



Актуальные вопросы в области качества электроэнергии.

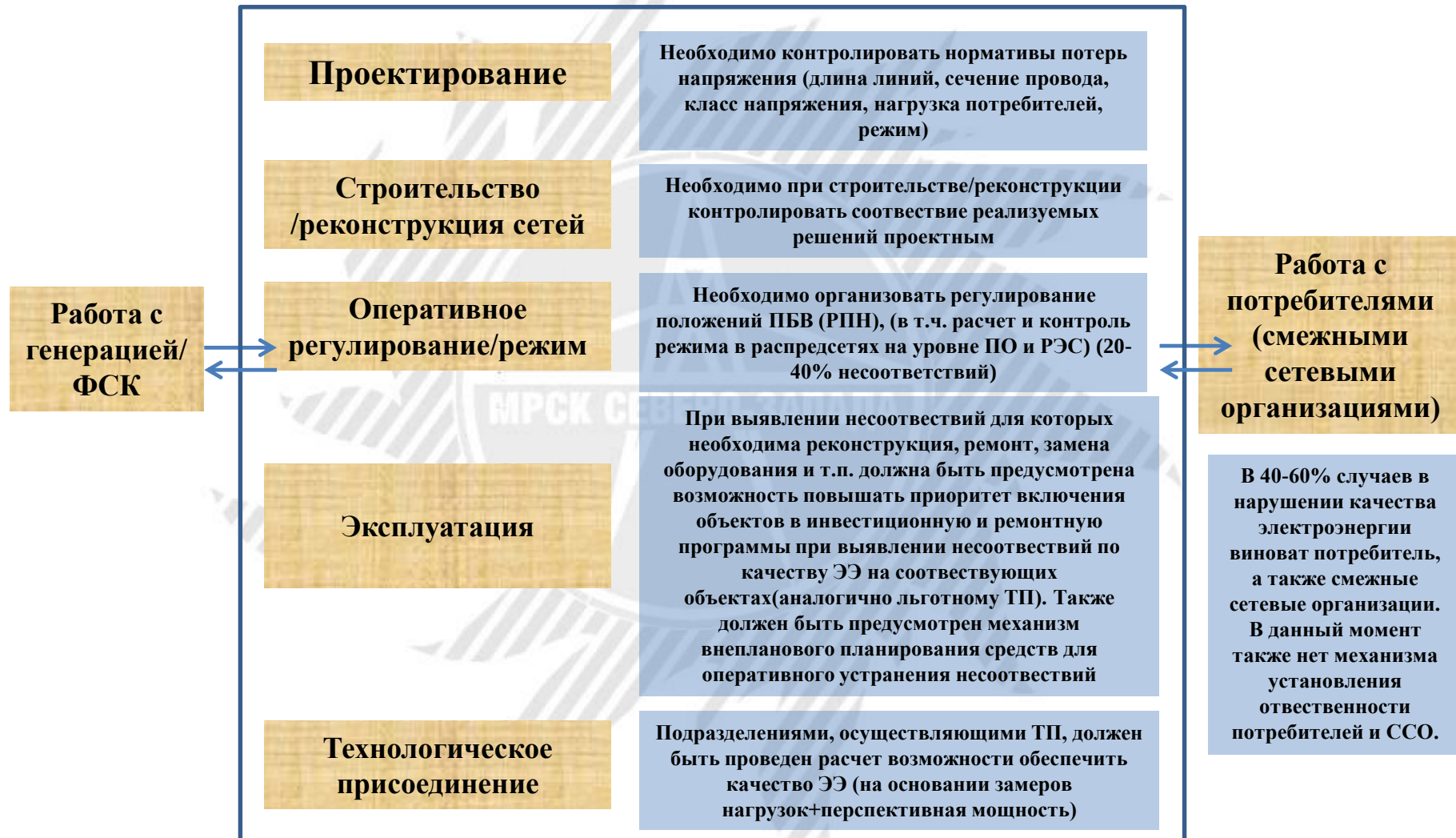
***Мальгин В.Л.
ПАО МРСК Северо-Запада***

***Санкт-Петербург
2018***



Элементы системы управления качеством электроэнергии

Процесс контроля управления качеством состоит из следующих элементов:





Актуальные системные вопросы в части качества электроэнергии:

Воздействие на тариф

Любое техническое требование должно пройти оценку регулирующего воздействия на тарифы ЭЭ и быть обоснованным



Оперативное реагирование (оперативное устранение выявленных несоответствий) при мониторинге и поступлении жалоб

Должен быть установлен легитимный механизм внепланового планирования средств (поиска источников) для оперативного устранения несоответствий (не в ущерб другим запланированным мероприятиям)



Актуальные системные вопросы в части качества электроэнергии:

Учет влияния смежных субъектов

Необходимо установить степень ответственности смежных с ПАО Россети субъектов энергетики (в том числе потребителей), вносящих искажения в общую сеть.

Сопутствующие цели:

- Актуализация, разработка методики определения допустимого вклада в искажение КЭ субъектами **энергетики**, в том числе потребителями электроэнергии:
- Автоматическое определение допустимого и степени вины субъектов средствами измерений.



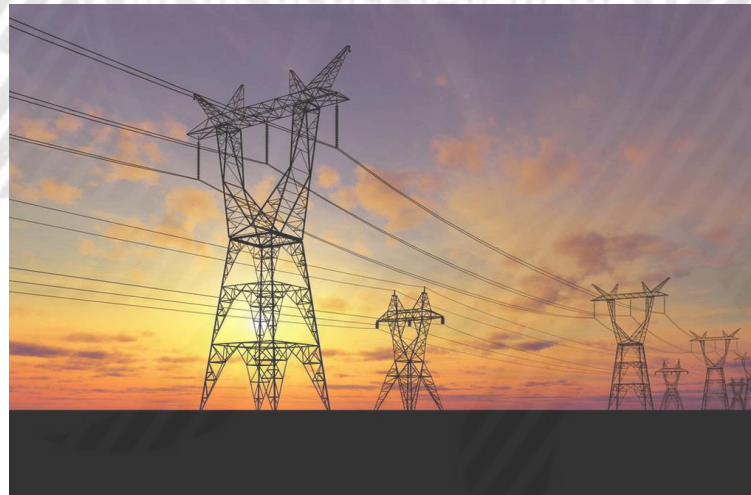
Актуальные системные вопросы в части качества электроэнергии:

Проблема качества ЭЭ и льготного техприсоединения

При больших объемах льготного техприсоединения во многих случаях возникает внеплановая необходимость реконструкции оборудования из-за ухудшения КЭ для существующих потребителей (возвращаемся к внеплановому поиску источников).

Нормативное (техническое регулирование)

Необходимость включения специалистов ПАО Россети в процесс стандартизации (в состав технических комитетов) и технического регулирования на ранней стадии обсуждения законодательных инициатив, касающихся КЭ и работы электросетевого комплекса.





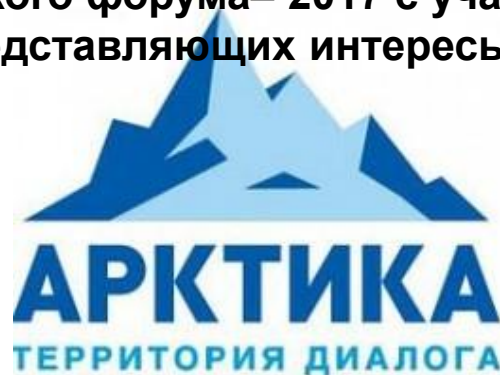
Актуальные системные вопросы в части качества электроэнергии:

Соблюдение норм КЭ при проектировании

Существует необходимость принятия обязательных для исполнения норм проектирования в части КЭ (нормативов потерь напряжения, эффективных длин линий, параметров реактивной мощности, учет характера нагрузок потребителей при проектировании и пр). Установление необходимой и достаточной ответственности проектировщиков за соблюдение норм.



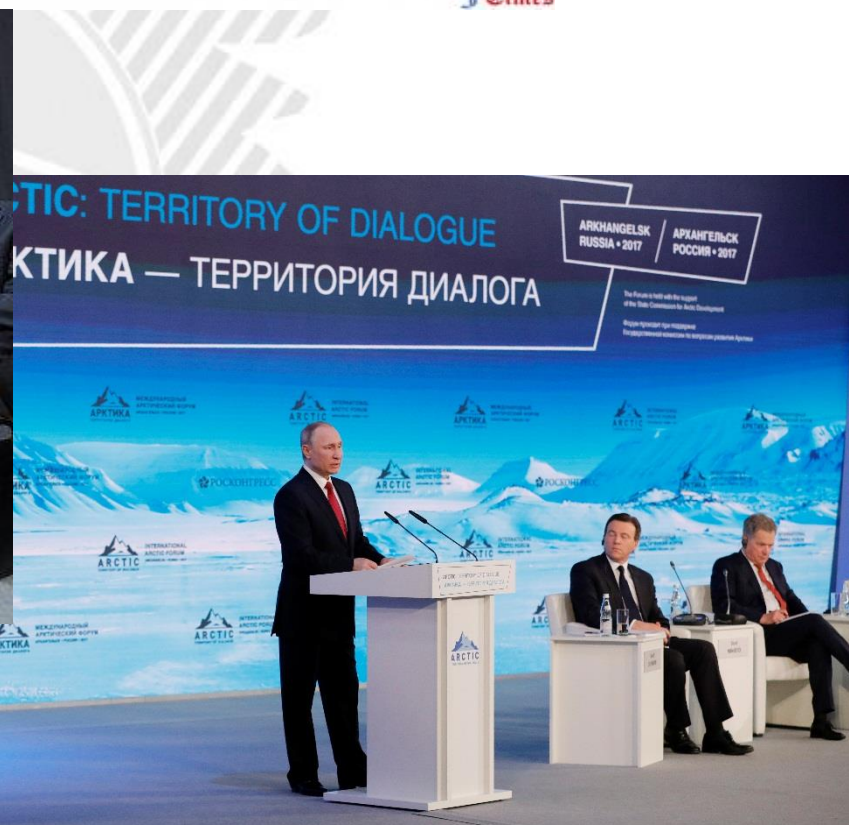
 Мониторинг качества электроэнергии на объектах Международного арктического форума– 2017 с участием первых лиц государств, представляющих интересы в Арктическом регионе

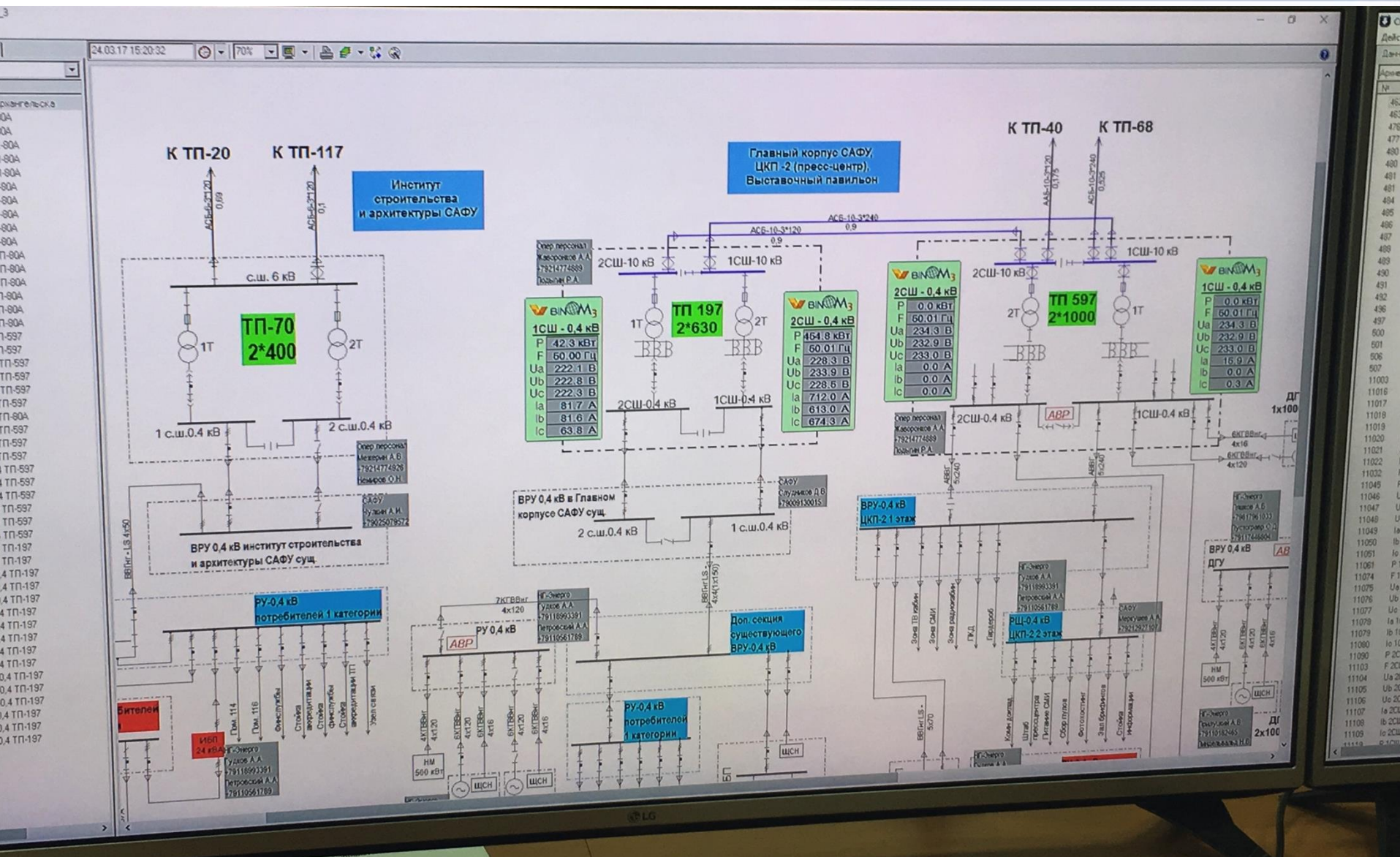


МЕЖДУНАРОДНЫЙ АРКТИЧЕСКИЙ ФОРУМ

АРХАНГЕЛЬСК • РОССИЯ • 2017

FTimes



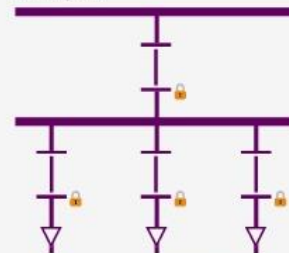


Время на устройстве: 18.05.2017 20:19:26

- ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ
- ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ
- УЧЁТ ЭНЕРГИИ
 - Показания счетчика
 - Архив энергии
 - Учёт энергии: Профиль 1
 - Учёт энергии: Профиль 2
 - Журнал событий АТС
- КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
 - Параметры несинусоидальности
 - Статистика коэффициентов гармоник
 - Статистика ПКЭ
 - Случайные события
- АСУ ТП
 - Журнал событий
 - Архив
 - Осциллограф
- Схема

I_a 7.27975 A
 I_b 1.29193 A
 I_c 0.47149 A
 P 1646.126 Вт
 Q -499.314 вар

1 СШ 0,4 кВ



Офисные помещения

Телеуправление 1

Нагрузка 100 Вт

Телеуправление 2

Освещение панели

Ввод 1: 0,4 кВ, 50 Гц

Векторная диаграмма фазных токов и напряжений



Векторная диаграмма полной мощности сети



Вскрытие дверей

F 50.000 Гц

U 385.332 В

U_{ab} 385.824 В

U_{bc} 385.902 В

U_{ca} 384.271 В



www.binom3.com/account/



ПАРАМЕТРЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ



Время на устройстве: 18.05.2017 20:17:25

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

УЧЁТ ЭНЕРГИИ

Показания счетчика

Архив энергии

Учёт энергии: Профиль 1

Учёт энергии: Профиль 2

Журнал событий АТС

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Параметры несинусоидальности

Статистика коэффициентов гармоник

Статистика ПКЭ

Случайные события

АСУ ТП

Журнал событий

Архив

Осциллограф

Схема

Открытая осциллограмма:

Время запуска: 15.05.17 20:32:36.492

Кол-во запусков: 1

Длительность: 5.000 с.

Условие запуска: Ручной запуск

Размер: 1881 кБ

Загружено: 100 %

Время: 15.05.17 20:32:35.114/768

☒ Ia 6.754140 A☒ Ib 0.652470 A☒ Ic -0.301770 A☒ Ua 288.858643 В☒ Ub 7.112994 В☒ Uc -248.082031 В☒ Дополнительные параметры☒ TS00 0☒ TS01 1

Курсоры времени

Курсоры значений

Обновить список осциллограмм

17.05.2017 12:45:44.949

15.05.2017 20:32:36.492

09.05.2017 16:57:00.778

09.05.2017 03:32:33.107

09.05.2017 03:11:43.673

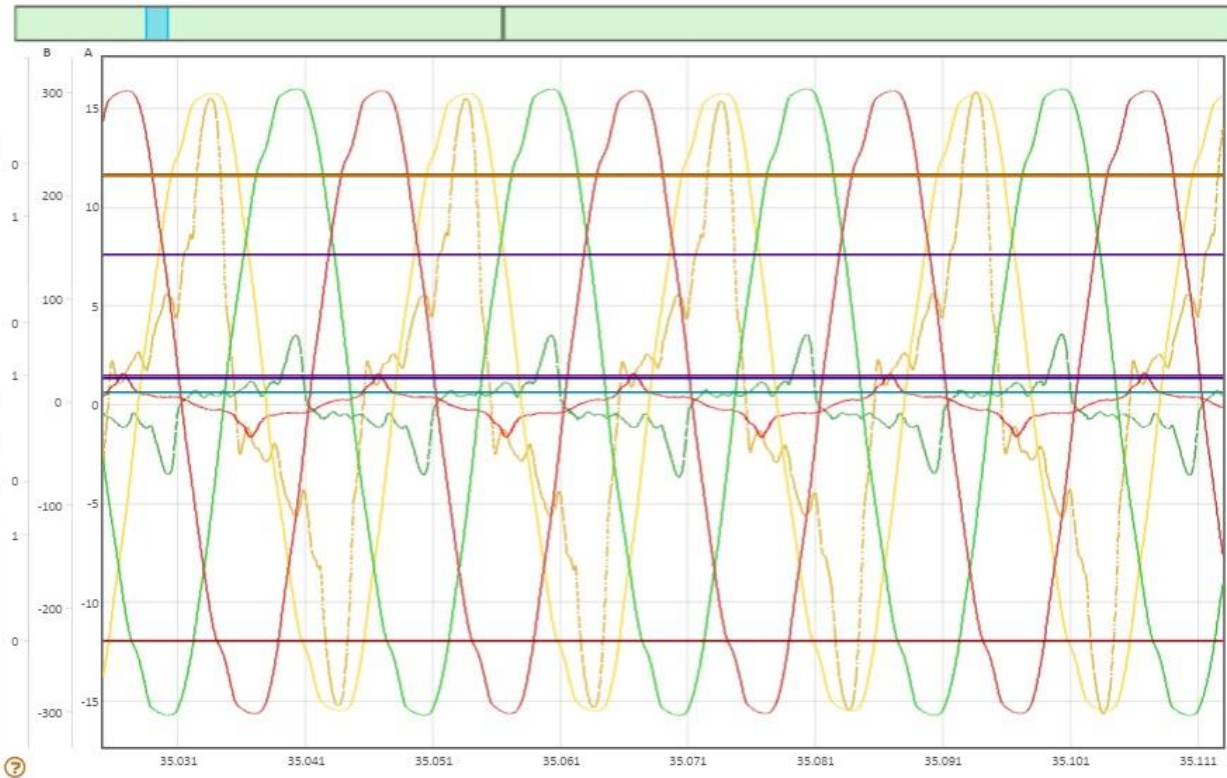
08.05.2017 16:03:46.048

04.05.2017 14:58:12.491

24.04.2017 18:14:21.300

10.04.2017 22:22:06.027

08.04.2017 10:46:50.645



Время на устройстве: 18.05.2017 20:24:21

- Журнал диагностики
- Служебная информация**
- Список процессов
- Состояние сети
- Каналы вывода

Служебная информация

- 76 - Рестарты устройства
- 49.0 - Температура на блоке питания, °C
- ! - Нижняя крышка открыта
- - Верхняя крышка закрыта

Регистры состояний

- A B C
- ○ ○ - Отсутствие тока
- ○ ○ - Отсутствие напряжения
- - Попытка искажения данных
- - Обратная последовательность фаз
- - Неправильное подключение фаз

Синхронизация по локальной сети

- 0.0 - Дельта синхронизации, мс

Состояние модуля ТС ⓘ

- ✓ - Модуль исправен



Состояние модуля ТУ



Состояние системы питания

- ⚡ - Работа от сети
- 🔋 - АКБ заряжен
- 4.080 - Напряжение на АКБ, В
- 0.002 - Ток заряда АКБ, А

Синхронизация от спутниковых систем

- ⚙ - Отключена

Мониторинг качества электроэнергии на объектах Международного арктического форума– 2017 на базе приборов Бином



**Установка multifunctional приборов Vinom 339 (ККЭ по ГОСТ, коммерческий учет + телеизмерения по протоколу 104, направление мощности гармоник, осциллографирование и пр.)
+ модем- iRZ(2 sim, приём: до 7.2 Мбит/с; передача - до 5.76 Мбит/с).**

Мониторинг качества электроэнергии на объектах Международного арктического форума– 2017 с участием первых лиц государств, представляющих интересы в Арктике

Преимущества:

- установка данных СИ вместо приборов коммерческого учета;
- возможность удаленного скачивания протоколов КЭ соответствующих ГОСТ;
 - полноценные телеизмерения -104 протокол (ретранслировались в ОИК по спорадике);
- возможность анализа направления мощности гармоник;
- возможность анализа начала переходного процесса;
- архивирование данных внутри прибора с возможностью скачивания;

Недостатки:

В связи с большим объемом данных необходимо повысить скорость скачивания данных на ноутбук.

Удаленный сбор значений напряжений и ТОКОВ со счётчиков электроэнергии,

*установленных на границе балансовой принадлежности с
Потребителями, как элемент Системы управления качеством
электрической энергии*

*(на примере филиала ПАО «МРСК Северо-Запада» «Архэнерго»
«Псковэнерго»)*

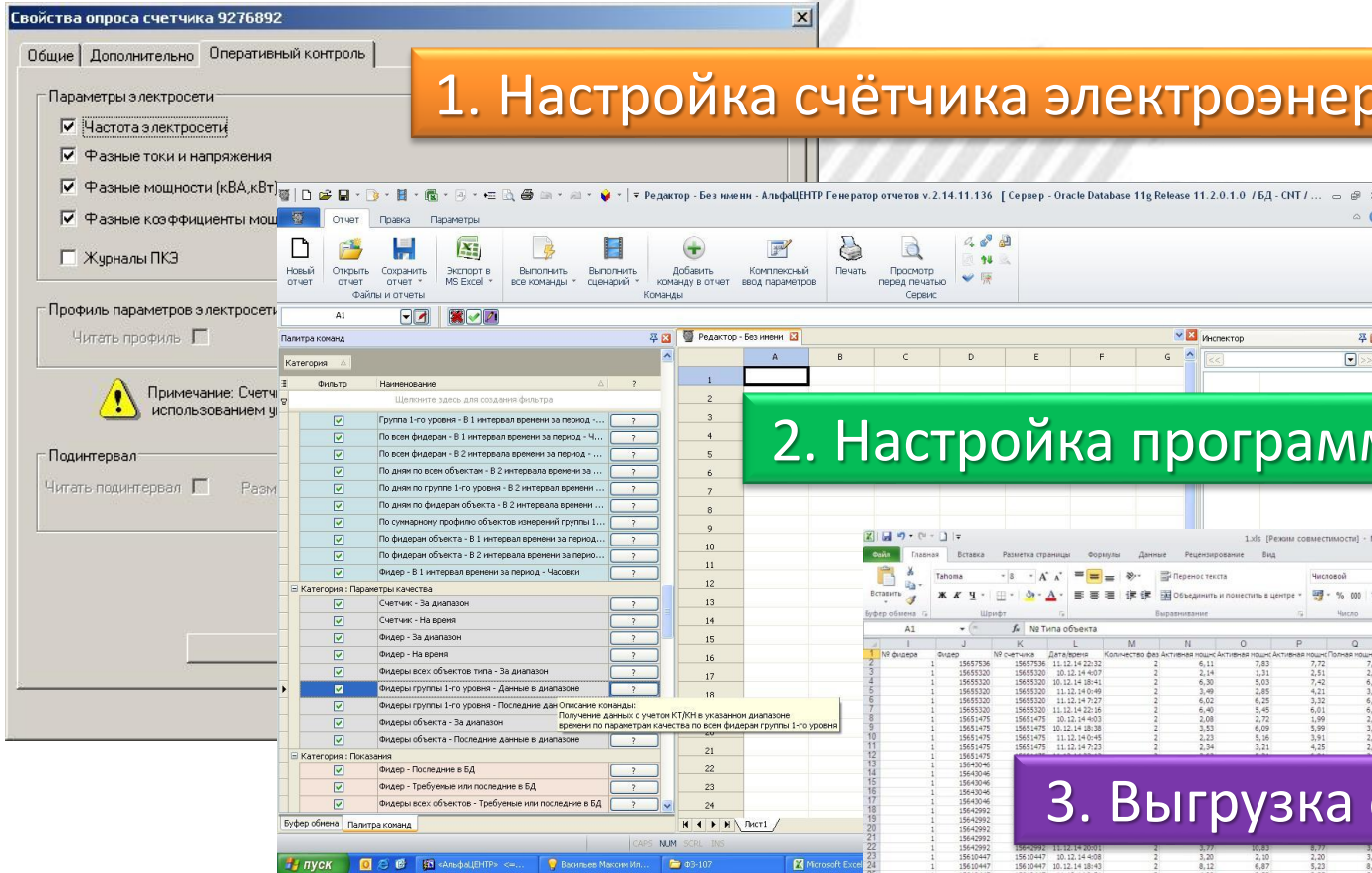
Структурная схема процесса

удалённого снятия значений напряжений и токов со счётчиков электроэнергии
(около 3500 приборов на ГБП с возможность удалённого опроса)



Этапы настройки программы опроса счётчиков электроэнергии на дополнительные параметры

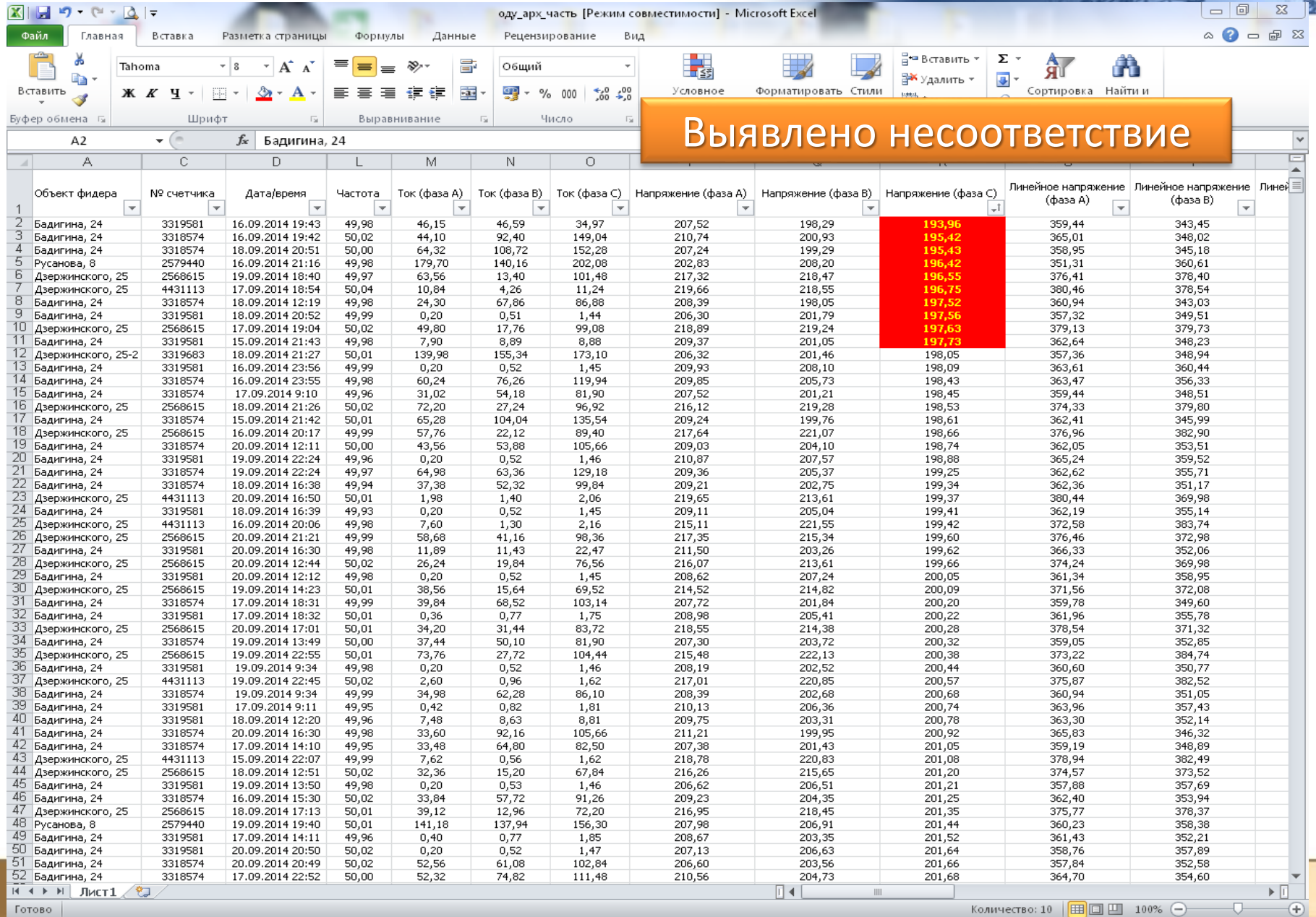
1. Настройка счётчика электроэнергии



2. Настройка программы опроса

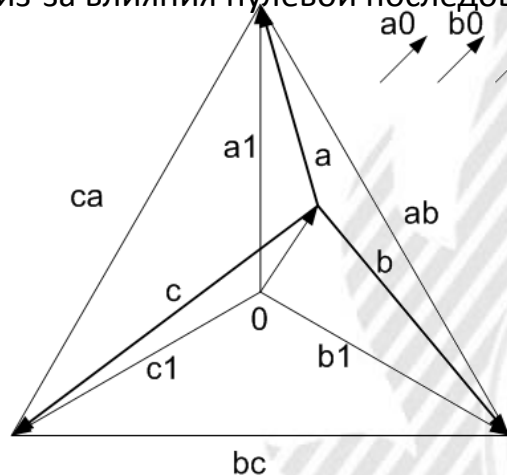
3. Выгрузка отчётной формы

Анализ отчётной формы



Пример альтернативного устранения несимметрии фазных напряжений (улучшения качества электроэнергии потребителей)

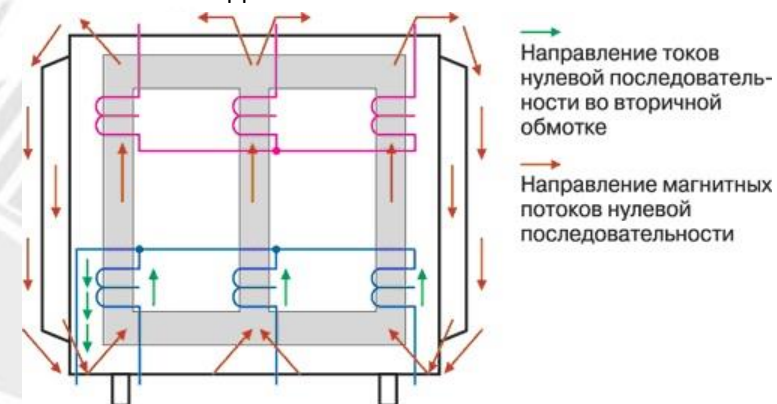
Векторная диаграмма, характеризующая несимметрию фазных напряжений из-за влияния нулевой последовательности



Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов Y/Y_n зависит от конструкции кожуха трансформатора, от величины зазоров.

Согласно замерам, реактивные сопротивления нулевой последовательности трансформаторов Y/Y_n превышают сопротивления прямой последовательности в среднем в 10 раз. В то же время в ГОСТ 3484.1-88 имеется фраза о том, что эти сопротивления могут отличаться на два порядка.

Направления токов и магнитных потоков нулевой последовательности в трансформаторе со схемой соединения обмоток $Y-Y_n$



Направления токов и магнитных потоков нулевой последовательности в трансформаторе со схемой соединения обмоток $D-Y_n$

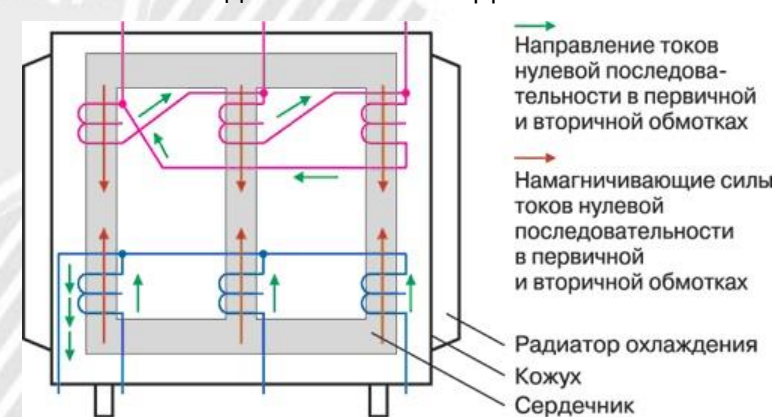


График отклонения фазных напряжений

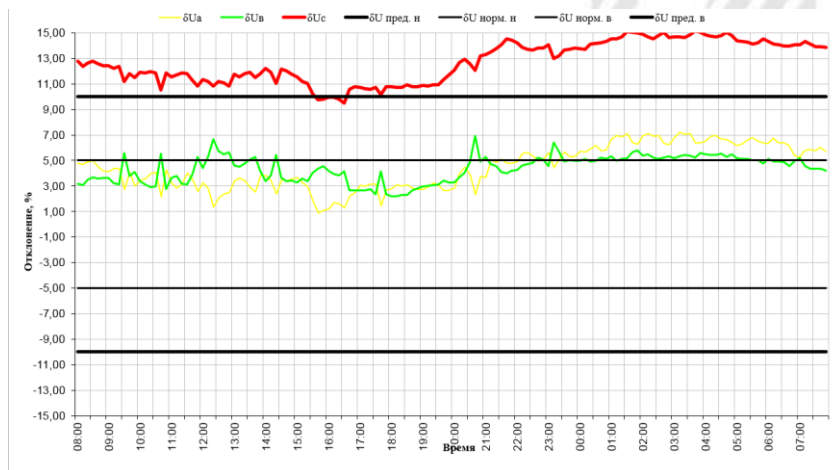
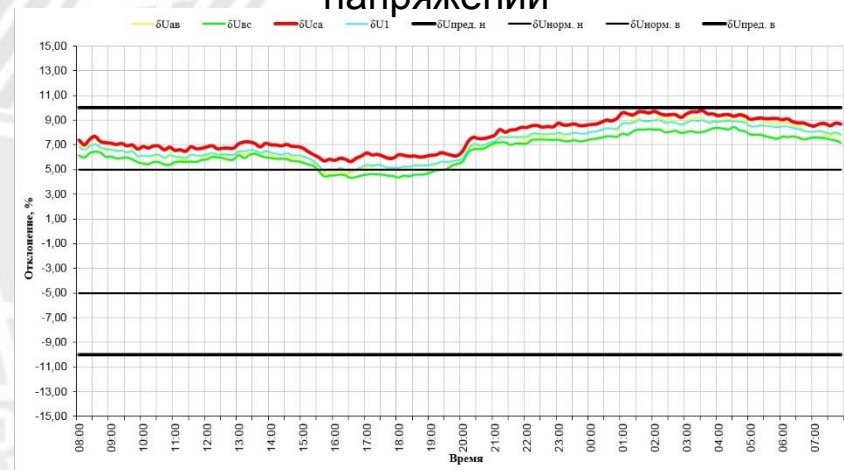


График отклонения линейных напряжений



При устранении несимметрии нулевой последовательности график отклонения фазных напряжений будет стремиться к виду графика отклонений линейных напряжений.

Результаты исследования по применению дополнительной КТП 6кВ для устранения несимметрии фазных напряжений

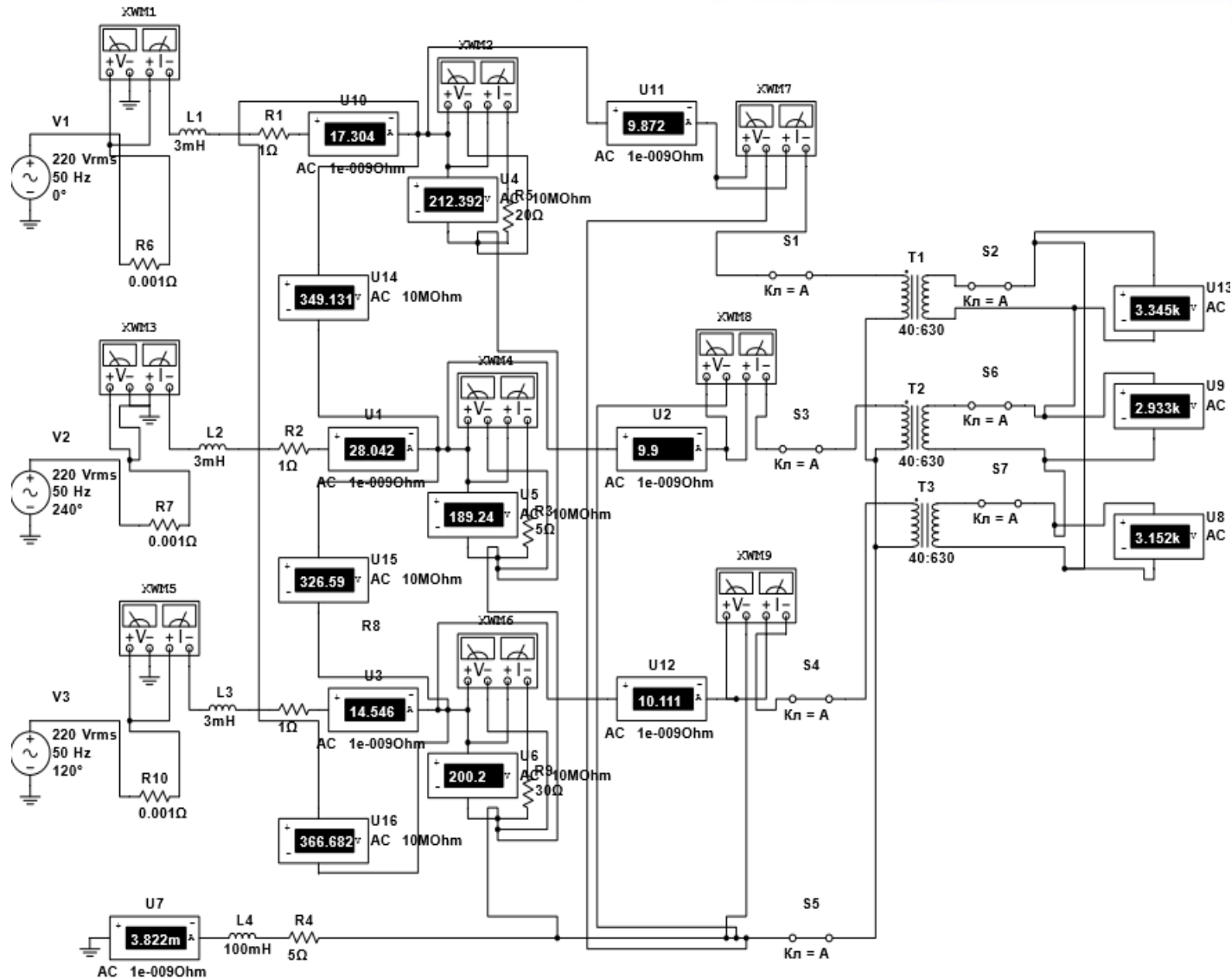
1 режим (без применения дополнительной б/у КТП 6 кВ)

Фаза	Фазное напряжение	Линейное напряжение	Общий ток	Общая мощность	Мощность потребителя	cosφ	потери в сетях
А/АВ	264	352	13,2	2,756	3,361	0,95	0,804 кВт
В/ВС	95	347	18,9	3,981	1,735	0,96	
С/СА	289	369	9,6	2,017	2,854	0,95	
N			3,375				
итого				8,754	7,95		9,18 %

2 режим (с применением дополнительной б/у КТП 6 кВ)

Фаза	Фазное напряжение	Линейное напряжение	Общий ток	Общая мощность	Мощность потребителя	cosφ	потери в сетях
А/АВ	212	349	17,3	3,446	2,256	0,91	1,3 кВт
В/ВС	189	326	28	6,091	7,164	0,99	
С/СА	200	367	14,6	2,519	1,336	0,79	
N			0				
итого				12,056	10,756		10,78 %

Результаты исследования по применению дополнительной КТП 6кВ для устранения несимметрии фазных напряжений



Расчет коэффициентов несимметрии нулевой и обратной последовательности тока и напряжения в двух режимах работы сети: 1 режим до и 2 режим после подключения дополнительной КТП Д/УО

$j := \sqrt{-1} \quad a := e^{j \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{3}}$	
режим1	режим2
Фазное напряжение $\frac{1}{20} \cdot 2 \cdot \pi = 18 \text{ deg}$	
$Ua1 := 264 \cdot e^{j \cdot 18.53 \text{ deg}}$	$Ua2 := 212.2 \cdot e^{j \cdot -5.94 \text{ deg}}$
$Ub1 := 94.7 \cdot e^{j \cdot (-120 \text{ deg} - 16.97 \cdot \text{deg})}$	$Ub2 := 189.2 \cdot e^{j \cdot (-120 \text{ deg} - 6.58 \text{ deg})}$
$Uc1 := 288.7 \cdot e^{j \cdot (120 \text{ deg} - 18.04 \text{ deg})}$	$Uc2 := 200.2 \cdot e^{j \cdot 120 \text{ deg}}$
$ Ua1 - Ub1 = 352.369$	$ Ua2 - Ub2 = 348.924$
симметричные составляющие фазных напряжений	
$U01 := \frac{(Ua1 + Ub1 + Uc1)}{3}$	$U02 := \frac{(Ua2 + Ub2 + Uc2)}{3}$
$ U01 = 108.389$	$ U02 = 0.621$
$U21 := \frac{(Ua1 + a^2 \cdot Ub1 + a \cdot Uc1)}{3}$	$U22 := \frac{(Ua2 + a^2 \cdot Ub2 + a \cdot Uc2)}{3}$
$ U21 = 7.367$	$ U22 = 13.947$
$U11 := \frac{(Ua1 + a \cdot Ub1 + a^2 \cdot Uc1)}{3}$	$U12 := \frac{(Ua2 + a \cdot Ub2 + a^2 \cdot Uc2)}{3}$
$ U11 = 205.43$	$ U12 = 200.267$
Коэффициент несимметрии по нулевой и обратной последовательности напряжений	
$K01 := \frac{ U01 }{ U11 } \cdot 100 = 52.762$	$K02 := \frac{ U02 }{ U12 } \cdot 100 = 0.31$
$K21 := \frac{ U21 }{1.73 \cdot U11 } \cdot 100 = 2.073$	$K22 := \frac{ U22 }{1.73 \cdot U12 } \cdot 100 = 3.924$

Ток на вводе	
$Ia1 := 13.2 \cdot e^{j \cdot \arccos(0.948)}$	$Ia2 := 17.3 \cdot e^{j \cdot \arccos(0.905)}$
$Ib1 := 18.9 \cdot e^{j \cdot (-\arccos(0.956) - 120 \text{ deg})}$	$Ib2 := 28 \cdot e^{j \cdot (-\arccos(0.987) - 120 \text{ deg})}$
$Ic1 := 9.6 \cdot e^{j \cdot (120 \text{ deg} + \arccos(0.95))}$	$Ic2 := 14.6 \cdot e^{j \cdot (120 \text{ deg} + \arccos(0.787))}$
$I_{n1} := Ia1 + Ib1 + Ic1 = 3.365$	$I_{n2} := Ia2 + Ib2 + Ic2 = 0.131$
симметричные составляющие тока	
$I01 := \frac{Ia1 + Ib1 + Ic1}{3}$	$I02 := \frac{Ia2 + Ib2 + Ic2}{3}$
$ I01 = 1.122$	$ I02 = 0.044$
$I21 := \frac{(Ia1 + a^2 \cdot Ib1 + a \cdot Ic1)}{3}$	$I22 := \frac{(Ia2 + a^2 \cdot Ib2 + a \cdot Ic2)}{3} = 9.72$
$ I21 = 5.42$	$ I22 = 9.72$
$I11 := \frac{(Ia1 + a \cdot Ib1 + a^2 \cdot Ic1)}{3}$	$I12 := \frac{(Ia2 + a \cdot Ib2 + a^2 \cdot Ic2)}{3} = 18.376$
$ I11 = 13.313$	$ I12 = 18.376$
Коэффициент несимметрии по нулевой и обратной последовательности токов	
$K01 := \frac{ I01 }{ I11 } \cdot 100 = 8.425$	$K02 := \frac{ I02 }{ I12 } \cdot 100 = 0.237$
$K21 := \frac{ I21 }{ I11 } \cdot 100 = 40.714$	$K22 := \frac{ I22 }{ I12 } \cdot 100 = 52.899$



Вопросы рассмотренные на внутренних НТС

1. Необходимо, совместно с проведением периодического мониторинга качества электроэнергии, по возможности, проводить непрерывный мониторинг качества электроэнергии как по ГОСТ, так и мониторинг неГОСТИрованных параметров или удаленный мониторинг «по запросу».

2. Положительный опыт филиалов «Архэнерго», «Псковэнерго», «Вологдаэнерго» в организации работ по управлению процессом контроля качества электроэнергии.

3. Построение системы мониторинга качества электроэнергии с использованием существующих средств измерений параметров качества электроэнергии в «классическом варианте», не реализуемо на практике, ввиду дороговизны приборов, отсутствия каналов связи на КТП 6,10/0,4 кВ и серверного пространства на верхнем уровне для обеспечения передачи и хранения большого объема информации о качестве электроэнергии в соответствии с ГОСТ.

4. Необходимо недорогое решение для мониторинга параметров качества электроэнергии, с учетом требований и алгоритмов, позволяющих контролировать отклонения всех необходимых параметров качества электроэнергии в условиях слабых каналов связи, с необходимой точностью и диапазонами измерений.

5.Рекомендуется: наличие бустера (стабилизатора, вольтдобавочного трансформатора) в каждом районе электрических сетей для стабилизации напряжения до непосредственного устранения причин несоответствий КЭ, связанных с реконструкцией, заменой оборудования или ремонтом.

Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Архэнерго» на приборах ЭНИП

РЕШЕНИЕ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ: Архэнерго

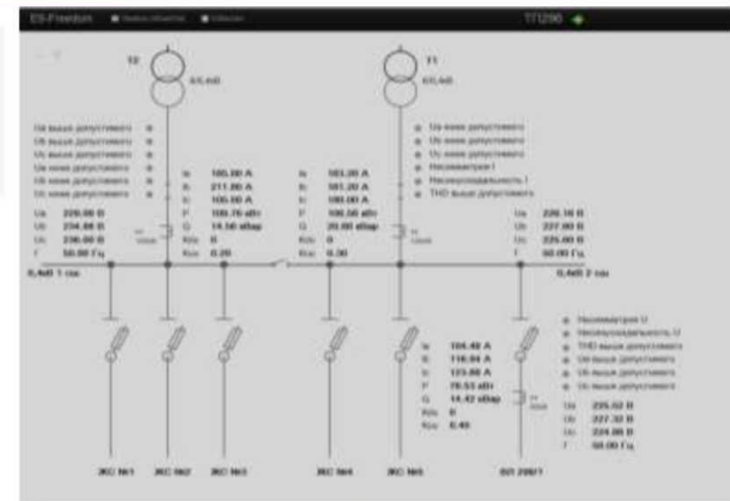
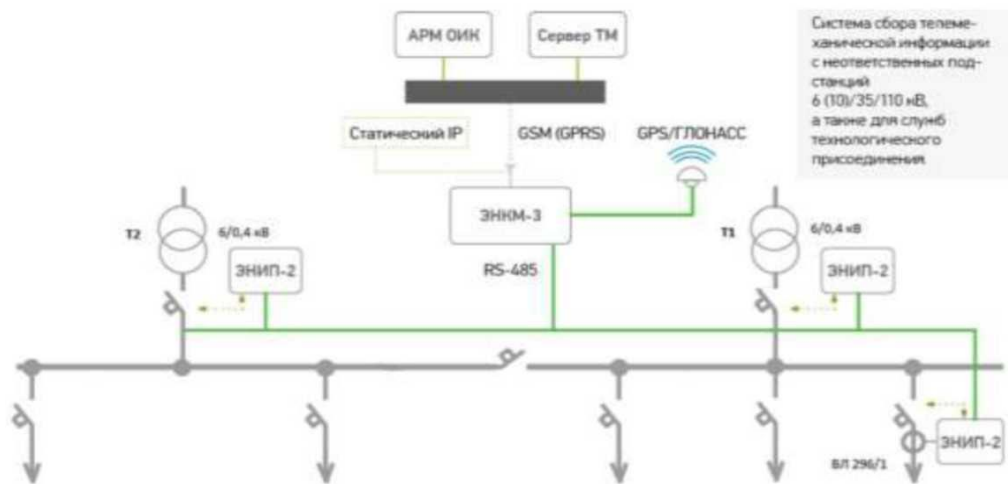
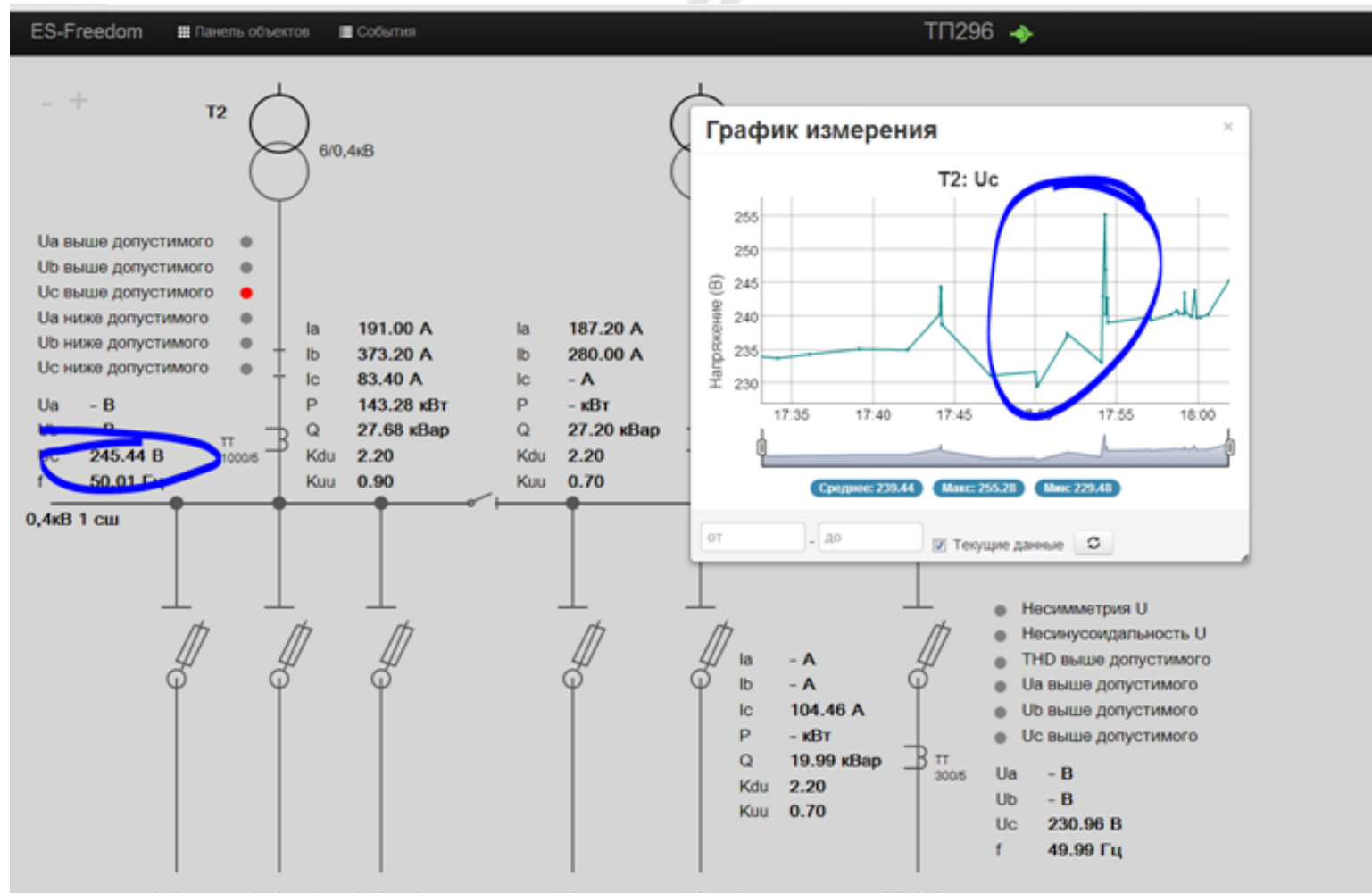


Рисунок 1

Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Архэнерго»



Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Архэнерго»

Навигация по событиям

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ua выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: T2 Ua выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

ТП296

Время: 26/08/13
03:35:07.000

Присоединение: T2

Канал: Ub

Описание: Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ua выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: T2 Ua выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

ТП296

Время: 26/08/13
06:56:16.000

Присоединение: T2

Канал: Ub

Описание: Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: Ub - Выход телеизмерения за верхнюю аварийную границу

ТП296: T2 Ub выше допустимого - ВКЛ.

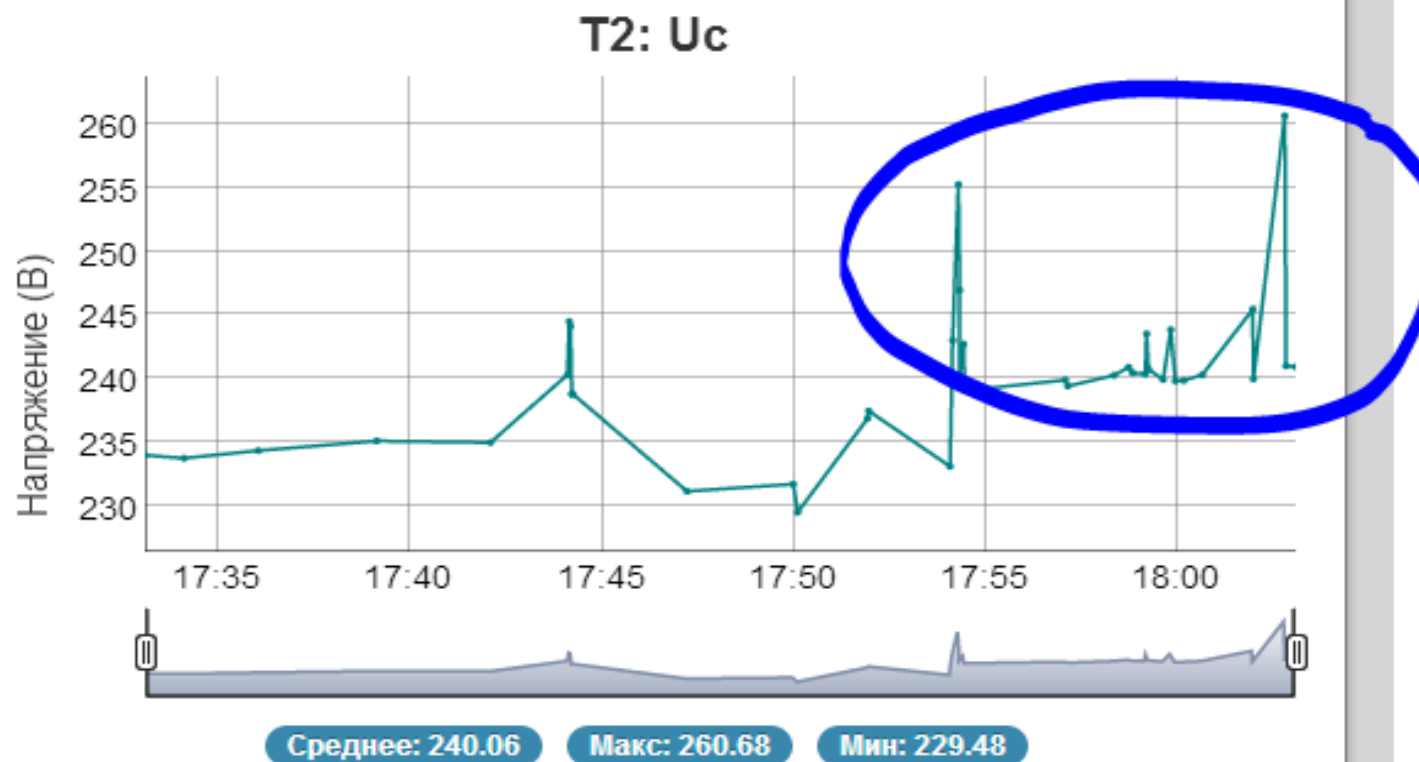
ТП296: T2 Uc выше допустимого - ОТКЛ.

ТП296: T2 Uc выше допустимого - ВКЛ.

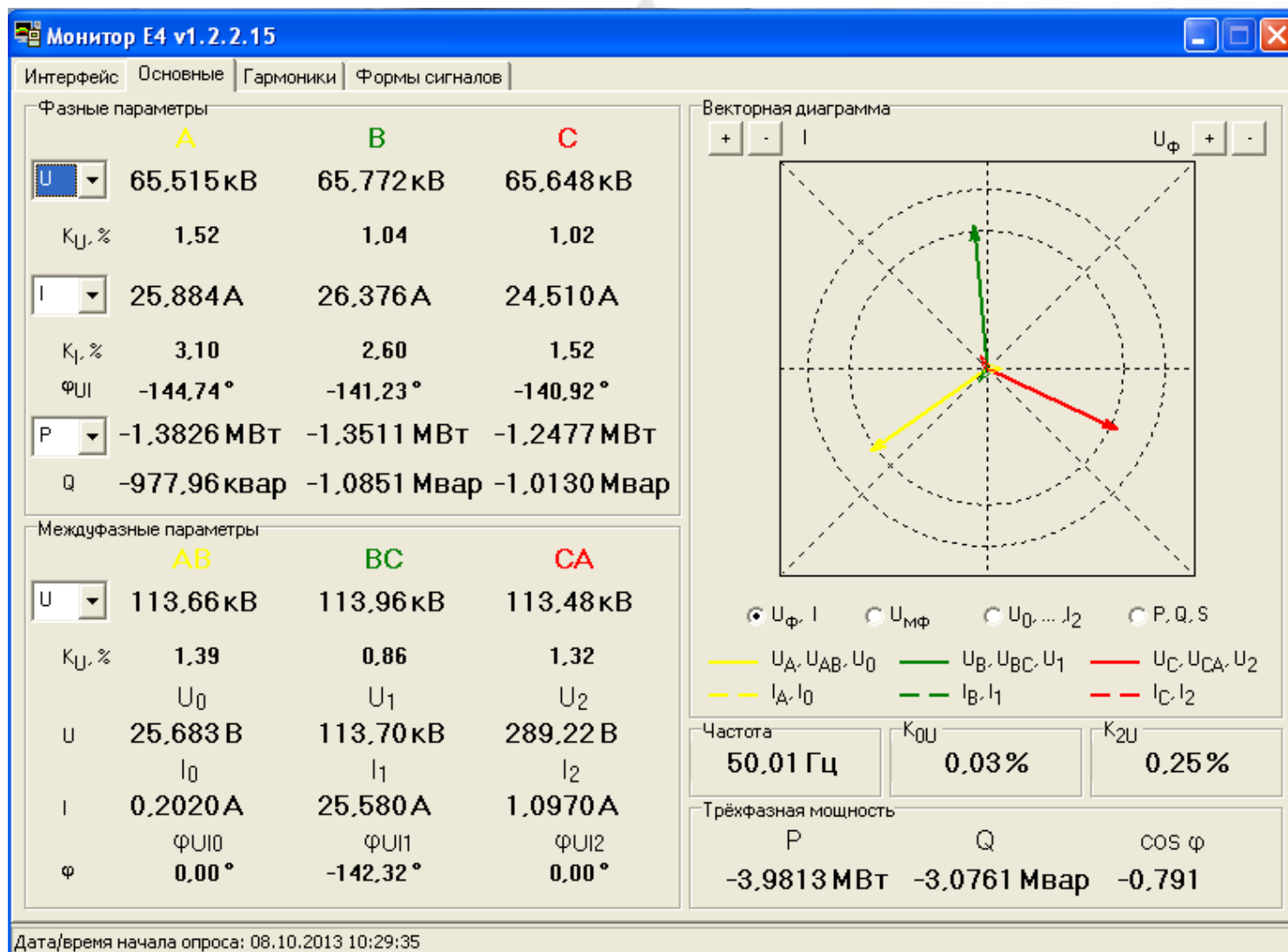
ТП296: T2 Uc выше допустимого - ОТКЛ.

Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Архэнерго»

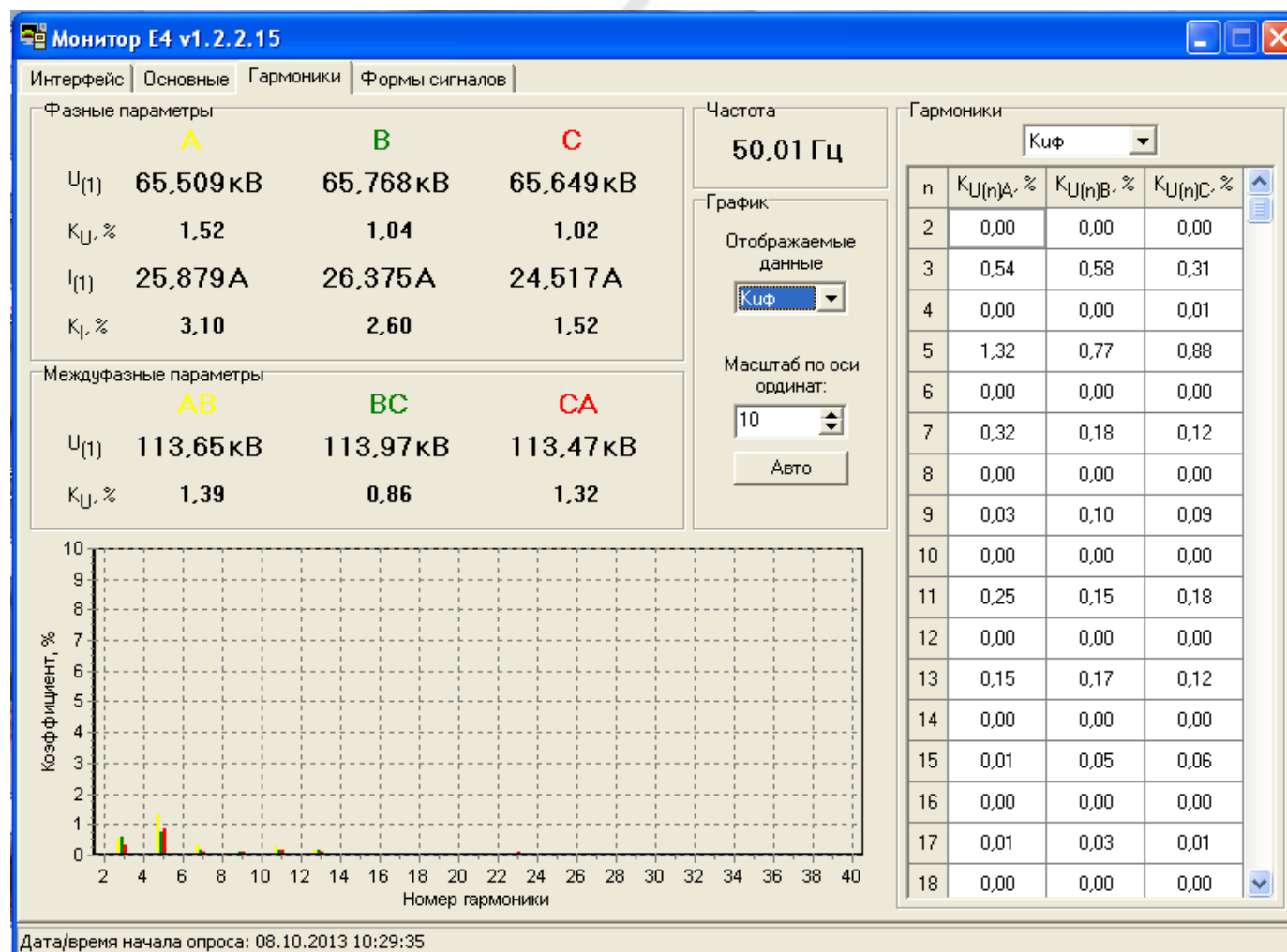
График измерения

☒ Текущие данные

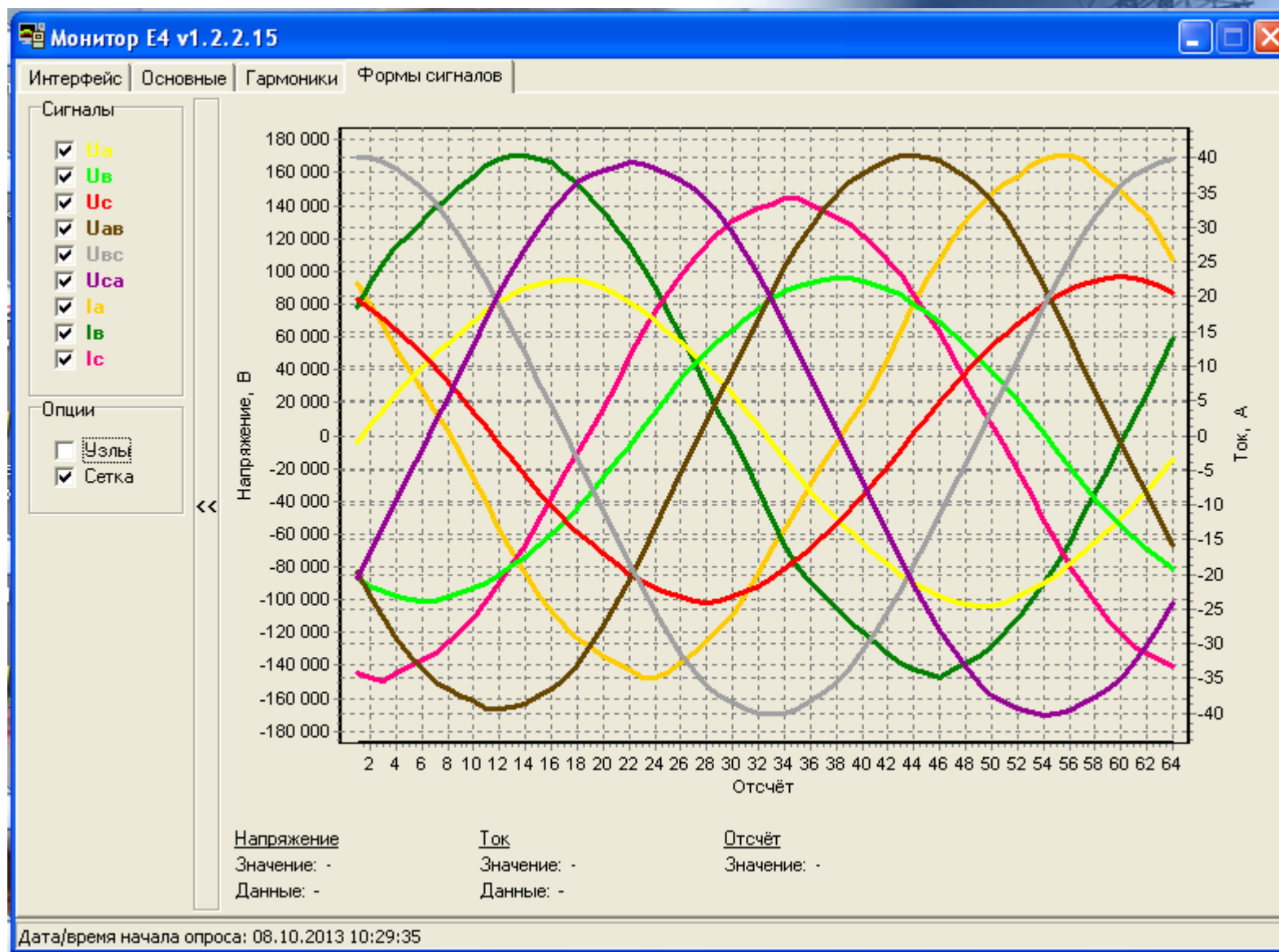
Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Вологдаэнерго» (на базе приборов Ресурс)



Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Вологдаэнерго»



Пилотный проект по организации мониторинга качества электроэнергии в филиале «Вологдаэнерго»



Организация мониторинга качества электроэнергии

Техническое описание:

На ПС-110/10/6 «Центральная» СИ «Ресурс-Е4-5» подключались в «параллель» с электрическими счетчиками «СЭТ-4ТМ» на СШ-6 кВ присоединения «Тяговая 8-2» и «РП 4-2». Расхождений в показаниях счетчиков электрической энергии обоих типов не отмечено. Одновременно контролировались параметры КЭ.

После этого СИ «Ресурс-Е4-5» были переставлены на вводы 1 и 2 СШ 110 кВ, организованы каналы связи для получения необходимых данных со счетчиков с рабочих мест инженера СККЭЭ СИиМ, инженера по режимам ДС, инженера сектора АИИС КУЭ, инженера оперативного управления СДТУ.

Сохраняемые результаты измерений самим счетчиком:

- параметры электрических величин со временем усреднения 1 минута не менее 7 суток,
- профиль 30 минутных мощностей не менее 200 суток,
- статистические характеристики ПКЭ (в соответствии с ГОСТ) за сутки (архив не менее 200 суток), позволяют получать архивную информацию по ПКЭ за любые из 200 суток и распечатать протокол измерений, приложив к акту расследования технологического нарушения или письму (жалобе). При необходимости можно организовать более длительное хранение информации на сервере.

Измерения:

- электрическая энергия
- параметры токов, напряжений, углов фазовых сдвигов и мощности;
- оперативное измерение параметров электрической энергии.
- активная энергия и мощность прямого и обратного направления;
- реактивная энергия и мощность в квадранте 1, 2, 3 и 4;
- полная энергия и мощность прямого и обратного направления;
- удельная фазная мощность потерь;
- удельная трехфазная энергия потерь.

Электропитание как от измерительной цепи, так и по дополнительному входу питания.



Организация мониторинга качества электроэнергии

В ходе реализации систем мониторинга качества электроэнергии по принципу передачи непрерывного потока всех или части данных качества электроэнергии в соответствии с ГОСТ на базе сертифицированных для контроля качества электроэнергии приборов по классу S,A различных производителей были выявлены характерные узкие места данной системы:

- ❑ Ограничение использования системы на ПС 110/35 кВ ввиду недостаточной пропускной способности существующих каналов связи для передачи всего или части необходимого объема данных для мониторинга.
- ❑ Ограниченность использования такой системы на ПС 10(6)/0,4 кВ, ввиду частичного наличия каналов связи достаточной пропускной способности.
- ❑ Проблемы организации верхнего уровня системы и выделения дополнительного серверного пространства для записи данных.
- ❑ Нехватка персонала для выполнения функций мониторинга качества электроэнергии, как процесса непрерывного анализа данных на верхнем уровне.



Наиболее вероятные виновники ухудшения качества электроэнергии:

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятный виновник ухудшения КЭ
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения	РСК, потребитель нарушивший ТУ по заявленной мощности, ФСК, Системный оператор. (при отсутствии искажений у потребителя по другим показателям качества ЭЭ, так как они могут также влиять на отклонение напряжения)
Колебания напряжения	Размах изменения напряжения, доза фликера	Только потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения	Коэффициент искажения несинусоидальности кривой напряжения; Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения	Только потребитель с нелинейной нагрузкой (также данный показатель может влиять на отклонение напряжения)
Несимметрия трехфазной системы напряжения	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности; Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;	Потребитель с несимметричной нагрузкой, Неравномерное распределение нагрузки по фазам в сетях потребителя, отсутствие контроля со стороны потребителя (непосредственно влияют на установившееся отклонение напряжения в точке передачи)
Отклонение частоты	Отклонение частоты	Системный оператор, генерирующие компании, аварии в энергосистеме
Провал напряжения	Длительность провала напряжения	Технологическое нарушение в энергосистеме в сети МРСК, ФСК, коммутации в сети МРСК. Технологическое нарушение у потребителя
Импульс напряжения	Импульсное напряжение	МРСК, ФСК, Генерирующие компании, Системный оператор. Технологическое нарушение у потребителя



Спасибо за внимание

