

Результаты анализа динамики охлаждения стальных шаров в большом объеме однородных и неоднородных жидкостей позволили установить возможность быстрого (в течение 10–15 с) эффективного снижения температуры металлического объекта при использовании суспензионных хладагентов (рис. 2, а). Для однородной жидкости максимальная эффективность охлаждения шара наблюдается по истечении более 30 с (тренд кривой охлаждения носит флуктуационный характер). Результаты экспериментов со спрейным охлаждением (рис. 2, б) имеют ряд отличительных особенностей в сравнении с данными при охлаждении шаров в большом объеме хладагента при схожих условиях проведения опытов. При охлаждении в большом объеме хладагента использование морской воды способствовало исключению режима пленочного кипения и, соответственно, более эффективной и быстрой утилизации избыточной теплоты, а в экспериментах при распылении наблюдался эффект «отскока» распыленных капель морской воды от нагретой поверхности в течение продолжительного времени (до 20–30 с). Эффект «отскока» капель условно соответствует режиму пленочного кипения в экспериментах в большом объеме хладагента. Как показывает анализ результатов опытов при выполнении эффекта «отскока», эффективность охлаждения значительно снижается. Основным результатом выполненного цикла экспериментов (охлаждение в большом объеме и спрейное охлаждение) является установление условия быстрого (максимальная утилизация тепловой энергии происходит в течение 5–15 с) охлаждения за счет использования суспензионных хладагентов.

#### Заключение

Установлено, что при использовании в качестве хладагента морской воды, а также суспензий глины и графита на поверхностях металлических шаров при погружении в жидкость отсутствует режим пленочного кипения, который является одной из главных причин снижения интенсивности теплоотвода от разогретых тел. Выполненные эксперименты позволили также установить возможность резкого снижения температуры сильно перегретых ( $T \approx 1000$  К) стальных шаров при охлаждении спреями суспензионных хладагентов. Отметим целесообразность использования для экстренного аварийного охлаждения энергетического оборудования (в том числе используемого на атомных электрических станциях) водных растворов солей и суспензий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МД-1221.2017.8) и стипендии Президента Российской Федерации (СП-1049.2016.1).

#### Литература

1. Bergles A., Manglik R. Current progress and new developments in enhanced heat and mass transfer// Journal of Enhanced Heat Transfer. – 2013. – V. 20. – P. 1–15.
2. Barber J., Brutin D., Tadrist L. A review on boiling heat transfer enhancement with nanofluids//Nanoscale Research Letters. – 2011. – V. 6. – P. 1–16.

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

С.В. Мартова

Научный руководитель – доцент М.Д. Кац

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Газовые и нефтяные месторождения, как правило, находятся на большом расстоянии от стационарных источников энергоснабжения, что требует использования мобильных автономных энергетических объектов, обеспечивающих электрической и тепловой энергией производственные объекты и временные поселки. В настоящее время таковыми являются передвижные электростанции и блочно-модульные котельные. Последние используются для выработки технологического пара и тепла.

Блочно-модульная котельная представляет собой контейнер (рис.1), в котором расположено технологическое оборудование и системы контроля и управления технологическими процессами.



Рис. 1 Схема блочно-модульной котельной [1]

## СЕКЦИЯ 12. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Котельная (рис.1) состоит из водогрейного или парового котла, водоочистного, топливного, теплообменного и насосного и оборудования. В качестве топлива, как правило, используется газ, добываемый на месторождении.

Для минимизации обслуживающего персонала на блочно-модульных котельных все системы должны быть автоматизированы. Процесс управления котельной заключается в контроле и регулировании следующих параметров: давления газа перед горелками, давления воды на входе в котел, температуры и давления теплоносителя на выходе из котла с коррекцией по наружной температуре воздуха.

Также процесс управления заключается в приведении в действие систем аварийных защит при достижении предельных значений регулируемых параметров.

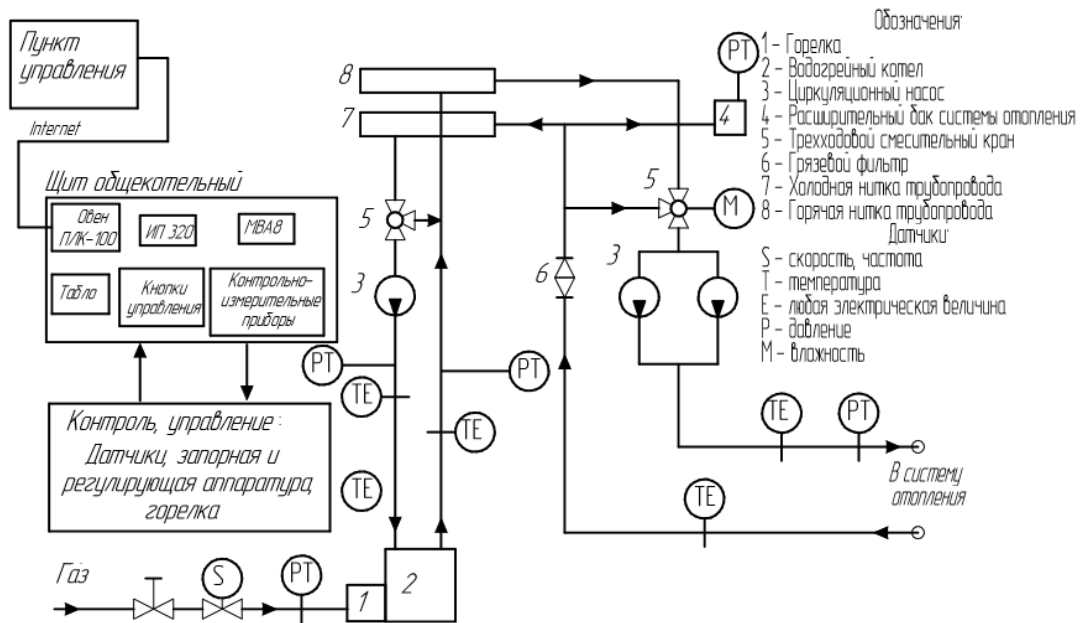
Целью настоящей работы явилась проектная разработка автоматизированной системы управления блочно-модульной котельной на базе современной аппаратуры контроля и управления.

Обзор и анализ современных технических средств показал, что применение интегрирующей управляющей аппаратуры на базе программируемых контроллеров позволит решить поставленные задачи.

Система автоматизации котельной реализуется на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК 100, предназначенный для создания средних и малых систем автоматизации [2] в следующей комплектации (рис.2): программируемый логический контроллер ПЛК100.24.К-М; панель оператора ИП320; модули ввода аналоговых сигналов МВА8 и вывода дискретных сигналов МВУ8; блок питания БП30Б-Д3; датчики температуры ДТС3225-РТ100.В2 и ДТС125-50М. 2.60; датчики давления ПД100-ДИО.6-1,0.И.11; датчик влажности ПВТ 100-К1.2.И; расходомер РМ1.

В котельной устанавливается обычно 1-2 котла с одноступенчатыми или двухступенчатыми газовыми горелками. Теплоноситель циркулирует по внешнему и внутреннему (котловому) контурам отопления. Встроенная автоматика регулирует работу газовой горелки и поддерживает заданную температуру теплоносителя.

Контроль и управление котельной осуществляется при помощи автоматических систем, реализуемых в ПЛК100.24.К-М, реализуемых программным (язык программирования CODESYS).



**Рис. 2** Блок-схема системы автоматизации модульной котельной

Для управления модульной котельной спроектирован щит оператора, выполняющий следующие функции: постоянную диагностику состояния автоматики с выдачей соответствующих аварийных сигналов и блокировок; фиксацию очередности аварий.

На передней панели щита расположены панель оператора ИП320, сигнальные табло наличия напряжения, аварии, кнопки пуска и остановки котла. На отдельной панели установлены приборы контроля температуры и давления теплоносителя и давления газа.

Основная информация о состоянии котла выводится на операторскую панель ИП 320 и включает в себя: состояние элементов оборудования (вкл/выкл); режим работы АСР (автоматический/ручной); изменение уставок заданных значений регулируемых параметров. Система автоматического управления котла производит фиксацию основных параметров работы котла и вспомогательного оборудования, используемых для технико-экономических расчетов и анализа аварийных ситуаций. Для диспетчеризации газовой котельной предусмотрена передача данных через интерфейс Ethernet.

Спроектированная система управления мобильной модульной котельной характеризуется высокими показателями надежности. Эффект от ее внедрения будет заключаться в снижении затрат по эксплуатации, уменьшении количества обслуживающего персонала.

Литература

1. ООО «ЭНЕРГИЯ и КО» URL: <http://www.kip-energ.ru/blochno-modulnaja-kotelnaja>
2. Каталог продукции ОВЕН URL: <http://www.owen.ru/catalog>
3. Волошенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 108 с.

**ОБЗОР СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

**М.А. Мясина, Н.М. Космынина**

Научный руководитель – доцент Н. М. Космынина

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

Система возбуждения предназначена для питания обмотки возбуждения турбогенератора (ТГ) постоянным током и его регулирования в нормальных и аварийных режимах [9].

Системы возбуждения по автономности их режима работы делятся на следующие виды:

- системы независимого возбуждения, работа которых не зависит от напряжения генератора или сети;
- системы самовозбуждения, режим работы которых зависит от напряжения генератора или сети.

К первому виду относятся все электромашинные возбудители постоянного и переменного тока, соединенные с валом возбуждаемой синхронной машины. Ко второму виду относятся системы возбуждения, получающие питание от выводов генератора через специальные трансформаторы [2].

К системам независимого возбуждения относятся (рис. 1) [2]:

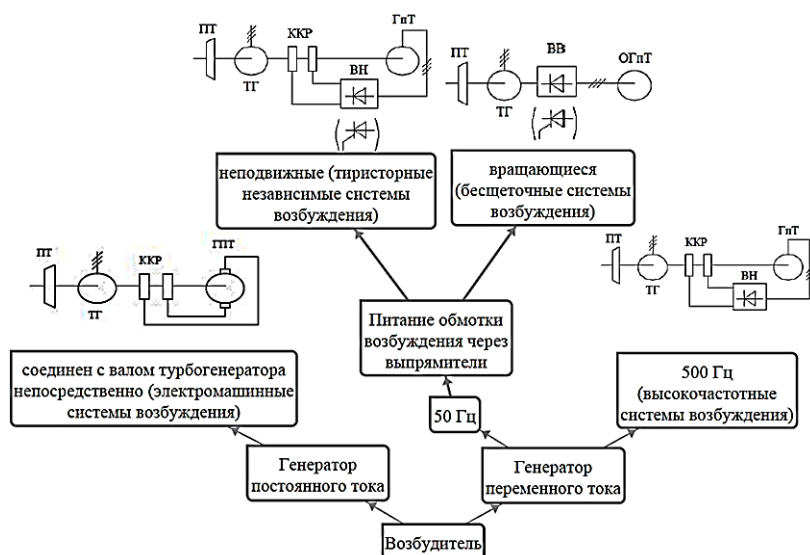
электромашинные системы, в которых в качестве возбудителя используется генератор постоянного тока, устанавливаемый на одном валу с ротором возбуждаемого ТГ;

высокочастотная система возбуждения, в которой используется в качестве возбудителя генератор переменного тока повышенной частоты (индукторного типа) с неуправляемым диодным выпрямителем;

бесщеточная система возбуждения с обратимым генератором переменного тока и вращающимся неуправляемым (диодным) или управляемым (тиристорным) преобразователем;

тиристорная система независимого возбуждения (СТН) с возбудителем в виде вспомогательного синхронного генератора промышленной частоты и тиристорного преобразователя.

К системам самовозбуждения относятся тиристорные системы самовозбуждения (СТС), в которых применяют трансформаторы и управляемые тиристорные преобразователи [10].



**Рис. 1 Классификация систем независимого возбуждения (по возбудителю) [9]:**

**ПТ – приводная турбина; ТГ – турбогенератор; ККР – контактные кольца ротора; ГПТ – генератор постоянного тока; ГТ – генератор переменного тока; ОГТ – обратимый генератор переменного тока, ВН – выпрямитель неподвижный; ВВ – выпрямитель вращающийся)**

Отечественные турбогенераторы изготавливаются в настоящее время на следующих заводах [11]:

- ПАО НПО «ЭЛСИБ» г. Новосибирск [7];