

2015

ОТЧЕТ по натурным  
испытаниям устройств ОМП  
ВЛЭП



ПАО «ФСК ЕЭС»

04.12.2015

## Содержание

1. Введение. Цели и задачи натуральных испытаний.....	2
2. Описание места проведения натуральных испытаний .....	5
3. Краткая характеристика устройств ОМП.....	3
4. Программа натуральных испытаний .....	6
5. Результаты натуральных испытаний .....	8
6. Расчеты ОМП выполненные персоналом СРЗА Амурского ПМЭС.....	3
7. Расчеты ОМП выполненные представителями фирм- производителей .....	4
8. Выводы по результатам натуральных испытаний .....	0

## **1. Введение. Цели и задачи натуральных испытаний**

### **1.1. Введение**

В настоящее время в ПАО «ФСК ЕЭС» для определения мест повреждения (ОМП) ВЛЭП используются дистанционные методы по параметрам аварийного режима, которые позволяют с приемлемой точностью находить места повреждений.

На точность методов по параметрам аварийного режима оказывают существенное влияние следующие факторы:

.....

Максимальное значение зоны осмотра (обхода) ВЛЭП регламентируется СТО 56947007-29.240.55.159-2013 «Типовая инструкция по организации работ для определения мест повреждений воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше» и составляет:

- ± 15% длины ВЛЭП для линий протяженностью до 50 км;
- ± 10% длины ВЛЭП для линий протяженностью от 50 до 100 км;
- ± 7% длины ВЛЭП для линий протяженностью от 100 до 300 км;
- ± 5% длины ВЛЭП для линий протяженностью более 300 км.

В настоящее время данные значения зон осмотра ВЛЭП не могут быть признаны в полной мере удовлетворительными, особенно для ВЛЭП протяженностью более 100 км.

Так при КЗ на ВЛЭП длиной 150 км согласно требованиям СТО 56947007-29.240.55.159-2013 зона осмотра должна составить: ±10,5 км (т.е. 21 км). И это расстояние бригада службы линий должна пройти пешком в течение светлого времени суток.

Поиск места повреждения (обход) ВЛЭП от расчетной точки (расчетное место повреждения) тоже не решает проблему, т.к. априорно неизвестна величина и знак погрешности при данном КЗ. Т.е. если расчетная точка КЗ составляет 50 км от ПС с одной стороны, зона осмотра составляет ±10,5 км, то фактическое место повреждения может быть расположено как в сторону +10,5 км, так и в сторону -10,5 км.

Также необходимо учитывать время затраченное бригадой СВЛ на проезд от места расположения до границы зоны осмотра или до расчетного места повреждения.

Все эти факторы зачастую приводят увеличению времени поиска места повреждения и увеличению транспортных расходов.

Рекомендуемые к использованию, преимущественно иностранными производителями устройств ОМП, волновые методы ОМП ВЛЭП позволяют уйти от проблем связанных с разработкой математической модели линии.

Проведенные 11.09.2014г. в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» Ставропольское ПМЭС натурные испытания устройств ОМП, на ВЛ 330 кВ Владикавказ-2 – Грозный показали высокую точность волновых устройств ОМП ВЛЭП.

Но вместе с тем к данным результатам есть ряд замечаний:

1. Выбранная ВЛЭП (ВЛ 330 кВ В-2 – Грозный) является транзитной ВЛЭП с двухсторонним питанием без отпайек и промежуточных ПС, данное обстоятельство облегчает расчет.
2. Были выполнены только два опыта однофазных КЗ в различных местах ВЛЭП.
3. В ходе испытаний не производилась оценка возможности и точности волнового ОМП при рассинхронизации устройств ОМП установленных по концам ВЛЭП.

### ***1.2. Цель испытаний***

1. Проверка и сравнительный анализ точности различных дистанционных методов ОМП ВЛЭП (волнового и по параметрам аварийного режима), для линии сложной конфигурации (с отпайками).

2. Оценка и сравнение функциональности ИЧМ устройств ОМП ВЛЭП различных производителей.

### ***1.3. Задачи испытаний***

Выбор перспективного пути развития системы ОМП ВЛЭП ЕНЭС. Разработка мероприятий и рекомендаций по построению системы ОМП

ВЛ ЕНЭС для повышения точности и снижения эксплуатационных расходов связанных с отысканием мест повреждений ВЛЭП.

## **2. Описание места проведения натуральных испытаний**

В качестве места проведения натуральных испытаний устройств ОМП была выбрана спаренная ВЛЭП ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Белогорск и ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Хвойная расположенная в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Востока, Амурское ПМЭС.

### **2.1. Параметры ВЛЭП**

Схема ВЛЭП приведена на рис. 1.

Параметры ВЛ

Длина: 189,52 км;

Длина отпайки на ПС 220 кВ Белогорск – 0,06 км;

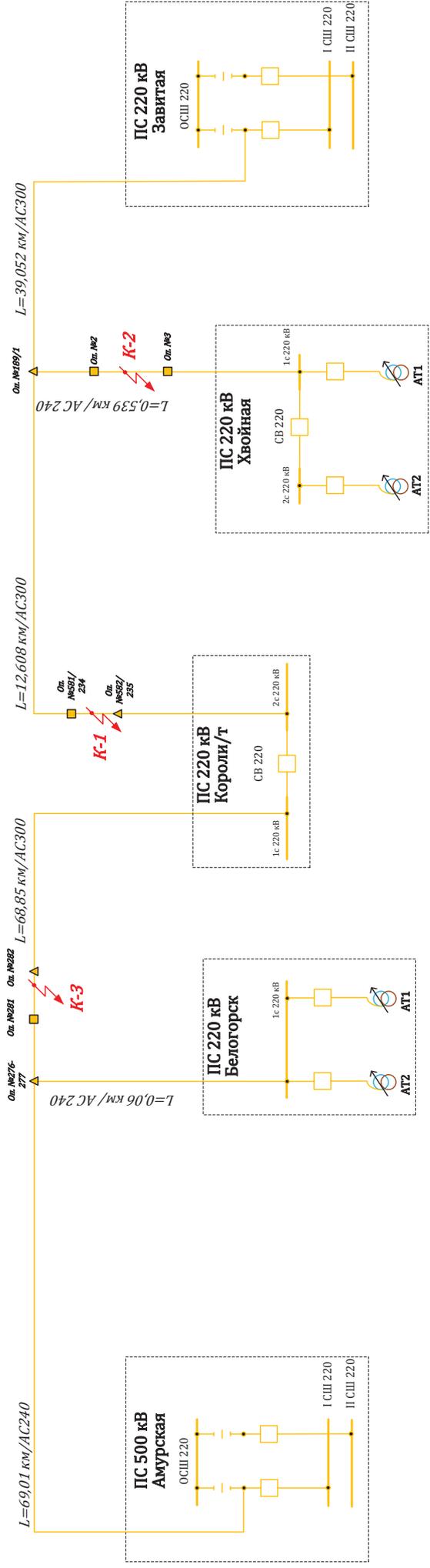
Длина отпайки на ПС 220 кВ Хвойная – 0,539 км;

Провод ВЛ тип: АС240/39 – АС 300/39;

Провод отпайки тип: АС 240/39;

Грозотрос тип: ТК-70.

Схема замещения и значения токов КЗ на шинах 220 кВ ПС 500 кВ Амурская и ПС 220 кВ Завитая ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Белогорск и ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Хвойная представлены на рис. 2.



Пояснение:

1. В точке К-1 однофазное КЗ ф. «С» на землю через переходное сопротивление в режиме опробывания ВЛ со стороны ПС 220 кВ Завитая.
2. В точке К-2 однофазное КЗ ф. «А» на землю через переходное сопротивление.
3. В точке К-3 междуфазное КЗ фаз «А-В».

Рис. 2.1. Схема электрической сети для проведения натуральных испытаний устройств ОМП



## 2.2. Схема вторичных цепей трансформаторов тока

Схема токовых цепей ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Хвойная ПС 220 кВ Завитая представлена на рис. 2.3.

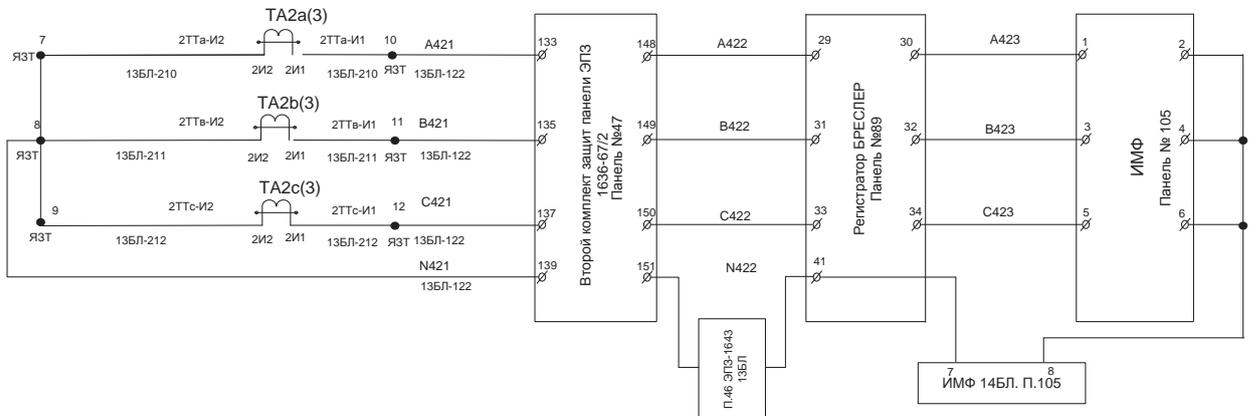


Рис. 2.3. Схема токовых цепей ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая ПС 220 кВ Завитая

Схема токовых цепей ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая с отпайкой на ПС 220 кВ Белогорск ПС 500 кВ Амурская представлена на рис. 2.4.

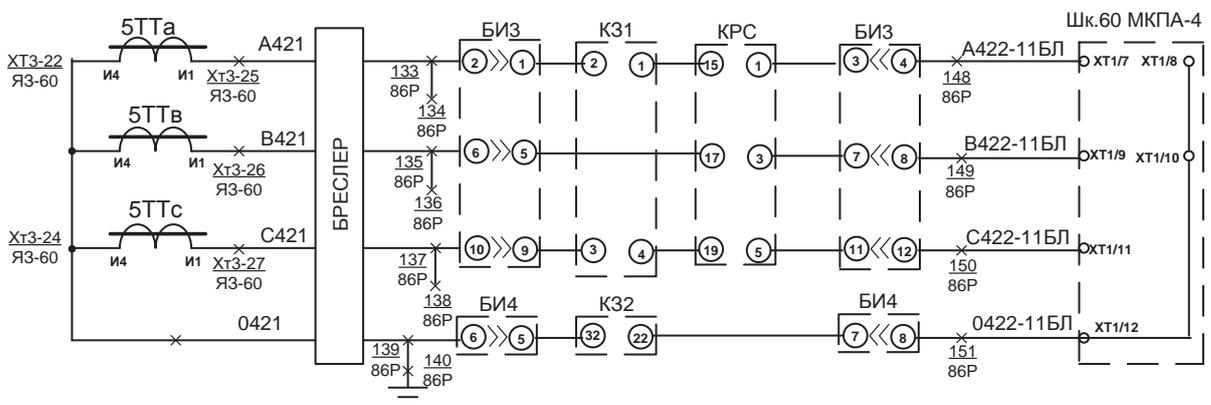


Рис. 2.4. Схема токовых цепей ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая ПС 500 кВ Амурская

## Установленные на ВЛЭП устройства ОМП

Устройства ОМП установленные на ВЛЭП указаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Устройства ОМП и регистраторы аварийных событий установленные на ВЛЭП**

Объект	Присоединение	К <sub>тт</sub>	Устройство ОМП, РАС	Место установки
ПС 500 кВ Амурская	ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	1000/5	Сириус-2 ОМП	ОПУ-1 п. 151
		1000/5	Бреслер 0105	ОПУ-1 п. 153
ПС 220 кВ Белогорск	Отпайка ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	600/5	ИМФ-3Р	ОПУ п. 40
ПС 220 кВ Завитая	ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	600/5	ИМФ-3Р	ОПУ п. 105
		600/5	Бреслер 0107	ОПУ п. 112
ПС 220 кВ Хвойная	Отпайка ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	600/5	ИМФ-3Р	ОПУ п. 10

**Устанавливаемые дополнительно устройства ОМП**

В рамках проведения натуральных испытаний на ПС 500 кВ Амурская и ПС 220 кВ Завитая дополнительно устанавливались устройства ОМП, указанные в табл. 2.2.

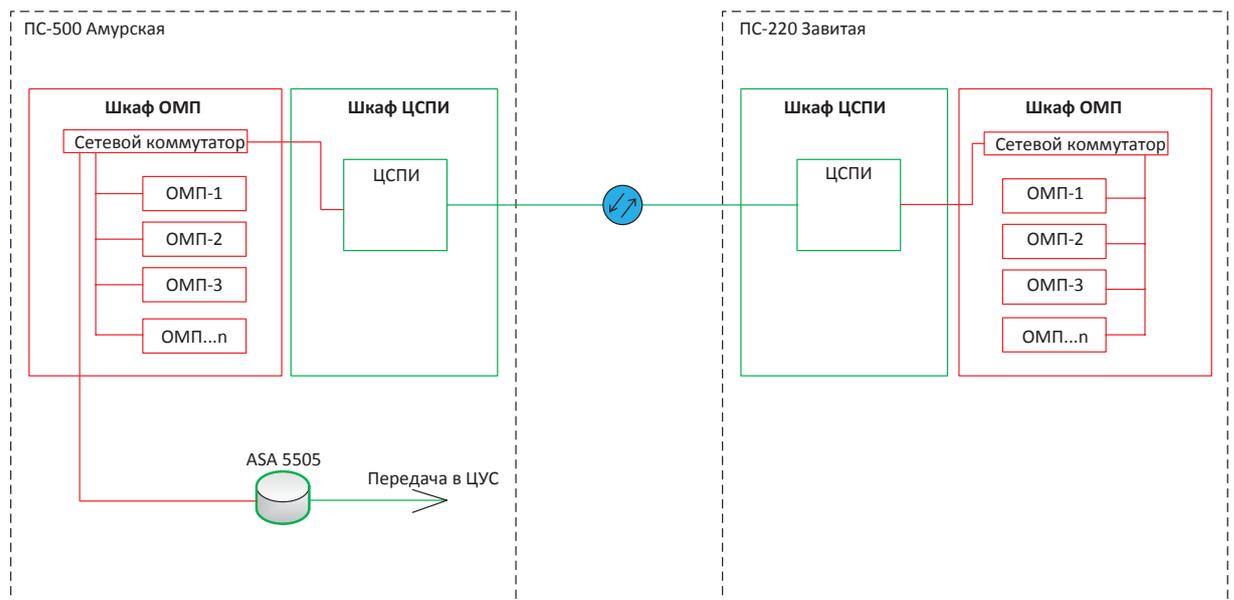
Таблица 2.2

**Устанавливаемые дополнительно устройства ОМП**

Объект	Присоединение	К <sub>тт</sub>	Устройство ОМП, РАС	Тип устройства ОМП	Место установки
ПС 500 кВ Амурская	ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	1000/5	РАС Аура	ПАР	ОПУ-1 п. 152
			ДЗЛ (ЭКРА)	ПАР	
			Бреслер 0107.090	Волновое+ ПАР	
			ТОР 100-ЛОК	Волновое+ ПАР	
ПС 220 кВ Завитая	ВЛ 220 кВ Короли/тяговая	600/5	РАС Аура	ПАР	ОПУ п. 69
			ДЗЛ (ЭКРА)	ПАР	
			Бреслер 0107.090	Волновое+ ПАР	
			ТОР 100-ЛОК	Волновое+ ПАР	

**2.3. Схема взаимодействия устройств ОМП.**

Приведена на рис. 2.5.



Комментарии:

1. Все ОМП располагаются в одном шкафу.
2. IP адресация в пределах одной сети (10.146.255.0/24)
3. Необходимо проложить кабели питания, информационные, контрольные и т.д.
- 4 Зона ответственности:

— МЭС Востока;  
— Производители ОМП.

Рис. 2.5. Схема взаимодействия устройств ОМП

### **3. Краткая характеристика устройств ОМП**

#### **3.1. РАС Аура М-32**

Устройство предназначено для регистрации аварийных событий, имеет возможность выполнения одностороннего и двухстороннего ОМП ВЛ 110 – 750 кВ.

**Способ подключения к ВЛ, место установки:**

РАС Аура подключается к измерительным трансформаторам тока и напряжения, устанавливается на ОПУ ПС.

**Протоколы интерфейса в SKADA систему:**

Терминал оснащен портом последовательной связи RS-485, одним портом Ethernet, портом USB.

Порт RS-485 предназначены для связи с верхним уровнем АСУ ТП.

**Фирма-производитель: ООО Свей (Россия).**

Достоинства:

- наличие двухстороннего ОМП,
- Недостатки:
- более высокая стоимость по сравнению с ИМФ-3Р (Сириус-2ОМП),
- необходимость наличия канала связи для двухстороннего ОМП.

#### **3.3. РАС Бреслер 0107.090**

Устройство предназначено для одностороннего и двухстороннего ОМП ВЛ и КЛ 6 – 750 кВ с односторонним и двухсторонним питанием. Состоит из двух полукомплектов, располагаемых по концам ВЛ (КЛ) и канала связи.

Одно устройство может контролировать до двух ВЛ (КЛ).

Устройство имеет встроенный регистратор аварийных событий с общим временем записи до 300с, а так же регистратор на 100 событий. В устройстве реализованы следующие методы ОМП: модельный (дистанционный), волновой (при дополнении устройства специальным модулем). Синхронизация полукомплектов ОМП выполняется от ГЛОНАСС или GPS.

**Способ подключения к ВЛ, место установки:**

Бреслер 0107.090 подключается к измерительным трансформаторам тока и напряжения, устанавливается на ОПУ ПС. Поставляется в виде двух терминалов отдельно или в составе шкафов, а также поставляются две антенны для связи.

**Протоколы интерфейса в SKADA систему:**

Терминал оснащен двумя портами последовательной связи RS-422 и RS-485, одним портом Ethernet, двумя портами USB.

Порты RS-422 и RS-485 предназначены для связи с верхним уровнем АСУ ТП в соответствии с международным стандартом IEC 60870-5-103 или IEC 60870-5-101.

Порт Ethernet – связь с верхним уровнем АСУ ТП выполняется в соответствии с международным стандартом IEC 60870-5-104, IEC 61850.

**Фирма-производитель: ОАО НПП Бреслер (Россия).**

Достоинства:

- наличие двухстороннего ОМП,
- наличие волнового ОМП.

Недостатки:

- более высокая стоимость по сравнению с ИМФ-3Р (Сириус-2ОМП),
- необходимость наличия канала связи для двухстороннего ОМП.

### **3.4. TOP 100-ЛОК**

Терминал TOP 100-ЛОК предназначен для установки на ВЛ и КВЛ 6 – 750 кВ и обеспечивает ОМП при междуфазных и трехфазных КЗ на линиях напряжением 6 – 35 кВ в сетях с изолированной нейтралью и при всех видах КЗ (замыканиях одной, двух и трех фаз на землю и между собой) на линиях напряжением 110 – 750 кВ протяженностью до 800 км в сетях с глухозаземленной нейтралью.

В терминале TOP 100-ЛОК реализованы следующие способы ОМП: одностороннее и двухстороннее по параметрам аварийного режима, пассивное волновое, активное волновое (рефлектометр).

**Способ подключения к ВЛ, место установки:**

TOP 100-ЛОК подключается к измерительным трансформаторам тока и напряжения, для реализации активного волнового ОМП подключается посредством РК кабеля (75 Ом) через фильтр присоединения и конденсатор связи непосредственно к ВЛ.

**Протоколы интерфейса в SKADA систему:**

Терминал оснащен портом последовательной связи RS-485, одним портом ST, одним портом USB.

Порт RS-485 предназначен для связи с верхним уровнем АСУ ТП.

**Фирма-производитель: ООО ИЦ Бреслер (Россия).**

Достоинства:

- наличие двухстороннего ОМП,
- наличие волнового ОМП.

Недостатки:

- более высокая стоимость по сравнению с ИМФ-3Р (Сириус-2ОМП),
- необходимость наличия канала связи для двухстороннего ОМП,
- необходимость подключения к ВЧА.

### **3.5. ИМФ-3Р**

Индикатор микропроцессорный фиксирующий, предназначен для ОМП ВЛ 110 – 750 кВ протяженностью не более 400 км, с дополнительной фиксацией параметров аварийного режима (токов и напряжений, расстояние до места КЗ и т.п.). В устройстве реализован односторонний метод ОМП по параметрам аварийного режима.

**Способ подключения к ВЛ, место установки:**

ИФМ-ЗР подключается к измерительным трансформаторам тока и напряжения, устанавливается на ОПУ.

**Протоколы интерфейса в SKADA систему:**

Имеет два порта RS-232 и порт RS-485. Для связи с верхним уровнем АСУ ТП используется протокол Modbus.

**Фирма-производитель: ЗАО Радиус Автоматика (Россия).**

Имеет широкое распространение на энергообъектах ОАО «ФСК ЕЭС». В настоящее время снят с производства.

Достоинства:

- простота и надежность,
- низкая стоимость.

Недостатки:

- упрощенно учитываются параметры ВЛ,
- не учитывается емкостная проводимость ВЛ 330 – 750 кВ,
- не учитывается апериодическая составляющая.

### **3.6. Сириус-2 ОМП**

Устройство предназначено для ОМП ВЛ 6 – 750 кВ, является «современной» версией индикатора ИМФ-ЗР. Основные отличия заключаются в более высокой степени стойкости по ЭМС и некоторыми дополнительными возможностями. В устройстве реализован односторонний метод ОМП по параметрам аварийного режима.

**Способ подключения к ВЛ, место установки:**

Сириус-2ОМП подключается к измерительным трансформаторам тока и напряжения, устанавливается на ОПУ.

**Протоколы интерфейса в SKADA систему:**

Устройство имеет порт RS-485, три порта USB, для связи с верхним уровнем АСУ ТП используется протокол Modbus.

**Фирма-производитель: ЗАО Радиус Автоматика (Россия).**

Достоинства:

- простота и надежность,
- низкая стоимость.

Недостатки:

- упрощенно учитываются параметры ВЛ,
- не учитывается емкостная проводимость ВЛ 330 – 750 кВ,
- не учитывается апериодическая составляющая.

## **4. Программа натуральных испытаний**

### **4.1. Метод и условия проведения опыта КЗ:**

1. Представители фирм-производителей монтируют устройства ОМП на ПС 500 кВ Амурская и на ПС 220 кВ Завитая для ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая – Завитая с отпайками на ПС Белогорск и ПС Хвойная.

2. Токовые цепи всех смонтированных устройств ОМП, по возможности, должны быть включены на одни керны трансформаторов тока на ПС 500 кВ Амурская и на ПС 220 кВ Завитая.

3. Представители фирм-производителей разрабатывают инструкции по оперативному обслуживанию, устанавливают на рабочих местах специализированное ПО и проводят обучение оперативного персонала ПС 500 кВ Амурская и ПС 220 кВ Завитая, а также оперативного персонала ЦУС Амурского ПМЭС работе по снятию показаний с устройств ОМП.

4. Должны быть организованы каналы передачи осциллограмм с регистраторов аварийных событий, терминалов РЗА и ПА на компьютеры, установленные на рабочих местах оперативного персонала ЦУС, ПС 500 кВ Амурская и ПС 220 кВ Завитая.

5. Амурское ПМЭС назначает ответственного представителя из числа лиц заместителей главного инженера за подготовку и проведения опытов КЗ на ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая – Завитая с отпайками на ПС Белогорск и ПС Хвойная.

6. Все КЗ выполняются непосредственно на включенной в работу ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая – Завитая с отпайками на ПС Белогорск и ПС Хвойная.

2.2. Выполнение данной работы производится бригадой СВЛ филиала ПАО «ФСК ЕЭС» Амурского ПМЭС.

7. Все меры безопасности, условия производства работ и последовательность выполнения однофазного КЗ должны быть изложены отдельной главой разработку которой организует ответственный представитель от Амурского ПМЭС.

8. За допуск бригады к проведению опыта КЗ отвечает диспетчер Амурского ПМЭС находящийся на смене.

9. Подготовка рабочего места для опытов КЗ производится на отключенной ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая – Завитая с отпайками на ПС Белогорск и ПС Хвойная.

10. Опыт КЗ выполняется по заявке разрешенной Амурским РДУ.

11. На все время проведения опытов КЗ представители фирм-производителей удаляются с ПС 500 кВ Амурской, ПС 220 кВ Завитая, а также из помещения ЦУС Амурского ПМЭС.

12. При проведении опытов КЗ оперативный персонал ПС и ЦУС руководствуется в работе инструкциями по оперативному

обслуживанию устройств ОМП установленных на ПС 500 кВ Амурская и ПС 220 кВ Завитая, а также Местной инструкции по определению мест повреждений ВЛ.

13. При проведении опытов КЗ оперативный персонал ПС и ЦУС заносит показания устройств ОМП в Табл. 4.1.

14. По завершении опытов в точках К-1, К-2 и К-3, производятся расчеты мест повреждения с помощью программного обеспечения для ОМП и регистраторов аварийных событий разных производителей.

#### **4.2. Описание натуральных испытаний**

Для проведения сравнительного анализа устройств ОМП необходимо выполнить серию опытов однофазных и междуфазных КЗ:

1. Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «С» в режиме опробования ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая с отп. на ПС Хвойная производился в одной точке (точка К-1 см. рис. 2.1.) в пролете опор №581/234 - №582/235 ВЛ 220 кВ Завитая – Старт Короли/тяговая с отп. на ПС Хвойная.

**(L≈140,78 – 140,99 км от ПС 500 кВ Амурская).**

2. Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «А» через переходное сопротивление в одной точке (точка К-2 см. рис. 2.1.) в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная от ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая.

**(L≈150,56 – 150,75 км от ПС 500 кВ Амурская).**

3. Опыт междуфазного (двухфазного) короткого замыкания ф. «А-В» производился в одной точке (точка К-3 см. рис. 2.1.) в пролете опор №281 - №282 ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая.

**(L≈70,45 – 70,82 км от ПС 500 кВ Амурская).**

## **5. Результаты натуральных испытаний**

### **5.1. Опыт №1.**

Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «С» в режиме опробования ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая с отп. на ПС Хвойная производился в одной точке (точка К-1 см. рис. 2.1.) в пролете опор №581/234 - №582/235 ВЛ 220 кВ Завитая – Старт Короли/тяговая с отп. на ПС Хвойная<sup>1</sup>.

Показания устройств и расчеты ОМП выполненные оперативным персоналом ЦУС Амурского ПМЭС приведены в табл. 5.1.

Осциллограммы с устройств приведены на рис 5.1. – 5.4.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> В момент проведения данного опыта разъединитель на ПС 220 Короли/тяговая в сторону ПС 220 кВ Завитая был отключен.

<sup>2</sup> В момент КЗ пуска осциллографа устройства ТОР 100-ЛОК со стороны ПС 220 кВ Завитая не было из-за ошибок конфигурации устройства.

Таблица 5.1.

## Сводная таблица проведения натурных испытаний устройств ОМП

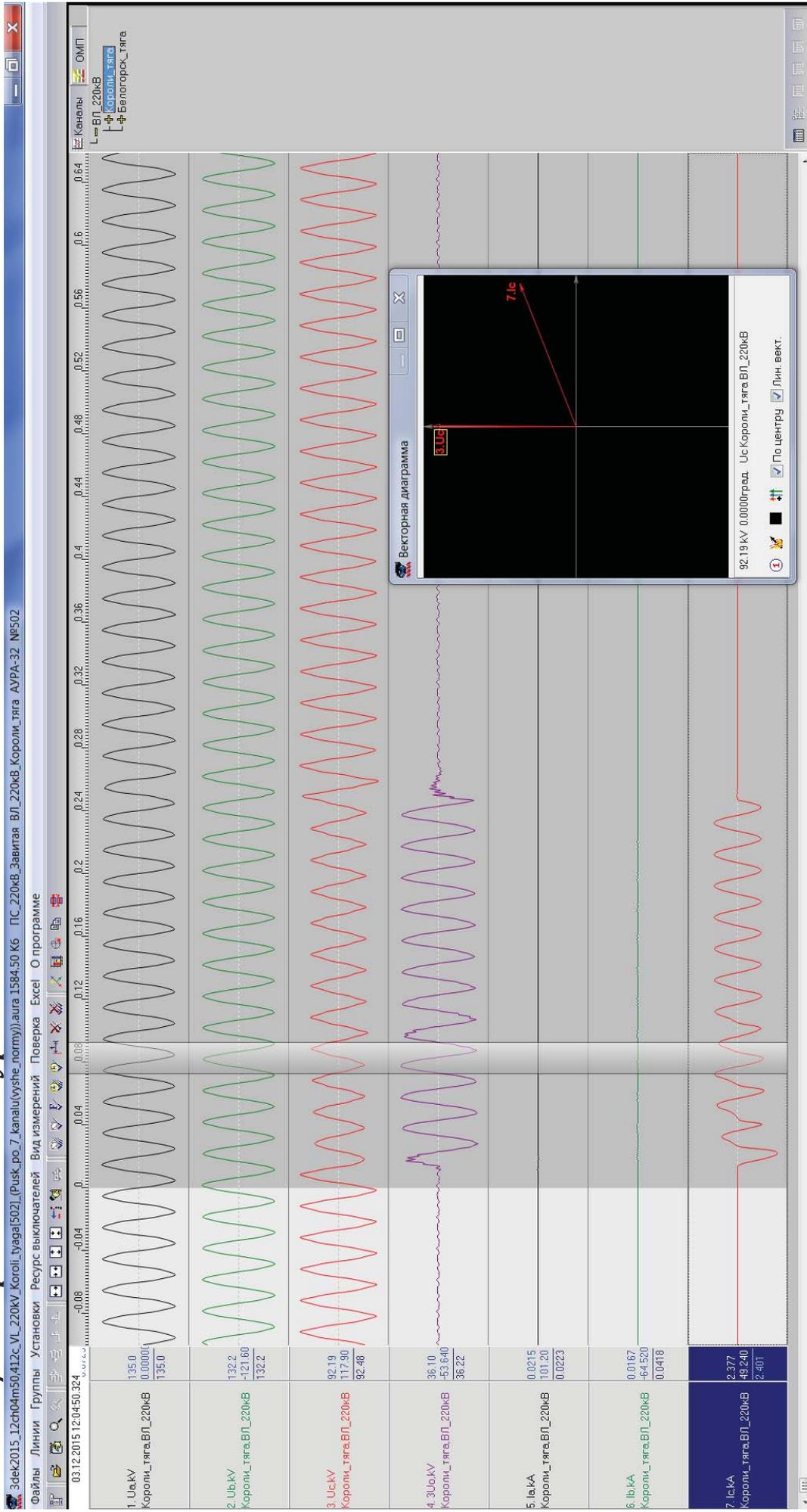
## ОПЫТ № 1, “ 03 ” \_12\_\_ 2015 г, \_12\_:04\_ (5:04 мск)

Опыт №1: Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «С» в режиме опробования ВЛ 220 кВ Короли/т – Завитая с отпайкой на ПС Хвойная со стороны ПС 220 кВ Завитая производится в одной точке в пролете опор №581/234 - №582/235 ВЛ 220 кВ Короли/т – Завитая с отпайкой на ПС Хвойная

(Точка КЗ: L≈140,78 – 140,99 км от ПС 500 кВ Амурская, L≈48,29 – 48,52 км от ПС 220 кВ Завитая).

№	Наименование фирмы производителя	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 500 кВ Амурская, км	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 220 кВ Завитая, км	Результаты двухстороннего расчета, км	Примечание
1	ООО “НПП Бреслер” (Бреслер 0.107/090)		50,4 (47,6 после переустановки модели ВЛ)		Не сразу начали скачиваться осциллограммы (после перезагрузки программы).
2	ООО “ИЦ Бреслер” (ТОР 100-ЛОК)		47,4 по ПАР <b>39,6 волновым методом</b>		
3	ООО “Свей” (РАС Аура)		48,1		Не сразу появились осциллограммы.
4	ООО “НПП Экра” (ДЗЛ)		53,2		
5	ООО “Радиус Автоматика” (Сириус-2 ОМП+ИМФ-3Р)		47,4		

## 5.1.1. Осциллограмма с РАС Аура ПС 220 кВ Завитая



Вид измерений: Первичные величины

Рис. 5.1. РАС Аура

## 5.1.2. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

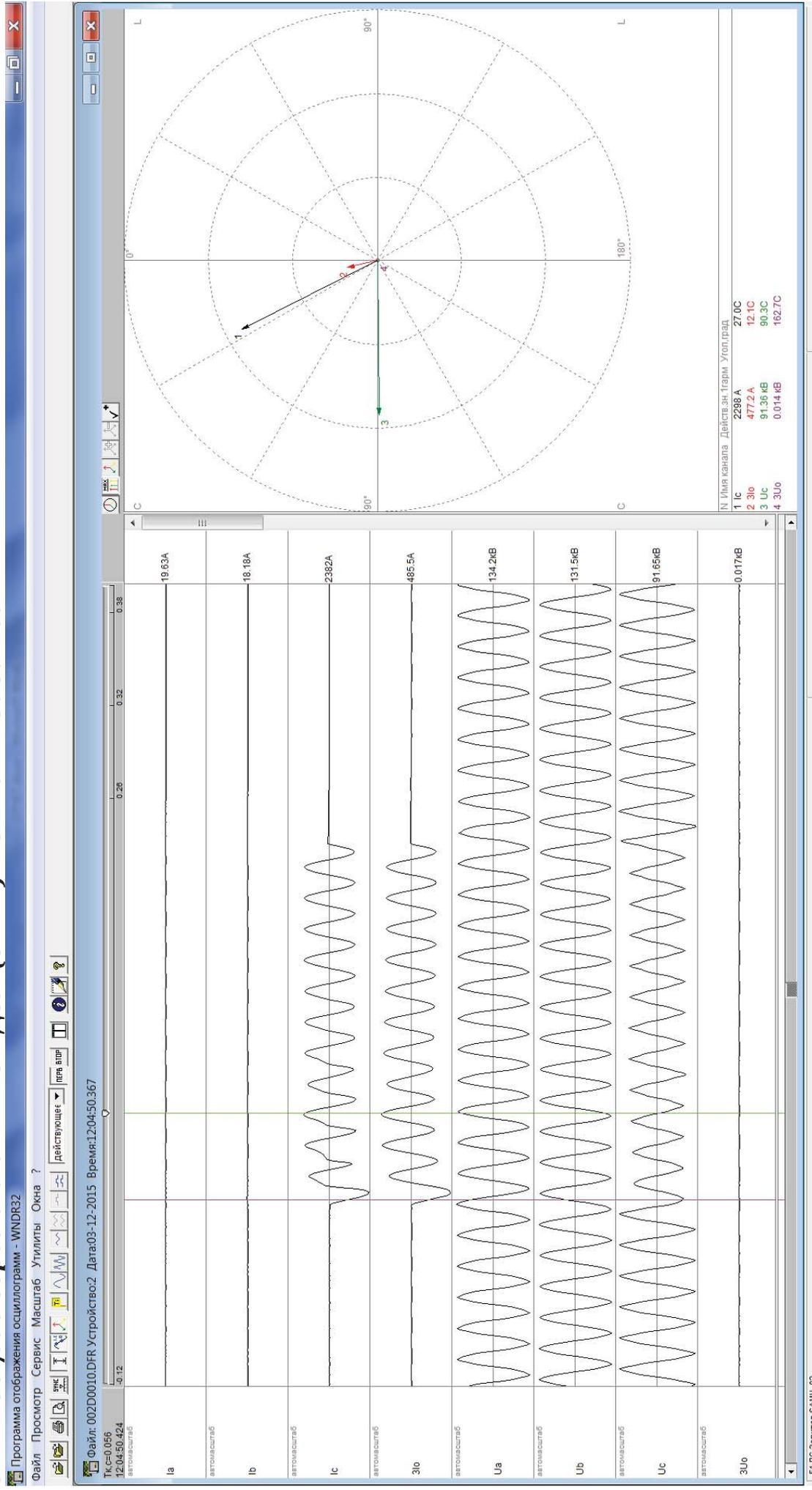


Рис. 5.2. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

### 5.1.3. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

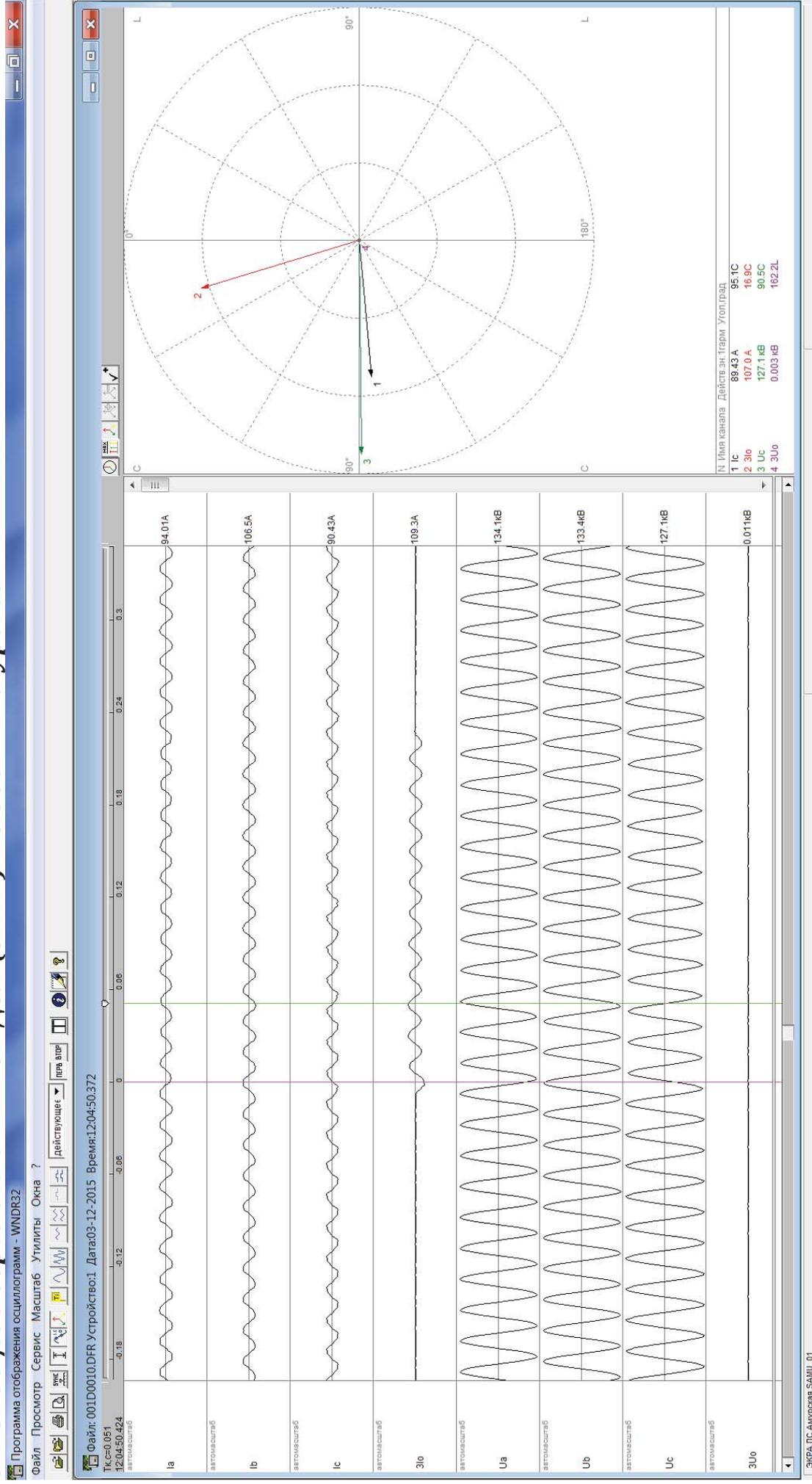


Рис. 5.3. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

## 5.1.4. Осциллограмма с Бреслер 0107.090 ПС 220 кВ Завитая



Рис. 5.4. РАС Бреслер 0107.090 ПС 220 кВ Завитая

Фото опыта №1 КЗ ф. «С» в режиме опробования ВЛ 220 кВ Короли/т – Завитая с отпайкой на ПС Хвойная со стороны ПС 220 кВ Завитая представлено на рис. 5.5. – 5.7.

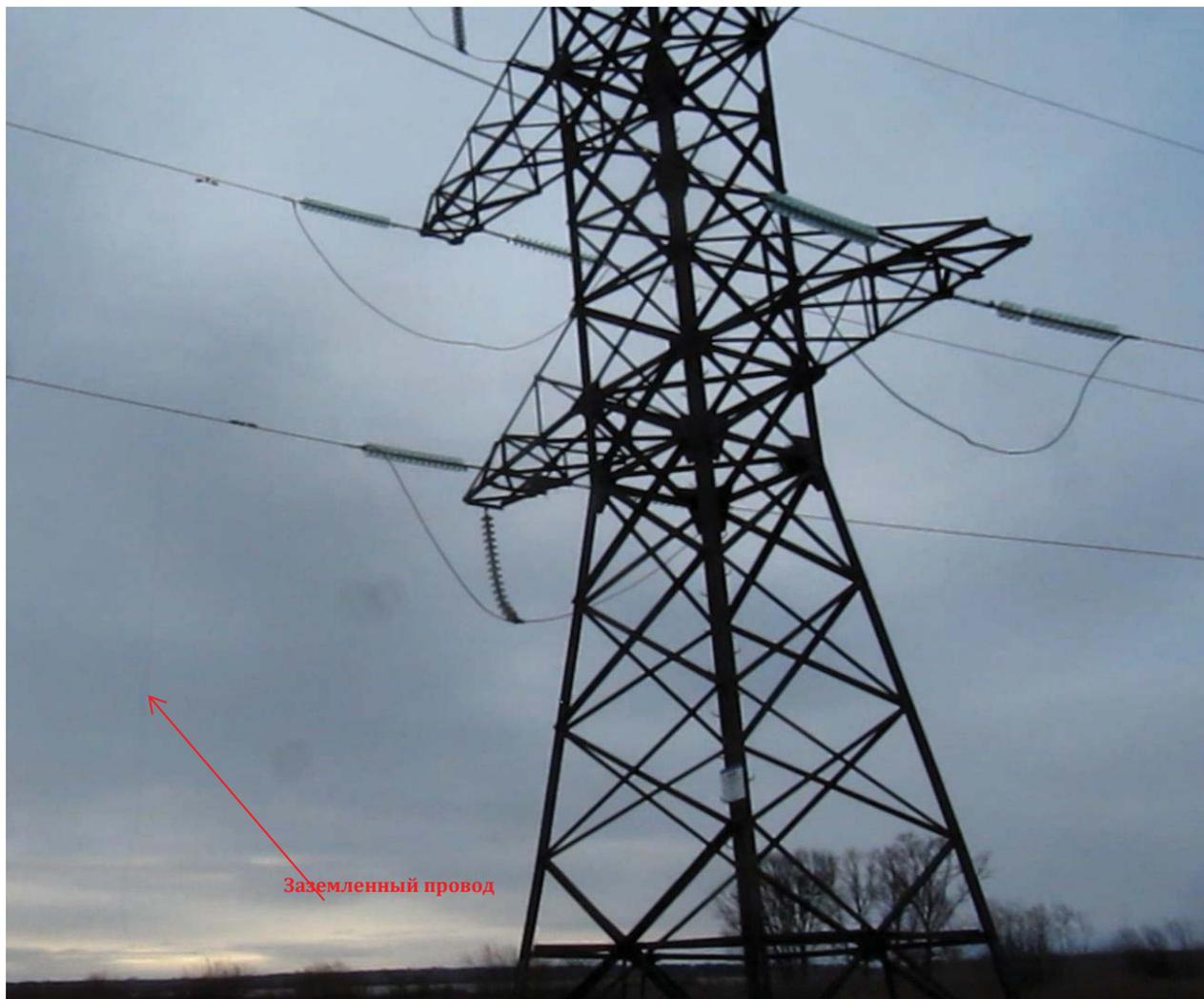


Рис. 5.5. КЗ ф. «С» на землю в режиме опробования ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая (Начало)



Рис. 5.6. КЗ ф. «С» на землю в режиме опробования  
ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая (Продолжение)



Рис. 5.7. КЗ ф. «С» на землю в режиме опробования  
ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая (Окончание)

## **5.2. Опыт №2**

Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «А» через переходное сопротивление в одной точке (точка К-2 см. рис. 2.1.) в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная от ВЛ 220 кВ Завитая – Короли/тяговая.

**(L≈150,56 – 150,75 км от ПС 500 кВ Амурская).**

Показания устройств и расчеты ОМП выполненные оперативным персоналом ЦУС Амурского ПМЭС приведены в табл. 5.2.

Осциллограммы с устройств приведены на рис 5.8. – 5.12.

Таблица 5.2.

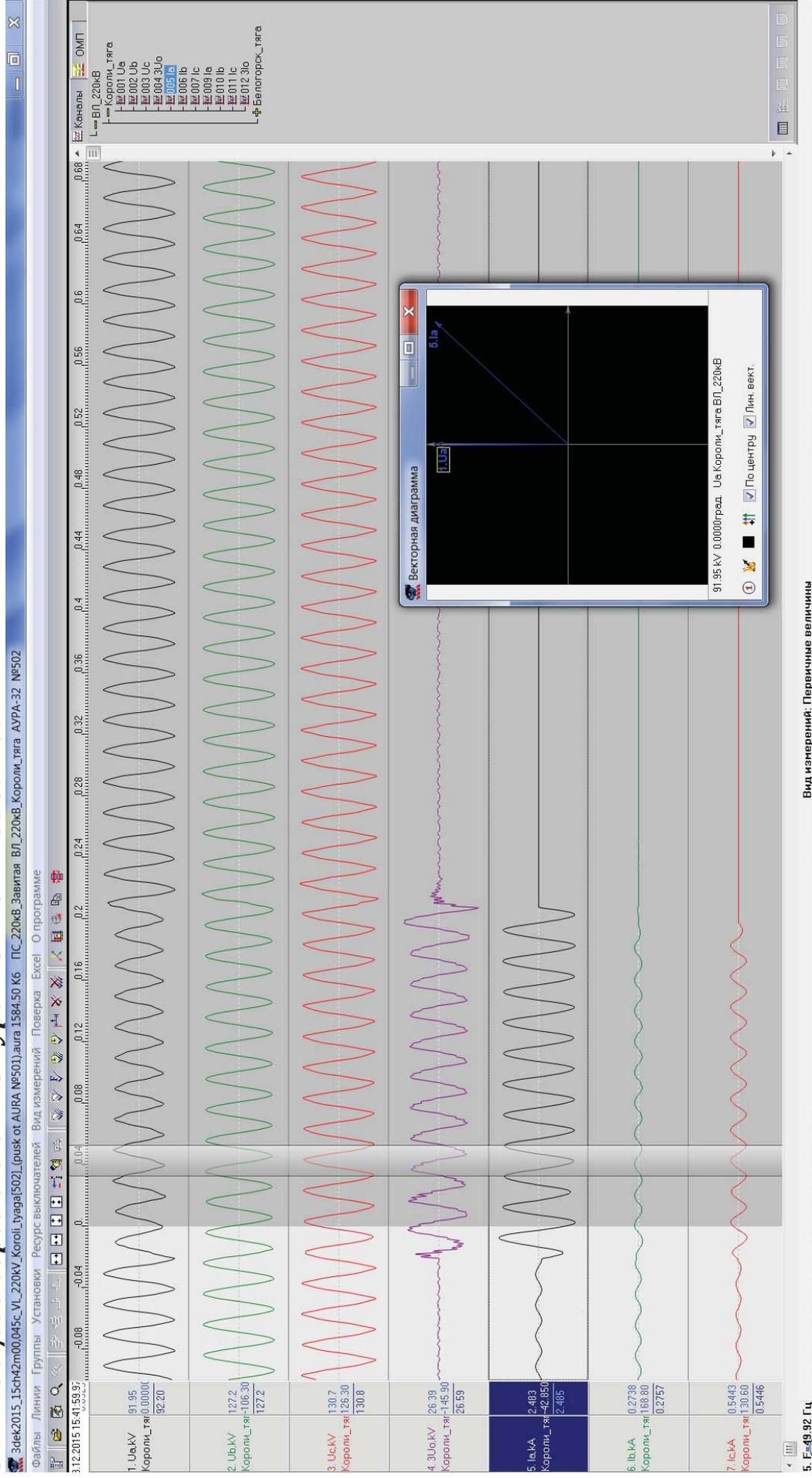
## Сводная таблица проведения натуральных испытаний устройств ОМП

## ОПЫТ № 2, “ 03 ” 12 2015 г, 15 : 42 (8:42 мск)

Опыт № 2: Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «А» через переходное сопротивление в одной точке в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная от ВЛ 220 кВ Короли/т – Завитая (Точка КЗ: L≈150,56 – 150,75 км от ПС 500 кВ Амурская, , L≈38,85 км от ПС 220 кВ Завитая).

№	Наименование фирмы производителя	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 500 кВ Амурская, км	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 220 кВ Завитая, км	Результаты двухстороннего расчета, от Амурской/Завитой, км	Примечание
1	ООО “НПП Бреслер” (Бреслер 0.107/090)	151,4	45,4	150,5/40 по ПАР 152,4/37,2 волновым методом	
2	ООО “ИЦ Бреслер” (ГОР 100-ЛОК)	151,1 по ПАР 183,5 волновым методом	38,9 по ПАР 6,5 волновым методом	Не определено	Волновым методом двухсторонний расчет не определен
3	ООО “Свей” (РАС Аура)	191,7	40,0	168,9/20,8	
4	ООО “НПП Экра” (ДЗЛ)	193,9	43,2	Не смогли рассчитать. (47,8 км от Завитой после установки модели ЛЭП)	
5	ООО “Радиус Автоматика” (Сириус-2 ОМП+ИМФ-ЗР)	175,6	44,7		

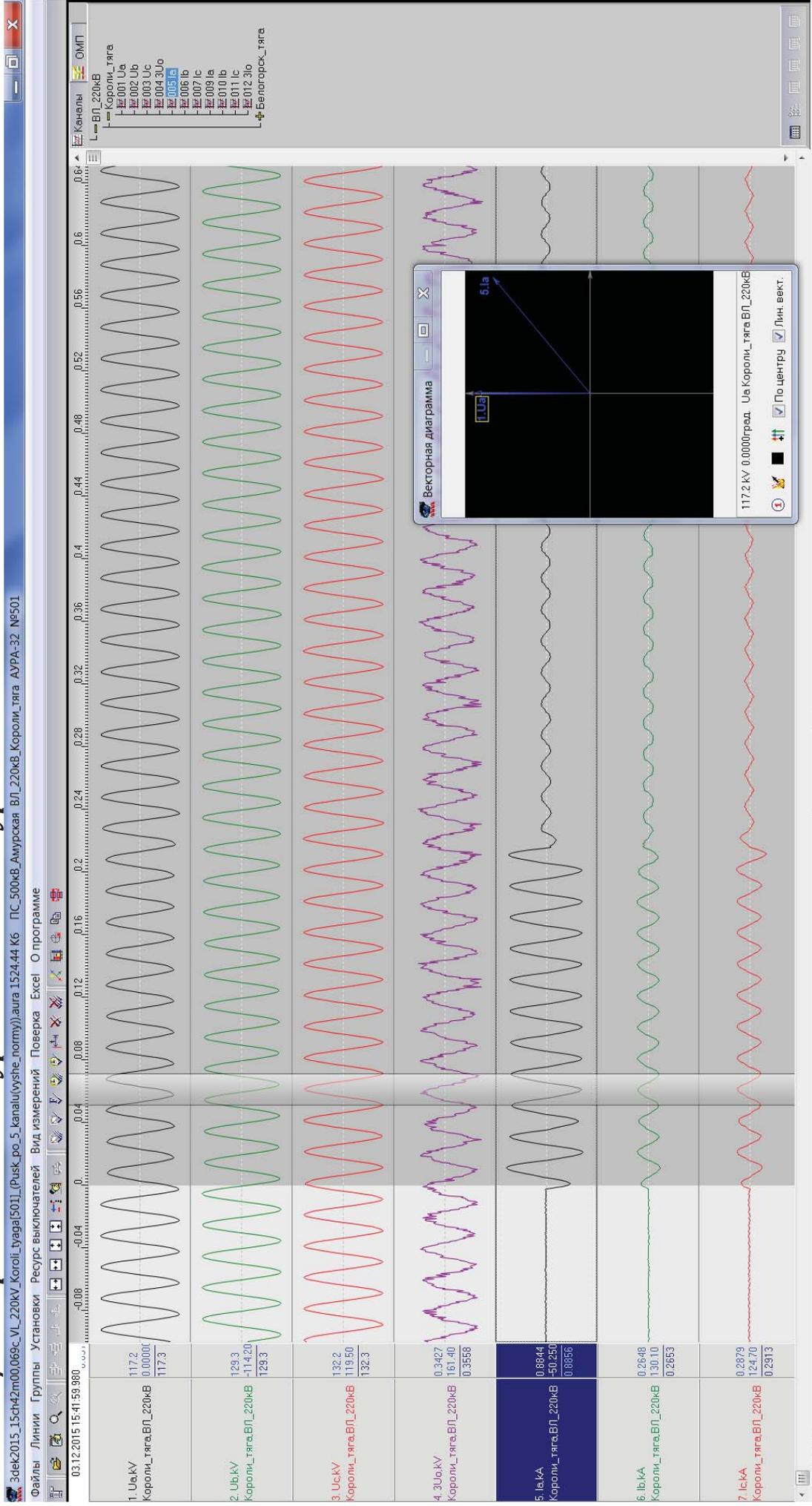
## 5.2.1. Осциллограмма с РАС Аура ПС 220 кВ Завитая



Вид измерений. Первичные величины

Рис. 5.8. РАС Аура ПС 220 кВ Завитая

## 5.2.2. Осциллограмма с РАС Аура ПС 500 кВ Амурская



Вид измерений: Первичные величины

Рис. 5.9. РАС Аура ПС 500 кВ Амурская

### 5.2.3. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

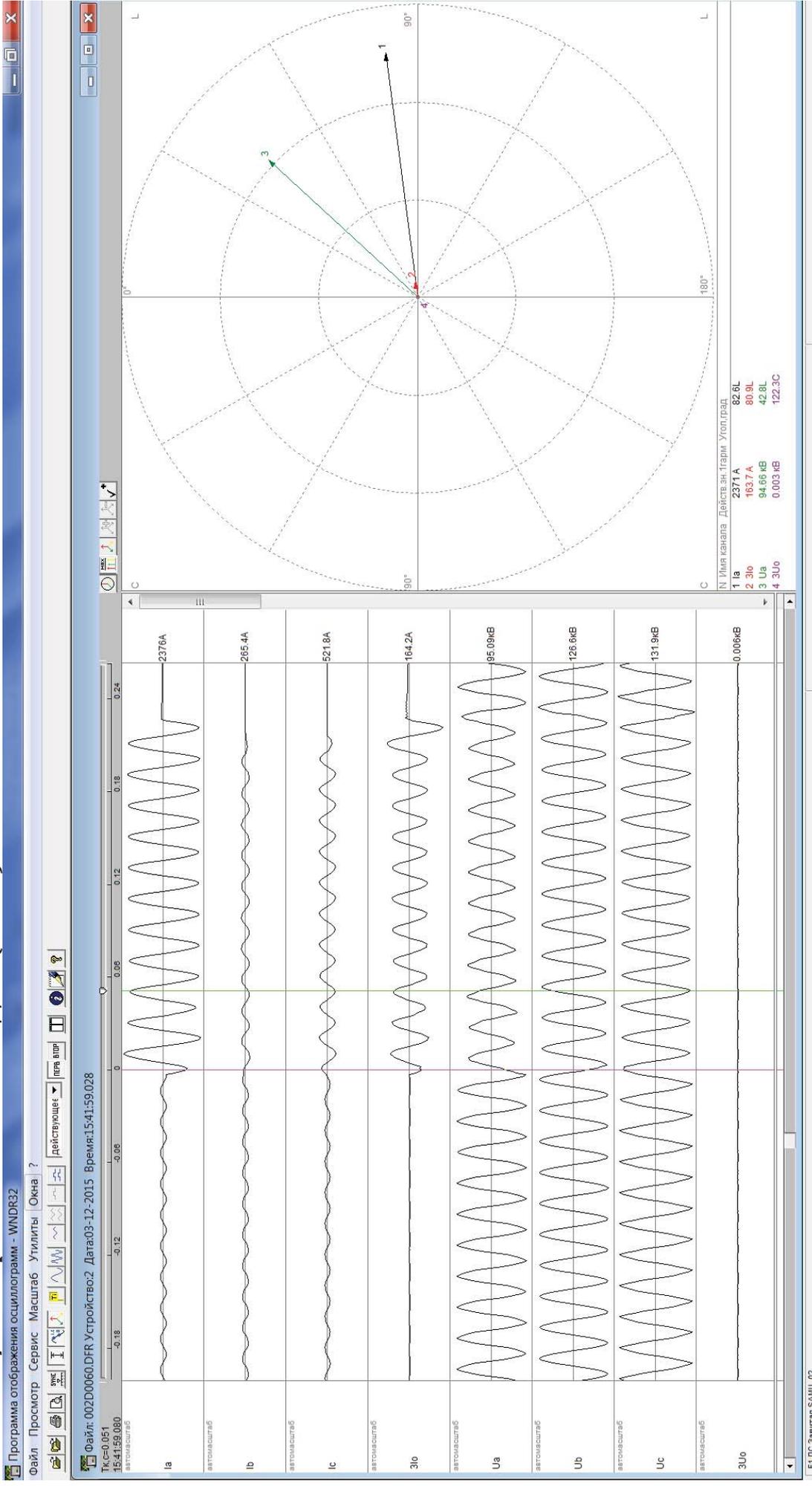


Рис. 5.10. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

## 5.2.4. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

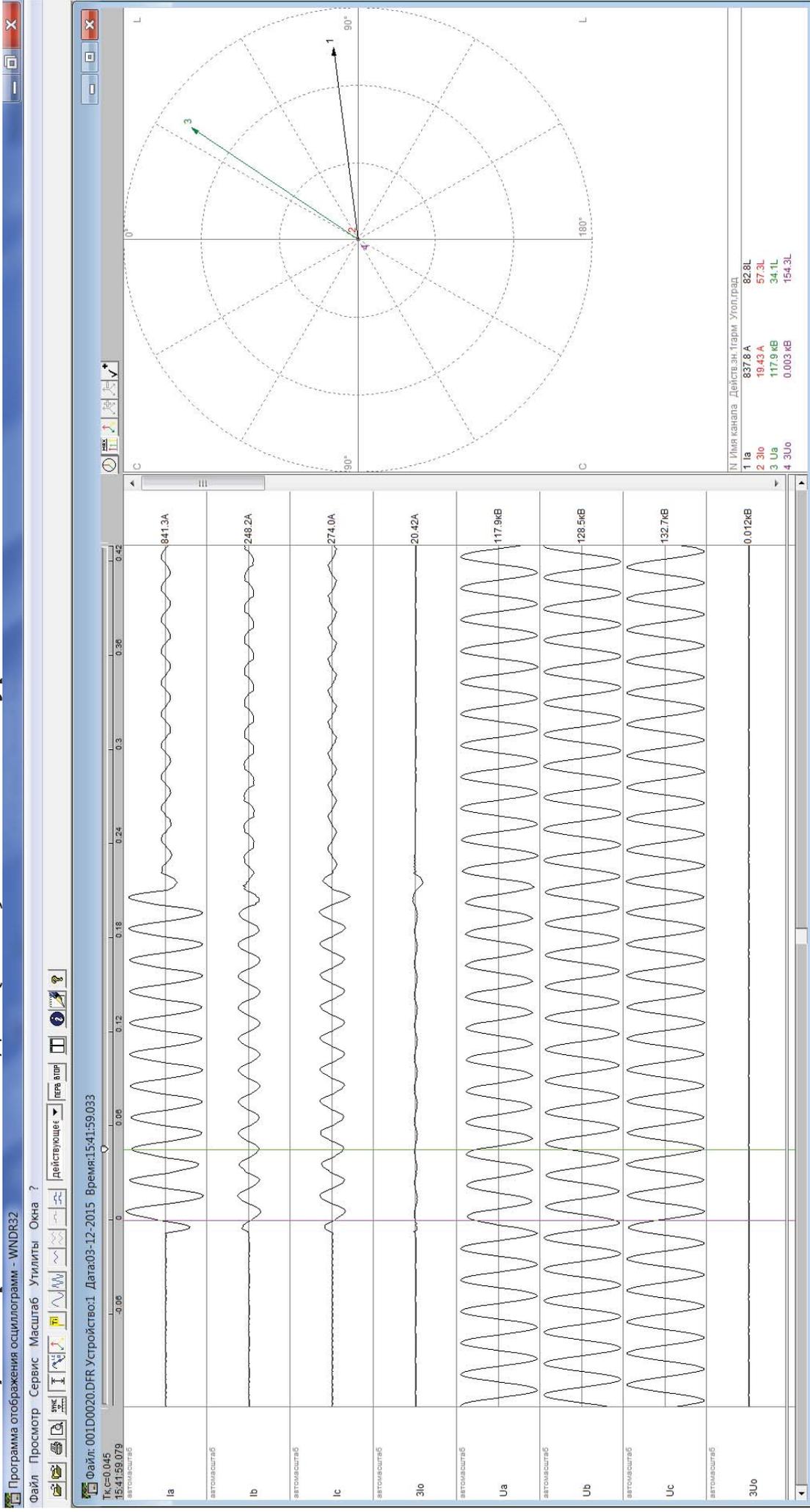


Рис. 5.1.1. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

## 5.2.5. Осциллограмма с Бреслер 0107.090 ПС 220 кВ Завитая

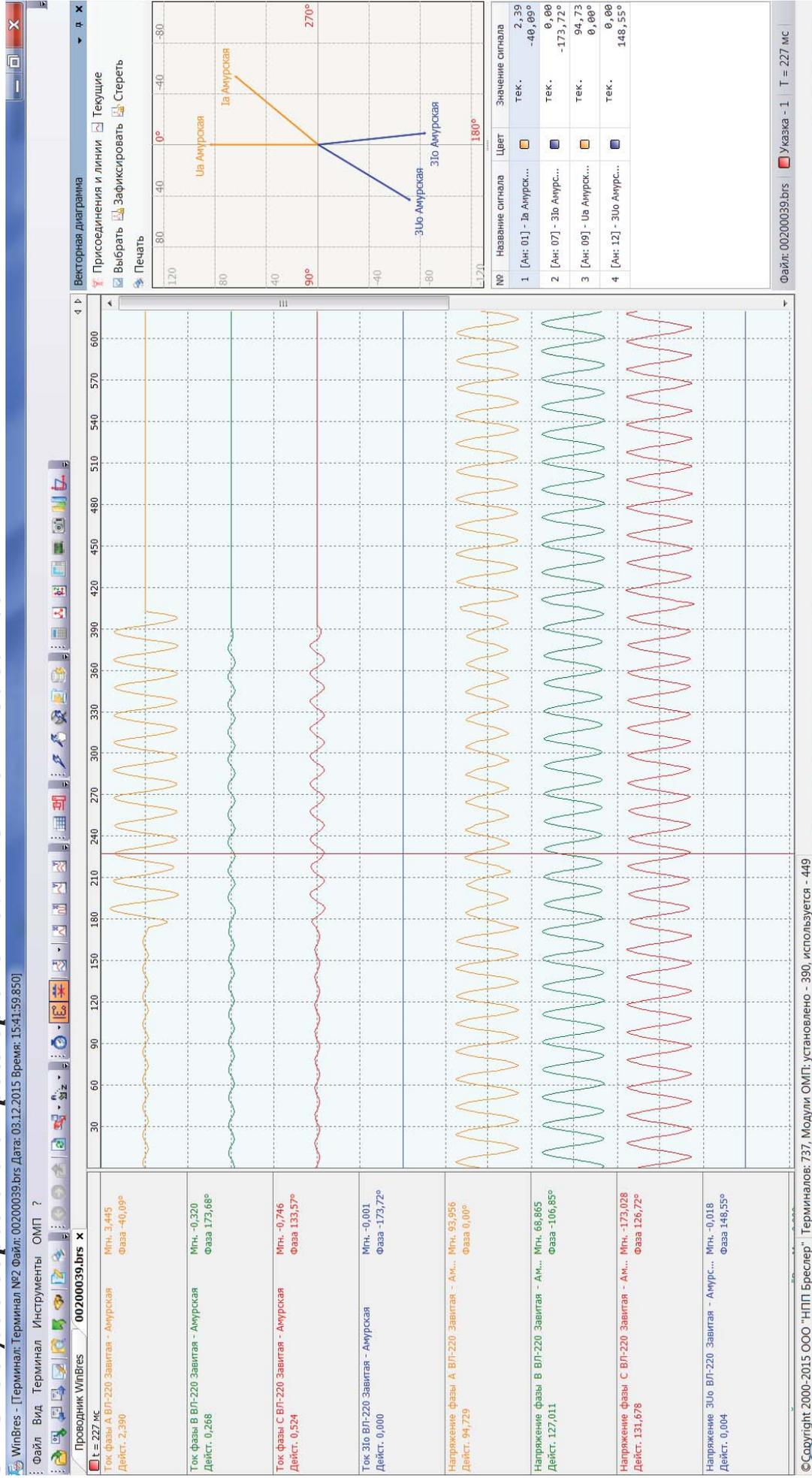


Рис. 5.12. РАС Бреслер 0107.090 ПС 220 кВ Завитая

## 5.2.6. Осциллограмма с Бреслер 0107.090 ПС 500 кВ Амурская

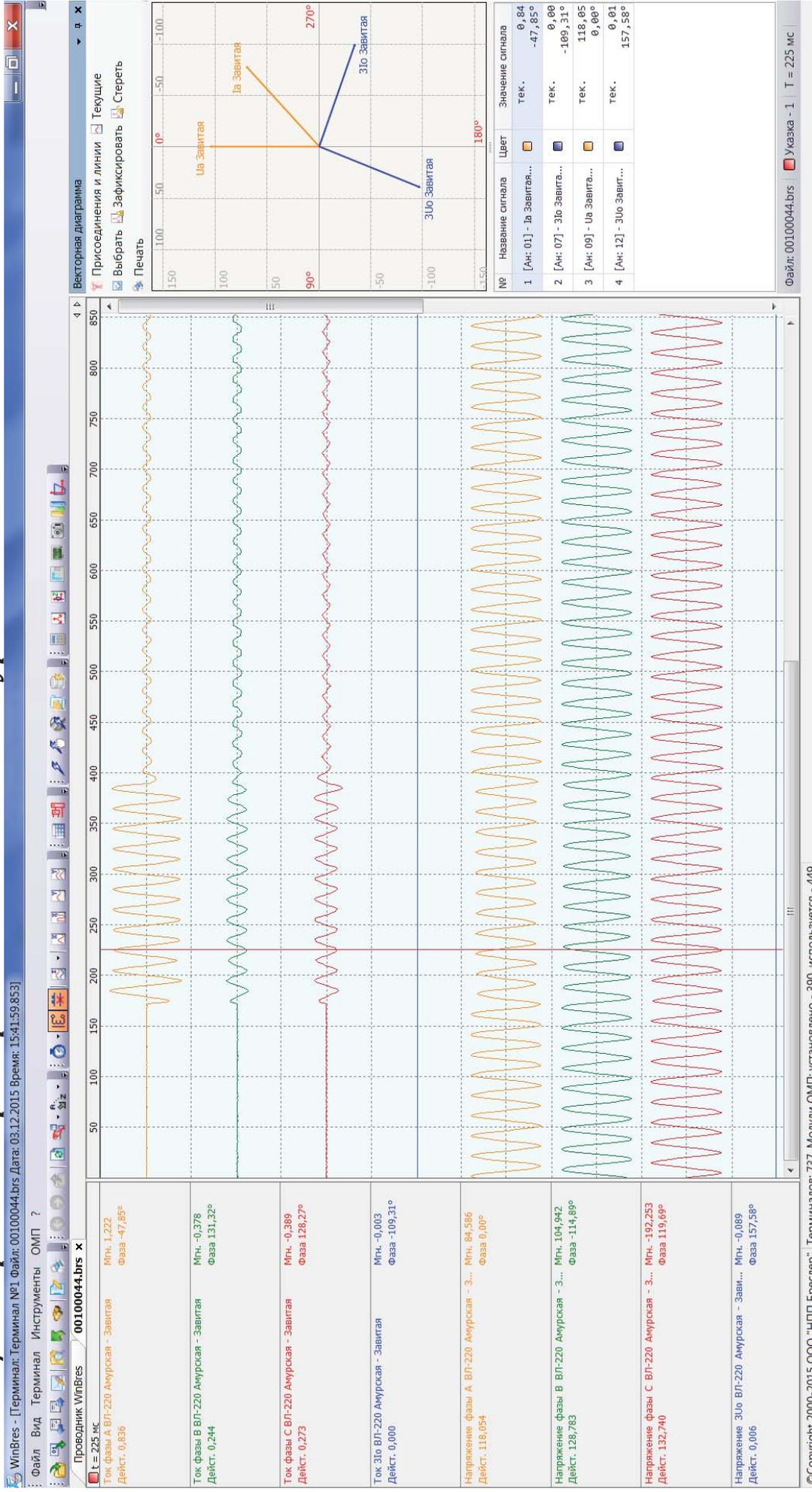


Рис. 5.13. РАС Бреслер 0107.090 ПС 500 кВ Амурская



Фото опыта №2 КЗ ф. «А» на землю через переходное сопротивление в одной точке в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная от ВЛ 220 кВ Короли/т – Завитая представлено на рис. 5.16. – 5.19.



Рис. 5.16. КЗ ф. «А» на землю в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная (Начало)



Рис. 5.17. КЗ ф. «А» на землю в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная (Продолжение)



Рис. 5.18. КЗ ф. «А» на землю в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная  
(Продолжение)



Рис. 5.19. КЗ ф. «А» на землю в пролетах опор №2 - №3 отпайки на ПС Хвойная  
(Окончание)

### **5.3. Опыт №3**

Опыт междуфазного (двухфазного) короткого замыкания ф. «А-В» производился в одной точке (точка К-3 см. рис. 2.1.) в пролете опор №281 - №282 ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/тяговая.

**(L≈70,45 – 70,82 км от ПС 500 кВ Амурская).**

Показания устройств и расчеты ОМП выполненные оперативным персоналом ЦУС Амурского ПМЭС приведены в табл. 5.3.

Осциллограммы с устройств приведены на рис 5.20. – 5.25.

Таблица 5.3.

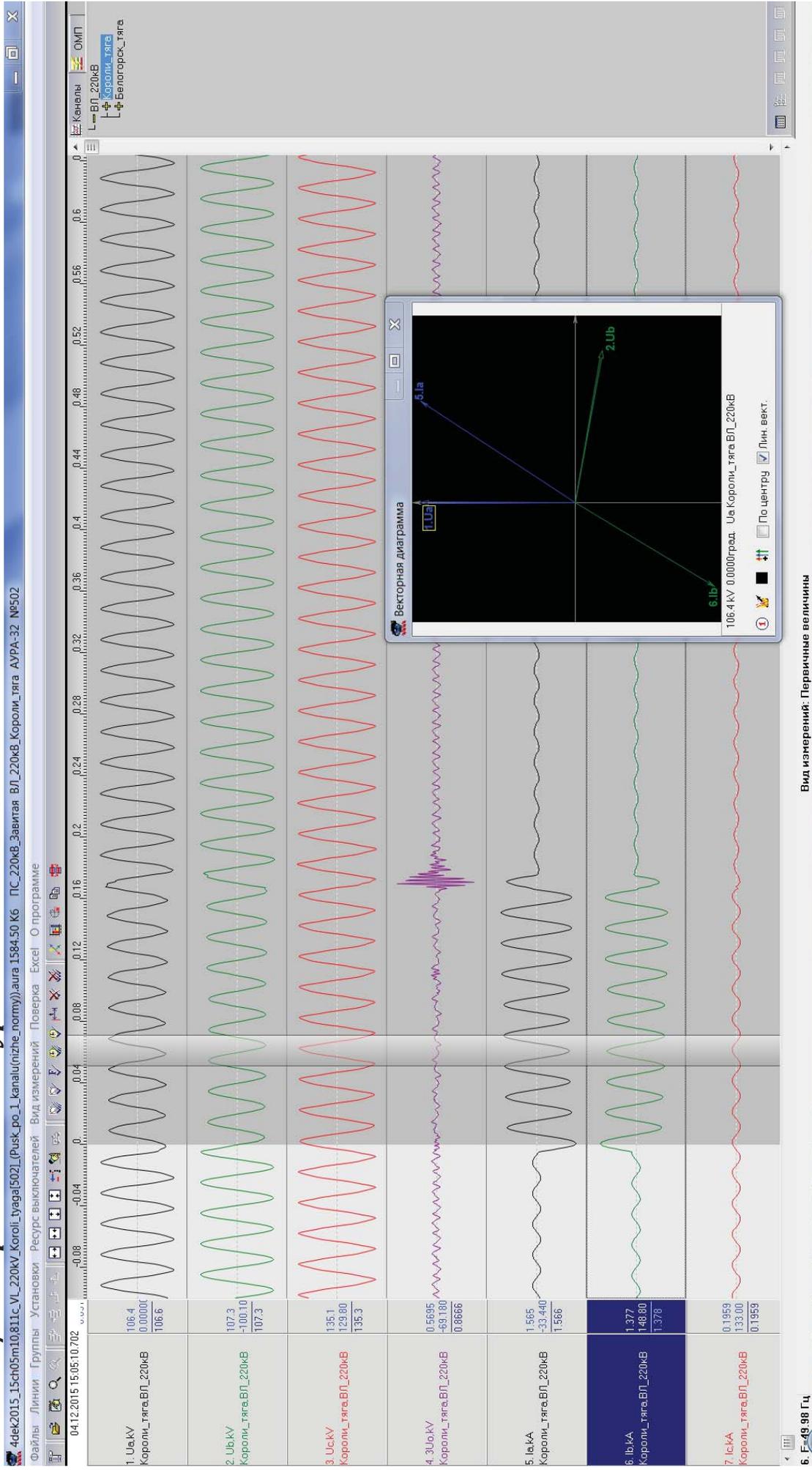
## Сводная таблица проведения натурных испытаний устройств ОМП

## ОПЫТ № 3, “\_04\_”\_12\_\_2015 Г, \_15\_:\_05\_ (8:05 мск)

Опыт № 3: Опыт междуфазного (двухфазного) короткого замыкания ф. «А-В» производится в одной точке в пролете опор №281 - №282 ВЛ 220 кВ Амурская - Короли/г отпайкой на ПС Белогорск (Точка КЗ: L≈70,45 - 70,82 км от ПС 500 кВ Амурская, 118,7 - 119,1 от ПС 220 кВ Завитая).

№	Наименование фирмы производителя	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 500 кВ Амурская, км	Результаты одностороннего расчета со стороны ПС 220 кВ Завитая, км	Результаты двухстороннего расчета, от Амурской/Завитой, км	Примечание
1	ООО “НПП Бреслер” (Бреслер 0.107/090)	76			Не отобразилась осциллограмма с ПС 220 кВ Завитая.
2	ООО “ИЦ Бреслер” (ГОР 100-ЛОК)	69,6	120,4		Волновыми методами не определено место КЗ
3	ООО “Свей” (РАС Аура)	75,9	127,6	70/119,8	
4	ООО “НПП Экра” (ДЗЛ)	77,2	147,1		Программа не рассчитывает двухстороннее место – зависает программа
5	ООО “Радиус Автоматика” (Сириус-2 ОМП+ИМФ-3Р)	77,1	129,6		

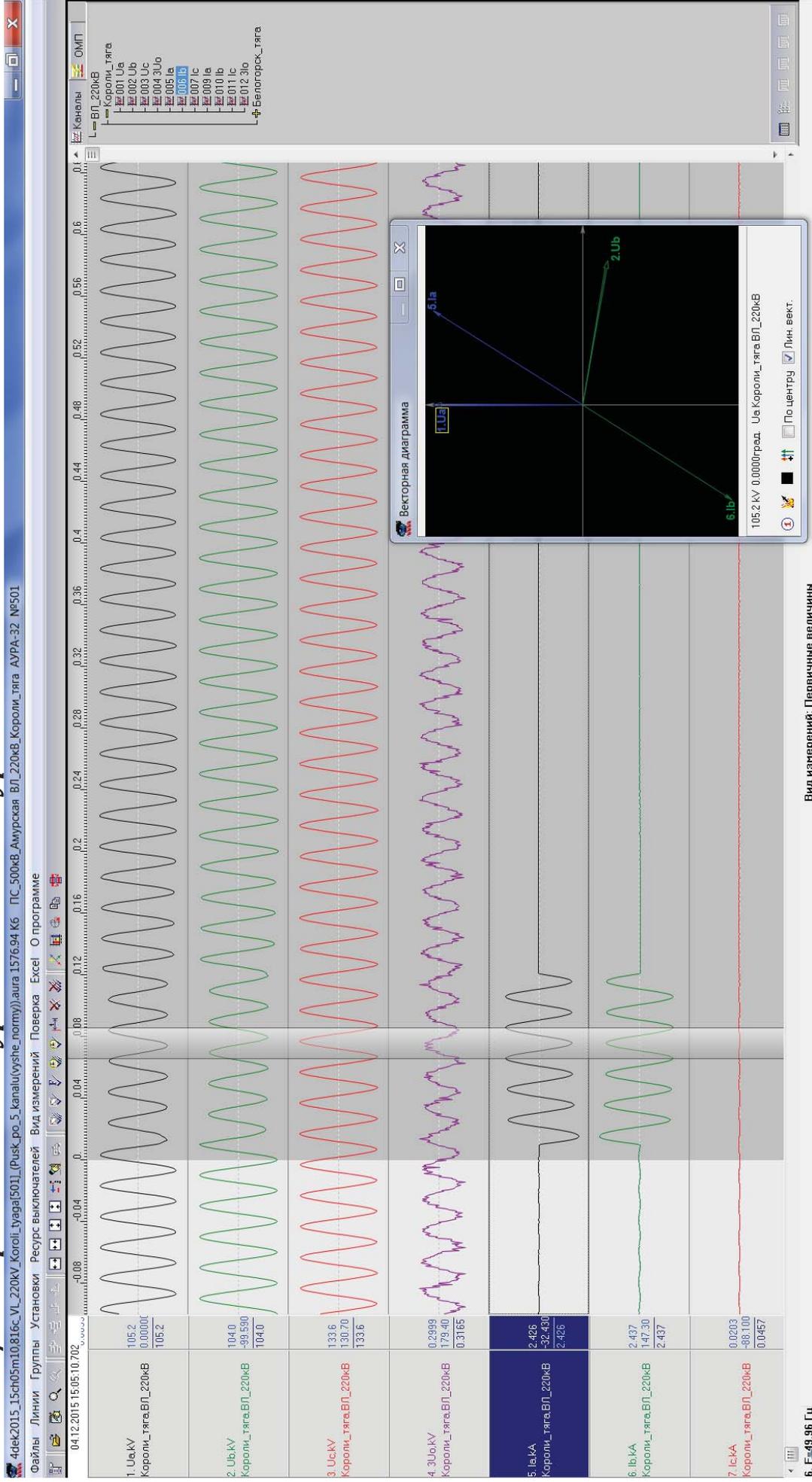
### 5.3.1. Осциллограмма с РАС Аура ПС 220 кВ Завитая



Вид измерений: Первичные величины

Рис. 5.20. РАС Аура ПС 220 кВ Завитая

### 5.3.2. Осциллограмма с РАС Аура ПС 500 кВ Амурская



Вид измерений: Первичные величины  
Рис. 5.21. РАС Аура ПС 500 кВ Амурская

### 5.3.3. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

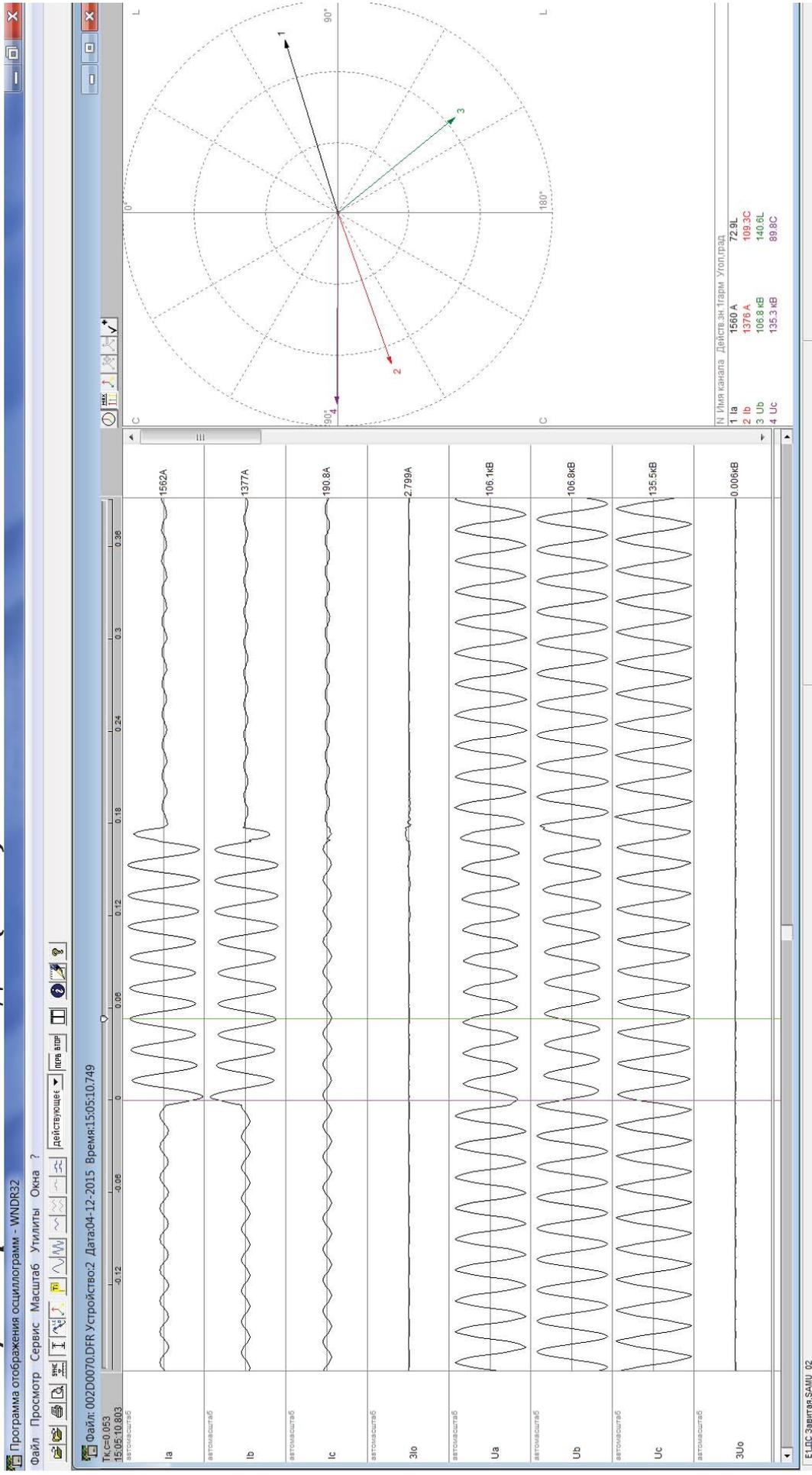


Рис. 5.22. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 220 кВ Завитая

### 5.3.4. Осциллограмма с МП РЗА ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

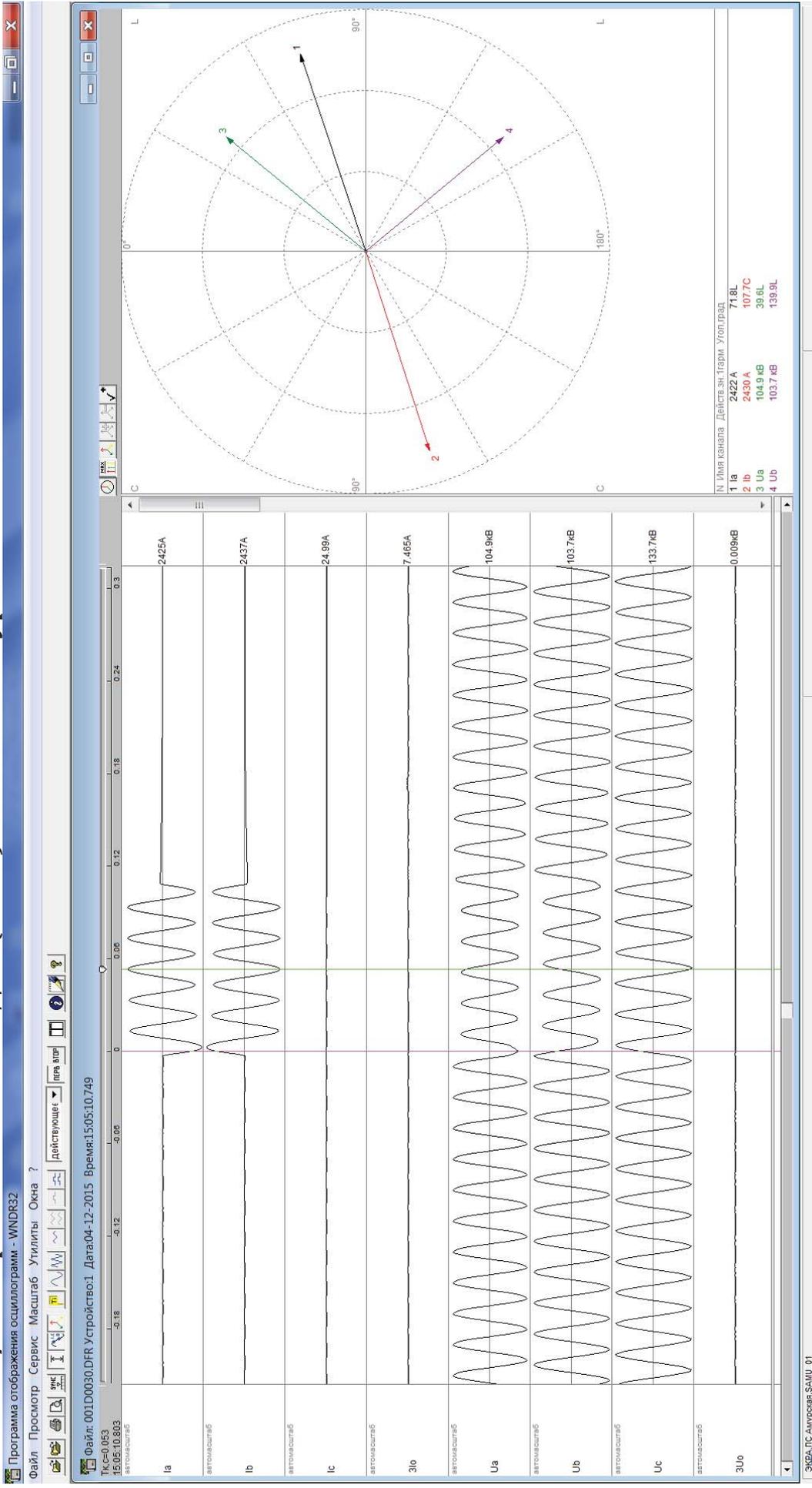


Рис. 5.23. ДЗЛ (ЭКРА) ПС 500 кВ Амурская

### 5.3.5. Осциллограмма с Бреслер 0107.090 ПС 500 кВ Амурская

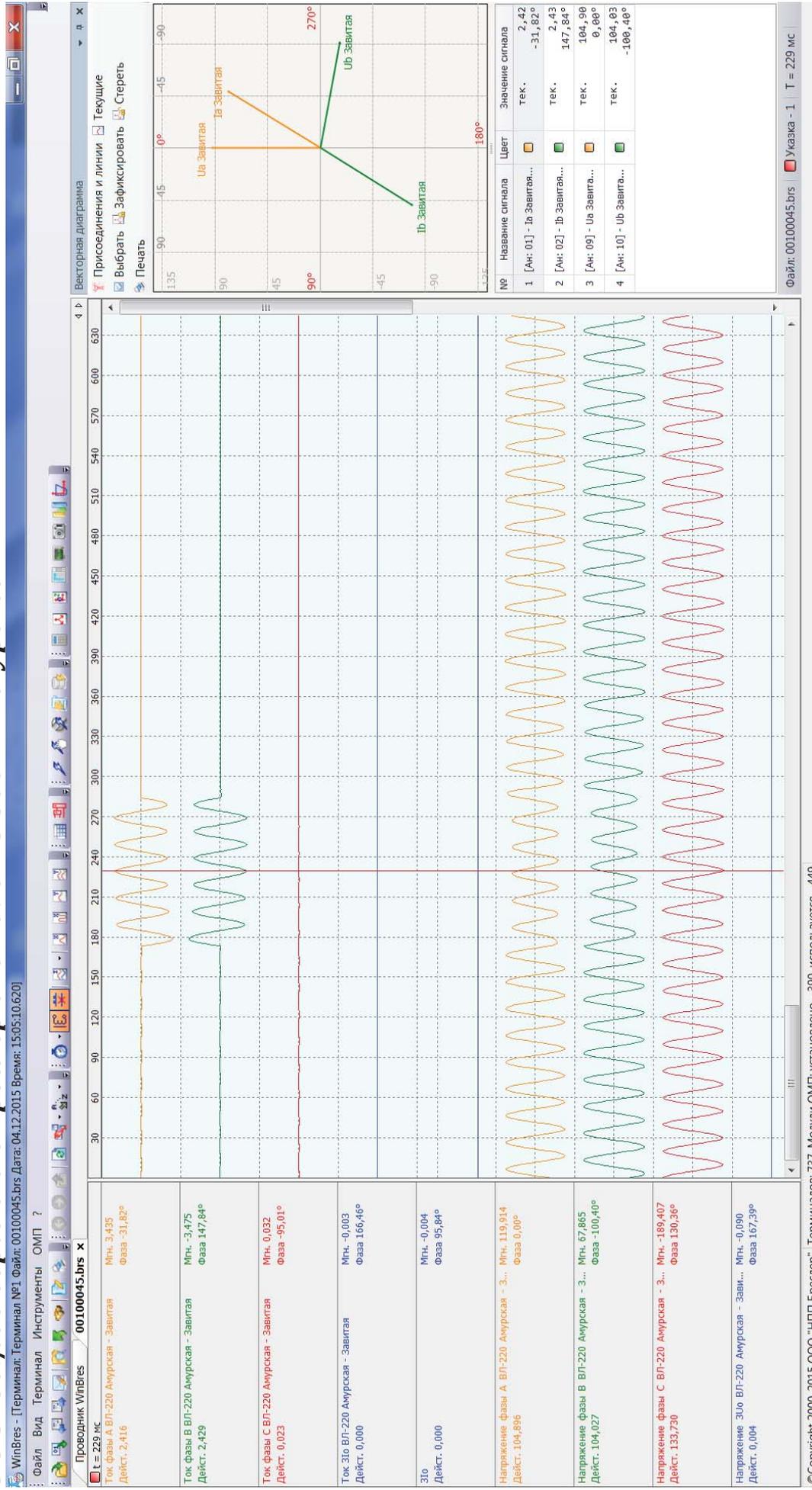


Рис. 5.24. РАС Бреслер 0107.090 ПС 500 кВ Амурская



Фото опыта №3 междуфазного (двухфазного) короткого замыкания ф. «А-В» производится в одной точке в пролете опор №281 - №282 ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/т отпайкой на ПС Белогорск представлено на рис. 5.27. – 5.31.



Рис. 5.27. Междуфазное КЗ ф. «А-В» (Начало)



Рис. 5.28. Междофазное КЗ ф. «А-В» (Продолжение)



Рис. 5.29. Междофазное КЗ ф. «А-В» (Продолжение)



Рис. 5.30. Междофазное КЗ ф. «А-В» (Окончание)

## 6. Расчеты ОМП выполненные персоналом СРЗА Амурского ПМЭС

Расчеты выполнялись с помощью специализированного программного обеспечения (ПО) определяющего место повреждения по параметрам аварийного режима и установленного на рабочих местах персонала отдела расчетов Амурского ПМЭС (ПО WinBres, ПО АРМ-СРЗА).

Расчеты выполнил: ведущий инженер СРЗА АПМЭС М.А. Чигрин.

Все расчеты сведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1.

Показания ИФМ (Сириус-2 ОМП)		АРМ СРЗА	Односторонний расчет по WinBres 3 со стороны ПС		WinBres 3 двухсторонний	Итоговая зона обхода
ПС Завитая	ПС Амурская		ПС Завитая	ПС Амурская		
<b>Опыт №1</b>						
47,4	-	-	47,26	-	-	<b>47,5 ± 5</b> , ф С-0 от ПС «Завитая»
<b>Опыт №2</b>						
44,7	175,6	40,17	42,68 (147,89)	143,16 (47,38)	38,912	<b>40 ± 6</b> , ф А- 0 от ПС «Завитая»
<b>Опыт №3</b>						
129,6	77,1	76,7	130,21	73,77	67,76	<b>73 ± 6</b> , ф А- В от ПС «Амурская»

## **7. Расчеты ОМП выполненные представителями фирм-производителей**

Данные расчеты производились после завершения расчетов выполняемых оперативным персоналом ЦУС Амурского ПМЭС.

Все расчеты выполненные представителями фирм-производителей сведены в табл. 7.1. – 7.3.

Таблица 7.1.

## Опыт 1. Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «С» в режиме опробования линии

Дата и время опыта: 03.12.2015 12:04:50. Поопорная длина линии 189,5 км

Фактическое место повреждения от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая» – 140,99 / 48,51 км

Производитель прибора Тип прибора	Метод ОМП						Односторонний формульный
	Волновой пассивный	Волновой активный	Двухсторонний модельный	Двухсторонний формульный	Односторонний модельный	Односторонний формульный	
	<b>Показания от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км</b> (Абсолютная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км) (Относительная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», %)						
<b>ООО «НПП Бреслер»</b> <i>Бреслер-0107.090</i>	—	—	—	—	— / <b>59,20</b> (— / +10,69) (— / +5,64)	— / <b>66,70</b> (— / +18,19) (— / +9,60)	
<b>ООО «ИЦ «Бреслер»</b> <i>ТОР-300 ЛОК</i>	—	<b>150,40 / 39,60</b> (+9,41 / -8,91) (+4,97 / -4,70)	—	—	— / <b>47,40</b> (— / -1,11) (— / -0,59)	—	
<b>ЗАО «Радиус Автоматика»</b> <i>СИРИУС 2 ОМП (ПС «Амурская»),</i> <i>ИМФ-3Р (ПС «Завитая»)</i>	—	—	—	—	—	— / <b>47,40</b> (— / -1,11) (— / -0,59)	
<b>ООО НПП «Экра»</b> <i>БЭ-2704</i>	—	—	—	—	—	— / <b>53,22</b> (— / +4,71) (— / +2,49)	
<b>WinBres</b>	<i>Бреслер-0107.090</i>	—	—	—	— / <b>47,65</b> (— / -0,86) (— / -0,45)	—	
		—	—	—	— / <b>48,54</b> (— / 0,03) (— / -0,02)	—	
	<i>РАС Бреслер</i>	—	—	—	— / <b>51,59</b> (— / +3,08) (— / +1,63)	—	
<b>ООО «Свей»</b> <i>РАС АУРА</i>	—	—	—	—	— / <b>48,39</b> (— / -0,12) (— / -0,06)	—	

Символ «—» означает, что расчёт не предусмотрен или физически невозможен в данном опыте.

Таблица 7.2.

## Опыт 2. Опыт однофазного короткого замыкания на землю ф. «А» через переходное сопротивление

Дата и время опыта: 03.12.2015 15:42:00. Поопорная длина линии 189,5 км

Фактическое место повреждения от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая» – 150,66 / 38,85 (38,65 для пассивного волнового) км

Производитель прибора Тип прибора	Метод ОМП						Односторонний формульный
	Волновой пассивный	Волновой активный	Двухсторонний модельный	Двухсторонний формульный	Односторонний модельный	Односторонний формульный	
	Показания от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км (Абсолютная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км) (Относительная приведенная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», %)						
ООО «НПП Бреслер» Бреслер-0107.090	152,20 / 37,37 (+1,35 / -0,94) (+0,71 / -0,50)	—	151,86 / 37,71 (+1,20 / -1,14) (+0,63 / -0,60)	168,47 / 21,10 (+17,81 / -17,75) (+9,40 / -9,37)	156,63 / 43,69 (+5,97 / +4,84) (+3,15 / +2,55)	188,40 / 43,02 (+37,74 / -4,47) (+19,92 / -2,36)	
ООО «ИЦ «Бреслер» ТОР-300 ЛОК	- / -	183,50 / 6,50 (+32,84 / -32,35) (+17,33 / -17,07)	- / -	—	151,10 / 38,90 (+0,44 / -0,05) (+0,23 / -0,03)	—	
ЗАО «Радиус Автоматика» СИРИУС 2 ОМП (ПС «Амурская»), ИМФ-ЗР (ПС «Завитая»)	—	—	—	—	—	175,61 / 44,70 (+24,95 / +5,85) (+13,17 / +3,09)	
ООО НПП «Экра» БЭ-2704	—	—	—	- / -	—	- / -	
WinBres	152,35 / 37,21 (+1,50 / -1,44) (+0,79 / -0,76)	—	150,54 / 40,00 (-0,12 / +1,15) (-0,06 / +0,61)	—	151,40 / 45,39 (+0,76 / +6,54) (+0,40 / +3,45)	—	
	—	—	142,06 / 48,48 (-8,60 / +9,63) (-4,54 / +5,08)	—	142,13 / 45,25 (-8,53 / +6,40) (-4,50 / +3,38)	—	
РАСА АУРА	—	—	150,94 / 39,60 (+0,28 / +0,75) (+0,15 / +0,40)	—	151,04 / 45,68 (+0,38 / +6,83) (+0,20 / +3,60)	—	
ООО «Свей» РАСА АУРА	—	—	169,16 / 20,36 (+18,50 / -18,49) (+9,76 / -9,76)	—	- / 41,34 (- / +2,49) (- / +1,31)	—	

Символ «—» означает, что расчёт не предусмотрен или физически невозможен в данном опыте.

Таблица 7.3.

## Опыт 3. Опыт междуфазного (двухфазного) короткого замыкания ф. «А-В»

Дата и время опыта: 04.12.2015 15:05:10. Поопорная длина линии 189,5 км

Фактическое место повреждения от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая» – 70,64 / 118,87 км

Производитель прибора Тип прибора	Метод ОМП						Односторонний формульный
	Волновой пассивный	Волновой активный	Двухсторонний модельный	Двухсторонний формульный	Односторонний модельный	Односторонний формульный	
	Показания от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км (Абсолютная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», км) (Относительная погрешность от ПС «Амурская» / от ПС «Завитая», %)						
ООО «НПП Бреслер» Бреслер-0107.090	- / -	—	- / -	52,26 / - (-18,38 / -) (-9,70 / -)	75,54 / - (+4,89 / -) (+2,58 / -)	76,47 / - (+5,83 / -) (+3,08 / -)	
ООО «ИЦ «Бреслер» ТОР-300 ЛОК	- / -	- / -	- / -	—	69,60 / 120,40 (-1,04 / +1,53) (-0,55 / +0,81)	—	
ЗАО «Радиус Автоматика» СИРИУС 2 ОМП (ПС «Амурская»), ИМФ-3Р (ПС «Завитая»)	—	—	—	—	—	77,10 / 129,60 (+6,46 / +10,73) (+3,41 / +5,66)	
ООО НПП «Экра» БЭ-2704	—	—	—	70,34 / 117,29 (-0,30 / -1,57) (-0,16 / -0,83)	—	77,01 / - (+6,37 / -) (+3,36 / -)	
Бреслер-0107.090	- / -	—	- / -	—	76,09 / - (+5,45 / -) (+2,88 / -)	—	
WinBres РАС Бреслер	—	—	68,03 / 122,51 (-2,61 / +3,64) (-1,38 / +1,92)	—	73,79 / 130,78 (+3,15 / +11,91) (+1,66 / +6,28)	—	
РАС АУРА	—	—	68,52 / 122,02 (+2,12 / +3,15) (+1,12 / +1,66)	—	75,56 / 130,02 (+4,95 / +11,15) (+2,61 / +5,88)	—	
ООО «Свей» РАС АУРА	—	—	70,00 / 119,80 (-0,64 / -0,93) (-0,34 / -0,49)	—	75,86 / 127,60 (+5,22 / +8,73) (+2,75 / +4,61)	—	

Символ «—» означает, что расчёт не предусмотрен или физически невозможен в данном опыте.

## 8. Выводы по результатам натуральных испытаний

### 8.1. Выводы по средствам ОМП от ЦУС Амурского ПМЭС.

В Амурском ПМЭС с 02.12.15 по 04.12.15 проведены натурные испытания средств ОМП различных фирм - производителей. Выводы сведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1.

№	Наименование фирмы производителя	Достоинства	Недостатки	Примечание/предложения
1	ООО "НПП Бреслер"	Удобный и понятный интерфейс программного обеспечения.	Программа значительно время выполняет расчет ОМП.	Для удобства оперативного персонала ЦУС предусмотреть при расчете волновым методом - выбор осциллограмм осуществлять из того же окна, что и при расчете по ПАР.
2	ООО "ИЦ Бреслер"	Удобный и понятный интерфейс программного обеспечения.	Волновые методы расчета не точно определяют (не определяют) место повреждения.	Предусмотреть возможность передачи осциллограмм оперативным персоналом ПС в ЦУС. Путем скачивания из терминала и отправкой по электронной почте или другим каналам.
3	ООО "Свей"	Удобный и понятный интерфейс программного обеспечения.	При расчете приходится выбирать время (метки).	
4	ООО "НПП Экра"		Неудобный интерфейс программного обеспечения (выбор параметров ЛЭП и т.д. вручную). При расчете ОМП приходится выбирать время (метки). Программа долгое время скачивает осциллограммы из терминалов.	Программа не предназначена для расчета ОМП оперативным персоналом ЦУС.