

УДК 621.365

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБОЙЛЕРНЫХ УСТАНОВОК (ЭБУ) НА
БАЗЕ ВОДОГРЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ КОТЛОВ
USE OF ELECTRIC BOILER INSTALLATIONS (ECU) ON THE BASIS OF
HOT WATER ELECTRODE BOILERS**

Д.П. Лобач

Научный руководитель – М.Л. Протасеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
protasenia@bntu.by

D. Lobach

Supervisor – M. Pratasenia, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** Описаны особенности конструкции ЭБУ на базе водогрейных электродных котлов Parat IЕН мощностью по 50 МВт, перечислены требования к качеству сырья, перечислены параметры, подлежащие автоматическому контролю под руководством системы автоматизированного управления. Указаны способы управления выходными параметрами и энергопотреблением в зависимости от параметров сетевой воды. Описан опыт применения установки в производственных условиях.*

***Abstract:** The design features of the ECU based on Parat IЕН hot-water electrode boilers with a capacity of 50 MW are described, the requirements for the quality of raw materials are listed, and the parameters subject to automatic control under the guidance of an automated control system are listed. The ways of controlling output parameters and energy consumption depending on the parameters of network water are indicated. The experience of using the installation in production conditions is described.*

***Ключевые слова:** водогрейные электродные котлы, контроллер температуры, энергопотребление, системы автоматизированного управления*

***Keywords:** hot water electrode boilers, temperature controller, energy consumption, automated control systems*

Введение

В рамках перспективных направлений модернизации энергосистемы Республики Беларусь, а также с целью создания потребителей-регуляторов мощности для прохождения минимальных в основном ночных электрических нагрузок вводятся эксплуатацию электродкотлы различной мощности.

Основная часть

На Минской ТЭЦ-3 работают две электробойлерные установки (далее ЭБУ) на базе водогрейных электродных котлов Parat IЕН мощностью по 50 МВт.

Для корректной работы совместно с двумя электродкотлами устанавливаются четыре насоса замкнутого контура Etanorm RSY 300-400 мощностью по 52,4 кВт; два пластинчатых теплообменника Alfa Laval T-35 PFD; две автоматические установки поддержания давления и подпитки замкнутого контура; одна общая установка подготовки добавочной воды.

Для обеспечения циркуляции между теплообменниками и коллекторами обратной и прямой сетевой воды, расширителя слива из предохранительных клапанов, бака слива из расширителя и двух насосов откачки из бака в машзал главного корпуса установлены два сетевых насоса Grundfos LS500-300-710E мощностью по 1000 кВт (1 – раб., 1 – рез.)

Технические характеристики электродкотлов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электродкотла типа Parat IEN

Parat IEN Рабочее напряжение	10 кВ ± 10 %
Частота тока	50 ± 0,4 Гц
Мощность электродкотла	50 МВт
Диапазон регулирования	от 2 % до 100 %
Расчётное давление	10 бар
Рабочее давление	8 бар
Тестовой давление	15,7 бар
Расчетная максимальная температура	184,1 °С
Уставка отключения по температуре	160 °С
Рабочая температура подачи из котла	140 °С
Температура подачи воды от теплообменника	90 °С
Объём котла	30 м3
Номинальный расход теплоносителя	860 м3/ч

Электродный водогрейный котел (далее – электродкотел) предназначен для преобразования электрической энергии в тепловую посредством нагревания теплоносителя с последующей подачи его потребителю.

Принципиальная схема электродкотла представлена на рисунке 1.

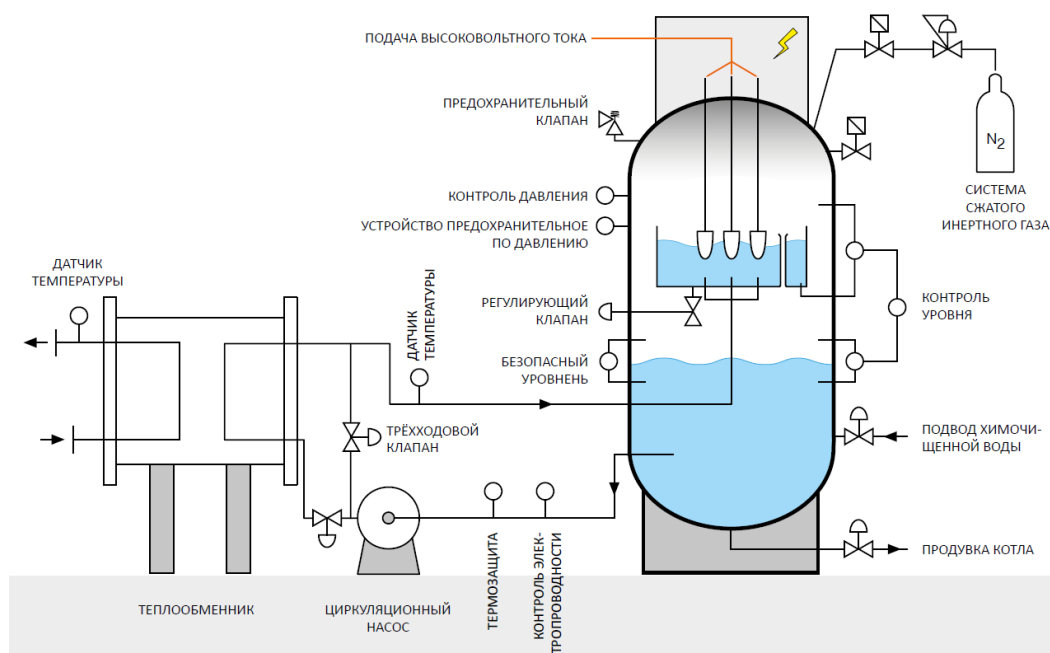


Рисунок 1 – Принципиальная схема электродкотла

Котел состоит из наружного и внутреннего резервуаров, которые электрически изолированы друг от друга и от конструкции с закрепленными электродами. Котловая вода циркулирует через верхний резервуар (резервуар нагрева), где производится ее нагрев электродами до необходимой температуры. В котле мощностью 50 МВт установлено 12 электродов, расположенных в верхнем резервуаре котла. Котел позволяет устанавливать постоянную температуру с шагом 1 °С до ее максимального значения. Выдача горячей воды с котла в греющий контур управляется дроссельной заслонкой.

Котел выполнен для 3-фазной сети, имеет угловое соединение (звездой). Одна фаза соединена с каждым электродом. В зависимости от конструкции каждая фаза состоит из четырёх электродов. Электрический ток проходит прямо в воде между фазовыми электродами и электродами нулевой точки. При работе котла все электроды должны быть включены, в случае выхода из строя одного из электродов котёл отключается.

Уровень воды в обоих резервуарах измеряется с помощью датчиков уровня и может быть визуально считан на смотровых стёклах. По показаниям этих датчиков определяется общий объём воды в котле. Важным параметром, связанным с оптимальным функционированием котла, является электрическая проводимость воды. Проводимость непрерывно контролируется для гарантирования производительности. При превышении установленного параметра проводимости включается автоматическая продувка.

Для эксплуатации котла рекомендовано следующее качество воды первичного контура электрокотла:

- удельная электрическая электропроводимость Н-катионированной пробы
 - не более 3,0 мкг-экв/л;
 - общая жесткость – не более 3,0 мкг-экв/л (при авариях до 6);
- содержание растворённого кислорода, кремнекислоты, соединений меди, соединений натрия являются ненормируемыми показателями.

Производитель допускает значение электропроводимости до 6,0 $\mu\text{S}/\text{см}$ без ухудшения характеристик работы котла.

Вода в сосуде при эксплуатации котла находится под давлением азота. Азот в системе не потребляется, для поддержания функционирования системы требуется два стандартных баллона азота на год эксплуатации, т.е. до планового ТО. Такая система обеспечивает:

- предотвращение закипания воды в котле любых режимах эксплуатации;
 - отсутствие кавитации на всосе насосов;
- отсутствие необходимости установки расширительного бака.

При продувке верхней секции котла (выполняется автоматически в случае образования водорода) 1-2 сек в течение 24 часов работы, расход азота минимальный. Для предотвращения аварийных ситуаций, вызванных неконтролируемым повышением давления в резервуаре, котел снабжается предохранительными клапанами. Для сброса неконденсирующихся газов в конструкции котла предусмотрены автоматические вентиляционные клапаны. Они открываются с заданным интервалом времени для проветривания или вентиляции котла.

Установка работает полностью автоматически под руководством системы автоматизированного управления (САУ), которая обеспечивает:

- автоматическую проверку готовности к пуску;
- автоматический пуск с выходом на режим заданной нагрузки;
 - стабилизацию заданного режима;
- автоматический и автоматизированный (с участием человека) пуск;
 - контроль и отображение параметров электрокотла;
 - предупредительную и аварийную сигнализацию;
- защиту электрокотла при пусках, остановках и работе под нагрузкой;
- интеграция локальной САУ со станционной системой управления (АСУТП) и отработку ее команд (при необходимости);
- автоматизацию вспомогательного оборудования электрокотла;
 - архивирование информации;
- регистрацию аварийных ситуаций, включая регистрацию информации о технологических параметрах за определенный период, предшествующий возникновению аварии.
 - перечень технологических защит, действующих на отключение электрокотла:
- повышение давления в котле выше номинального расчётного (без выдержки времени);
- повышение температуры, выходящей из электрокотла воды выше максимальной (с выдержкой времени);
 - понижение давления в котле ниже минимального рабочего;
- достижение минимально допустимого расхода воды первичного контура;
- превышение допустимого значения кондуктивности (проводимости) воды;
- превышение электрической мощности номинального значения на 10 %;
- неисправность распределительного устройства высокого напряжения.

Электрокотел используется для создания установок нагрева воды электрическим током, работающих по закрытой двухконтурной схеме в системах теплоснабжения. Котел включается в первичный контур, а вторичный контур подключается к системе горячего водоснабжения. Контуров разделены через теплообменник.

В котле при прохождении электрического тока через воду между электродами происходит нагрев воды. Количество электрической энергии, преобразуемой в тепловую в единицу времени, зависит от площади поверхности нулевых и фазовых электродов, погруженной в воду. Управление теплопроизводительностью котла осуществляется регулирующим клапаном в отводящем трубопроводе верхнего резервуара. Он регулирует переток воды из внутреннего резервуара во внешний. Изменяя его положение можно регулировать количество воды в верхнем резервуаре, что влечёт за собой изменение мощности котла. Также в регулировании мощности электрокотла участвуют циркуляционные насосы. Котел спроектирован так, что его максимальная производительность достигается тогда, когда верхний резервуар

заполнен полностью (при этом электроды полностью погружены в воду), а температура воды на выходе из котла составляет 140 °С. Для предотвращения закипания воды в первичном контуре система находится под давлением. Давление создается системой поддержания давления, представляющей собой резервуар, заполненный газообразным азотом. Для контроля температуры обратной сетевой воды в котле используется 3-ходовой перепускной клапан, который состоит из двух дроссельных заслонок, используемых для увеличения или уменьшения расхода теплоносителя. При понижении температуры в обратном трубопроводе котла расход воды в перепускной трубопровод увеличивается и уменьшает расход через теплообменник, а при повышении температуры в обратном трубопроводе расход в перепускном трубопроводе уменьшается. Температура воды влияет на её кондуктивность. Это значит, что если температура снижается, то и мощность котла будет уменьшаться. Поэтому важно, чтобы вода в теплообменнике не подвергалась излишнему охлаждению. Для этого шунты должны снизить скорость потока через теплообменник и тем самым увеличить скорость потока в обводной линии для поддержания нужной температуры в котле. Предпочтительное значение для контроллера температуры прямой сетевой воды регулируется на панели управления.

Контроллер температуры системы прямой сетевой воды получает значение от индикатора температуры. Выходной сигнал от контроллера передается к переключателю с наименьшим сигналом. Предпочтительное значение для контроллера температуры обратной сетевой воды регулируется на панели управления. Контроллер температуры для обратного трубопровода котла получает данные от индикатора. Выходной сигнал от контроллера передается к переключателю с наименьшим сигналом. Этот выходной сигнала обратный, это означает, что при понижении температуры, выходной сигнал снижается для того, чтобы закрыть доступ к теплообменнику. А когда температура повышается, увеличивается и сигнал, чтобы открыть доступ к теплообменнику. Наименьший из сигналов от двух контроллеров затем передается на приводы шунтов для увеличения/уменьшения.

Обычно котел управляется в зависимости от температуры прямой сетевой воды, но если нагрузка слишком высока, то контроллер температуры обратной сетевой воды предотвращает излишнее снижение температуры в котле. Таким образом, котел может работать на полной мощности, даже если нагрузка слишком высока. Однако, если температура в котле снижается, мощность может быть уменьшена на 25 % – 50 % в зависимости от нагрузки.

Если требуется более низкая температура прямой сетевой воды, температура в подающей и обратной линиях котла должна быть уменьшена на столько же. В противном случае велик риск возникновения проблем с управлением шунтов при более низких нагрузках. Это явление может также возникнуть при низких нагрузках с нормальными настройками. Для того, чтобы исправить это, предпочтительные установленные значения для температуры линии подачи котла следует уменьшить. В таком случае обычно ситуация стабилизируется.

Основными потребителями электроэнергии в ЭБУ являются электроды электродвигателя мощностью 50 МВт, сетевой насос Grundfos LS500-300-710E мощностью 1000 кВт, два циркуляционных насоса замкнутого контура котла (один резервный) Etanorm RSY 300-400 мощностью по 52,4 кВт каждый, два дренажных насоса (один резервный) мощностью по 1,1 кВт, насос дозирования химических реагентов Grundfos DME 375-10 AR мощностью 0,24 кВт, автоматическая установка подпитки замкнутого контура котлов с насосами Grundfos CR15-06 A-F-A-E-HQQE мощностью 4,41 кВт. Суммарная мощность САУ составляет 0,5 кВт.

Заключение

В работе рассмотрены вопросы практического использования современного котельного оборудования, которые могут быть использованы при последующем проектировании объектов электроэнергетической системы.

Такой вид котельного оборудования используется по закрытой двухконтурной схеме в системах теплоснабжения, кроме того, это ещё и надежный компонент повышения манёвренности и безопасности эксплуатации всей энергосистемы.

Литература

1. Испытания оборудования — залог безопасной эксплуатации [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <https://eepir.ru/article/ispytaniya-oborudovaniya-nbsp-zalog-bezopasnoj-ekspluatacii/>
2. Электрические и паровые газомазутные котлы — Беларусь [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://altenergy.lv/ru/электрические-и-паровые-газомазутны>