализации	+	+	+

Основные метрологические характеристики анализаторов качества *Elspec Blackbox G4400* представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики *Elspec Blackbox G4400*

Измеряемые величины	Диапазоны измерений	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений
1. Действующее (среднеквадратичное) значение переменного напряжения $U$ , В	0-60	относительная: $\pm [0,1 + 0,01((230/U) - 1)]$ , %
	60-1600	относительная: $\pm 0,1$ %
	1600-8000	относительная: $\pm 0,5$ %

Продолжение таблицы 2

2. Действующее (среднеквадратичное) значение переменного тока $I$ , А	0-0,2	относительная: $\pm [0,1 + 0,01((10/I) - 1)]$ , %
	0,2-10	относительная: $\pm 0,1\%$
	10-50	относительная: $\pm 0,2\%$
3. Активная электрическая мощность $P$ , Вт и энергия, Вт·ч		относительная: $\pm 0,2\%$
4. Реактивная электрическая мощность $Q$ , вар и энергия, вар·ч		относительная: $\pm 0,2\%$
5. Полная электрическая мощность $S$ , В·А и энергия, В·А·ч		относительная: $\pm 0,2\%$
6. Коэффициент мощности $K_p$	от - 1,0 до + 1,0	абсолютная: $\pm 0,02$
7. Частота переменного тока $f$ , Гц	от 45 до 64	абсолютная: $\pm 0,01$ Гц
8. Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, $n$ от 2 до 40 ( $K_{U(n)}$ ), %	от 0 до 49,9	относительная: $\pm 5\% \cdot K_{U(n)}$ , при $K_{U(n)} < 0,05 \cdot K_{U(1)}$ абсолютная: $\pm 0.1\% \cdot K_{U(1)}$ , при $K_{U(n)} \geq 0,05 \cdot K_{U(1)}$
9. Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока, $n$ от 2 до 40 ( $K_{I(n)}$ ), %	от 0 до 49.9	относительная $\pm 5\% \cdot K_{I(n)}$ , при $K_{U(n)} < 5\% \cdot K_{I(1)}$ абсолютная $\pm 0.1\% \cdot K_{I(1)}$ , при $K_{U(n)} \geq 5\% \cdot K_{I(1)}$
10. Активная электрическая мощность $n$ -ой гармоники $n$ от 1 до 40 ( $P(n)$ ), Вт	от $0.003 \cdot I_H \cdot U_H$ до $0.1 \cdot I_H \cdot U_H$	относительная $\pm 5.0\%$
11. Асимметрия напряжения по обратной последовательности, %	0-1500 В	абсолютная $\pm 0.1\%$
12. Асимметрия тока по обратной последовательности, %	0-50 А	абсолютная $\pm 0.1\%$
13. Текущее время, с	-	абсолютная $\pm 2$ с/сутки

Погрешности измерений для напряжения, тока, мощности и энергии представлены для температурного интервала (+20 - +26) °С. За пределами этого

интервала дополнительная погрешность измерения тока и напряжения не превышает 0,005 % /К, мощности и энергии - 0,01 % /К.

#### 4. Структура системы сбора и передачи данных

Опираясь на анализ систем передачи информации (СПИ) произведенный в главе 1 магистерской диссертации, можно подчеркнуть, что такая система должна содержать следующие блоки: источник информации, передатчик, канал связи, приемник, получатель информации.

Источником информации являются анализаторы качества электрической энергии. Для разработки системы выбраны анализаторы качества *Elspec Blackbox* серии 4k. Данные приборы оснащены различными портами связи: *Ethernet*, *Wi-Fi* (802/11g), *RS232*, *RS485*, также имеется возможность комплектации прибора с 3.5 G модемом с технологией *SIM*-карты для подключения к местным сотовым провайдерам. Управление может осуществляться с помощью веб-сервера локального или дистанционного контроля, действующего в режиме реального времени. В качестве технологий прикладного уровня модели *OSI* выступают *FTP*, *Telnet* сервера. Таким образом, прибор *Blackbox* выступает в роли источника информации и передатчика.

В разрабатываемой системе сбора данных могут использоваться и другие анализаторы, имеющие необходимые интерфейсы для организации связи.

При рассмотрении сетей передачи данных на предмет их использования, в разрабатываемой системе становится очевидно, что наиболее экономически эффективной сетью является всемирная система объединённых компьютерных сетей – сеть интернет. Таким образом, в разрабатываемой системе каналом связи является сеть интернет, со специальными подсистемами, обеспечивающими корректное подключение к сети интернет. Топология разработанной сети представлена на рисунке 2.

Эта сеть содержит три возможных варианта подключения анализаторов качества электрической энергии к сети. Варианты 1, 2 подходят для подключения одиночных удаленных приборов, тогда как вариант 3 представляет собой локальную сеть множества анализаторов с последующим подключением к публичной сети. Последний случай характерен для нужд больших предприятий и компаний. Рассмотрим более подробно каждый из вариантов.

1. В этом варианте анализатор *Blackbox* непосредственно подключается с помощью витой пары стандарта *UTP* или схожей по технологии *Ethernet*. При использовании стандарта *100BASE-T* дальность сегмента до повторителя может достигать 100 метров. Для подключения к прибору *Ethernet* кабель включается в порт *WAN* (рисунок 3.2), прибора *Blackbox* серии 4500. В случае если в наличии имеется только *Blackbox G4400*, то в этом случае до удаленного сервера включается маршрутизатор для переопределения *IP*-адресов.

2. Во втором варианте подключения в качестве канала связи с удаленным сервером используется технология 3,5 G или *HSPA+* (*High Speed Packet Access* – высокоскоростная пакетная передача данных) – технология беспроводной широкополосной радиосвязи, использующая пакетную передачу данных и являющаяся надстройкой к мобильным сетям *WCDMA/UMTS*.

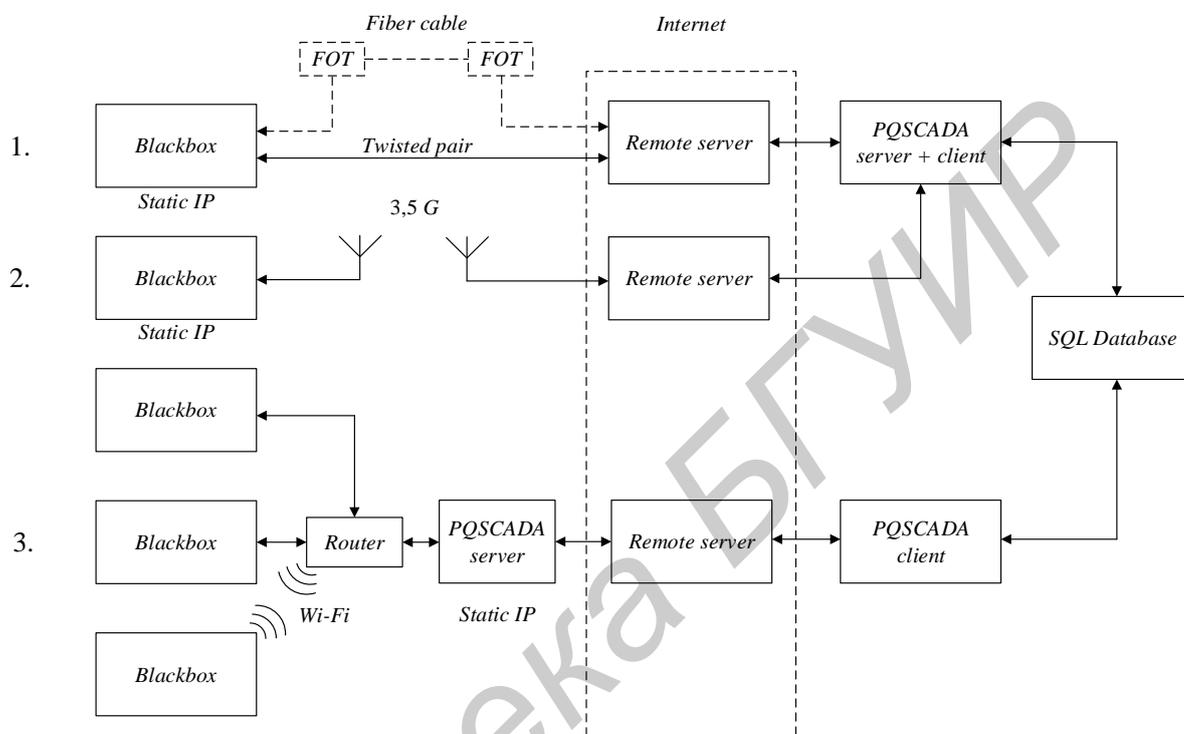


Рисунок 2 – Топология разработанной сети

В качестве приемопередатчика можно использовать как дополнительно поставляемый многочастотный беспроводной модем 3,5 G компании *Elspec* подключаемый к разъему *RS-422* прибора *Blackbox*, так и маршрутизатор с встроенным 3,5 G модемом, который подключен к прибору через *Ethernet*. Данный вариант подключения наиболее целесообразно использовать для удаленных энергетических объектов таких как, электрогенераторные ветряки, электрические подстанции, щитовые и др. В остальном настройка осуществляется аналогично, как и в первом варианте подключения.

3. Третий вариант топологии сети целесообразно использовать для крупных организаций и предприятий с множеством объектов мониторинга, на каждом из которых установлен анализатор качества электрической энергии *Elspec Blackbox* серии 4k. Все анализаторы должны быть объединены в локальную сеть посредством коммутаторов, сетевых концентраторов или непосредственно маршрутизатором, как показано на рисунке 3.1. Затем, маршрутизатор подключается к серверу *PQSCADA* специально разработанному компанией *Elspec* для сбора и обработки данных, поступающих от

измерительных устройств. Данный сервер подключается до удаленных интернет серверов для возможности использования одного выделенного публичного *IP*-адреса, посредством которого будет осуществлен доступ к информации из сети интернет. Это позволит значительно сэкономить на коммуникационных издержках. На рисунке 3.1 показана возможность подключения измерительного прибора посредством сети *Wi-Fi*, с дальностью использования от десятков метров до нескольких километров с применением усилительных антенн.

## 5. Алгоритм работы системы сбора и передачи данных

Алгоритм работы спроектированной системы сбора и передачи данных для мониторинга параметров качества электрической энергии представлен на рисунке 3.

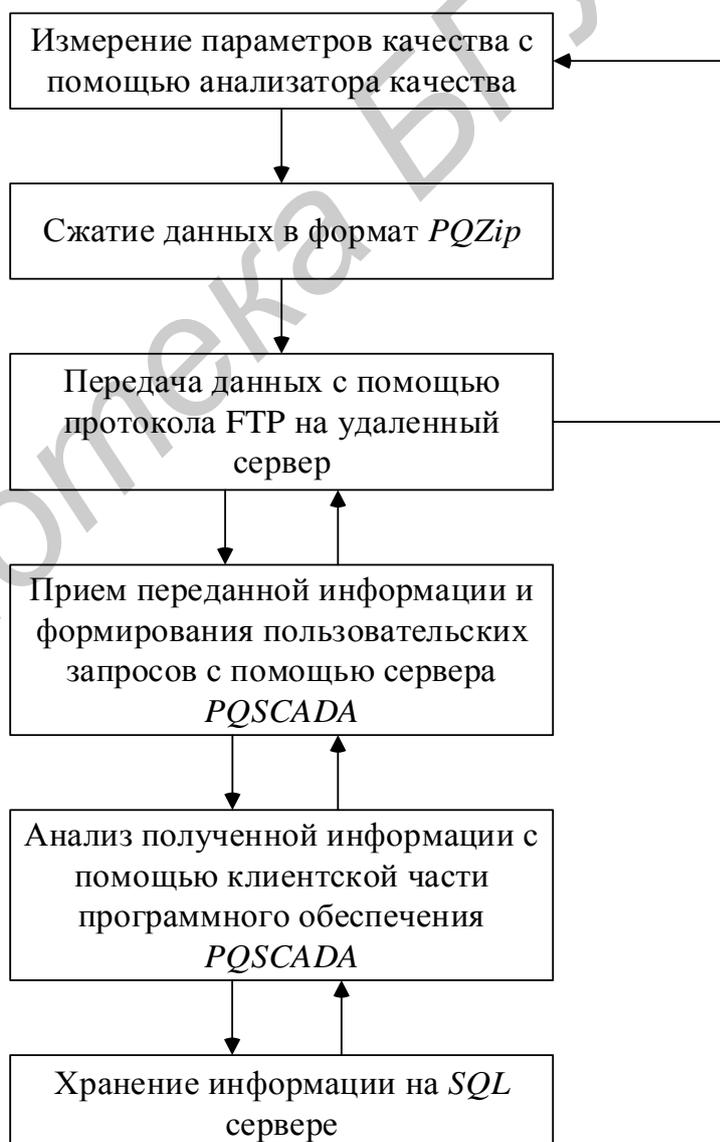


Рисунок 3 – Алгоритм работы системы сбора и передачи данных для мониторинга параметров качества электрической энергии

Первый блок описывает процесс непосредственного измерения параметров качества электрической энергии посредством анализатора качества *Elspec Blackbox*, который подключен к объекту измерения. Прибор *Blackbox* сохраняет измеренные данные во внутренней памяти в сжатом виде, с помощью формата *PQZip*. Далее с помощью технологии *FTP* и одного из каналов связи представленного в структурной схеме системы сбора и передачи данных (рисунок 2). После этого, данные через удаленные сервера сети интернет поступают на сервер *PQSCADA* для последующего анализа с помощью клиентской части программного обеспечения. При необходимости имеется возможность передачи данных на *SQL* сервер для эффективного их хранения. На рисунке 3 представлен алгоритм дистанционной калибровки анализатора качества *Elspec Blackbox*.

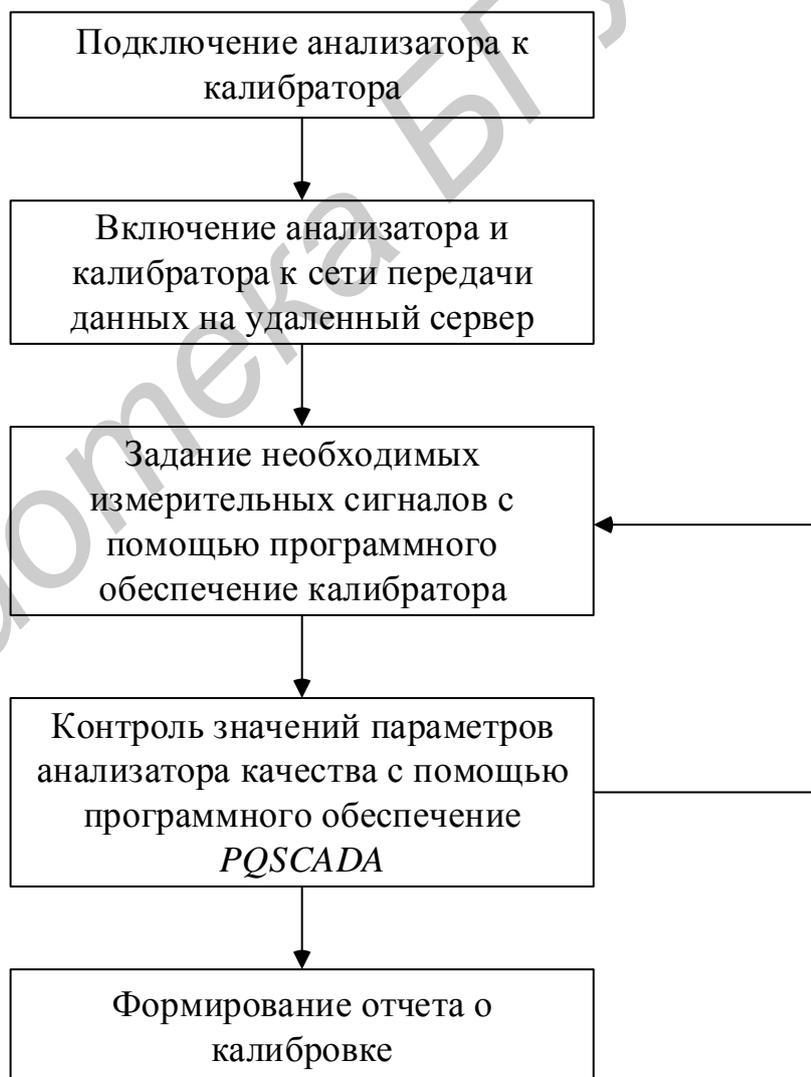


Рисунок 3 – Алгоритм работы системы сбора и передачи данных для дистанционной калибровки анализатора качества электрической энергии

Для осуществления процедуры дистанционной калибровки на месте установки анализатора качества электрической энергии необходимо использовать мобильный калибратор с техническими и точностными возможностями, которые удовлетворяют требованиям разработанной методики калибровке, описанной в главе 2. Следующим шагом является наладка связи с удаленным сервером как на анализаторе качества, так и на калибраторе. С помощью программного обеспечения калибратора поверителем задаются необходимые измерительные сигналы в соответствии с методикой калибровки, после чего становится возможным осуществить снятие показаний с программного обеспечения *PQSCADA*. Процесс завершается формированием отчета о калибровке, который включает обработку полученных данных, расчет неопределенностей и оформлением протокола калибровки. На данном этапе процесс калибровки является законченным и прибор может далее использоваться в соответствии с поставленной задачей.

## **6. Описание программного обеспечения системы сбора и передачи данных**

Программное обеспечение системы сбора данных о параметрах качества электрической энергии для варианта подключения к системе нескольких анализаторов качества состоит из 3 основных модулей [22]:

- программный серверный модуль *PQSCADA Site Manager*, установленный на сервере системы;
- программный серверный модуль *PQSCADA Node*, также установленный на системном сервере для сбора данных непосредственно с каждого измерительного прибора;
- аналитический программный модуль *PQSCADA Investigator*, работающий на рабочей станции на базе ПК.

Поскольку мониторинг веб-формы измерительного прибора *Espec Blackbox* может осуществляться при помощи веб-браузера из любой точки мира, то важным аспектом является анализ электрической сети с локализацией событий, являющихся деструктивными для качества электрической энергии. Для его осуществления система нуждается в постоянном сборе данных высокого разрешения для каждого из показателей качества с последующим оперированием этими данными. Данные сохраняются по каждому отдельному измерительному прибору при помощи запатентованной технологии *PQZip*, предназначенного для сжатия. Для эффективного управления данными с целью проведения полезного анализа, данные должны собираться, обслуживаться и выводиться в той же временной шкале. Это достигается в системе *PQSCADA* при

помощи точечного сервера, оборудованного узлом и главной логической точкой входа, называемой *Site Manager* (менеджер сайта).

Программа *PQSCADA Site Manager* способна управлять любым количеством узлов. Программа отвечает за выполнение следующих задач:

- дробление сложной структуры системы;
- хостинг узла;
- добавление (установка), удаление и обновление узлов;
- мониторинг и обеспечение доступности узла (поддержание функциональности);
- отображение состояния узла;
- сетевая связь с веб-сайтом узла;
- передача запросов на нужные узлы.

Программный серверный модуль *PQSCADA Node* загружает сжатые данные с прибора Espec Blackbox и сохраняет все данные в память сервера способом, гарантирующим быстрый ответ на запросы пользователей. После подачи запроса задачей узла является нахождение в локальной памяти данных и проведение необходимых математических вычислений. Данные формируются для результативного представления на ПК-клиенте с запущенной программой *PQSCADA Investigator*. Приложение *Node web site* содержит средства, используемые для конфигурации различных аспектов узла мониторинга.

Аналитический программный модуль *PQSCADA Investigator* позволяет проводить исследования и анализ результатов измерения качества электрической энергии путем выбора различных точек измерения из окружения (карты измерительных приборов), первоначальных временных границ и анализируемых параметров. Приложение может подключаться напрямую к узлу или к менеджеру сайта. При подключении к точке менеджер сайта дробит структуру системы и отправляет запросы на соответствующие базовые узлы. Программа *PQSCADA Investigator* устанавливается на рабочую станцию на базе ПК. Все приборы в системе синхронизируются по времени для того, чтобы программное обеспечение *Investigator* могло точно отображать различные элементы электрической системы на точные моменты времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе была спроектирована система сбора данных о параметрах качества электрической энергии с помощью сети интернет. Подробно рассмотрены вопросы структуры системы, взаимодействие ее блоков между собой и с удаленными серверами сети интернет. В работе был произведен анализ работ по контролю качества электрической энергии, обзор существующих приборов измерения показателей качества электрической энергии (анализаторов качества), а также произведен анализ современных способов передачи измерительной информации по сетям общего пользования. Полученная информация позволила выявить необходимые требования, предъявляемые к измерительной единице системы сбора данных: анализатору качества. С учетом предъявляемых требований в качестве анализатора качества был выбран прибор *Elspec Blackbox* серии G4420 как наиболее удовлетворяющий им.

В диссертации были рассмотрены вопросы метрологического обеспечения и устройства анализатора качества электрической энергии *Elspec Blackbox* серии G4420, его функциональные и метрологические характеристики. В ходе рассмотрения данных вопросов, было выявлено что для эффективного использования прибора представленного типа, анализатор качества необходимо периодически калибровать для установления его реальных метрологических характеристик. В связи с чем была разработана и опробована на практике методика калибровки анализатора качества *Elspec Blackbox* серии G4420. Также данная методика является основой для проведения удаленной калибровки анализатора качества с помощью разработанной системы сбора данных.

Помимо структуры системы сбора данных о параметрах качества электрической энергии с помощью сети интернет, в заключительной главе были приведены алгоритмы работы системы как в режиме мониторинга параметров качества электрической энергии, так и при калибровке анализатора качества электрической энергии, а также пошаговая настройка как аппаратного, так и программного обеспечения системы сбора данных.

В заключении можно констатировать, что разработанная система сбора данных о параметрах качества электрической энергии с помощью сети интернет применима для широкого спектра задач мониторинга и контроля качества электрической энергии в организациях, предприятиях, удаленных энергетических объектах. Является гибкой, простой в эксплуатации, легко настраиваемой и, при необходимости, масштабируемой. Данная система способна повысить эффективность производства и существенно снизить издержки, связанные с некачественной электрической энергией.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

1. Янченко В. С. Отрицательное влияние интергармоник на электрическую энергию/ В. С. Янченко // Журнал «Метрология и приборостроение» № 68, Белорусский государственный институт метрологии, 74 с.

2. Янченко В. С. Оценка влияния интергармоник на качество электрической энергии / В. С. Янченко //51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск 13-17 апреля 2015 г.

Библиотека БГУИР