

Диагностика СОПТ, СН и ЭМО

Доцент каф. ТЭВН, к.т.н.

Ген. директор НПФ ЭЛНАП

Борисов Руслан Константинович

borisovrk@mail.ru

м. (495)9982675

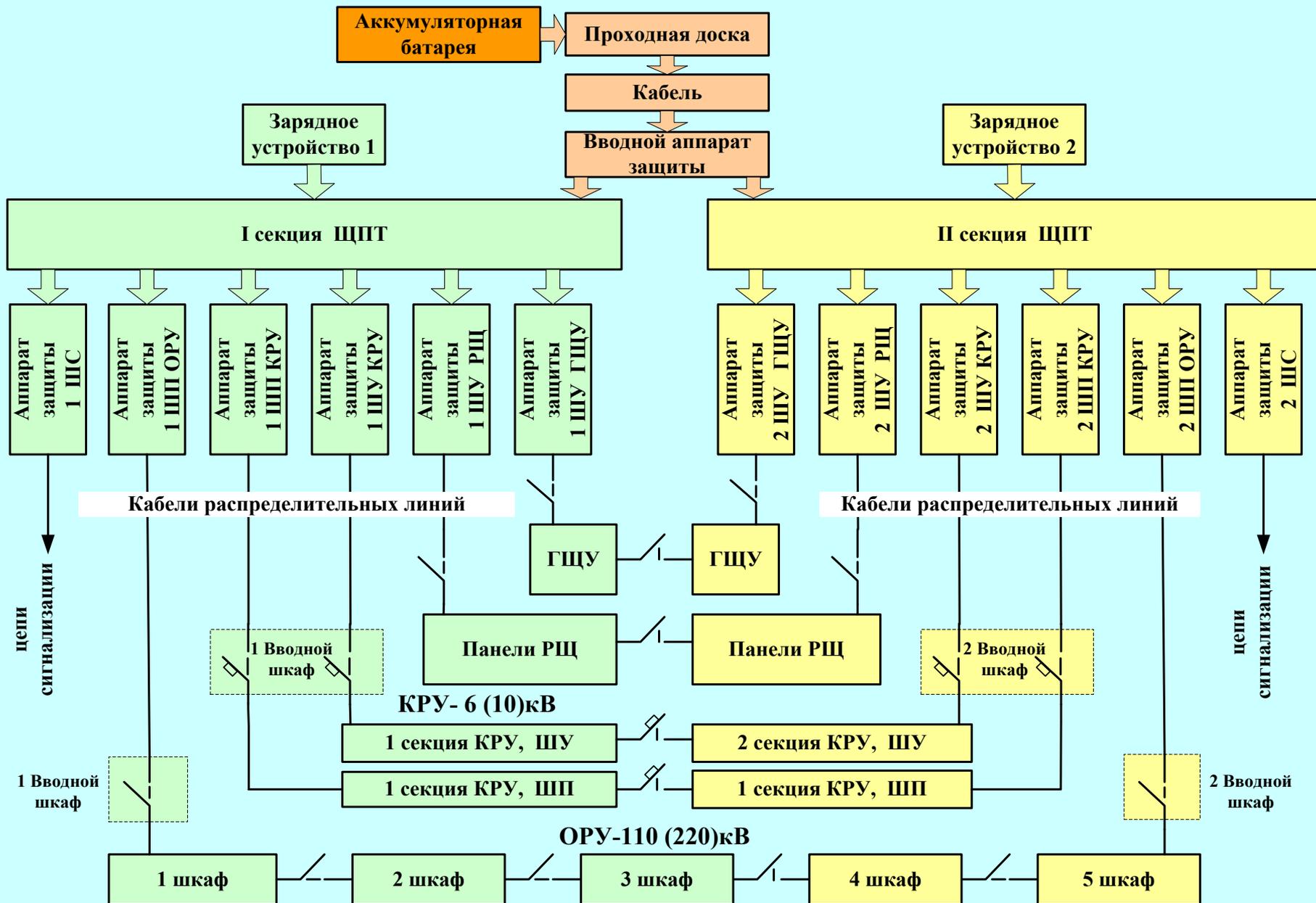
Основные положения методик диагностики

1. В результате диагностики должны быть :
рекомендации и проектные решения по
устранению установленных недостатков.
2. Сочетание экспериментов и расчетов.
3. Применение новых методов и технических
средств

Работы выполняемые при диагностике СОПТ

- корректировка/составление исполнительной схемы;
- определение технического состояния АБ;
- проверка работоспособности ЗУ;
- проверка работоспособности устройства контроля изоляции и поиска земли;
- проверка работоспособности защитных коммутационных аппаратов (автоматических выключателей);
- проверка состояния контактных соединений;
- проверка чувствительности защитных аппаратов;
- проверка селективности защитных аппаратов;
- проверка термической стойкости и невозгораемости проводов и кабелей;
- проверка выполнения условий ЭМС.

Типовая структурная схема системы оперативного постоянного тока подстанции



Основные функции СОПТ

СОПТ должна обеспечивать надёжное рабочее и резервное электропитание следующих электроприемников:

- **устройств релейной защиты и автоматики;**
- **электромагнитов управления (включения, отключения) высоковольтными выключателями;**
- **приводов автоматических вводных и секционных выключателей ЩСН напряжением 0,4 кВ;**
- **устройств сигнализации;**
- **инверторов (питание системы возбуждения);**
- **аварийного освещения;**
- **резервных двигателей особо ответственных потребителей собственных нужд (аварийные насосы, противопожарные устройства);**
- **резервное питание оборудования связи, АСУ ТП, основных элементов АИИС КУЭ.**

Экспериментально-расчётная методика диагностики СОПТ

«Методические указания по диагностике системы оперативного постоянного тока на электрических подстанциях» (Московский энергетический институт (Технический университет), ООО «НПФ ЭЛНАП») Компьютерные программы расчёта характеристик системы оперативного постоянного тока:

1. ***GUDCSETS*** «Расчет коротких замыканий в электроустановках постоянного оперативного тока напряжением 24 - 220В» (кафедра "Электрические станции", МЭИ (ТУ));
2. ***DCSELECTIV*** «Моделирование времятоковых характеристик автоматических выключателей и предохранителей на постоянном токе» (ООО «НПФ ЭЛНАП»);
3. ***INTERFERENCES*** «Наводки в кабельных линиях при ударах молнии и коммутациях» (ООО «НПФ ЭЛНАП»).

Технические средства для диагностики

1. Измерительный комплекс ДСОПТ (разработка ООО «НПФ ЭЛНАП»)



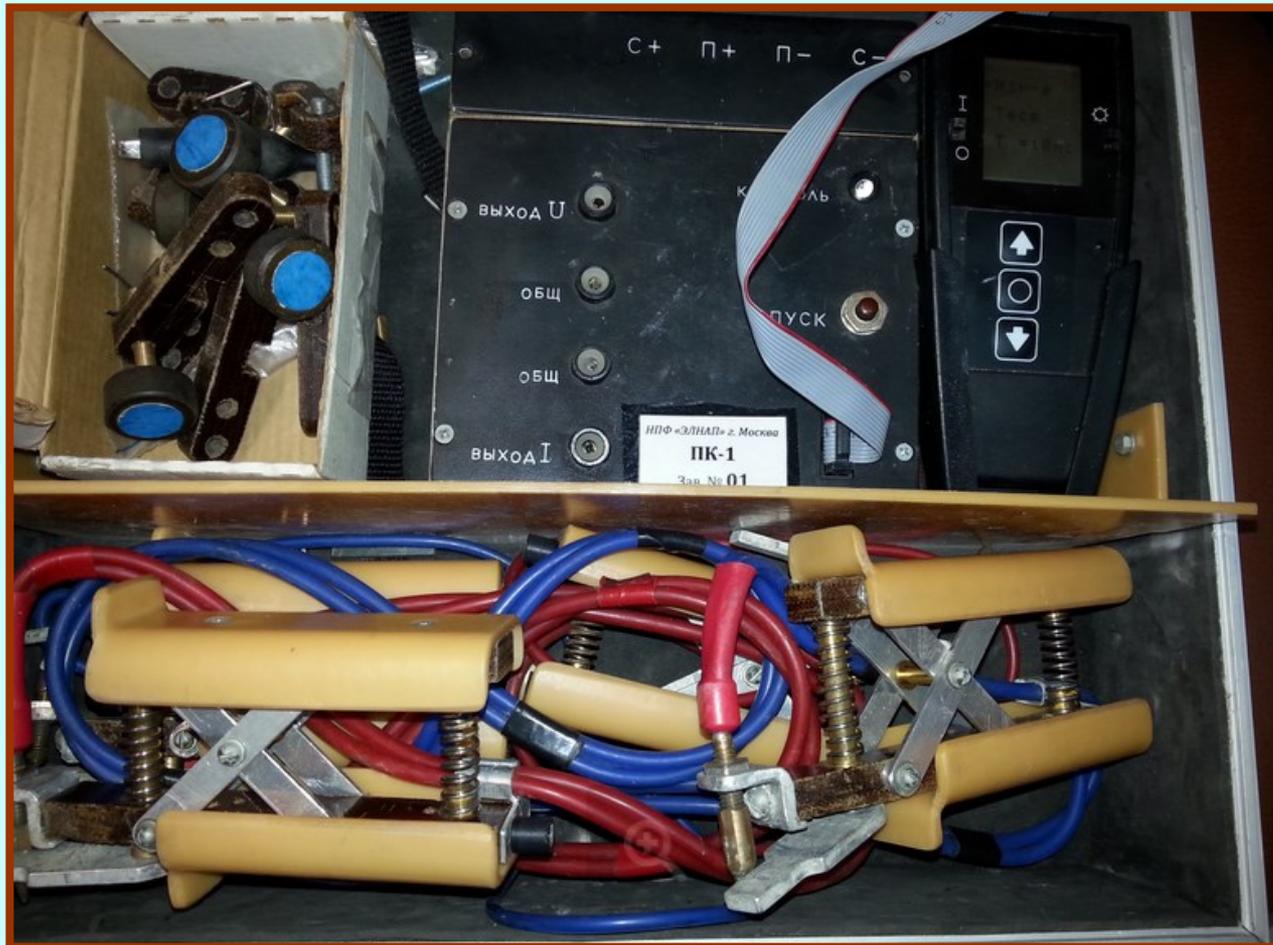
Основное средство измерения токов КЗ в СОПТ (без отключения оборудования), ёмкости сети на «землю».

2. Устройство «АБ-тест» (разработка ООО «НПФ ЭЛНАП»)



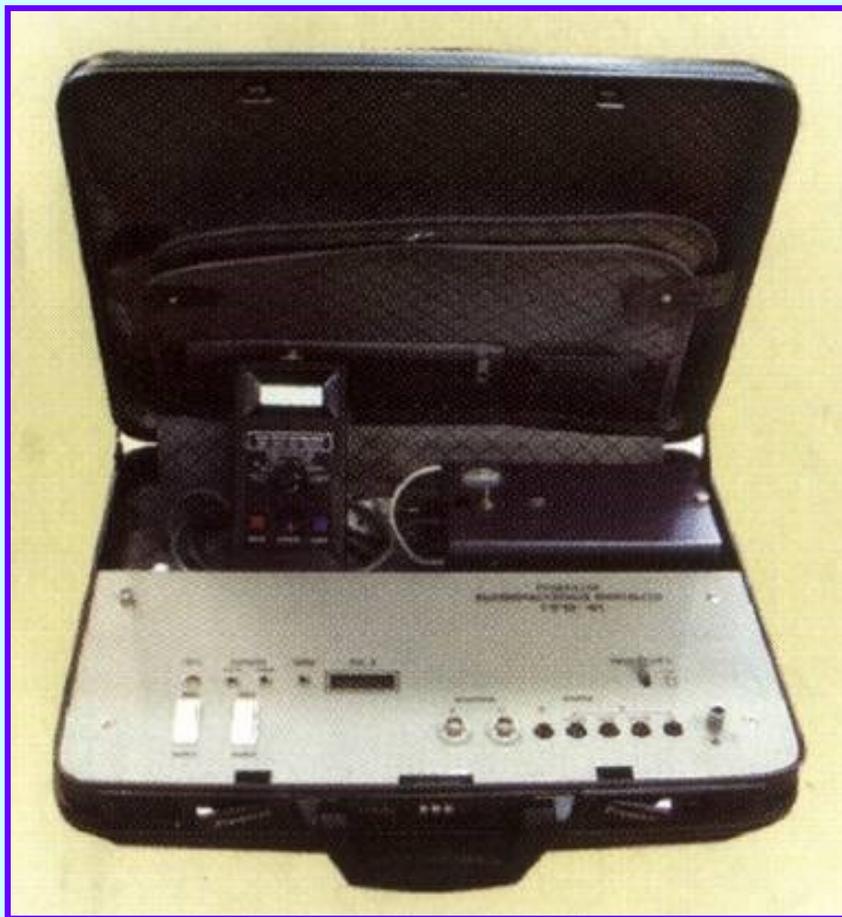
Основное средство измерения внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи двухимпульсным методом без вывода её из работы.

3. Устройство «ПК-1» (разработка ООО «НПФ ЭЛНАП»)

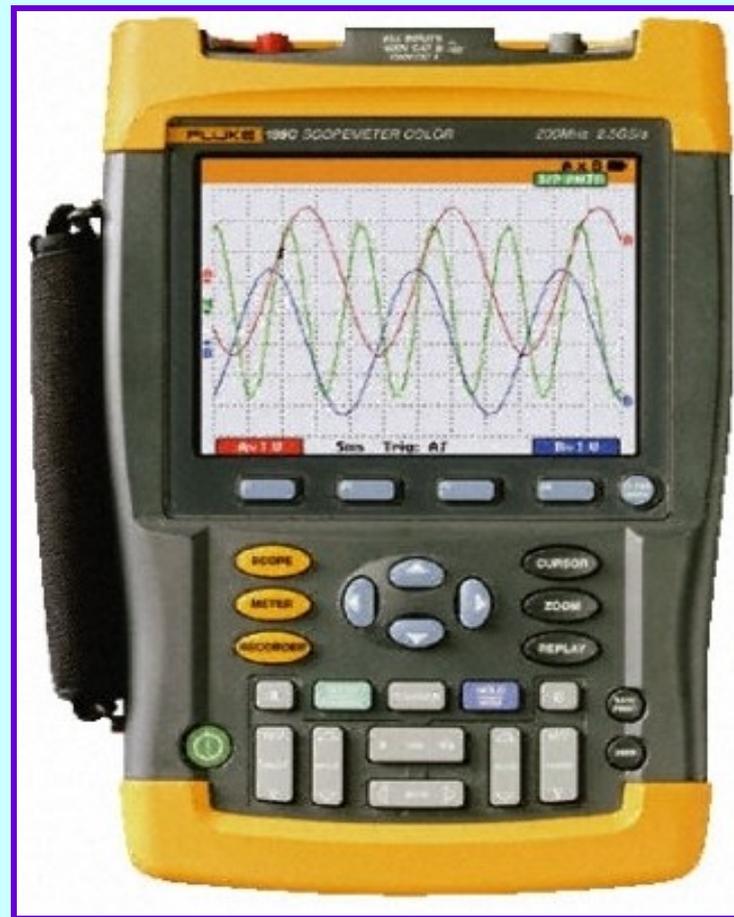


Поэлементный контроль АБ (внутренние сопротивления элементов, сопротивления межэлементных перемычек)

Комплексы ИКП-1, ИК-1 для диагностики ЭМС

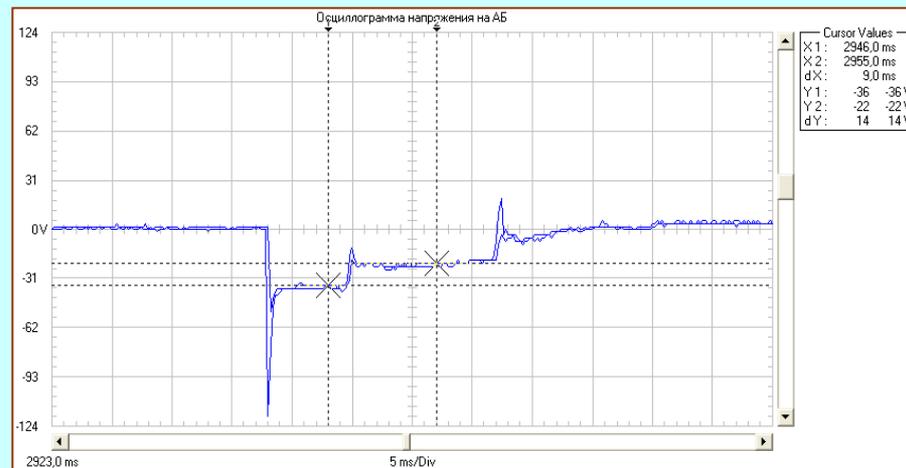
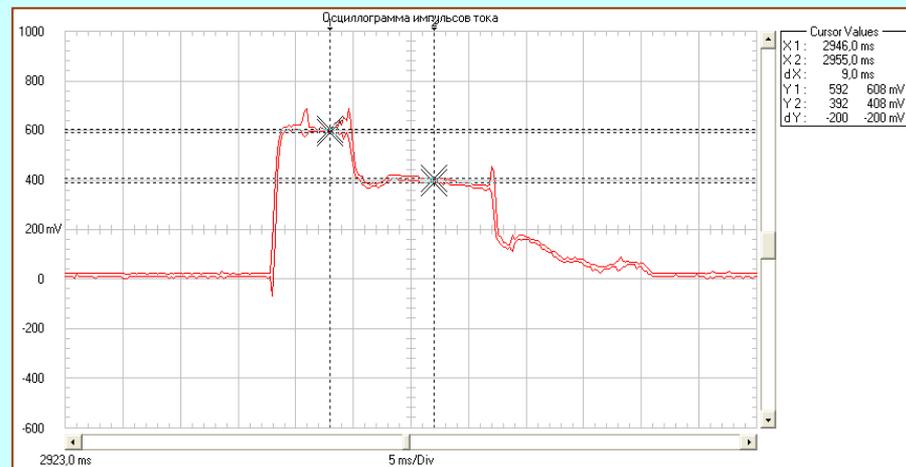
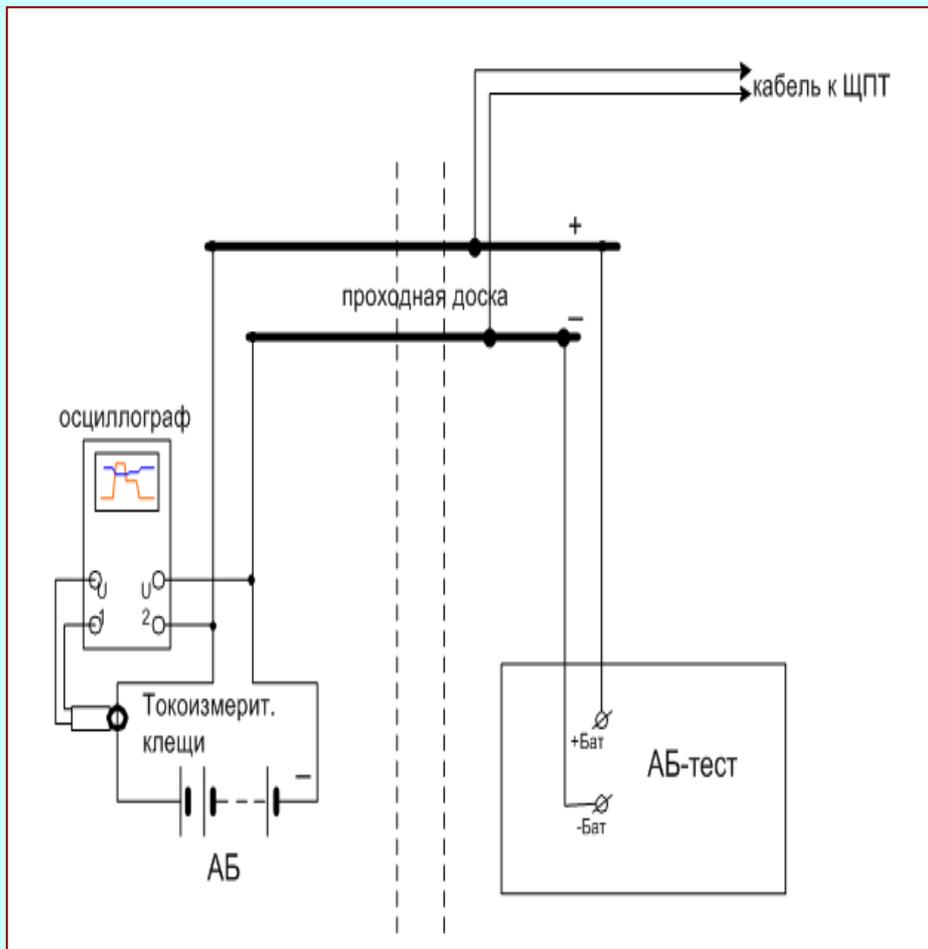


ИКП-1



Fluke-199C

Методика измерения внутреннего сопротивления и расчёта ёмкости АБ



Из осциллограмм тока и напряжения определяют внутреннее (дифференциальное) сопротивление АБ:

$$r_{\text{АБ внутр.}} = \Delta U / \Delta I.$$

Среднее сопротивление элемента АБ составляет:

$$r_{\text{э}} = r_{\text{АБ внутр.}} / N,$$

где N - количество элементов АБ.

Далее рассчитывают нормированное внутреннее сопротивление полностью заряженного элемента АБ:

$$r_{\text{э ном}} = r_{\text{уд}} / C_{10 \text{ ном}},$$

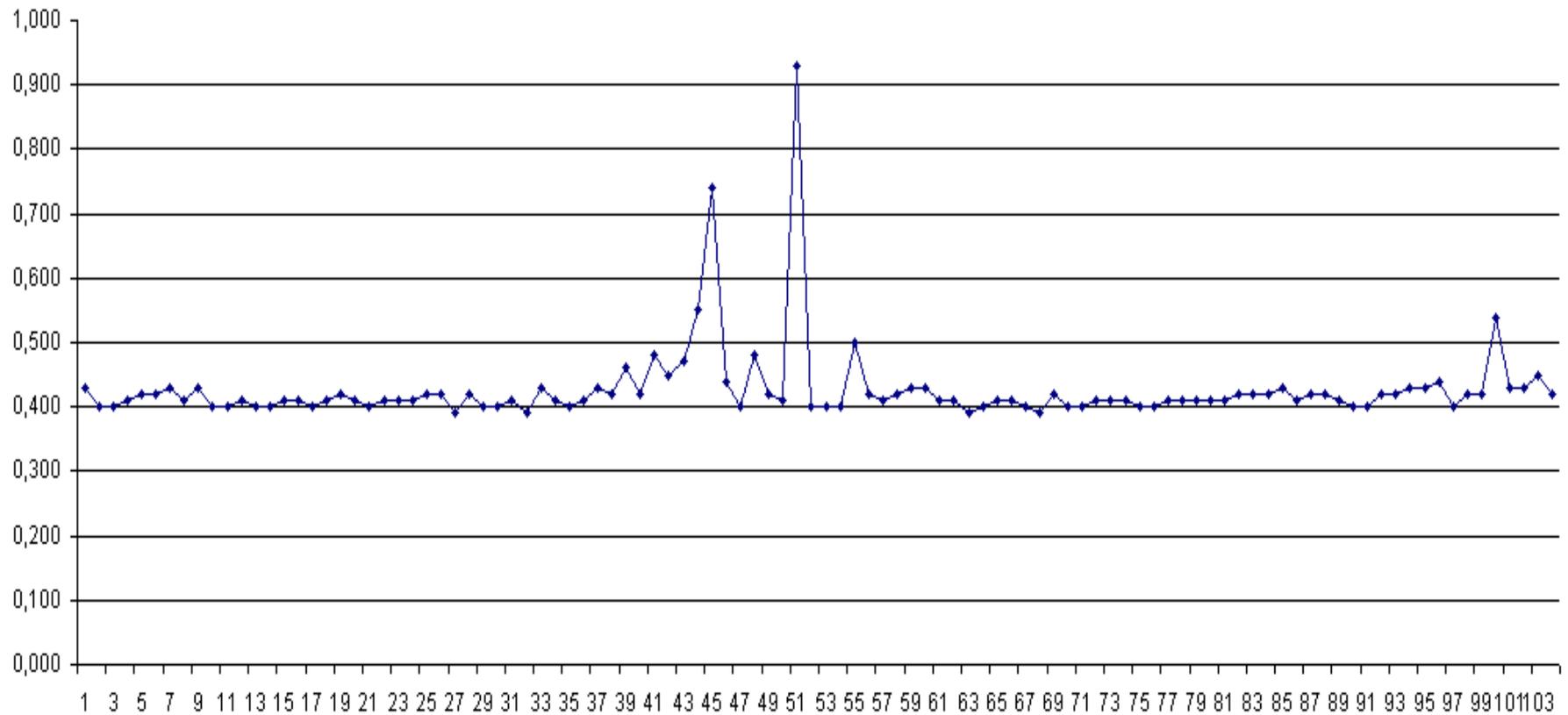
где $r_{\text{уд}}$ - нормированное удельное сопротивление полностью заряженного элемента АБ, приведённое к одному ампер-часу ёмкости АБ при температуре 25°C [МОм · А · ч].

$$C_{10 \text{ факт}} = C_{10 \text{ ном}} (K_{\theta} \cdot r_{\text{э ном}} / r_{\text{э}})$$

где K_{θ} - коэффициент приведения к температуре.

Поэлементный контроль АБ

Внутреннее сопротивление элементов АБ типа 12GroE300



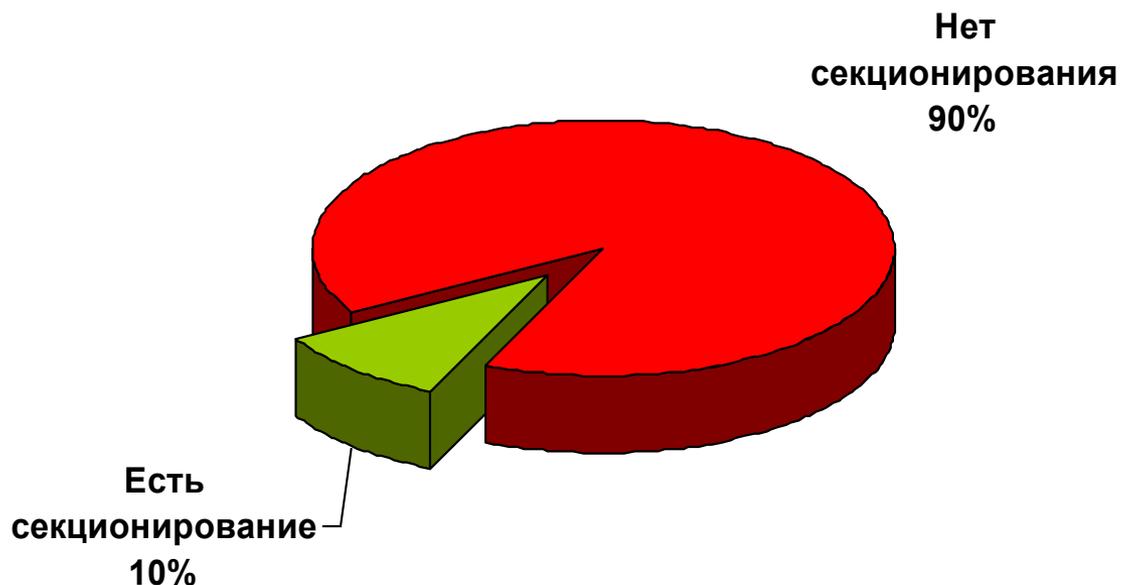
Типичные недостатки

1.1 Исполнительная схема СОПТ

Фактические схемы СОПТ имеют следующие недостатки:

- применяется последовательное соединение шин I и II секций ЩПТ, что делает невозможным проведения ремонтных работ на секции II без отключения секции I;**
- в цепях управления ГЩУ и РЩ отсутствует секционирование, основные и резервные защиты запитаны по кольцевой схеме сразу от двух секций ЩПТ;**
- основные и резервные защиты запитаны от одной секции шин, несмотря на наличие секционирования на РЩ;**
- цепи «ШУ» и «ШП» в распределительных устройствах (КРУ, ОРУ) работают с замкнутым кольцом питания;**
- отсутствует резервирование питания цепей ШП на ОРУ (фидеры кольца подключены к одной секции ЩПТ).**

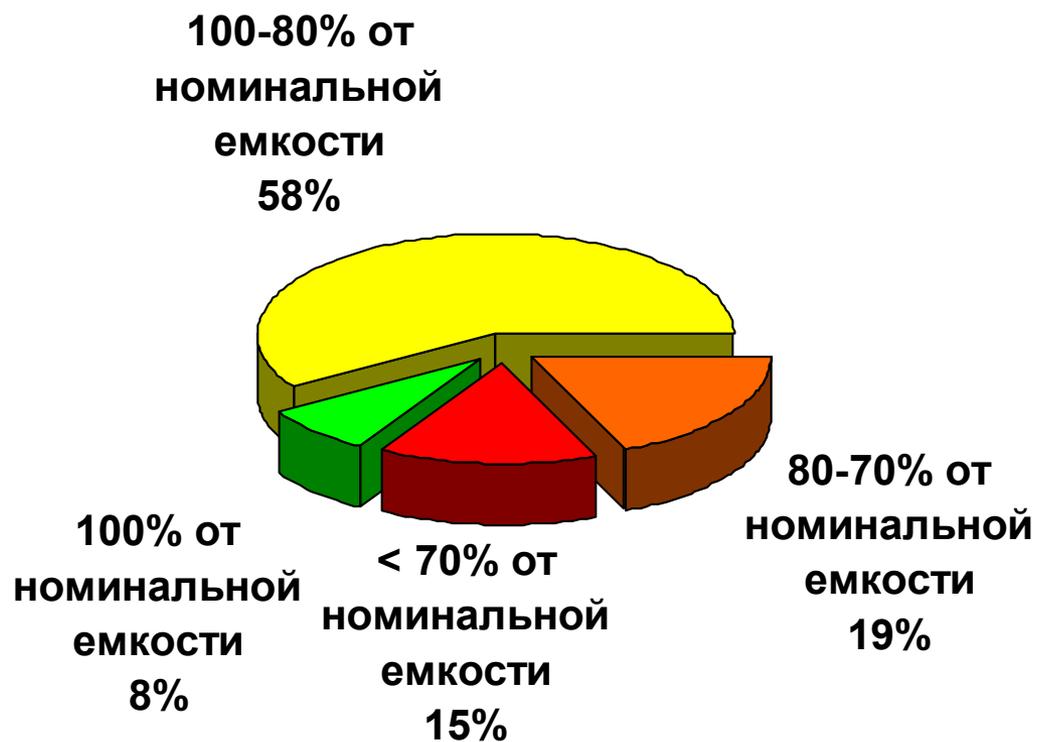
**Недостатки исполнительной схемы СОПТ,
отсутствие секционирования ЩПТ, ГЩУ, РЩ, КРУ, ОРУ
(выборка 100 подстанций)**



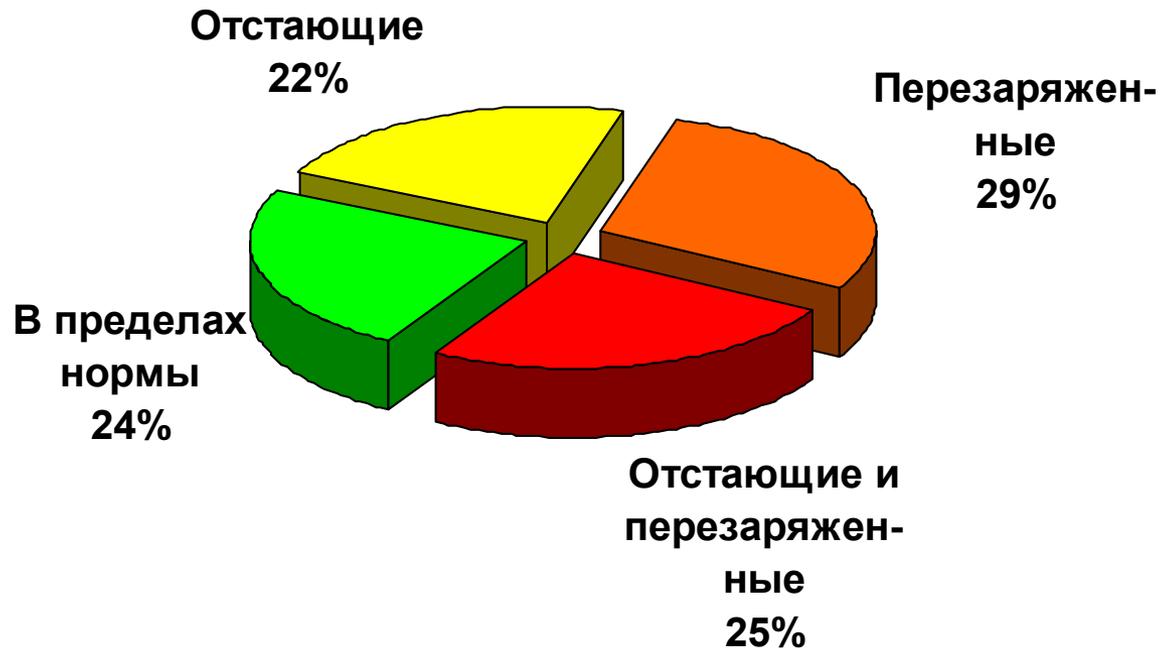
1.2 Результаты проверки технического состояния АБ

- **внешний осмотр;**
- **определение фактической ёмкости АБ двухимпульсным методом, без вывода АБ из работы (при отключенных ЗУ);**
- **поэлементное измерение напряжений на элементах в режиме подзаряда;**
- **поэлементное измерение внутреннего сопротивления для выявления элементов с повышенными значениями внутренних сопротивлений и межэлементных соединений с повышенными значениями переходных сопротивлений контактов.**

Ёмкость аккумуляторных батарей (выборка 100 подстанций)



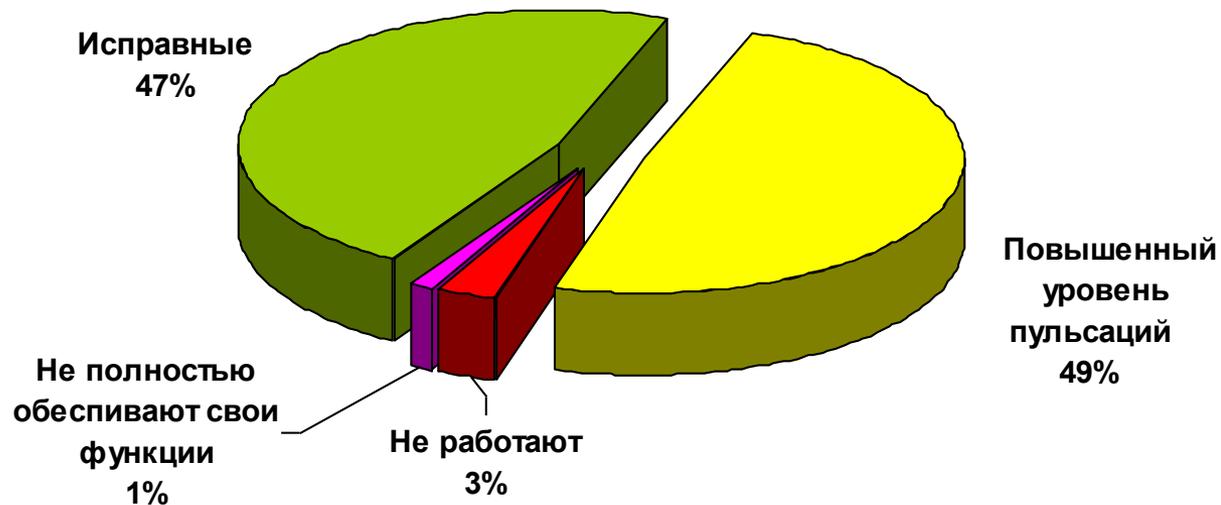
Состояние элементов АБ (выборка 100 подстанций)



1.3 Результаты проверки технического состояния зарядных устройств

- **измерение напряжения и тока пульсаций;**
- **проверка взаиморезервирования ЗУ;**
- **проверка правильности установленного подзарядного напряжения;**
- **проверка нестабильности подзарядного напряжения;**
- **проверка работоспособности при толчковых токах;**
- **проверка пределов и плавности регулирования выходного напряжения.**

Техническое состояние зарядных устройств (выборка 100 подстанций)



1.4 Результаты проверки работоспособности защитных коммутационных аппаратов

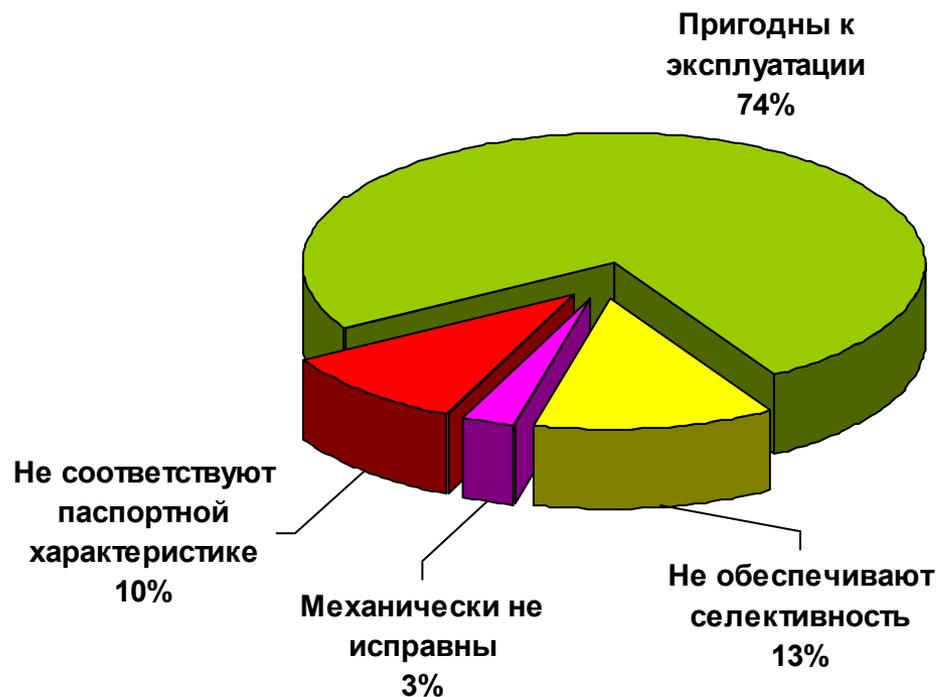
При проверке работоспособности автоматических выключателей (АВ) определяли:

- значение тока срабатывания ЭМР;**
- время срабатывания ЭМР.**

Основные недостатки АВ при тестировании:

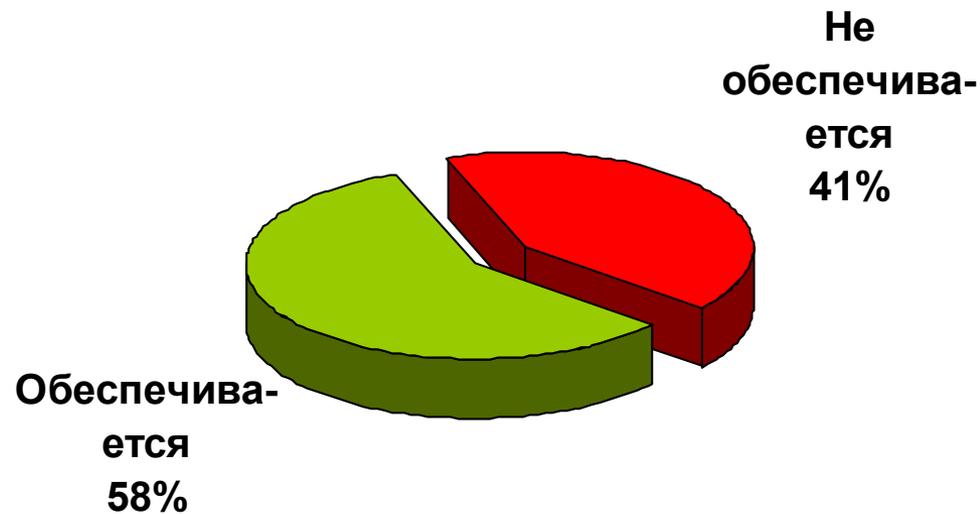
- механические неисправности (окисление и залипание главных контактов, разрегулирование);**
- несрабатывание ЭМР;**
- срабатывание ЭМР выше (ниже) нормы, т. е. измеренные ток и время срабатывания не соответствуют паспортной время-токовой характеристике на постоянном токе.**

Техническое состояние автоматических выключателей групповых линий «ШУ» ГЩУ, РЩ, «ШУ» и «ШП» КРУ, ОРУ (выборка 4376 шт.)

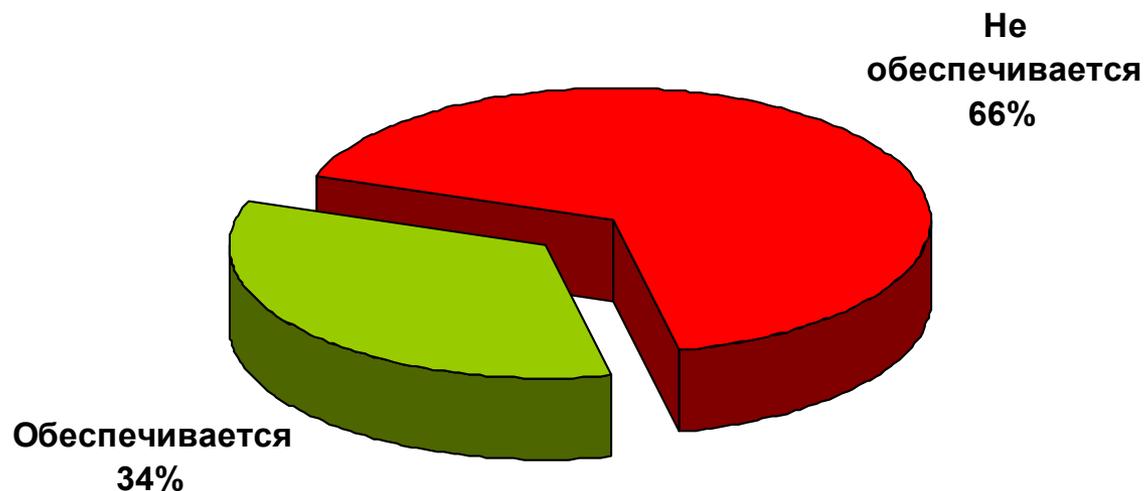


1.5 Результаты проверки чувствительности защитных аппаратов

Чувствительность вводного аппарата защиты
(при дуговом КЗ на шинах ЩПТ)

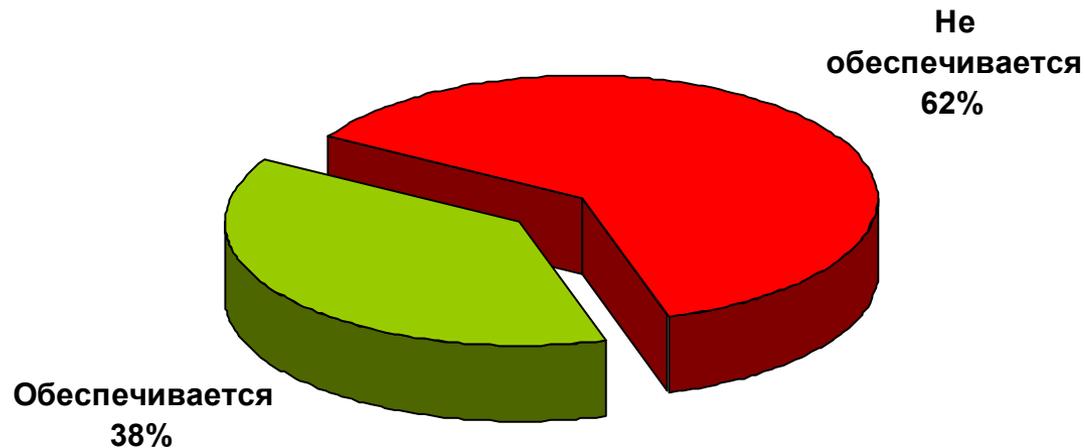


Чувствительность аппаратов защиты распределительных линий (при дуговом КЗ в конце линии)

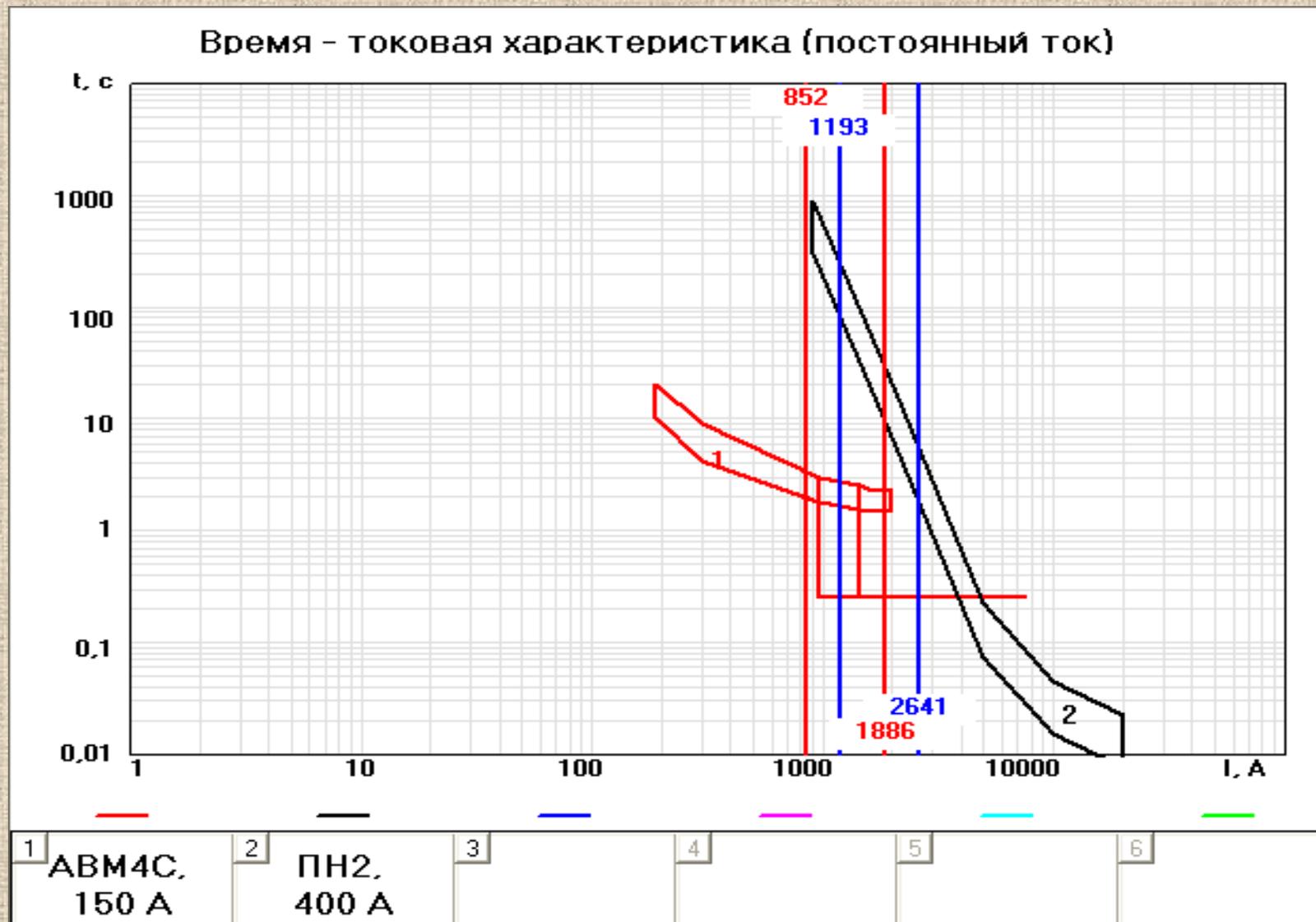


1.6 Результаты проверки селективности защитных аппаратов

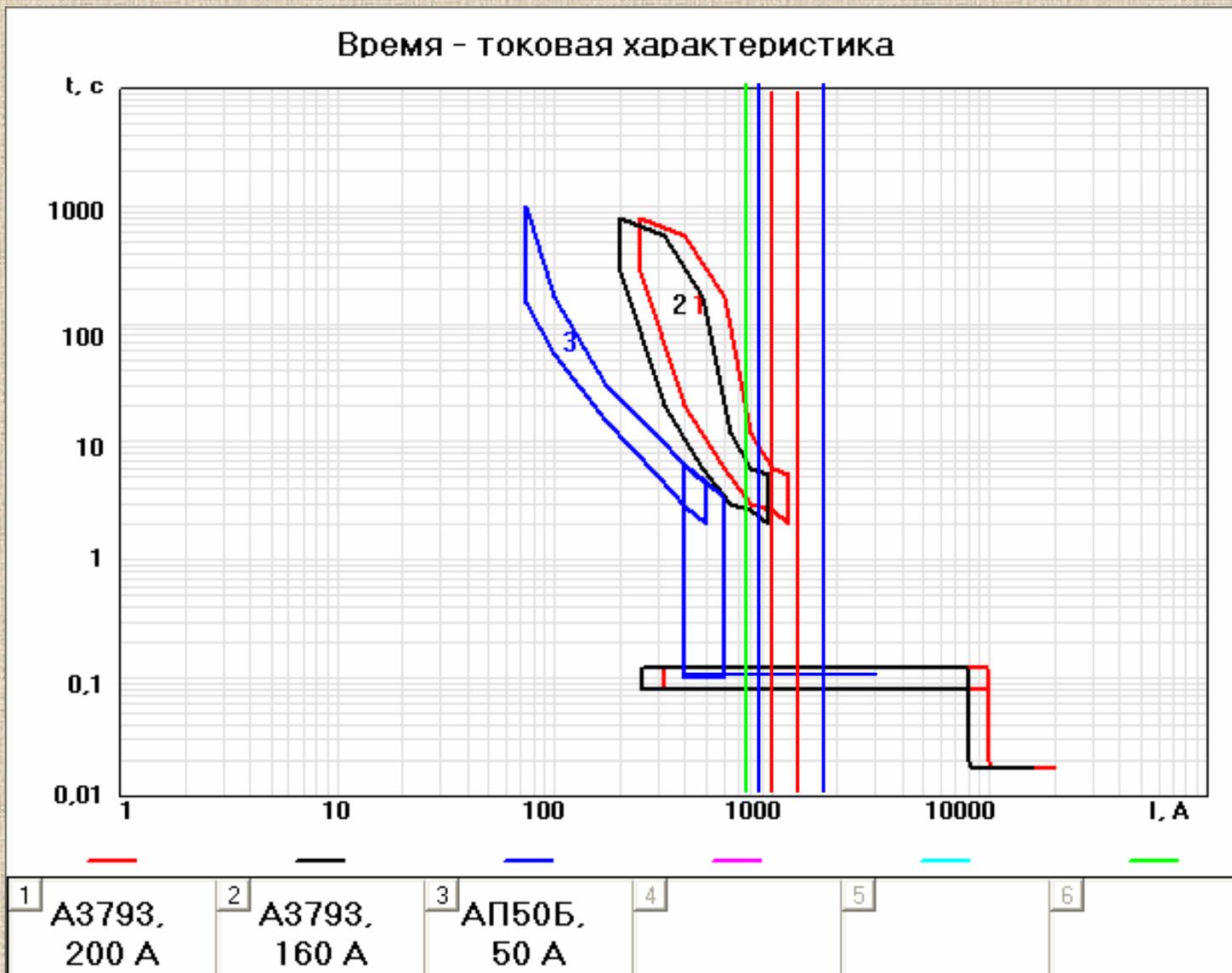
Селективность вводных аппаратов защиты и аппаратов 2 степени защиты



Карта селективности вводного аппарата и аппарата защиты распределительной линии



Карта селективности вводного аппарата и аппаратов защиты распределительной и групповой линий

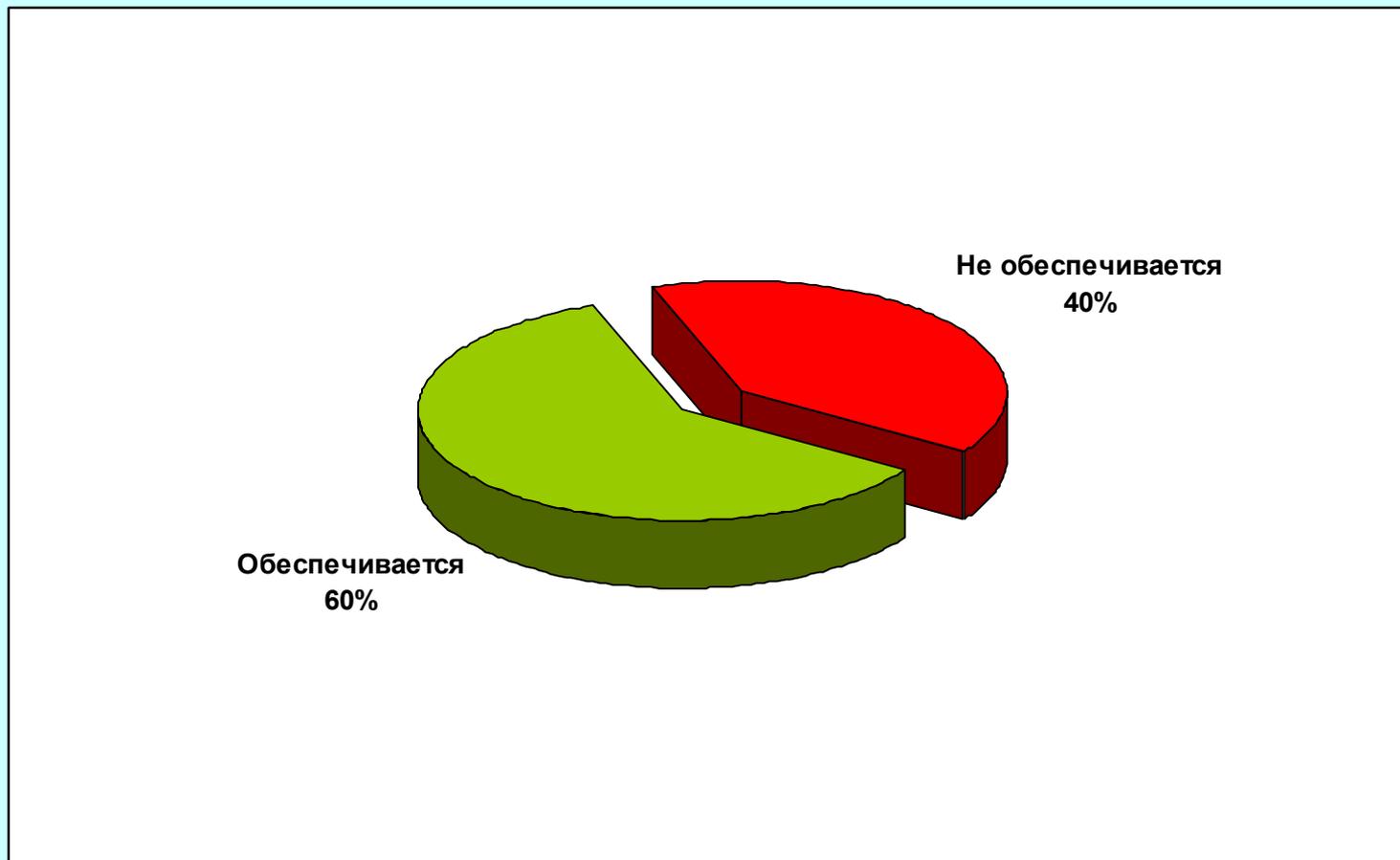


Результаты сравнения измеренных и расчётных значений токов КЗ

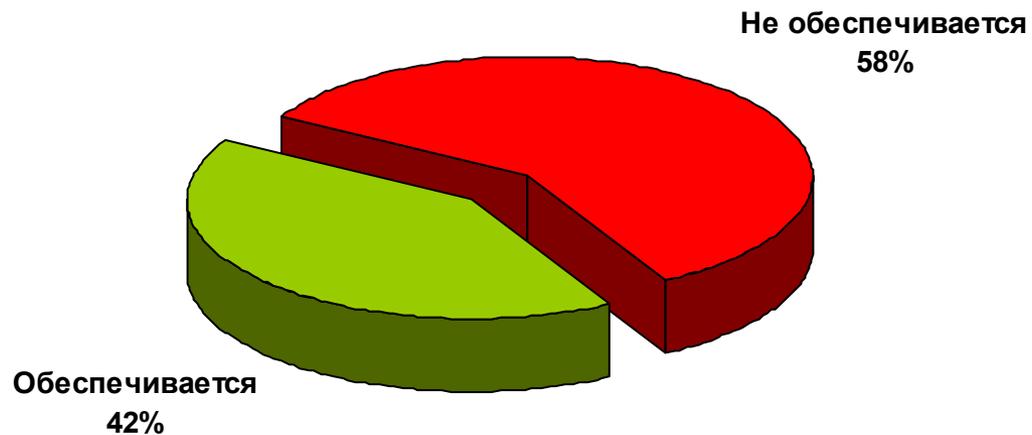
№ п/п	Название подстанции	Состояние контактных соединений	Максимальный процент отклонения от расчётных значений (%)
1	№431	ШУ КРУ-10кВ	182
2	№394	ШУ КРУ-10кВ	210
3	№23	ШП ОРУ-110кВ	300
4	№267	ШУ КРУ-10кВ	190
5	№370	ШП ОРУ-220кВ	356
6	№6	ШУ ГЩУ	411
7	№12	ШП ЗРУ-6кВ	390
8	№56	ШП КРУН-10кВ	200
9	№343	ШП ЗРУ-6кВ	210
10	№366	ШП КРУ-10кВ	168

1.7 Результаты проверки термической стойкости и невозгораемости кабелей

Термическая стойкость кабелей (выборка 100 подстанций)

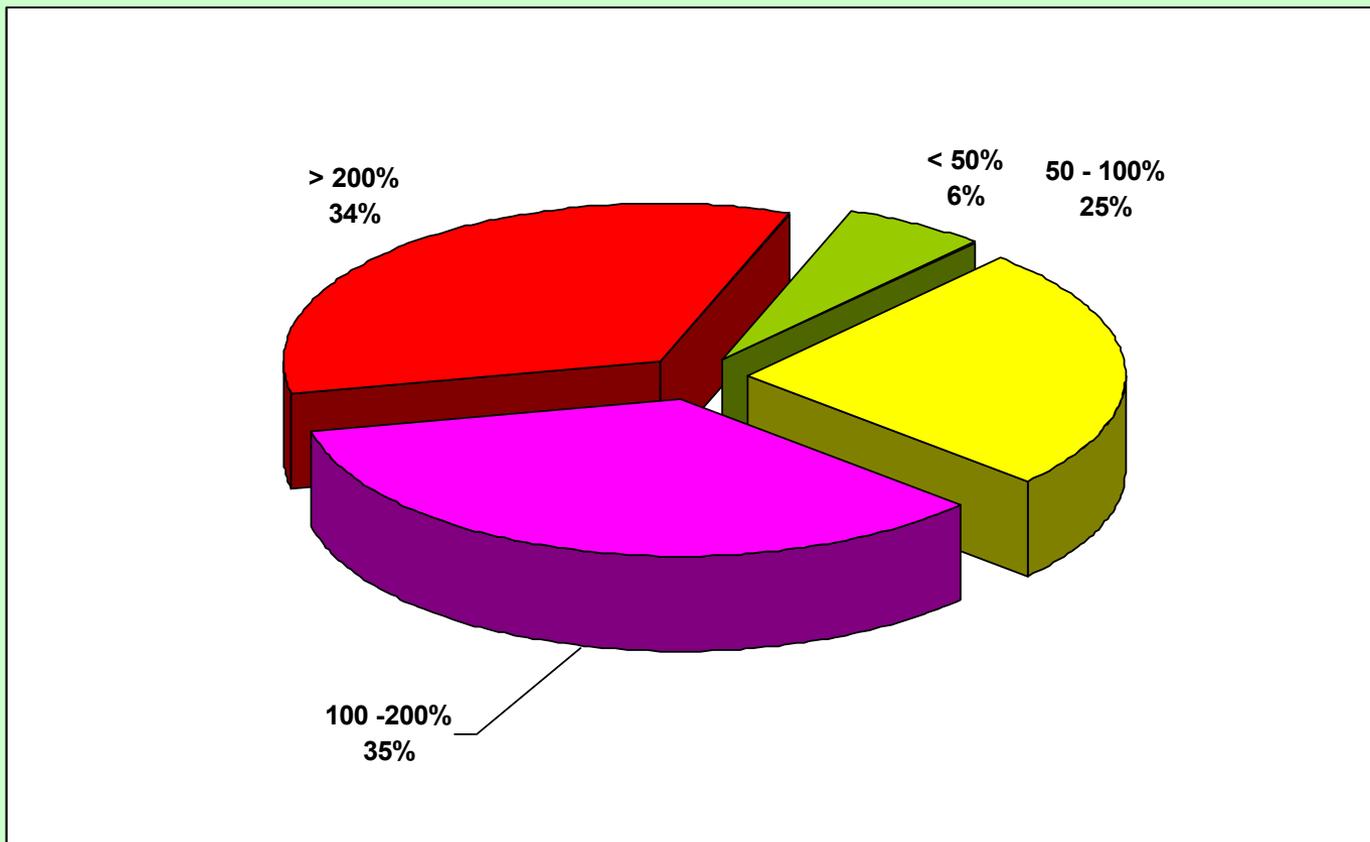


Невозгораемость кабелей (выборка 100 подстанций)

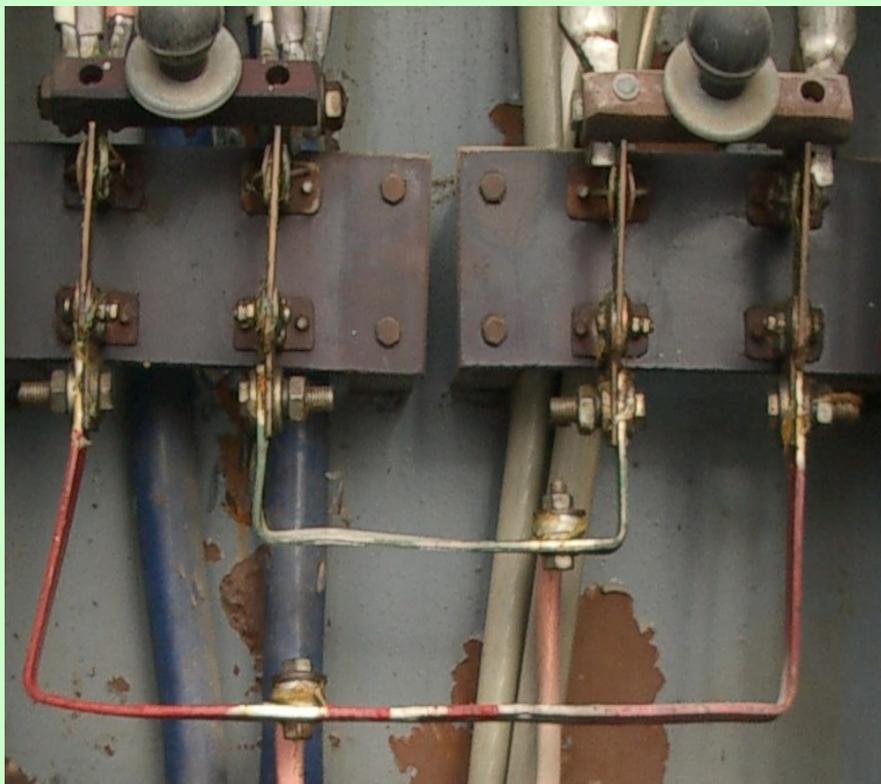


1.8 Результаты проверки состояния контактных соединений

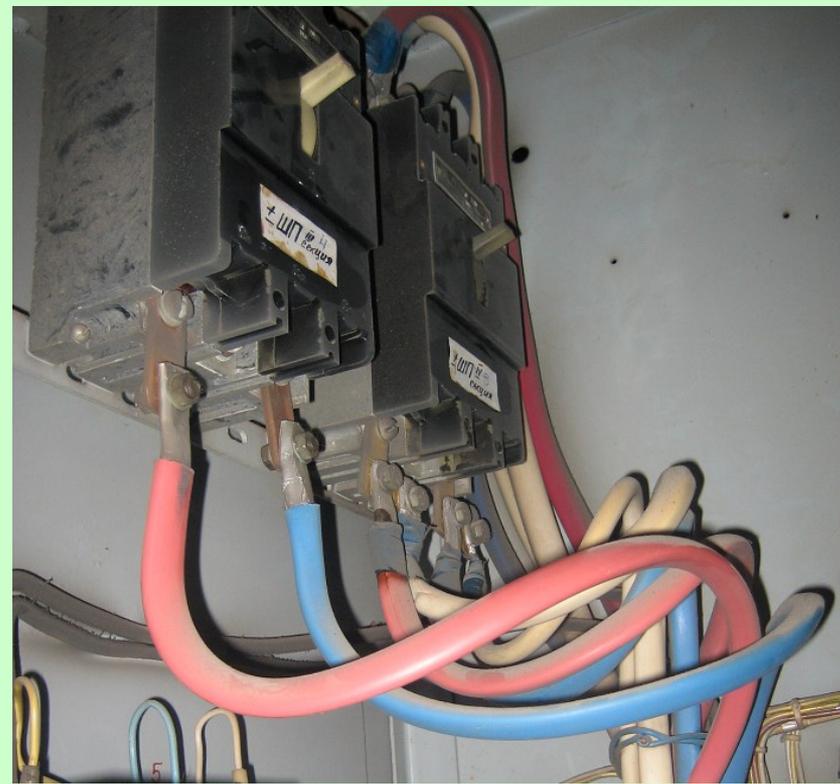
Состояние контактных соединений
(процент отличия от расчётных значений)



Точки сети с повышенными переходными сопротивлениями контактов



цепи ШП ОРУ-110кВ



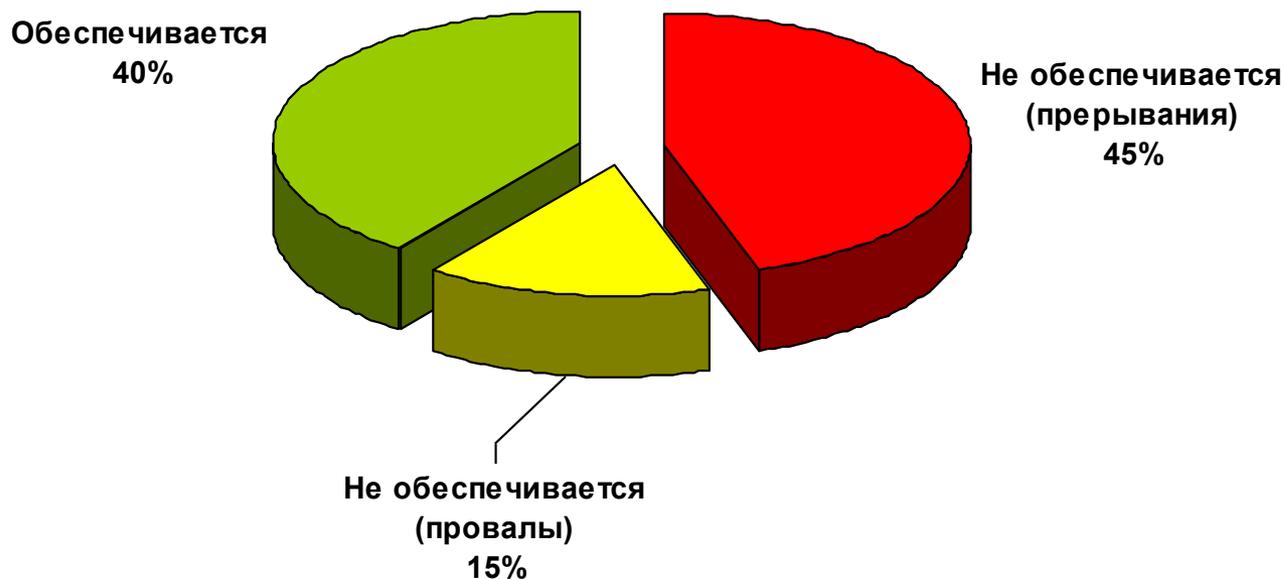
цепи ШП КРУ-10кВ

1.9 Результаты проверки выполнения условий ЭМС

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 проверка осуществлялась для следующих видов электромагнитных помех:

- провалов и прерываний напряжения электропитания;**
- пульсаций напряжения постоянного тока;**
- кондуктивных помех;**
- микросекундных и наносекундных импульсных помех;**
- колебательных затухающим помех.**

Провалы и прерывания напряжения питания (выборка 100 подстанций)



Электромагнитные помехи (выборка 100 подстанций)



Результаты диагностики СОПТ

1.1 Исполнительные схемы.

- схемы не полные и не соответствуют реальному исполнению системы;
- на 90% отсутствует секционирование, что снижает надёжность работы СОПТ и ремонтпригодность.

1.2 Аккумуляторные батареи.

- на 15% фактическая ёмкость менее 0,7С10, что приводит к снижению токов КЗ и отказу срабатывания аппаратов защиты

1.3 Зарядные устройства.

- на 49% ЗУ повышенный уровень пульсаций, что приводит к ускоренному старению АБ;
- 3% ЗУ не исправны (нет резервных ЗУ), что может привести к разряду АБ при отказе основного ЗУ.

1.4 Работоспособность аппаратов защиты.

- 13% автоматических выключателей не пригодны к эксплуатации (не отключат ток КЗ);
- 40% автоматических выключателей выработали свой ресурс и нельзя гарантировать их надёжную работу.

1.5 Чувствительность аппаратов защиты.

- не обеспечивается для вводного аппарата для 41%, что может привести к не отключению дуги на шинах, к повреждению шин и пожару в ЩПТ.

1.6 Селективность аппаратов защиты.

- не обеспечивается для 62% для 1 и 2 ступеней, что может привести к срабатыванию вводного аппарата при КЗ в распределительной линии и потере питания СОПТ.

1.7 Термическая стойкость и невозгораемость кабелей.

- не обеспечиваются соответственно на 40 и 58% подстанций, что может привести к повреждению изоляции кабелей, их возгоранию и пожару.

1.8 Контактные соединения.

- на 94% подстанций контакты находятся в неудовлетворительном состоянии, что приводит к отказу включения высоковольтных выключателей в КРУ или на ОРУ, несрабатыванию аппаратов защиты.

1.9 Требования ЭМС.

- на 60% подстанций не выполняются требования к провалам и прерываниям напряжения;
- на 90% подстанций не выполняются требования к МИП, наносекундным и колебательным затухающим помехам, что приводит к сбоям в работе устройств РЗА и АСУТП.

ВЫВОДЫ:

1. Полная и достоверная информация о состоянии СОПТ может быть получена при реализации комплексной расчетно-экспериментальной методики её диагностики.

2. Состояние СОПТ на энергообъектах, находящихся длительное время в эксплуатации, как правило, неудовлетворительное.

3. Для обеспечения надежного функционирования СОПТ и энергообъекта в целом, необходимо выполнять периодическую проверку СОПТ и ремонтные работы по устранению выявленных при диагностике неисправностей.

4. На объектах, прошедших диагностику и ремонтные работы, необходимо установить текущий контроль состояния СОПТ.

5. Для вновь строящихся объектов целесообразно включить в приемосдаточные испытания комплексную диагностику СОПТ.

СН

Основными электроприёмниками СН подстанций являются:

- Подзарядные устройства ВАЗП №1 и ВАЗП №2;
- Автоматика охлаждения трансформаторов ШАО Т-1 ШАО Т-2;
- Рабочее (ЩО) и аварийное освещение (ЩАО);
- Обогрев и вентиляция помещений (ШУ);
- Приводы и обогрев выключателей;
- Система пожаротушения и пожарные насосы;
- Устройства связи;
- Системы телемеханики;
- Оборудование АИИС КУЭ;
- Сварочные посты (СП).

Диагностика собственных нужд представляет собой комплексную расчётно-экспериментальную методику и включает в себя следующие пункты:

Работы выполняемые при диагностике СН

1. Составление однолинейной схемы СН (общая схема, схема щита СН, схемы групповых щитков, таблицы потребителей);
2. Визуальный осмотр сети СН
3. Измерения (расчёты) токов короткого замыкания (КЗ);
4. Проверка согласования параметров цепи «фаза – нуль» с характеристиками аппаратов защиты;
5. Проверка термической стойкости кабелей;
6. Проверка селективности защитных аппаратов;
7. Проверка работоспособности защитных коммутационных аппаратов (автоматических выключателей (АВ)).
8. Проверка выполнения условий ЭМС.

Недостатки

На 90% обследованных подстанций процент неисправных АВ составляет от 2 до 100%, на 10% подстанций – менее 1% . Среди неисправностей можно выделить следующие:

- несрабатывание АВ по причине механических неисправностей (окисления и залипания главных контактов, разрегулирование);
- срабатывание ЭМР выше (ниже) нормы, т. е. измеренные ток и время срабатывания не соответствуют паспортной времятоковой характеристике.

Измерение петли фаза-ноль

- Сравнительные измерения различными приборами проводились: на одной из секций ГРЩ автоматической телефонной станции ОАО «МГТС»; в электрощитовой кафедры ТЭВН НИУ МЭИ и в розетках потребителей.
- При измерениях в электрощитовой кафедры ТЭВН НИУ МЭИ были получены следующие значения тока КЗ измеренные различными приборами:
 - - «MZC-200» - 0,95 кА;
 - - «MI-3102H CL» - 1,65 кА;
 - - «Сатурн - 1М» - 2,65 кА;
 - - «Fluke-1653» - 1,2÷1,4 кА;
 - - «УИН-3» при разных токах тестирования: 50 А - 2,15 кА, 400 А - 3,2 кА, 600 А - 2,95 кА;
 - Измеренное значение тока КЗ «Fluke-1653» - 1,2÷1,4 кА.
- Применение приборов с тестирующими токами 10-20А ограничено, как правило, групповыми распределительными щитками. В иных случаях (ВРУ, ГРШ и т.п.) получаются существенно заниженные значения токов КЗ.
- Отсутствие функции измерения угла сдвига фаз может приводить к существенной погрешности при определении тока КЗ.

Спасибо за внимание!