

Опыт эксплуатации молниезащитных устройств на электросетевых объектах ОАО «МРСК Урала»

1. Характеристика электросетевого комплекса ОАО «МРСК Урала», грозовая активность.

По данным ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» в 2021 году удельная грозовая активность на территории ОАО «МРСК Урала» составила 37,7 часа и увеличилась по сравнению с 2019 годом (27,84 часа) на 35 %. В таких условиях обеспечение защиты электросетевого оборудования от грозовых перенапряжений усложняется и становится еще более актуальной.

2. Причины отключений ВЛ 6 - 110 кВ в % выражении от общего числа отключений за 2021 год.

В период прохождения грозового периода наибольшее количество отключений зафиксировано на наиболее протяженных и менее защищенных электроустановках - ВЛ 0,4-110 кВ:

- **на ВЛ 110 кВ** основная доля отключений вызвана перекрытием изоляции (72 % от всех грозовых ТН) без ее повреждения, т.е., с успешным АПВ без разрушения изоляторов. В 18 % случаев отмечается повреждение изоляции, в 7 % с пережогом провода. В 3 % отключений установить достоверную причину отключения ВЛ не представилось возможным.

- **на ВЛ 35 кВ** также основная доля отключений приходится на перекрытие изоляции (40 %), однако отмечается высокий уровень повреждаемости (разрушения) изоляции 35 %. И более высокое количество ТН с пережогом провода - 16 %.

- **на ВЛ 10 кВ** перекрытие изоляции является наиболее распространенной причиной отключения ВЛ – 36%, повреждение изоляции отмечено в 25 % случаев, 13 % ТН с пережогом провода. В 21 % отключений установить достоверную причину отключения ВЛ не представилось возможным.

- **на ВЛ 6 кВ** большая часть ТН с перекрытием изоляции сопровождается ее разрушением – 41 %, 7 % без повреждения изолятора. В 7 % случаев отмечено повреждение ОПН. В 37 % отключений установить достоверную причину отключения ВЛ не представилось возможным.

Технологические нарушения, вызванные грозовой активностью, на ПС 35-110 кВ в данном докладе не рассматриваются ввиду высокой грозоупорности и незначительного количества отключений и повреждений оборудования.

3. Меры и средства защиты от грозовых перенапряжений, реализуемые в ОАО МРСК Урала

В рамках повышения грозоупорности в ОАО «МРСК Урала» реализуются следующие мероприятия:

- Замена грозозащитных тросов на ВЛ 35-110 кВ

- Ремонт, усиление контуров заземления на ВЛ, ПС
- Применение дифференцированной изоляции на двухцепных ВЛ 35-110 кВ
- Замена грозозащитного троса на ОПН на ВЛ 35-110 кВ
- Замена вентильных разрядников на мультикамерные, ОПН, УЗПН
- Установка ОПН на ВЛ 6-10 кВ, в ТП/РП 6-10 кВ
- Установка устройств защиты от перенапряжений типа УЗПН на ВЛ 6-10 кВ
- Установка мультикамерных разрядников на ВЛ 6-10 кВ
- Эксплуатация разрядников петлевого типа на ВЛ 6-10 кВ, снятых с производства.

Опыт эксплуатации средств защиты от грозовых перенапряжений

4. Грозозащитный трос

Основная часть ВЛ 35-110 кВ построена в 1950-1980 гг.

Более 50% грозозащитных тросов на сегодняшний день отработали нормативный срок службы 25 лет.

Грозозащитные тросы подвержены механическому и коррозионному износу, статическим и динамическим нагрузкам в т.ч. ветровым, воздействию токов КЗ, грозовым воздействиям.

На ВЛ 35-110 кВ используются преимущественно стальные канаты типа ТК, защищенные цинковым покрытием. После 15-20 лет эксплуатации ВЛ происходит снижение эффективности антикоррозионной защиты и, как следствие этого, механической прочности тросов из-за коррозии и усталости металла, происходит ухудшение контактных соединений в узлах подвески, соединительных зажимах.

Основной причиной пережога грозозащитных тросов является перегрев их подвесок из-за высокого переходного сопротивления в узле крепления поводка грозозащитного троса к тросостойке опоры, особенно на ВЛ с токами КЗ больше 15 кА и недостаточная термическая стойкость к увеличившимся в последние время токам однофазного КЗ ВЛ 110 кВ.

Прохождение больших токов КЗ приводит к отжигу цинкового покрытия и к дальнейшей ускоренной коррозии грозозащитного троса.

Подавляющее число грозозащитных тросов повреждается после двадцатилетней эксплуатации и в сетях с высокими токами КЗ. После 30 лет причины повреждения грозотросов из-за старения и коррозии становятся доминирующие (более 40%).

Необходимо отметить, что к отказам грозотросов приводит также и недостаточный уровень эксплуатации - ревизия грозотросов и их подвесок, смазка контактных соединений, проверка состояния и измерения сопротивления заземления опор проводится в недостаточных объемах.

На сегодняшний день в ОАО «МРСК Урала» для защиты от грозовых перенапряжений на ВЛ 35-110 кВ:

- принято решение о применении тросов из низколегированной стали, плакированных алюминием с заменой арматуры на спиральную при замене и восстановлении грозозащитных тросов.

- ведется работа по замене ГЗТ на ОПН на территории городов-миллионников с большим количеством пересекаемых инженерных сооружений, объектов инфраструктуры.

5. Ограничители перенапряжений нелинейные

ОПН нашли свое применение на различных видах электроустановок благодаря своей надежности в эксплуатации.

Основные преимущества применения ОПН:

- Снижение количества грозовых отключений ВЛ, повышение грозоупорности оборудования ПС;
- Снижение вероятности перекрытия линейной изоляции;
- Исключение ТН по причине обрывов грозотросов (по причине коррозии и термической неустойчивости), исключение случаев одновременного отключения обеих цепей двухцепных ВЛ при обрывах тросов, обрывов проводов упавшим грозозащитным тросом;
- Снижения объема необходимого технического обслуживания (верховых осмотров) и капитального ремонта (замена дефектного грозозащитного троса) как на ВЛ, так на коммутационном оборудовании ПС;
- Для установки (замены) ОПН не требуется отключение обеих цепей двухцепных ВЛ 35-110 кВ для безопасности работ, не требуется предоставление «технологических окон» при пересечении ВЛ инженерных сооружений.

6. Повреждаемость ограничителей перенапряжений

С 2017 года на электросетевых объектах зафиксировано:

- 24 случая повреждения на ВЛ 6-10 кВ
- 28 случаев повреждений на ТП/РП 6-20 кВ
- 4 случая повреждения ОПН 6-10 кВ на ПС 35-110 кВ
- 8 случаев повреждения на ВЛ 35-110 кВ
- 30 случаев ОПН 35-110 кВ на ПС 35-110 кВ.

Наибольшее количество поврежденных ОПН производства НПО ЗАО "Полимер Аппарат" и ЗАО «Завод энергозащитных устройств», г. Санкт-Петербург. Но ОПН данных производителей установлены в наибольшем количестве, поэтому уровень их повреждаемости с 2017 года является одним из наиболее низких – 1,4 % из 729 установленных (НПО ЗАО "Полимер Аппарат") и 1,6 % из 375 установленных (ЗАО «Завод энергозащитных устройств»).

Наименее надежными показали себя ОПН следующих производителей:

- ЗАО " НИИ "ЗАИ" г. Санкт-Петербург 15,4 % повредившихся ОПН из 26 установленных;

- ООО "Севзаппром" г. Санкт-Петербург 33,3 % повредившихся ОПН из 9 установленных.

7. Разрядники вентильные

За период эксплуатации вентильных разрядников на электросетевых объектах МРСК Урала с 2017 года зафиксирован достаточно высокий уровень их повреждаемости:

- 32 случая в 2017 году
- 33 случая в 2018 году
- 21 случай в 2019 году
- по 16 случаев в 2020 и 2021 годах

Наиболее «не надежными» зарекомендовали себя разрядники производства ЗАО "ЗЭТО" г. Великие Луки:

- из 118 шт., установленных с 2017 года, повредилось 102 шт.

В ОАО «МРСК Урала» действует программа по замене вентильных разрядников на ОПН. По этой программе на сегодняшний день заменено на ОПН начиная с 2017 года 12 076 разрядников или 15%.

8. Разрядники мультикамерные, петлевого типа, УЗПН

Для защиты электроустановок 6-10 кВ от грозových перенапряжений ОАО «МРСК Урала» применяется:

- Разрядники длинно-искровые петлевого типа РДИП на ВЛ 6-10 кВ. Всего в эксплуатации находится 2 944 устройства производства АО «НПО «Стример». За период с 2018 года повреждений устройств, смонтированных до 2017, данного типа не зафиксировано. В 2017 году аттестация ПАО «Россети» РДИП отозвана инициативой АО «НПО «Стример» с последующим прекращением производства.

- Мультикамерные разрядники типа РМК на ВЛ 6-10 кВ. Всего в эксплуатации находится 389 устройств производства АО «НПО «Стример». За период с 2018 года повреждений устройств данного типа не зафиксировано.

- Устройства защиты от перенапряжений типа УЗПН. Всего в эксплуатации находится 3 807 устройств. Наиболее массово представлены УЗПН производства ЗАО «Полимер - аппарат». За период с 2018 года повреждений устройств данного типа не зафиксировано.

Применение данных устройств на ВЛ 6-10 кВ позволило добиться реального снижения количества грозových отключений, а отсутствие повреждаемости говорит о надежности применяемых средств защиты от грозových перенапряжений.

Диагностика средств защиты от грозových перенапряжений

9. Контроль за состоянием средств защиты от перенапряжений

В соответствии с СТО 34.01-23.1-001-2017 «ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ» перечисленные средства защиты от атмосферных перенапряжений в течение срока эксплуатации подвержены следующим испытаниям и обслуживанию:

Ограничители перенапряжений нелинейные

- Измерение сопротивления перед включением в работу, при выводе в плановый ремонт оборудования, но **не реже 1 раз в 6 лет**;
- Измерение тока проводимости перед вводом в эксплуатацию, ОПН 35 кВ **1 раз в 4 года, 110 кВ 1 раз в год** перед грозовым сезоном;
- Тепловизионный контроль 35 кВ и ниже - **1 раз в 3 года, 110-220 кВ - 1 раз в 2 года**, - при усиленном загрязнении – ежегодно.

Разрядники вентильные

- Измерение сопротивления перед включением в работу, при выводе в плановый ремонт оборудования. Не реже 1 раз в 6 лет;
- Измерение тока проводимости при выпрямленном напряжении. Не реже 1 раз в 6 лет;
- Тепловизионный контроль 35 кВ и ниже - 1 раз в 3 года, 110-220 кВ - 1 раз в 2 года, - при усиленном загрязнении – ежегодно;
- Проверка герметичности в случае проведения капитального ремонта разрядника со вскрытием.

Разрядники длинно-искровые петлевого типа РДИП на ВЛ 6-10 кВ

Мультикамерные разрядники типа РМК на ВЛ 6-10 кВ

Устройства защиты от перенапряжений типа УЗПН

- Осмотр с земли раз в год перед грозовым сезоном;
- Верховой осмотр один раз после первого года эксплуатации, далее – при капитальном ремонте ВЛ.

РМК, РДИП, УЗПН выгодно отличаются от ОПН и разрядников отсутствием необходимости в специальном обслуживании и испытаниях в течение периода эксплуатации. Их состояние оценивают при ежегодном осмотре ВЛ. Что в свою очередь приводит к снижению эксплуатационных затрат на диагностику и обслуживание устройств защиты от перенапряжений.

10. Оценка состояния ОПН, разрядников при тепловизионном контроле

Как известно, традиционный контроль ОПН осуществляется перед их включением путем измерения сопротивления мегомметром и токов проводимости.

В процессе эксплуатации производится измерение под рабочим напряжением тока проводимости с помощью переносного прибора. В качестве браковочных параметров заводами-изготовителями установлены граничные допустимые значения изменений тока проводимости.

Характерные неисправности ОПН:

- нарушения герметичности;
- увлажнение кварцевого песка;
- увлажнение и загрязнение поверхности;
- пробой отдельных варисторов;
- смещение отдельных варисторов.

Большую часть из указанных дефектов можно выявить тепловизионным контролем. ТВК показателен только для устройств, на которых воздействует постоянно приложенное напряжение, для УЗПН – неприменим абсолютно, при этом все технологические проблемы у устройств обоих классов одинаковы, но у УЗПН они проявляются только в режиме срабатывания (что при ПУМ должно приводить к повреждению).

С помощью тепловизора, если указанные выше явления связаны с тепловыми процессами, они достаточно надежно фиксируются по появлению температурных аномалий на поверхности крыши ОПС.

При ИК-контроле ОПС рекомендуется фиксировать значения температуры по высоте и периметру крыши, выявлять и оценивать температурные аномалии. Так, при отсыревании кварцевого песка теплопроводность его будет лучше, нежели у сухого, температурная аномалия в наибольшей степени проявится в нижней части крыши ОПС.

Выход из строя отдельных варисторов приведет к более интенсивному нагреву других варисторов в этом столбе, что проявится в виде "теплого" пятна на поверхности крыши. УЗПН при наличии аналогичных дефектов невозможно диагностировать с помощью тепловизора.

Таким образом, при межремонтных испытаниях в случае удовлетворительных результатов тепловизионного контроля проверка состояния ОПС, вентиляционных разрядников по измерению сопротивления, измерению тока проводимости **может не проводиться (в соответствии с СТО 34.01-23.1-001-2017 «ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»).**

11. Заключение

Учитывая полученный опыт эксплуатации молниезащитных устройств на электросетевых объектах ОАО «МРСК Урала», а также эффект снижения эксплуатационных расходов на обслуживание, наиболее эффективными мероприятиями по снижению числа грозových отключений являются:

- Замена грозозащитных тросов на ВЛ 35-110 кВ в комплексе с мероприятиями по доведению показателей сопротивления ЗУ до нормативных значений;

- Установка ОПС на ПС 35-110 кВ, ВЛ 6-110 кВ в комплексе с мероприятиями по доведению показателей сопротивления ЗУ до нормативных значений;

- Установка в качестве меры защиты ВЛ 6-10 кВ от перенапряжений мультикамерных разрядников типа РМК, устройств защиты от перенапряжений типа УЗПН, эксплуатация длинно-искровых разрядников петлевого типа РДИП.

Начальник департамента технического перевооружения и реконструкции, обслуживания и ремонта

И.Н. Дмитриев