

Опыт разработки и внедрения полномасштабной АСУ ТП энергоблока ПГУ-450Т на ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго”

Копсов А. Я., доктор техн. наук, **Свидерский А. Г.**, канд. техн. наук,
Биленко В. А., канд. техн. наук, **Добрев Е. Н.**, канд. техн. наук, **Уколов С. В.**,
Жежеря Д. А., **Плотников Д. В.**, **Шавочкин И. А.**, **Маневская О. А.**, **Асосков О. Г.**

- ОАО “Мосэнерго”
- ЗАО “Интеравтоматика”
- ООО “Сименс”

Приведены: опыт разработки и внедрения полномасштабной АСУ ТП энергоблока ПГУ-450Т ст. № 3 ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго” на базе новейшего ПТК четвертого поколения SPRA-T3000, впервые применённого в России для технологии парогазовых установок; описание принципиальных технических решений по структуре АСУ ТП; особенности алгоритмов управления основным технологическим оборудованием электростанций, построенных на базе ПГУ-450.

Ключевые слова: Мосэнерго, ТЭЦ-27, ПГУ-450, АСУ ТП, SPRA-T3000.

В настоящее время развитие отечественной энергетики связано с парогазовой технологией, позволяющей получить высокий КПД (коэффициент полезного действия), недостижимый на традиционных энергоблоках, благодаря чему не только снижаются расходы на топливо, но и обеспечивается высокая экологическая чистота цикла.

Отмеченная тенденция не обошла стороной и такой энергодефицитный и динамично развивающийся регион России, как Москва и Московская область. В октябре 2007 г. в рекордно короткие сроки был введён в эксплуатацию энергоблок ПГУ-450Т ст. № 3 ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго” – современный энергоблок, отражающий последние достижения мировой энергетики как в области технологического оборудования, так и в сфере автоматизированных систем управления. Первая парогазовая установка для Мосэнерго сочетает в себе экономичную парогазовую технологию с эффективной утилизацией тепла уходящих газов, минимальным выбросом вредных веществ и высоким уровнем автоматизации процессов управления.

В соответствии с принятым на ТЭЦ-27 разделением автоматизированных систем управления тепломеханическим (ТМО) и электротехническим (ЭТО) оборудованием, полномасштабная АСУ энергоблока № 3 создавалась в виде двух взаимосвязанных систем. В дальнейшем в статье пойдёт речь о системе автоматического управления тепломеханическим оборудованием, построенной на базе SPRA-T3000.

Проект АСУ ТП этого энергоблока был первым применением ПТК (программно-технический комплекс) четвертого поколения фирмы “Siemens” SPRA-T3000 [1] в России для технологии парога-

зовых установок. Кроме того, на момент начала работ по проекту шёл лишь третий год внедрения SPRA-T3000 на мировом рынке. Тот, безусловно, положительный факт, что Россия одновременно с остальными странами получила возможность применения нового продукта, в то же время усложнил задачу из-за отсутствия опыта его массового внедрения. Фактором, облегчающим внедрение ПТК SPRA-T3000, являлась его преемственность по отношению к ПТК фирмы “Siemens” предыдущих поколений, особенно в части базового математического обеспечения (МО). На всех российских энергоблоках ПГУ-450, введённых в эксплуатацию до 2007 г., таких как энергоблоки ст. № 1 и 2 Северо-Западной ТЭЦ Санкт-Петербурга [2], энергоблок № 1 Калининградской ТЭЦ-2, автоматизированные системы управления технологическими процессами были разработаны ЗАО “Интеравтоматика” с применением техники фирмы “Siemens”. Эти обстоятельства позволили в полной мере использовать накопленный опыт при создании АСУ ТП нового энергоблока ПГУ-450.

С целью минимизации объёма проводных связей в настоящее время широко используется размещение технических средств автоматизации в максимальной близости от технологического оборудования. Данный принцип был применён и при построении АСУ ТП энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27. Например, оборудование УСО (устройства связи с объектами) АСУ ТП котлов-утилизаторов и газовых турбин было установлено в специализированном помещении в непосредственной близости от технологического оборудования, в помещении РУСН 0,4 кВ были также смонтированы шкафы с модулями УСО для приёма/передачи сигналов от

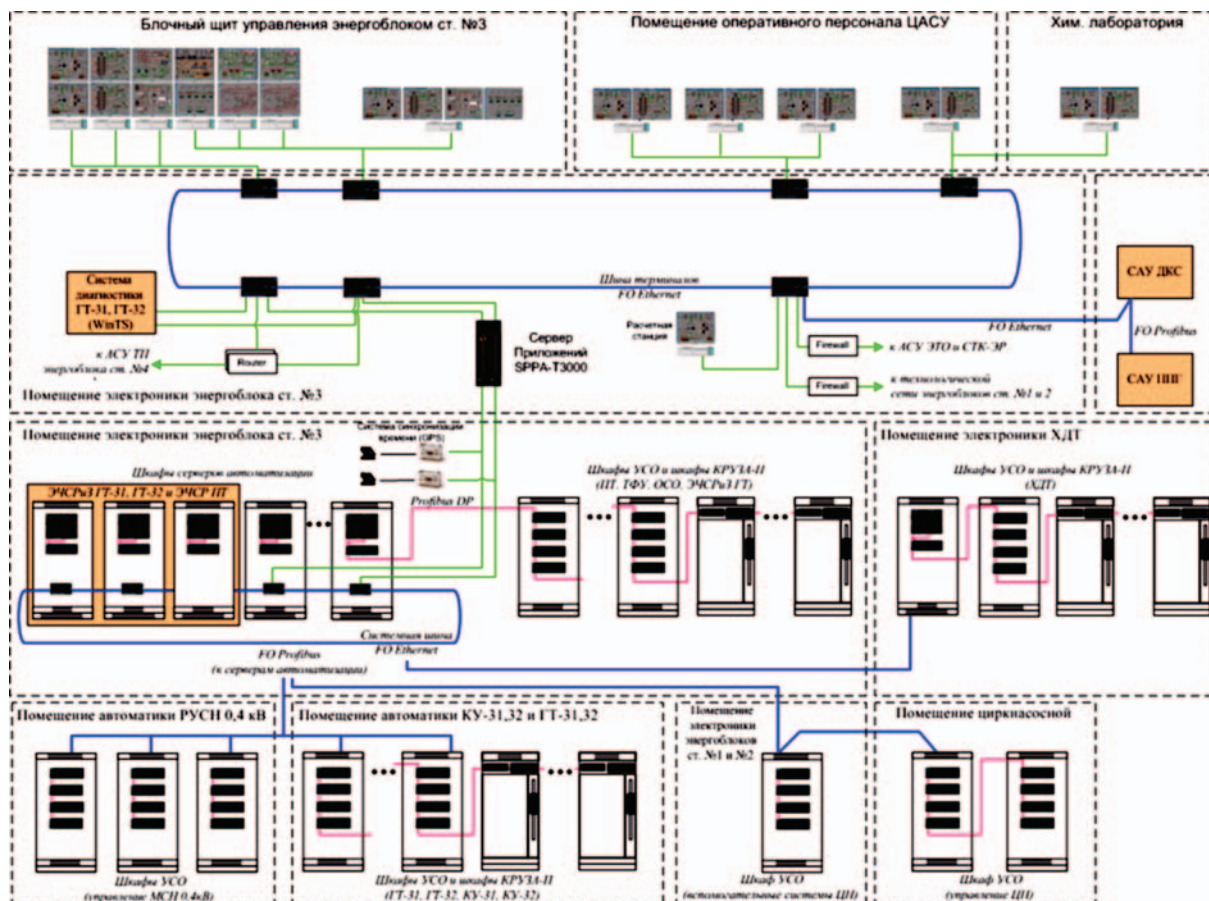


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП ПГУ-450Т энергоблока ст. №3 ТЭЦ-27

шкафов управления механизмами собственных нужд 0,4 кВ и т.п.

Особенностью построения современных систем автоматизации является необходимость интеграции в АСУ ТП блока локальных САУ отдельных технологических агрегатов, поставляемых комплектно с автоматизируемым ими оборудованием. Так, в объём поставки оборудования для ТЭЦ-27 вошли следующие локальные системы: ЭЧСРиЗ (электронная часть системы регулирования и защиты) газовых турбин, ЭЧСР паровой турбины, САУ ППГ и ДКС (система автоматического управления пункта подготовки газа и дожимной компрессорной станции), системы технологического контроля параметров генераторов (СТК-ЭР).

Перед разработчиками АСУ ТП энергоблока ст. №3 ТЭЦ-27 стояла задача интеграции этих локальных САУ в АСУ ТП энергоблока с целью представления информации о работе всего основного оборудования на единых средствах операторского интерфейса, что значительно упростило бы процесс эксплуатации энергоблока. Эта задача была успешно решена, сегодня управление оборудованием через перечисленные локальные системы и предоставление информации о его работе осуществляются посредством тех же операторских станций SPPA-T3000, с которых производит-

ся управление всем прочим оборудованием энергоблока.

Краткое описание технологического оборудования энергоблока. Энергоблок ПГУ-450Т ст. №3 ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго” представляет собой парогазовую установку утилизационного типа, выполненную по дубли-блочной схеме и включающую в себя:

две газотурбинные установки типа ГТЭ-160, изготавливаемые Ленинградским металлическим заводом по лицензии фирмы “Siemens” (аналог V94.2) с электрогенератором ТЗФГ-160-2УЗ;

два вертикальных котла-утилизатора с контурами генерации пара двух давлений (П-107);

одну теплофикационную паротурбинную установку Т-150-7.7 с электрогенератором ТЗФА-160;

двухступенчатую теплофикационную установку с охладителем конденсата бойлеров;

различное вспомогательное оборудование (конденсатор, пускосбросные устройства, эжекторы, насосы и др.);

хозяйство дизельного топлива.

Газотурбинная установка ГТЭ-160, являющаяся одновальным турбоагрегатом и предназначенная для непосредственного привода электрического генератора, допускает работу на двух видах топлива: основном – газообразном и аварийном – жидком. При этом смена вида топлива возможна

без останова турбоагрегата, что обеспечивает большую надёжность бесперебойной работы ГТУ.

Уходящие газы от ГТЭ-160 поступают в котел-утилизатор двух давлений, в поверхностях которого происходит процесс образования пара. Котел-утилизатор П-107 имеет башенную компоновку, два парогенерирующих контура [высокого (ВД) и низкого (НД) давления] с паровыми барабанами [барабан НД (БНД) выполнен с интегрированным деаэрационным устройством] и с принудительной циркуляцией в испарительных контурах. Питательная вода через газовый подогреватель конденсата (ГПК) подаётся во встроенное в БНД деаэрационное устройство.

Установка деаэрационного устройства непосредственно в БНД позволяет использовать для деаэрации собственный пар барабана, отказавшись от установки специального деаэрационного бака, что сокращает количество регулирующих органов и запорной арматуры. Питание паром деаэратора может также осуществляться из коллектора собственных нужд блока.

После деаэрационного устройства питательная вода сливается непосредственно в БНД, из которого питательными насосами высокого давления (ПЭН ВД) направляется в барабан высокого давления (БВД).

Полученный в контурах высокого и низкого давлений котла-утилизатора пар поступает в паротурбинную установку. Турбина представляет собой одновальный двухцилиндровый агрегат с дроссельным парораспределением пара высокого и низкого давлений. Она имеет два регулируемых отопительных отбора для ступенчатого подогрева сетевой воды в теплофикационной установке, состоящей из подогревателей сетевой воды ПСГ-1 и ПСГ-2.

Отработанный пар поступает в конденсатор, откуда конденсатными насосами турбины (КНТ) конденсат подаётся обратно в котлы-утилизаторы. В случае включения в работу теплофикационной установки пар, конденсируемый в подогревателях сетевой воды, конденсатными насосами бойлеров (КНБ) также подаётся в котлы-утилизаторы.

Структурная схема ПТК АСУ ТП энергоблока ПГУ-450Т ст. № 3 ТЭЦ-27 показана на рис. 1. ПТК включает в себя три уровня: уровень представления информации, уровень обработки данных и уровень получения данных от периферийного оборудования.

Уровень представления информации строится на так называемых “тонких” клиентах (Thin Clients) – обычных персональных компьютерах с установленной на них одной из самых распространённых сегодня операционных систем (например, Windows). Эти персональные компьютеры объединяются в единую сеть с сервером приложений SPPA-T3000 и могут выполнять функции как операторских, так и инженерных станций. Всё необ-

ходимое для работы специализированное программное обеспечение подгружается с сервера приложений.

Стоит отметить, что специализированное программное обеспечение SPPA-T3000 создано с использованием многоплатформенных программных продуктов, таких как Java и XML. Отличительной чертой платформы Java и формата XML является их поддержка практически любой современной операционной системой.

Жизненный цикл таких компонентов АСУ ТП, как персональные компьютеры, в несколько раз короче жизненного цикла технологического оборудования тепловых станций, поэтому спустя какое-то время устройства верхнего уровня представления информации потребуют замены. За это время тем более морально устареет программное обеспечение, и на поставляемых взамен компьютерах, естественно, будет более современная операционная система. Применение описанной технологии позволяет в будущем производить замену верхнего уровня АСУ ТП с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов.

Оперативный контур управления энергоблоком ст. № 3 ТЭЦ-27 включает в себя рабочее место машиниста энергоблока № 3 с шестью операторскими станциями (по два монитора на каждой) и рабочее место старшего машиниста энергоблоков ПГУ-450 (планировалось еще два таких же блока ст. № 4 и 5, энергоблок ст. № 4 введён в эксплуатацию в 2008 г.). Для анализа состояния оборудования АСУ ТП предусмотрены рабочее место начальника смены цеха АСУ и три полнофункциональные инженерные станции. Для ввода параметров ручного измерения проб и ведения химического режима предусмотрено рабочее место персонала химического цеха. Кроме того, в ходе проектирования и наладки была выполнена интеграция АСУ ТП энергоблока ст. № 3 в существующую внутреннюю технологическую сеть ТЭЦ-27, охватывающую энергоблоки ст. № 1 и 2. Таким образом, на выделенных рабочих местах стало возможным работать одновременно в двух системах автоматизации: существующей ранее АСУ энергоблоков № 1 и 2 и АСУ нового энергоблока № 3. Интеграция была реализована с повышенным уровнем безопасности посредством аппаратного шлюза с функциями Router + Firewall (маршрутизатор + брандмауэр).

Отдельного упоминания заслуживает местный щит управления хозяйством дизельного топлива. Хозяйство дизельного топлива (ХДТ) расположено на значительном удалении от главного корпуса. Согласно техническому заданию на построение АСУ ТП ХДТ должна была быть обеспечена возможность управления оборудованием как с местного щита, так и со щита управления энергоблоком, но при этом, согласно нормам и правилам эксплуатации топливного хозяйства, местный щит

управления должен быть независимым от верхнего уровня АСУ ТП энергоблока в целом.

Это условие делало невозможным установку в качестве устройства управления оборудованием ХДТ одного из “тонких” клиентов, ввиду их зависимости от работы сервера приложений АСУ ТП в целом. Как упоминалось ранее, вследствие новизны системы даже зарубежные создатели SPPA-T3000 зачастую не имели опыта в решении тех или иных рабочих вопросов. В частности, интеграция в ПТК SPPA-T3000 сенсорной панели управления, с помощью которой решались аналогичные задачи при создании АСУ ТП других блоков с использованием, например, ПТК Simatic PCS7 PS, воплощалась на ТЭЦ-27 впервые. В результате проведённых наладочных работ поставленная задача была успешно решена.

Ещё одним условием, поставленным в техническом задании на АСУ ТП энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27, было максимальное приближение интерфейса оператора, в целом, и окон управления, в частности, к уже существующему интерфейсу АСУ ТП энергоблоков № 1 и 2. Такое требование обусловлено возможностью работы сменного оперативного персонала на любом из энергоблоков ТЭЦ и, вследствие этого, необходимостью унификации окон управления для облегчения адаптации машинистов. Решение этой задачи взяли на себя специалисты ТЭЦ-27. С помощью программной среды, предоставленной фирмой “Siemens” (Prototype Editor©), входящей в пакет программного обеспечения SPPA-T3000, им удалось приблизить интерфейс новой системы к уже существующей для энергоблоков № 1 и 2, не потеряв при этом всех положительных функций, которые имеет новая система.

Уровень обработки данных представлен устройствами двух типов: сервером приложений и серверами автоматизации. Сервер приложений является ядром системы и выполнен в отказоустойчивом, резервированном исполнении. В качестве серверов автоматизации применены также резервированные контроллеры SIMATIC S7-400. Техническая и программная среды АСУ ТП разделены по технологическому принципу (котлы-утилизаторы, газовые турбины, паровая турбина и др.). За управление каждой из технологических зон отвечает отдельный резервированный сервер автоматизации. Всего в проекте АСУ ТП энергоблока ст. № 3 применено 11 серверов автоматизации, десять из которых установлены в помещении электроники энергоблока ст. № 3, а один – в помещении электроники ХДТ.

На уровне серверов автоматизации автоматически и непрерывно выполняются задачи реального времени. В частности, происходит одновременная обработка задач, требующих повышенного быстродействия (например, алгоритмов технологических защит), и задач автоматизации относительно

медленных процессов (например, алгоритмов регулирования температуры, пошаговых программ пуска оборудования и др.). Разделение цикличности обработки процесса производится пользователем на этапе проектирования и может быть изменено в процессе проведения наладочных работ.

Объединение серверов автоматизации и сервера приложений в единую сеть производится посредством отказоустойчивой резервированной шины Industrial Ethernet со скоростью обмена данными до 1 Гб/с.

Уровень получения данных от периферийных устройств представлен устройствами ввода/вывода и первоначальной обработки информации (устройства связи с объектом – УСО), входящими в номенклатуру технических средств SIMATIC. Связь модулей УСО с серверами автоматизации производится посредством помехоустойчивой цифровой “полевой” шины PROFIBUS DP, что позволяет размещать модули УСО в непосредственной близости от технологического оборудования. Эта возможность была реализована и шкафы автоматизации с установленными модулями УСО были разнесены по нескольким помещениям энергоблока № 3 и первой очереди ТЭЦ:

в помещении электроники энергоблока № 3 установлены сервер приложений, серверы автоматизации (за исключением сервера автоматизации оборудования ХДТ), шкафы с модулями УСО паровой турбины и теплофикационной установки, шкафы управления механизмами с.н. 6 кВ, шкафы КРУЗА П управления запорной и регулирующей арматурой паровой турбины и теплофикационной установки, ЭЧСРиЗ газовых турбин и ЭЧСР паровой турбины;

в помещении автоматики котлов-утилизаторов и газовых турбин были размещены шкафы с модулями УСО газовых турбин (за исключением ЭЧСРиЗ) и котлов-утилизаторов и шкафы КРУЗА П управления запорной и регулирующей арматурой газовых турбин и котлов-утилизаторов;

в помещении управления механизмов с.н. 0,4 кВ были установлены шкафы с модулями УСО управления механизмами с.н. 0,4 кВ;

в помещении электроники энергоблоков № 1 и 2, а также в помещении циркуляционных насосов (ЦН) были установлены шкафы с модулями УСО для управления ЦН и вспомогательным оборудованием первой очереди, переводимым на управление от АСУ ТП энергоблока № 3;

в помещении электроники ХДТ были смонтированы шкафы с модулями УСО и сервером автоматизации ХДТ и шкафы КРУЗА П управления запорной и регулирующей арматурой ХДТ.

Отдельного внимания заслуживает принятое решение о размещении модулей УСО непосредственно в низковольтных комплектных устройствах (НКУ) 0,4 кВ серии КРУЗА П, применяемых для

управления регулирующей и запорной арматурой и расположенных вблизи технологического оборудования. Заблаговременная передача модулей УСО на завод – изготовитель КРУЗА П позволила выполнить внутришкафной монтаж соединений модулей УСО и блоков управления арматурой силами завода, что существенно сократило время монтажных работ на площадке и уменьшило вероятность ошибки монтажа.

Установленные в КРУЗА П модули УСО принимают сигналы непосредственно от блоков управления запорной и регулирующей арматуры, и дальнейшая передача информации в АСУ ТП блока производится по шине PROFIBUS DP. Это дало возможность сократить затраты на кабельную продукцию, поскольку основное расстояние от КРУЗА П до серверов автоматизации покрылось легко монтируемой и занимающей мало места в кабельных каналах цифровой полевой шиной. Кроме того, установка модулей УСО непосредственно в шкафах КРУЗА П позволила упростить процесс наладки, так как весь монтаж оказался наглядно представлен в одном шкафу.

Еще одним решением, направленным на уменьшение кабельных связей внутри ПТК и сокращение времени монтажных работ на площадке, явилось выполнение всех шкафов с модулями УСО в виде шкафов двустороннего обслуживания, где с одной стороны были установлены клеммные блоки для приёма сигналов от полевого оборудования, а с другой – рейки с модулями УСО.

Для удобства обслуживания АСУ ТП в процессе эксплуатации, с учётом требований РД на реализацию технологических защит, было принято решение о вынесении сигналов, участвующих в формировании защит котлов-утилизаторов и паровой турбины, в отдельные шкафы. Защиты паровой турбины были реализованы с помощью двух независимых каналов, где не только датчики, участвующие в разных каналах защит паровой турбины, были заведены в разные шкафы УСО, но и обработка их показаний была реализована в отдельных серверах автоматизации. Для защит, построенных по схемам “два из трёх” или “два из двух”, сигналы от датчиков, участвующих в одной защите, были заведены в модули УСО, расположенные на разных рейках.

Алгоритмическое обеспечение АСУ ТП энергоблока ПГУ-450Т ст. №3 ТЭЦ-27. На рис. 2 представлена схема взаимодействия основных алгоритмов управления технологическим оборудованием энергоблока ПГУ-450. Она ограничена связью трёх основных типов функций АСУ ТП:

технологических защит блочного и агрегатного уровней;

пошаговых программ управления основным оборудованием;

основных режимных регуляторов.

Безусловно, существенную роль в обеспечении требуемого уровня автоматизации играют и другие алгоритмы управления: отключаемые и неотключаемые блокировки, включая АВР; локальные регуляторы и т.д.

По сравнению с традиционными энергоблоками ПГУ ориентированы на высокий уровень автоматизации пуско-остановочных режимов, так как длительность выполнения ряда операций, например пуск газовой турбины и её начальное нагружение, составляет несколько минут и включает в себя большое количество переключений. Ориентироваться на постоянное участие в них оперативного персонала нереально. Так, за время пуска газовой турбины и взятия первоначальной нагрузки, кроме необходимости достаточно точно (в зависимости от изменения частоты вращения и других условий) производить управление её оборудованием, должны отрабатываться возникающие в котле-утилизаторе возмущения, связанные с изменением расхода и температуры газов на выходе газовой турбины; своевременно включаться в работу регуляторы уровня в БНД и БВД с изменением заданного значения уровня с пускового на основной; должны быть включены в работу, на автоматически выбранное, в зависимости от теплового состояния паровой турбины, давление регуляторы БРОУ ВД и РУ НД и т.д.

Технологические процедуры заполнения конденсатно-питательного тракта (КПТ), прогрева и заполнения БНД или БВД, конечно, выполняются более длительно, чем пуск газовой турбины, но и в этом случае, как показывает опыт эксплуатации большинства работающих в России ПГУ, строгую последовательность по управлению арматурой и механизмами с.н., включению в работу регуляторов, контроль за состоянием оборудования и технологических параметров необходимо осуществлять автоматически с использованием пошаговой логики.

Особенности регулирования уровня в ёмкостях для ПГУ с интегрированными в БНД деаэрационными колонками. Одной из ключевых задач в автоматизации управления работой энергоблока на базе ПГУ является надёжное поддержание в допустимых границах уровней в основных ёмкостях технологического цикла (в барабанах низкого и высокого давлений котлов-утилизаторов, конденсаторе паровой турбины, ПСТ) во всех режимах работы оборудования, включая аварийные.

Введённые на сегодняшний день ПГУ преимущественно имеют схему с общим деаэратором, регулирование уровней для которой производится следующим образом (в основном режиме):

уровень в конденсаторе поддерживается регулирующим клапаном на напоре КЭН [так называемые регулирующие клапаны уровня в конденсаторе (РУК)];

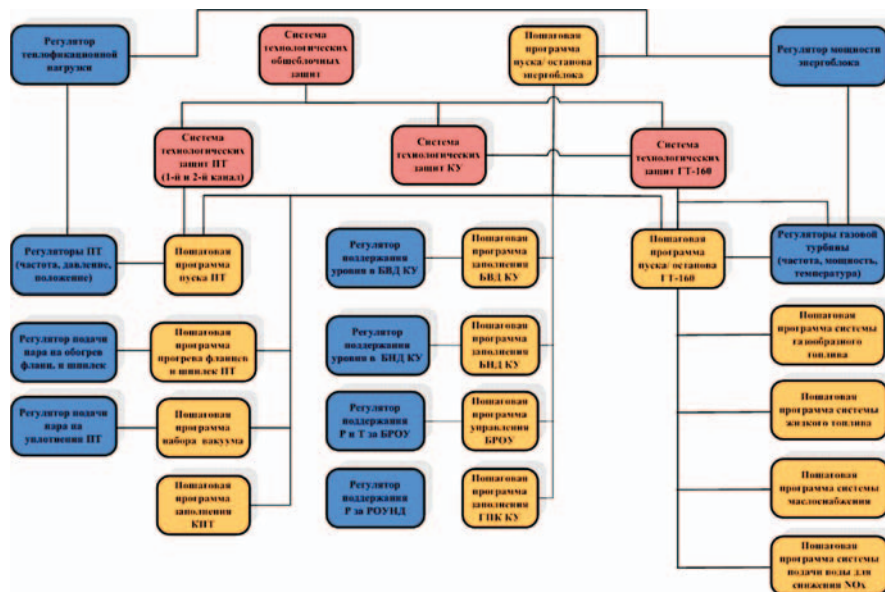


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия основных алгоритмов управления ПГУ-450Т энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27

уровень в деаэраторе поддерживается регулирующими клапанами нормального и аварийного добавка в конденсатор.

На энергоблоке ст. № 3 ТЭЦ-27 регулировать уровень в деаэрационной колонке по привычной схеме стало нерационально вследствие большой инерции тракта между клапанами добавка в конденсатор и БНД. Поэтому ЗАО “Интеравтоматика” предложило такую схему регулирования уровней в основных ёмкостях, когда:

уровень в конденсаторе поддерживается регулирующим клапаном на линии основного добавка;

уровень в БНД (в то же время во встроенной деаэрационной колонке) котлов-утилизаторов поддерживается регулирующими питательными клапанами на линиях низкого давления каждого котла.

Так называемые регулирующие клапаны уровня в конденсаторе (РУК и РУК-М) в первое время оставались не задействованными. Как показал опыт эксплуатации энергоблока ст. № 1 ПГУ-325 на Ивановской ГРЭС, где эти клапаны отсутствуют, при конденсационном режиме работы они действительно не нужны.

Но при переводе энергоблока в теплофикационный режим работы оказалось, что колебания давления в конденсатном тракте оказывают большое влияние на уровень в ПСГ. При росте давления в конденсатном тракте конденсатные насосы бойлеров периодически “запирались”, начинали работать на рециркуляцию, при этом уровень в ПСГ недопустимо возрастал. Было принято решение стабилизировать давление в конденсатном тракте с помощью ранее не задействованного клапана РУК. При работе теплофикационной установки этот клапан настроен на поддержание перепада давлений на регуляторе уровня в ПСГ, т.е. на поддержание в регулировочном диапазоне. Одновременно происходит стабилизация собственно да-

вления перед регуляторами уровня в БНД котлов. Накопленный опыт подтвердил правильность такого решения.

На рис. 3 показан график переходного процесса при отключении паровой турбины с мощности 60 МВт (при мощности газовой турбины № 31 120 МВт) от сети с выходом на холостой ход при работе полублока (ГТ + КУ + ПТ). Именно этот режим – лучший индикатор качества работы регуляторов котла-утилизатора, в первую очередь уровней в БВД и БНД, а также поддержания давлений и температуры с помощью БРОУ ВД и РУ НД. Как следует из графика, в данном режиме работы

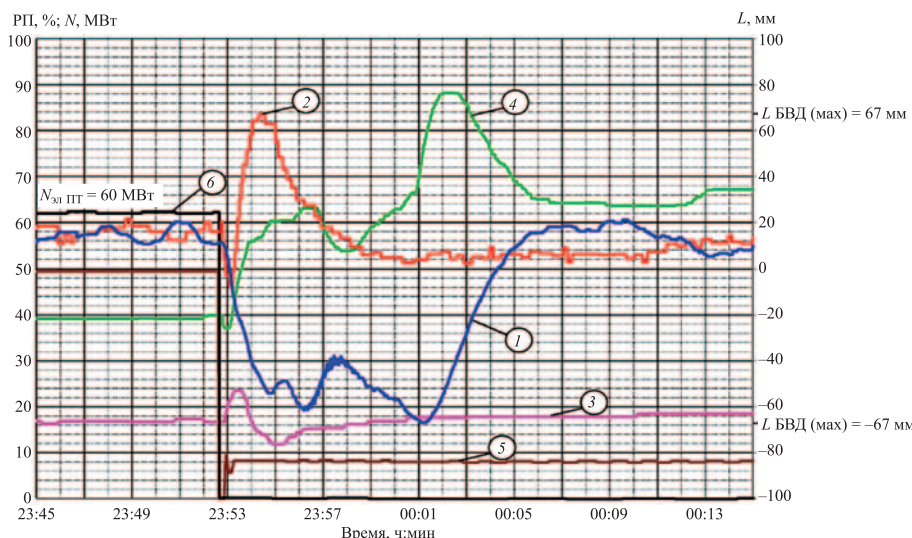


Рис. 3. Режим отключения от сети паровой турбины с мощности 60 МВт при работе полублока с котлом-утилизатором КУ-31:

1 – уровень L в БНД; 2 – уровень L в БВД; 3 – положение регулятора питания БВД; 4 – положение регулятора питания БНД; 5 – положение регулирующих клапанов паровой турбины; 6 – текущая активная мощность паровой турбины $N_{эл}$

оборудования изменение уровня в барабанах не превышает 67 мм, что составляет не более 15% допустимого диапазона изменения уровня.

Особенности регулирования электрической нагрузки энергоблоков на базе ПГУ-450. Управление нагрузкой энергоблока на базе ПГУ довольно сильно отличается от управления нагрузкой традиционных энергоблоков из-за наличия трёх электрогенераторов (ГТ1 + ГТ2 + ПТ), а также зависимости регулировочного диапазона газовых турбин от наружной температуры воздуха. Необходимость управлять мощностью газовых турбин, одновременно рассчитывая изменение нагрузки паровой турбины, затрудняет поддержание электрической нагрузки энергоблока в целом согласно заданному диспетчерскому графику.

Задача регулирования электрической мощности была решена внедрением системы автоматического регулирования частоты и мощности (САРЧМ) энергоблока в целом. Схема была опробована ЗАО «Интеравтоматика» ранее на других энергоблоках ПГУ (ПГУ-450 Калининградской ТЭЦ-2 [3], ПГУ-325 Ивановской ГРЭС [4]). САРЧМ позволяет с требуемой точностью поддерживать мощность энергоблока как в стационарных, так и в переходных режимах с требуемой скоростью. На рис. 4 изображён график работы САРЧМ энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27 при нагружении от 270 до 410 МВт.

Особенности регулирования температуры сетевой воды на энергоблоке ст. № 3 ТЭЦ-27 Мосэнерго. Регулятор температуры сетевой воды на выходе теплофикационной установки (ТФУ) энергоблока ст. № 3 ПГУ-450Т ТЭЦ-27 служит для поддержания температуры сетевой воды за ПСГ-2 в статическом и переходных режимах работы энергоблока. По результатам работы энергоблока с момента комплексного опробования, а также ввиду сложившихся решений по дальнейшей эксплуатации ТЭЦ-27 технологами станции определено, что энергоблок № 3 не будет эксплуатироваться в режиме поддержания только тепловой на-

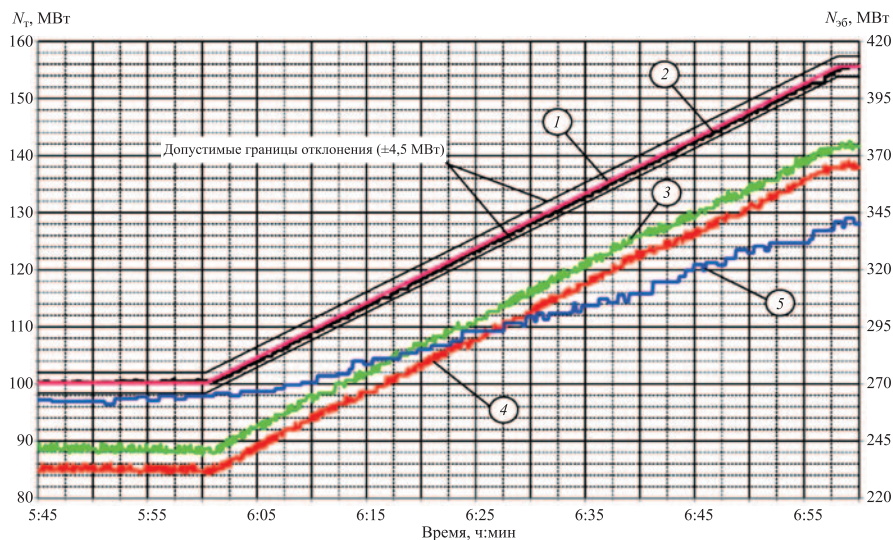


Рис. 4. График работы САРЧМ энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27 при нагружении от 270 до 410 МВт:

1 — заданная активная мощность энергоблока; 2 — текущая активная мощность энергоблока; 3 — то же газовой турбины № 31; 4 — то же газовой турбины № 32; 5 — текущая активная мощность паровой турбины

грузки. Другими словами, энергоблок № 3 ТЭЦ-27 никогда не будет работать в чисто теплофикационном режиме, когда поворотная диафрагма паровой турбины находится в предельном состоянии (полностью закрыта или открыта), а поддержание температуры сетевой воды осуществляется изменением мощности газовых турбин. Поэтому возможные режимы работы регулятора температуры сетевой воды были ограничены только режимом комбинированной выработки электрической и тепловой нагрузки.

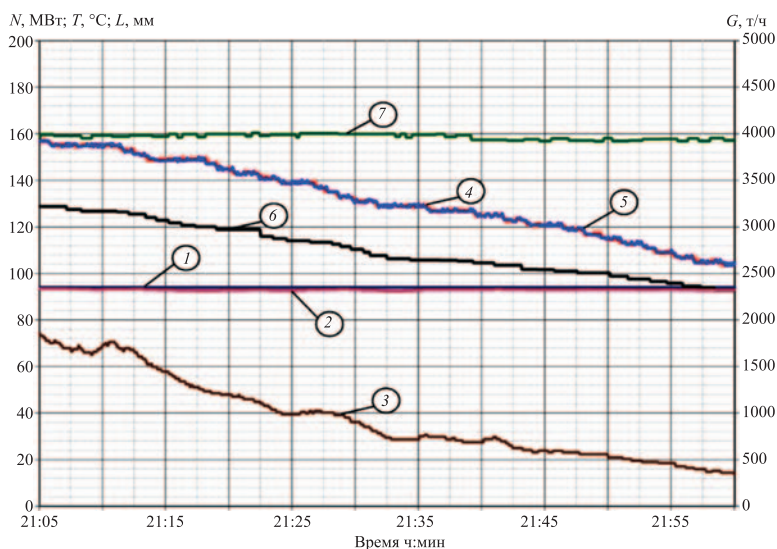


Рис. 5. График работы регулятора температуры сетевой воды при разгрузке энергоблока ст. № 3 ТЭЦ-27 от 440 до 300 МВт:

1 — заданная температура T сетевой воды за ПСГ; 2 — текущая температура T сетевой воды за ПСГ; 3 — положение поворотной диафрагмы (ПД) ПТ; 4 — текущая активная мощность газовой турбины № 31; 5 — то же газовой турбины № 32; 6 — то же паровой турбины; 7 — расход сетевой воды через ПСГ G

В этом режиме регулятор температуры сетевой воды воздействует на поворотную диафрагму паровой турбины, которая находится в регулировочном диапазоне 0 – 150 мм, через задатчик регулятора давления в теплофикационном отборе, реализованный в ЭЧСР ПТ.

При работе с полным составом ТФУ, т.е. при подключённых ПСГ-1 и ПСГ-2, для повышения качества регулирования в схему АСУ вводятся опережающий сигнал по температуре сетевой воды за ПСГ-1. Если ПСГ-2 отключён, температура сетевой воды за ПСГ-1 исключается из схемы регулирования.

На рис. 5 показан переходный процесс, иллюстрирующий работу регулятора температуры сетевой воды (плавное закрытие диафрагмы) при разгрузке энергоблока с 440 до 300 МВт.

Использование полномасштабного тренажёра энергоблока ПГУ-450Т для сокращения объёма и сроков наладки АСУ ТП. Принципиальным новшеством для практики ввода в эксплуатации российских энергетических объектов являлось включение в объём поставки полномасштабного (т.е. включающего в себя модель объекта управления и его АСУ ТП) тренажёра ПГУ-450Т [5] и проведение на нём предналадочной модельной настройки алгоритмов управления и их испытаний.

Данный тренажёр, разработанный совместно ЗАО “Интеравтоматика” и ООО “ЭНИКО ТСО”, представляет собой объединённую модель технологического оборудования и его АСУ ТП, причём практически все реально существующие входные сигналы и управляемые объекты АСУ ТП ПГУ-450Т имеют своё модельное отражение в тренажёре, т.е. как объект, так и АСУ ТП смоделированы в полном объёме.

Модель АСУ ТП, разработанная специалистами ЗАО “Интеравтоматика”, имеет 100%-ное соответствие программному обеспечению серверов автоматизации и полностью соответствует функциям АСУ ТП энергоблока ст. № 3, выполняемым в реальных серверах.

Существенно, что средства тренажёра и реальной АСУ ТП предусматривают возможность передачи прикладного программного обеспечения как из АСУ ТП в тренажёр, так и обратно.

Модель технологического оборудования, разработанная специалистами “ЭНИКО ТСО”, охватывает основное и вспомогательное тепломеханическое и электрическое оборудование энергоблока. Все основные элементы оборудования моделируются в полном объёме на базе физических принципов. Некоторые вспомогательные объекты, не влияющие на основной технологический процесс,

моделируются в объёме, достаточном для получения навыков управления и анализа ситуаций, возникающих на этом оборудовании.

Принципиальным достоинством тренажёра является то, что моделирование физических процессов в технологических системах базируется на решении дифференциальных уравнений, описывающих материальные, энергетические и механические балансы в моделируемой системе, в отличие от многих тренажёров, содержащих ограниченный набор табличных данных.

Наличие тренажёра с высокоточными всережимными моделями АСУ ТП и технологического объекта позволило, в частности, провести предварительную наладку таких ключевых алгоритмов, как пошаговые программы пуска (останова) маслосистемы газовых турбин, системы подачи газового и дизельного топлива, системы подавления выброса оксидов азота и программы пуска (останова) газовых турбин в целом. Также было определено требуемое значение времени хода клапана впрыска БРОУ и оптимизированы параметры настройки управляющего им регулятора, проведена проверка АВР сливных насосов ПСГ, испытаны САРЧМ и регулятор теплофикационной нагрузки, сопоставлены различные варианты схем регулирования уровня в барабанах высокого и низкого давления котлов-утилизаторов и многое другое.

Опробование алгоритмов на модели перед их внедрением позволило заранее проверить и, в случае необходимости, скорректировать логику управления, что значительно сократило время наладки. Кроме того, особо сложная часть алгоритмического обеспечения сначала разрабатывалась на тренажёре, а потом переносилась в реальную АСУ ТП.

Список литературы

1. Свидерский А. Г., Херпель Х. Новые технические средства для автоматизации объектов энергетики. – Теплоэнергетика, 2008, № 10.
2. Основные решения по построению АСУ ТП Северо-Западной ТЭЦ г. Санкт-Петербурга / Костюк Р. И., Биленко В. А., Уколов С. В. и др. – Электрические станции, 2004, № 1.
3. Биленко В. А., Маневская О. А., Меламед А. Д. Результаты испытаний системы автоматического регулирования частоты и мощности энергоблока ПГУ-450 Калининградской ТЭЦ-2. – Теплоэнергетика, 2008, № 10.
4. Опыт разработки и внедрения АСУ ТП ПГУ-325 Ивановской ГРЭС / Биленко В. А., Черномзав И. З., Артанов С. В. и др. – Электрические станции, 2009, № 2.
5. Полномасштабный тренажёр для обучения оперативного персонала энергоблока ПГУ-450Т ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго” / Молчанов К. А., Страшных В. П., Жежеря Д. А., Маневская О. А. – Теплоэнергетика, 2008, № 10.