УРОКИ, ИЗВЛЕЧЕННЫЕ ИЗ АВАРИИ

(Вологодская область 10.01.2018)

|  |  |
| --- | --- |
| **Дата происшествия:** | 10.01.2018 |
| **Наименование организации:** | Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» Вологодское ПМЭС;  Вологодская дистанция электроснабжения структурного подразделения Северной дирекции по энергообеспечению Филиала ОАО «РЖД» Трансэнерго; |
| **Ведомственная принадлежность:** | Публичное акционерное общество «ФСК ЕЭС» |
| **Место аварии:** | Полет опор № 426-427 ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол (111,3 км от ПС 500 кВ Вологодская, общая длина ВЛ 119 км) |
| **Вид аварии:** | Отключение генерирующего оборудования или объекта электросетевого хозяйства, приводящего к снижению надежности ЕЭС России или технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем, при возникновении следующего события:  разделение ЕЭС России или технологически изолированной территориальной электроэнергетической системы на части |
| К**раткое описание аварии:** | 10.01.2018 в 13:23:09,7 пролете опор №426-427 ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол (111,3 км от ПС 500 кВ Вологодская, общая длина ВЛ 119 км) при проезде под линией крупногабаритной техники, принадлежащей сторонним лицам, произошел пробой изоляционного воздушного промежутка между проводом ф. «С» и землей с возникновением однофазного короткого замыкания.  В 13:23:09,8 на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая) правильным действием 1 ступени ТЗНП ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол отключились СМВ 220 кВ и МВ-110 кВ АТ-2 (уставка 570А, 0,1 с., при токе КЗ 3I0=720А), ВЧ защита не работала. Питание фидеров контактной сети РЖД осуществлялось от Т2.  Причина отказа в работе ВЧЗ ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол выявлена послеаварийной проверкой ВЧ защиты на ПС 220 кВ Сокол. Тепловой пробой стабилитронов (1СТ, 2СТ, 3СТ обеспечивающих стабилизацию режима работы выходных реле) в комплекте реле сопротивления КРС-2 привело к отказу в снятии блокирующего сигнала ВЧ защиты. Диагностика исправного состояния стабилитронов 1СТ, 2СТ, 3СТ конструкцией не предусмотрена, последняя проверка ВЧ защиты проведена 09.10.2015 в объеме «Восстановление».  В 13:23:10,2 на ПС 500 кВ Вологодская излишним действием ВЧ защиты отключился ВВ 220 кВ Явенга ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками. В момент отключения: 3U0=5кВ, 3I0=335А, Ua=129кВ 0°, Uв=131кВ -124°, Uс=122кВ 117°, Ia=185A -5°, Iв=391A -119°, Iс=234A 167°. Послеаварийной проверкой установлено, что причина отключения - появление на зажимах реле мощности «РМ», в результате сложившегося режима первичной сети, величины 3Uо (4,6 – 5,0кВ) со значительной составляющей 3-ей (28%) и 5-ой гармоник (6%) при малом значении напряжения прямой последовательности. В результате этого тормозной момент на реле мощности не достиг необходимой величины для распознавания направления КЗ «за спиной». Действие защиты – неправильно допущенное. АПВ с КС ВВ 220 кВ Явенга (уставка 3,0 сек.) не было из-за отсутствия синхронизма.  В 13:23:10,6 на ПС 220 кВ Кадниковский (Тяговая) действием защиты минимального напряжения стороны 27,5 кВ отключился ввод В2-27,5 трансформатора АТ-2, что привело к потере собственных нужд подстанции.  В 13:23:11,4 на ПС 500 кВ Вологодская правильным действием 2 ступени ТЗНП ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол отключился ВВ-220 кВ Харовск (уставка 430 А, 1.5 с при токе КЗ 3I0=900А). После отключения ВВ-220 кВ Харовск КЗ переходит в двухфазное (ф. «А-С»), подпитка проходит через АТ-2 ПС 220 кВ Сокол. Значение токов Ia=540A, Ib=38A, Ic=560A.  В 13:23:12,5 на ПС 220 кВ Явенга (Тяговая) действием ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками защиты отключились СВ 220 и МВ 110 АТ-1. При этом МВ 27,5 кВ АТ-1 нормально отключен, питание контактной сети РЖД осуществлялось от АТ-2.  Послеаварийной проверкой отклонений характеристик ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками не выявлено.  В 13:23:13 на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая) от АПВ с КС включился МВ-110 АТ-2 (уставка АПВ 3с, угол синхронизма 40°, контроль напряжения в фазах «А», «В»). По записи в оперативном журнале выявлен факт срабатывания автоматически ускоренной 2 зоны ДЗ в комплекте ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол при АПВ МВ-110 АТ-2 на междуфазное короткое замыкание. При этом выключатель МВ-110 АТ-2 не отключился от защиты и от УРОВ-110 кВ. С этого момента КЗ дополнительно подпитывается по ВЛ 110 кВ Харовск (Т) – Сямжа. Послеаварийная проверка причину отказа в отключении МВ-110 АТ-2 не выявила.  В 13:23:13,8 на ПС 220 кВ Сокол отключился ШСМВ-110 кВ действием ТЗОП АТ-2 с приставкой от симметричных КЗ «фильтровая защита», в 13:23:14,379 отключился МВ 110 АТ-2 (ТЗОП уставка I2=100А, 4с - на откл. ШСВ-110, 4,5с – на откл. МВ-110 АТ). Не отключение подпитки КЗ с ПС 220 кВ Сокол в течение 4,5 секунд обусловлено отказом ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол. Отсутствие отключения подпитки КЗ от ПС 220 кВ Сокол в течение 4 секунд обусловлено отказом ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол и переходом однофазного КЗ в двухфазное.  В 13:23:15,4 на ПС 110 кВ Кубенское правильным действием 3 зоны ДЗ в ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 110 кВ Сокол - Кубенское отключился МВ 110 кВ Сокол (уставка Z=150 Ом, 3,5с, Кэ=0,65, 6% смещение в III квадрант). АПВ с КС (уставка 3,0 сек.) не было из-за отсутствия синхронизма. В момент отключения Zab=89,3Ом 3,2°, Zbc=80,7Ом 20,7°, Zca=115,3Ом 18,2°, Послеаварийной проверкой отклонений характеристик ДЗ в ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 110 кВ Сокол – Кубенское не выявлено.  Послеаварийный анализ работы 3 зоны ДЗ в ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 110 кВ Сокол - Кубенское выявил, что при аварийном отключении ВЛ 220 кВ Вологодская-Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол и ВВ 220 кВ Явенга на ПС 500 кВ Вологодская токовая загрузка ВЛ 110 кВ Сокол-Кубенское через шины 110 кВ ПС 220 кВ Сокол и далее по ВЛ 110 кВ Сокол – Биряково и ВЛ 110 кВ Сокол – Воробьево в сеть 110 кВ северо -востока Вологодской области и АТ-1 ПС 220 кВ Сокол по ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками в энергосистему Архангельской области составляла 725А, что превышало длительно и аварийно-допустимую токовую загрузку:  - ошиновки ПС 110 кВ Кубенское (АС-150/24), определенную ПУЭ (Табл. 1.3.29) – 450А при t=25С и с учетом поправочного коэффициента 1,24 на температуру окружающего воздуха 0С (Табл.1.3.3) – 558А;  - провода ЛЭП (АС-185/29), определенную ПУЭ (Табл. 1.3.29) – 510А при t=25С и с учетом поправочного коэффициента 1,24 на температуру окружающего воздуха 0С (Табл.1.3.3) - 632,4А.  Недопустимое превышение токовой загрузки ВЛ 110 кВ Сокол-Кубенское превышающее значения аварийно-допустимой токовой нагрузки оборудования ПС 110 кВ Кубенское –720А (ТТ,ВЧЗ) и  ПС 220 кВ Сокол 660А (ТТ,ВЧЗ, выключатель) допустимой собственниками оборудования и предоставленными письмами: Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» Вологодское ПМЭС №М1/П5/2/1364 от 29.08.2016 и филиалом ПАО «МРСК Северо-Запада» «Вологдаэнерго» №М92/2/11/2621 от 19.08.2016,  было ликвидировано в условиях сложившегося режима правильным действием ДЗ ВЛ 110 кВ Сокол-Кубенское.  В 13:23:15,9 на ПС 220 кВ Сокол правильным действием АПВ (уставка 1,5с) с контролем синхронизма включился ШСМВ-110 кВ.  В 13:23:16,2 на Красавинской ГТ ТЭЦ правильным действием технологической защиты по снижению напряжения на шинах 10 кВ отключился ГТ-1. (Уставка Uл=8,9 кВ 3с). В момент отключения напряжения на шинах 110 кВ – 84, 8 кВ на шинах 10 кВ – 8 кВ.  В 13:23:16,7 на ПС 110 кВ Сямжа отключился СМВ 110 кВ действием 3 зоны ДЗ в ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 110 кВ Харовская (тяговая) - Сямжа с отпайкой на ПС Харовск (уставка Z=270 Ом, 3,6с), тем самым ликвидировалась подпитка КЗ. При этом на ПС 220 кВ Харовск (Тяговая) обесточились шины 27,5 кВ, пропало питание собственных нужд и произошло полное прекращение передачи телеинформации в ДЦ Вологодского РДУ. Послеаварийной проверкой выявлено, что электропитание аппаратуры СДТУ «Гранит» осуществляется от собственных нужд подстанции, система бесперебойного питания отсутствует.  В 13:23:18,6 на ПС 220 кВ Явенга (Тяговая) включились СВ-220 и МВ-110 АТ-1 правильным действием АПВ с КС (уставка 2,5с и 5с соответственно), т.к. напряжение на ЛЭП от АТ-1 ПС 220 кВ Сокол.  В 13:23:19 произошло полное прекращение поступления в ДЦ ТИ с ПС 110 кВ Сямжа. Послеаварийной проверкой выявлено, что сетевой коммутатор «3Сом» по цепям питания подключен к собственным нуждам ПС 110 кВ Сямжа, при просадке напряжения на собственных нуждах отключается, в дальнейшем при включении происходит запуск настроенной конфигурации и на это время происходит прекращение передачи ТИ.  В 13:23:20 на ПС 500 кВ Вологодская действием АПВ включился ВВ-220 кВ Харовск ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол (уставка 3 с, контроль наличия напряжения на 1СШ 220 кВ и отсутствия на ЛЭП).  В 13:23:20,7 на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая) отключился МВ-110 кВ АТ-2 правильным действием 1 ступени ТЗНП и 3 ступени ТЗНП с автоматическим ускорением в комплекте ЭПЗ-1636 (КСЗ) ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол (уставка 3I0=570А, 0,1 с), при токе КЗ 3I0=720А от нейтрали АТ-2, время отключения 0,19 с. (В момент отключения: Ua=137,2кВ 0°, Uв=130,6кВ -117°, Uс=45,7кВ 70°, Ia=230A 60°, Iв=260A 56°, Iс=240A 70°).  В 13:23:21,6 на ПС 220 кВ Сокол МВ-110 отключился АТ-1 правильным действием ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками, вследствие протекания 3I0=100А.  В 13:23:22,3 на ПС 500 кВ Вологодская правильным действием 2 ступени ТЗНП ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол отключился ВВ-220 кВ Харовск (уставка 430 А, 1.5 с при токе КЗ 3I0=900А).  В 13:23:22,4 по факту отключения двух АТ на ПС 220 кВ Сокол правильным действием от АРОДТ (автоматика разгрузки при отключении двух трансформаторов) АТ-1 и АТ-2 отключились присоединения ПС 220 кВ Сокол, заведенные под УОН (уставка Uл=85 кВ, 0,5с):  ВЛ-110 кВ Печаткино-1, Печаткино-2, Очистные-1, Очистные-2, Сухонский ЦБЗ-1, Сухонский ЦБЗ-2, ВЛ 35 кВ Усть-Кубенское, Корнилово, Сокольский ЦБК-1, Сокольский ЦБК-2, ЛДК, фидера 6 кВ Керамик-1, Керамик-2, МКК-1, МКК-2, ТМК, ЛПХ, фидера 10 кВ Оларево, Сухонский, Новое, Агроснаб, Обросово, Сотамеко плюс, База-2, АБЗ, СПК-1, СПК-2.  При отключении линейное напряжение на секциях шин 110 кВ – 77кВ, после отключения нагрузки – 107 кВ.  В 13:23:23,4 на ПС 110 кВ Дымково правильным действием АЛАР Комплекта ПА ВЛ 110 кВ Дымково - Кич.Городок с отпайкой на ПС Усть Алексеево (ВЛ 110 кВ Дымково - Кич.Городок) (АЛАР, АОПО) (ШЭЭ 224 0106) отключился МВ 110 кВ Кич-Городок в 3 цикле асинхронного хода по транзиту Павино-Никольск-Калинино-Дымково. В результате Архангельская энергосистема, Коми и часть Вологодской энергосистемы выделились на изолированную работу от ЕЭС России с генерацией, при частоте 49,6 Гц. Точки деления - ВВ-220 кВ Харовск, ВВ-220 кВ Явенга ПС 500 кВ Вологодская, МВ-110 кВ Сокол ПС 110 кВ Кубенское, МВ-110 К.Городок ПС 110 кВ Дымково, СВ-110 кВ ПС 110 кВ Бабушкино.  Зафиксировано неудовлетворительное участие в общем первичном регулировании частоты 1ТГ, 3ТГ, 5ТГ Архангельской ТЭЦ 3Г, 6Г Северодвинской ТЭЦ-1 и Блока 4 Северодвинской ТЭЦ-2 ПАО «ТГК-2».  В 13:23:29 на ПС 220 кВ Сокол включился МВ-110 АТ-1 правильным действием АПВ с КС (уставка 6,5 с) при наличии синхронного напряжения на ВЛ 220 кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайками и напряжения 1СШ 110 кВ.  В 13:26 на ПС 220 кВ Кадниковский (Тяговая) включен выключатель В2-27,5, тем самым было восстановлено питание собственных нужд.  В 13:27 на ПС 220 кВ Кадниковский (Тяговая) включены выключатели фидеров Ф1,2,4,5КС Ф1ДПР, Ф2СЦБ тем самым полностью восстановлено электроснабжение контактной сети.  В 13:33:02 на ПС 500кВ Вологодская включен ВВ 220 кВ Харовск ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол.  В 13:33:02,9 после достижения синхронизма произошло включение ВВ-220 кВ Явенга на ПС 500 кВ Вологодская правильным действием АПВ с контролем синхронизма (уставка 3с).  В 13:35:51,7 на ПС 110 кВ Сямжа произошло включение СМВ-110 от АПВ с контролем синхронизма.  В 13:35:54 после восстановления питания СН ПС 110 кВ Сямжа восстановилось поступление ТМ в ДЦ Вологодского РДУ.  В 13:35:58 восстановилось поступления в ДЦ Вологодского РДУ ТМ по с ПС 220 кВ Харовск (Тяговая).  В 13:44 на ПС 220 кВ Сокол включили присоединения отключившиеся действием АРОДТ.В 13:57 на ПС 110 кВ Дымково включили МВ-110 Кич-Городок с контролем синхронизма, чем замкнули транзит 110 кВ Павино-Никольск-Калинино-Дымково.  В 13:57 на Красавинской ГТТЭЦ включением ВВ 10 кВ ГТ-1 синхронизирована с сетью ГТ-1.  В 13:58 на ПС 110 кВ Кубенское включили МВ-110 кВ Сокол.  В 14:05 на ПС 220 кВ включили всех потребителей отключившихся от АРДТ.  В 14:06 на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая) включили с контролем синхронизма СМВ-220. |
| **Последствия аварии:** | Отказавшее оборудование:  Выключатель маломасляный  Марка: ВМТ-110Б-25/1250 УХЛ1  Параметры: Номинальное напряжение 110кВ  Наибольшее рабочее напряжение 126кВ  Номинальный ток 1250 А  Номинальный ток отключения 25кА  Конструктивное напряжение: 110кВ  Напряжение сети: 110кВ  Изготовитель оборудования: УЭТМ г. Свердловск  Заводской номер: 1263, Год изготовления оборудования: 10.03.1987г  Направленная ВЧ защита с ВЧ блокировкой  Марка:  ЭПЗ-1643  Параметры:  220 В постоянный ток, 5А переменный ток, 100В переменное напряжение  Конструктивное исполнение: панель защиты.  Узел, деталь: КРС-2  Тип узла, детали:  Стабилитроны Д816Д блока питания.  Количество отказавшего оборудования, узлов: 3 стабилитрона.  Напряжение сети:  220В.  Заводской номер:  03058, Год изготовления оборудования:  03.1982г.в. |
| **1. Технические причины аварии:** | 1.1.Нарушение электрической изоляции  Аварийное отключение ВЛ 220 кВ Вологодская - Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС 220 кВ Сокол в результате нарушения электрической изоляции провода ф. «С» относительно земли по причине приближения крупногабаритного транспортного средства на недопустимое расстояние к проводу ВЛ  1.2.Нарушение электрического контакта, размыкание, обрыв цепи.  Отказ в срабатывании ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол из-за выхода из строя стабилитронов (1СТ, 2СТ, 3СТ) в комплекте реле сопротивления ВЧ защиты ВЛ 220 кВ Вологодская – Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол на ПС 220 кВ «Сокол», что привело к отказу в снятии блокирующего сигнала  1.3.Нарушение электрического контакта, размыкание, обрыв цепи.  Неправильно-допущенное действие ВЧ защиты ВЛ 220кВ Вологодская – Явенга (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол на ПС 500 кВ «Вологодская» вследствии появления на зажимах реле мощности «РМ», в результате сложившегося режима первичной сети, величины 3Uо (4,6 – 5,0кВ) со значительной составляющей 3-ей (28%) и 5-ой гармоник (6%) при малом значении напряжения прямой последовательности. В результате этого тормозной момент на реле мощности не достиг необходимой величины для распознавания направления КЗ «за спиной».  1.4.Отказ в отключении МВ-110 АТ-2 на ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)» в цикле АПВ при включении на междуфазное короткое замыкание. Послеаварийная проверка причину не отключения МВ-110 АТ-2 не выявила. |
| **2. Организационные причины аварии:** | 2.1. Проезд крупногабаритной техники  В пролете опор №№ 426-427 ВЛ 220 Вологодская – Харовская (тяговая) с отпайкой на ПС Сокол неустановленными лицами организован проезд машин и механизмов и вывоз леса, складированного в 100 м от охранной зоны ВЛ крупногабаритной техникой, имеющей общую высоту с грузом или без груза от поверхности земли более 4,5 метров, без письменного решения о согласовании с сетевой организацией. Измеренный 11.01.18 г. габарит от провода фазы С до земли – 7,0 - 7,1 м. Минимальный допустимый габарит от провода до покрытия проезжей части дорог всех категорий должен быть не менее 8 метров. (ПУЭ, табл. 2.5.35).  2.2. Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств  При техническом обслуживании УРОВ 110 кВ на ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)» 16.03.2017 не выполнено опробование действия УРОВ на отключение МВ 110 кВ АТ-1 и АТ-2 ли без груза от поверхности земли более 4,5 метров, без письменного решения о согласовании с сетевой организацией. Измеренный 11.01.18 г. габарит от провода фазы С до земли – 7,0 - 7,1 м. Минимальный допустимый габарит от провода до покрытия проезжей части дорог всех категорий должен быть не менее 8 метров. (ПУЭ, табл. 2.5.35). |
| **3. Технические мероприятия:** | 3.1. Произвести замену неисправных стабилитронов в комплекте реле сопротивления защиты ВЧБ ВЛ 220кВ Вологодская-Харовская(Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол на ПС 220 кВ «Сокол».  3.2. Выполнить замену реле мощности РБМ-178 в схеме ВЧ-защиты линии ВЛ 220 кВ Вологодская-Явенга (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол на ПС 500 кВ «Вологодская» на помехозащищенное.  3.3 Выполнить совместную проверку защит ВЛ 220 кВ Вологодская-Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол и УРОВ 110 кВ на ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)» в объеме «восстановление» с действием на отключение МВ 110 кВ АТ-1 и 2, СМВ 220 кВ, результаты проверки представить в Ростехнадзор.  3.4. Установить источник бесперебойного питания сетевого коммутатора «3Сом» в ОПУ ПС 110 кВ «Сямжа».  3.5. Выполнить проверку ВЧ заградители КС, и ФП на ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)».  3.6. Установить источник бесперебойного питания аппаратуры СДТУ на ПС 220 кВ «Явенга (Тяговая)», ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)». |
| **4. Организационные мероприятия:** | 4.1. Разработать и согласовать с Филиалом АО «СО ЕЭС» Архангельское РДУ план график мероприятий направленных на устранение замечаний к оборудованию ТЭЦ ПАО «ТГК-2» г. Архангельск признанного неудовлетворительно участвовавшим в ОПРЧ.  4.2. Провести противоаварийные тренировки персоналу Архангельской ТЭЦ ПАО «ТГК-2» по теме: «Действия оперативного персонала при ликвидации нарушения нормального режима связанного со снижением частоты».  4.3. Организовать совместную проверку защит ВЛ 220 кВ Вологодская-Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол и УРОВ 110 кВ на ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)» в объеме «восстановление».  4.4. Дать предложение в программу инвестиций РЖД о приобретении автоматических осциллографов и источников бесперебойного питания СДТУ на ПС 220 кВ «Явенга (Тяговая)» и ПС 220 кВ «Харовская (Тяговая)».  4.5. Проработать возможность выполнения диагностики исправного состояния стабилитронов в комплекте реле сопротивления ВЧ защиты ВЛ 220кВ Вологодская-Харовская (Тяговая) с отпайкой на ПС Сокол на ПС 220 кВ Сокол.  4.6. Выполнить анализ возможности замены реле мощности РБМ-178 в схеме ВЧ-защиты на помехозащищенное  4.7. В графики ТО оборудования включить проверку ВЧ заградителей, ФП и КС на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая), ПС 220 кВ «Явенга (Тяговая)», ПС 220 кВ «Кадниковский (Тяговая)».  4.8. Актуализировать Акт №АР-4 от 07.07.2016 о разграничении границ эксплуатационной ответственности оборудования на ПС 220 кВ Харовская (Тяговая)на предмет определения эксплуатационной ответственности АУВ СМВ 220 кВ и УРОВ 110 кВ. |
| **5. Извлеченные уроки:** | 5.1. Усилить контроль за техническим состоянием электрооборудования. |
| **6. Фото места происшествия.** |  |