

рекомендуется устанавливать вблизи местоположения обслуживающего персонала для возможности визуального контроля работы устройства. Не рекомендуется установка УЗРС на расстоянии менее 50 м от подстанции, имеющей стационарные устройства молниезащиты.

Преимущество применения УЗРС над традиционными вариантами защиты ВЛ от прямых ударов молнии заключается в том, что установка одного УЗРС позволяет эффективно защитить все ВЛ, которые электрически взаимосвязаны с ВЛ, подключенной к УЗРС. Применение альтернативных вариантов защиты подразумевает под собой защиту каждой ВЛ в отдельности и порой данные варианты малоэффективны.

Разработка УЗРС одобрена совместной комиссией ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «Россети» по обеспечению электроснабжения объектов нефтегазодобычи.

На данный момент УЗРС имеют широкое применение на объектах ОАО «Удмуртнефть», ПАО «Оренбургнефть» и ООО «РН-Юганскнефтегаз».

На объектах ОАО «Удмуртнефть» с 2013г. эксплуатируются УЗРС в количестве 9 штук. В грозовые сезоны фактов аварийных отключений в системе электроснабжения кустовых площадок ОАО «Удмуртнефть», защищенных УЗРС, по причине прямых ударов молнии в электрооборудование не зафиксировано. В грозовой период 2015г. в системе электроснабжения кустовых площадок ОАО «Удмуртнефть», незащищенных УЗРС, было зафиксировано 5 фактов аварийных отключений электрооборудования по причине прямых попаданий молнии.

На объектах ПАО «Оренбургнефть» в 2016 г. были введены в работу три установки УЗРС до начала грозового сезона 2017г. По результатам прохождения грозового сезона 2017г. в местах установки УЗРС отключения электрически взаимосвязанных с УЗРС линий электропередач от прямых ударов молнии зафиксировано не было.

На объектах ООО «РН-Юганскнефтегаз» в 2017г. был установлен один УЗРС для проведения опытно-промышленных испытаний. В районе установки УЗРС проходило 3 интенсивных грозовых фронта и все три раза устройство успешно сработало. Отключений ВЛ от грозовых воздействий зафиксировано не было.

Проанализировав работу УЗРС в период грозовой активности специалистами ОАО «Удмуртнефть», ПАО «Оренбургнефть» и ООО «РН-Юганскнефтегаз» была отмечена положительная динамика по снижению аварийных отключений ВЛ по причине прямых ударов молнии, что в свою очередь позволяет снизить потери нефти и снизить затраты на восстановительные работы повреждённых ВЛ. Следовательно, можно сделать вывод, что применение УЗРС на объектах нефтяных месторождений позволяет эффективно снизить количество аварийных отключений ВЛ по причине прямых ударов молнии, тем самым сократить убытки Компаний от недобора нефти, возникающие вследствие данных отключений.

#### Литература

1. Гайворонский А.С., Карасюк К.В. Новые методические принципы оценки грозоупорности воздушных линий электропередачи высших классов напряжения // Научный вестник НГТУ. – 1998. - № 2(5). – С. 9-32
2. Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Передача электроэнергии. Глава 2.5. 7-е изд. М.: Изд-во ЦЭНЭС, 2003.
3. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / Под научной редакцией Н.Н. Тиходеева. – 2-е изд. – СПб.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. – 355 с.

### **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С.С. Жидов, Н.М. Космынина**

Научный руководитель – доцент Н. М. Космынина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Основными источниками электроэнергии нефтегазодобывающих предприятий являются энергосистемы электроэнергетических компаний, а также автономные дизельные генераторы.

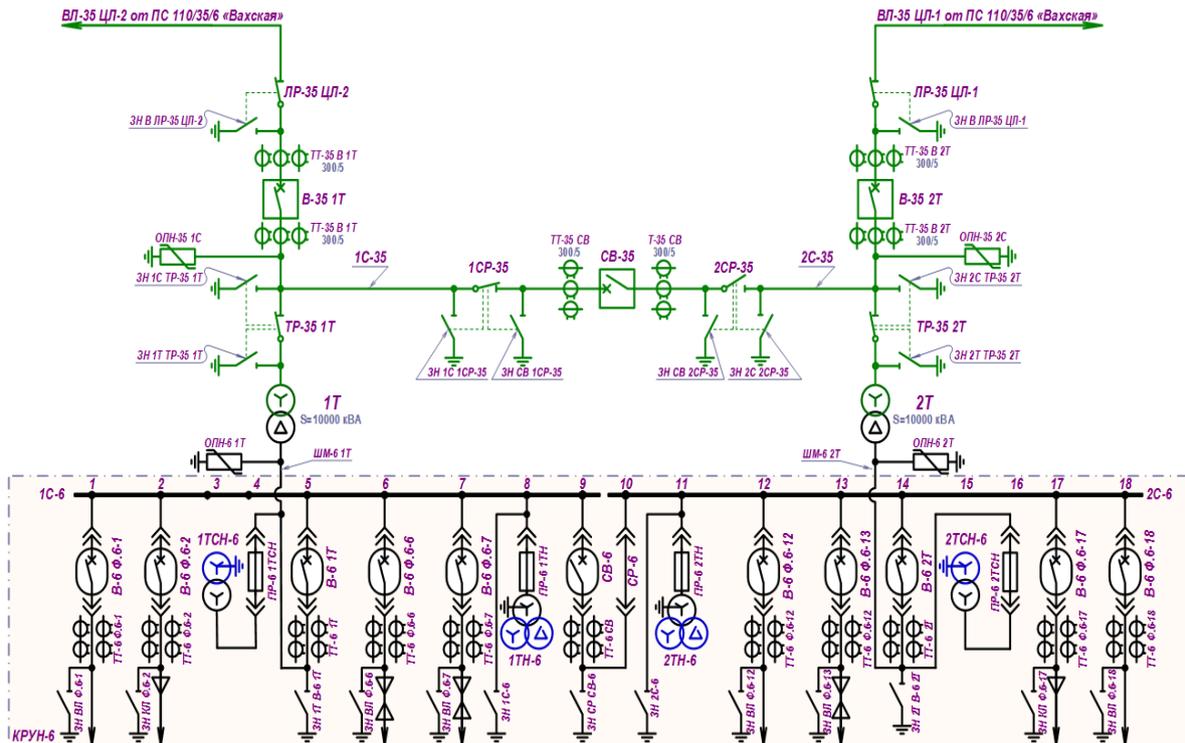
ОАО «Томскнефть» Восточной нефтяной компании (ВНК) является владельцем 24 лицензий на добычу нефти и газа на месторождениях Томской области, 7 лицензий на право пользования недрами в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО), 7 лицензий на геологическое изучение с дальнейшей добычей углеводородного сырья. Кроме того, ОАО «Томскнефть» ВНК является агентом на разработку двух лицензионных участков ОАО «НК «Роснефть». Остаточные извлекаемые запасы предприятия составляют более 300 млн тонн.

Электроснабжение объектов месторождения осуществляется от различных подстанций в зависимости от района месторождения.

В данной статье рассматривается одна из типовых подстанций предприятия, нормальная схема электрических соединений подстанции представлена на рисунке 1. Данная подстанция питает кусты (места добычи нефти).

Подстанция имеет традиционную структуру, принятую для подстанций энергосистем России [5].

Электрэнергия поступает на подстанцию по двум линиям 35 кВ от подстанции 100/35/6 «Вахская».



**Рис.1 Нормальная схема электрических соединений**

В состав подстанции входят открытое распределительное устройство 35 кВ (ОРУ 35), комплектное распределительное устройство 6 кВ (КРУН - 6), силовые трансформаторы.

Силовые трансформаторы с подстанционной маркировкой Т1, Т2 используются для преобразования переменного напряжения 35 кВ в переменное напряжение 6 кВ. Тип трансформаторов типа ТД – 10000/35; в обозначении типа Т – трёхфазный; Д – принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла; 10000 – номинальная мощность, кВ·А; 35 – напряжение обмотки высшего напряжения, кВ [1].

Силовые трансформаторы с подстанционной маркировкой 1ТСН-6 и 2ТСН-6 используются для преобразования переменного напряжения 6 кВ в переменное напряжение 0,4 кВ. Напряжение 0,4 кВ используется на подстанции для питания потребителей собственных нужд, например, оборудования для систем охлаждения силовых трансформаторов (обеспечение принудительной циркуляции воздуха) [5].

ОРУ 35 кВ выполнено по упрощенной схеме №35 - 5 Н - мостик с выключателями в цепях линий без ремонтной перемычки со стороны линий [3].

РУ 6 кВ выполнено по схеме одна рабочая система сборных шин [5]. На распределительных устройствах установлены высоковольтные выключатели (выполнение функций включения и отключения тока), разъединители (реализация отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током, а также обеспечения безопасности ремонтных работ имеет между контактами в отключенном положении изоляционный промежуток); защитные аппараты от перенапряжений; измерительные трансформаторы тока и напряжения.

На ОРУ 35 кВ используются масляные выключатели типа С-35 в обозначении типа: С – обозначение серии; 35 – номинальное напряжение сети, кВ. Так как масляные выключатели требуют сложного эксплуатационного обслуживания, в настоящее время они заменяются на вакуумные с более легким обслуживанием. На РУ 6 кВ установлены выключатели типа ВБЧЭ-10; в обозначении типа: В – выключатель; Б – вакуумный; Ч – для частых коммутация; Э – с электромагнитным приводом, 10 – номинальное напряжение, кВ.

Для защиты от перенапряжений используются ограничители перенапряжений. Так же используются ограничители перенапряжения ОПН-35 и ОПН - 6, которые пришли на смену устаревшим разрядникам.

Измерительные трансформаторы напряжения (тока) служат для контроля напряжения на шинах (тока в цепях), также для понижения первичного напряжения (тока) до величины, необходимой для питания измерительных цепей, цепей релейной защиты, автоматики и учета.

На подстанции установлены измерительные трансформаторы напряжения типа НТМИ-6, в обозначении типа: Н – трансформатор напряжения; Т – трёхфазный; М – тип изоляции: масляная; И – с обмоткой для контроля изоляции сети; 6 – номинальное напряжение, кВ.

На подстанции установлены следующие измерительные трансформаторы тока:

- ОРУ- 35; тип ТВ-35-II, в обозначении типа: Т – трансформатор тока; В – встроенный; 35 – номинальное напряжение; II – климатическое исполнение,

- РУ-6; тип ТОЛ-10, в обозначении типа: Т – трансформатор тока; О – одновитковый; Л - Исполнение изоляции: литая; 10 – номинальное напряжение, кВ.

Оборудование на 35 кВ расположено на открытом воздухе; для РУ 6 кВ используются шкафы комплектных распределительных устройств [3].

При повреждениях в электрической части подстанции возникают аварийные режимы, в основном связанные с короткими замыканиями. (КЗ).

Характерными особенностями режима КЗ являются значительное увеличение тока и снижение напряжения. Ток возрастает до значений, в несколько раз превышающих номинальный, что может привести к значительным повреждениям электрооборудования. Электрические аппараты и токоведущие части подстанции должны выдерживать термическое и электродинамическое действия токов коротких замыканий, а выключатели должны быть способны отключать токи аварийных режимов. Функции выявления и прекращения режима КЗ (отключение поврежденного оборудования) возложено на систему релейной защиты.

Назначение релейной защиты и основные требования. Основное назначение релейной защиты – отключение поврежденного элемента электрической сети при коротких замыканиях и других ненормальных режимах для предотвращения значительных повреждений оборудования или предупреждение.

Для примера в статье рассмотрена релейная защита трансформаторов 1Т (2Т).

На трансформаторах установлены следующие виды защит: дифференциальная, газовая, токовая защита.

Принцип действия дифференциальной защиты основан на сравнении токов по входам защищаемого трансформатора. С каждой стороны трансформатора устанавливаются трансформаторы тока, выбираемые так, чтобы их вторичные токи были приблизительно равны. Вторичные обмотки трансформаторов тока и реле соединяются между собой так, чтобы в реле протекала сумма всех этих токов. В нормальном режиме или при внешнем коротком замыкании сумма токов практически равна нулю и реле не работает. При КЗ в трансформаторе или на его выводах сумма токов дает ненулевое значение и реле срабатывает, после чего подается команда на отключение трансформатора [4].

Принцип работы газовой защиты: при повреждении обмоток трансформатора происходит разложение трансформаторного масла и выделение газа за счет разогрева масла выделяющимся теплом. Газ улавливается специальным газовым реле, установленным внутри корпуса трансформатора [4].

Дифференциальная защита выполняется с помощью РНТ-565 на обоих трансформаторах, МТЗ на основе РТ-40.

#### Литература

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие. – 5-е изд., стер. – СПб.: БВХ-Петербург, 2014. – 608 с.: ил.
2. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». СТО. 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические. Распределительных устройств подстанций 35-750 КВ. Типовые решения. - ОАО "ФСК ЕЭС", 2007. -132 с.: ил.
3. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учебное пособие для вузов / Г. Н. Ополева. — Москва: Форум Инфра-М, 2010. — 480 с.: ил.
4. Релейная защита: учебное пособие / В. Н. Копьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 160 с.: ил.
5. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина. — Москва: Изд-во МЭИ, 2015. — 296 с.: ил.

## МЕЛКОДИСПЕРСНОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ВОДО-УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ МОЩНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

**А.С. Зайцев, Р.И. Егоров**

Научный руководитель – доцент П.А. Стрижак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Использование отходов угле- и нефтепереработки в качестве топлив за последние годы стало общепризнанным трендом в развитии мировой энергетики [1-2]. В силу низкой калорийности, высокой зольности и ряда других свойств отходов, их поджиг представляет существенную проблему [1-2].

В данной работе мы предлагаем использовать воздействие мощными лазерными импульсами для тонкодисперсного распыления водо-угольных смесей (ВУТ) [3]. Данный подход может быть использован вместе с традиционными технологиями распыления, позволяя получить в составе топливно-воздушной смеси достаточно высокую долю легко воспламеняемых частиц топлива субмиллиметрового размера. Под действием лазерных импульсов, параллельно с распылением ВУТ будет происходить частичная газификация топлива [4-5], что также положительно скажется на скорости поджига топливной смеси.

Нами была проведена серия экспериментов, показывающая основные особенности процесса лазерного распыления водо-угольной смеси, приготовленной из отходов углепереработки (фильр-кек угля марки Г, состоящий из частиц угля ~64 вес. % размером не более 200 мкм, и воды). Схема эксперимента представлена на рис. 1а. Импульсный лазер Quantel Evergreen 200 инициировал диспергирование капли топлива, непрерывный лазер (533 нм) подсвечивал астигматическим пучком облако микрочастиц, выбитое из поверхности топлива в результате микровзрыва, происходящего при попадании мощного импульса. Наблюдение потока частиц происходило с помощью высокоскоростной видеокамеры Phantom V411 в плоскости перпендикулярной плоскости рисунка.