

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.

На рис. 16-г показаны кадры высокоскоростной видеосъемки потока мелкодисперсных частиц, выбитого из капли топлива лазерным импульсом длительностью 10 нс с интенсивностью ~ 9.3 Дж/см². Зеленые объекты на видеокдрах – это микрочастицы топлива и микроскопические капли воды, а также облака газа, полученного при абляции и пиролизе угля под действием импульса. Обработка видеозаписи [6,7] показывает, что в неподвижной атмосфере облако микрочастиц топлива распространяется на расстояние порядка сантиметра. На рис. 16-г также показан пример траектории распространения видимого центра масс облака. Анализ размеров частиц методом теневой фотографии позволяет заключить, что основная масса частиц ($\sim 70\%$) имеет размеры в диапазоне от 30 мкм до 70 мкм, что значительно ниже исходного размера частиц порошка фильтр-кека. Распределение частиц по скоростям непосредственно после выброса имеет очевидный максимум ($\sim 10\%$) вокруг величины 0.3-0.4 м/с. Максимальная скорость частиц может достигать 3м/с, средняя – немного менее 1м/с.

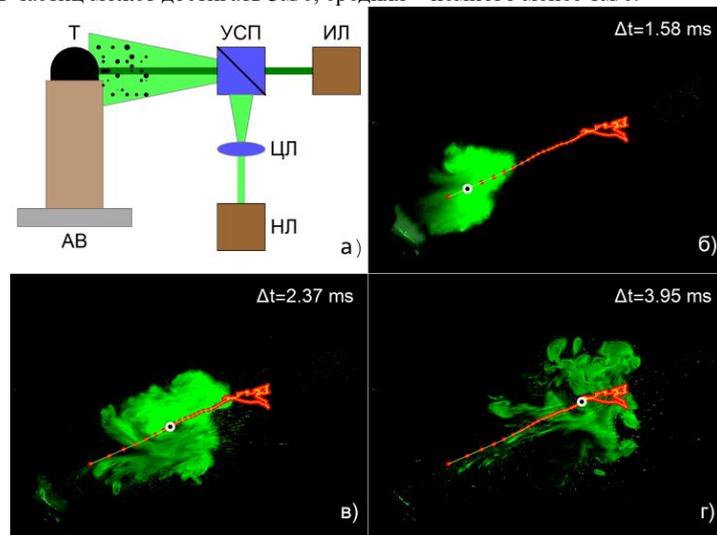


Рис.1. Схема экспериментальной установки (а). На схеме показаны импульсный (ИЛ) и непрерывный (НЛ) лазеры, цилиндрическая линза (ЦЛ) и устройство сведения пучков (УСП), аналитические весы (АВ), порция ВУТ (Т). Фотографии распространяющегося облака частиц ВУТ (б-г). Частицы ВУТ показаны зеленым, траектория облака частиц – красным, текущее положение видимого центра масс облака – белое кольцо

Отдельный интерес представляет скорость генерации топливного аэрозоля под действием лазерных импульсов. Для ее определения использовались электронные аналитические весы, на которые устанавливался держатель с порцией топлива в процессе воздействия лазерными импульсами. Полученные зависимости массы выбитого из капли топлива вещества от количества поглощенных импульсов показаны на рис. 2а.

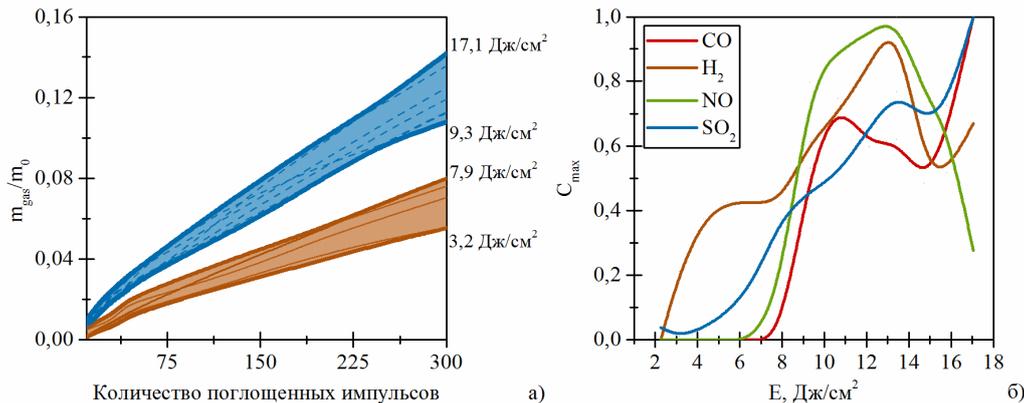


Рис. 2 Зависимость изменения массы газо-аэрозольной смеси от количества поглощенных лазерных импульсов (а). Диапазон соответствующих плотностей энергии импульсов указан на правой шкале. Зависимость нормированных концентраций компонентов сингаза от плотности энергии импульсов (б)

Видно, что кривые, описывающие изменение массы, разделяются на два семейства, в зависимости от интенсивности лазерного излучения (плотности энергии импульсов). В случае, когда интенсивность импульса не превышает 8 Дж/см², выход распыленной массы после поглощения 300 импульсов не превышает 7% исходной массы капли. Это дает нам возможность оценить *максимальную* производительность метода порядка 35 мкг/имп.

При использовании интенсивностей лазерного излучения, превосходящих 8 Дж/см² наблюдается резкий скачок скорости генерации топливного аэрозоля. Проведенные исследования состава атмосферы внутри рабочего объема экспериментальной установки показали, что при высоких плотностях энергии лазерных импульсов наблюдается образование высоких концентраций газообразного оксида углерода (СО), что свидетельствует о начале

эффективной лазерной газификации топлива (рис. 2б). Таким образом, задавая энергию импульсов можно выбирать предпочитаемый режим диспергирования топлива (с задействованием газификации или без нее). Типичная зависимость концентрации основного горючего компонента сингаза (СО) от интенсивности лазерного излучения, представленная на рис. 2б, показывает, что рост интенсивности лазерных импульсов ведет к росту скорости генерации сингаза.

Из величины зазора между ветками зависимостей на рис. 2а можно оценить соотношение между массами газифицированного и тонкораспыленного ВУТ. Возникновение зазора однозначно связано с включением процесса газификации при превышении порога интенсивности лазерного излучения (8 Дж/см²). Таким образом, соотношение между массами топливного аэрозоля и сингаза оказывается на уровне порядка 3:1.

Характерный излом в левой части графика (рис. 2а) показывает, что при повторяющемся воздействии лазерных импульсов происходит высыхание ВУТ. После поглощения порядка 50-70 импульсов суспензия теряет большую часть воды и ее атомизация заметно замедляется.

Таким образом, в работе продемонстрирована эффективность тонкого распыления водо-угольной топливной суспензии мощными лазерными импульсами, которая позволяет создать достаточно высокую концентрацию тонких фракций в облаке топливного аэрозоля. Даже при воздействии единичных импульсов порядка 1-2% исходной массы перейдет в тонкораспыленное состояние. Показано наличие порога интенсивности лазерных импульсов (8 Дж/см²), при переходе которого запускается процесс свето-индуцированной газификации ВУТ. Оба продемонстрированных процесса позволяют создать в потоке капель ВУТ существенную концентрацию легко воспламеняемых компонентов, существенно упрощающих воспламенение ВУТ.

Литература

1. Glushkov D.O., Lyrshchikov S.Y., Shevrev S.A. and Strizhak P.A., Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste // *Energy & Fuels*. – 2016. – V 30 (4). – P. 3441 – 3450.
2. A. Kijo-Kleczkowska, Combustion of coal-water suspensions // *Fuel*. – 2011. – V 90 (2). – P. 865 – 877.
3. Chichkov B.N. and C. Momma and S. Nolte and F. Von Alvensleben and A. Tannemann, Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids // *Appl. Phys. A: Materials Sci. and Proc.* – 1996. – V 63 (2). – P. 109 – 155.
4. Egorov R. I., Strizhak P. A. The light-induced gasification of waste-derived fuel // *Fuel*. – 2017. – V. 197. – P. 28 – 30.
5. Zaitsev A.S., R.I. Egorov., Strizhak P.A. Light-induced gasification of the coal-processing waste: Possible products and regimes // *Fuel*. – 2018. – V. 212. – P. 347 – 352.
6. Hadad T., Gurka R. Effects of particle size, concentration and surface coating on turbulent flow properties obtained using PIV/PTV // *Exp. Therm. Fluid Sci.* – 2013. – V 45. – P. 203 – 212.
7. Young C.N., Johnson D.A., Weckman E.J., A model-based validation framework for PIV and PTV // *Exp. Fluids*. – 2004. – V 36 (1). – P. 23 – 35.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЫЛЬДЖИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОАО "ТОМСКГАЗПРОМ"

К.Г. Клепцов

Научный руководитель – доцент Н. М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

ОАО «Томскгазпром» образовано 24 июня 1998 года и входит в состав ОАО «Востокгазпром». Компания обеспечивает полный производственный цикл от освоения месторождений, добычи углеводородного сырья до подготовки и получения товарной продукции.

Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение (МНГКМ), лицензионный участок ОАО «ТомскГазпром», введено оно в промышленную эксплуатацию в конце 1998 года. На данный момент на месторождении функционирует система использования попутного конденсатного газа, а объемы подготовки конденсата составляют более миллиона тонн в год.

Мыльджинское месторождение имеет связь с системой и запитывается от Лугинецкой подстанции 220/110/35кВ.

Месторождение относится к особой группе 1 категории, снабжение такого потребителя осуществляется от трёх независимых источников питания. Первый и второй источники подходят на двух воздушных линиях, а третий источник это – газодизельная электростанция на самом предприятии.

На рис.1. представлена структурная схема подстанции. Подстанция имеет традиционную структуру [1]: распределительные устройства 110 кВ, 35 кВ и 6 кВ. Связь между РУ ОРУ-110 кВ, ОРУ -35 кВ и ЗРУ - 6 кВ обеспечивается двумя трансформаторами типа ТДТН - 10000/110 [2]. На РУ 6 кВ помимо внутренних потребителей имеются связи связано с газодизельной электростанцией (ГДЭС).