

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА И ВОЗДУХА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК БЛОКОВ ПГУ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ РЕЖИМНЫХ И ВНЕШНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ю.С. Тверской, И.К. Муравьев (ФГБОУВО ИГЭУ им. В.И. Ленина)

Приводятся результаты исследования на математической модели энергоблока с парогазовой установкой ключевых факторов, влияющих на эффективность его работы. На основе полученных результатов разработана автоматическая система регулирования (АСР) подачи топлива в камеру сгорания и воздуха в компрессор газотурбинной установки. Приводятся результаты исследования предложенной АСР с учетом изменяющихся режимных и внешних климатических факторов, дается оценка эффективности ее работы при вариации температуры наружного воздуха.

Ключевые слова: газотурбинная установка, парогазовые технологии, эффективность, энергоблок, математическая и имитационная модели, структурный синтез, автоматическая система регулирования.

### Введение

Развитие современных многофункциональных АСУТП энергоблоков направлено на повышение эффективности тепломеханического оборудования путем более полного учета разного рода факторов и ограничений и носит, как правило, междисциплинарный характер. Особенно остро междисциплинарные проблемы проявились при освоении парогазовых технологий [1–5].

Несмотря на то, что энергоблоки с парогазовой установкой (ПГУ) обладают целым рядом известных преимуществ, для них характерен ряд существенных отрицательных факторов, которые влияют как на снижение экономичности оборудования, так и его эксплуатационной надежности (срок службы газовых турбин более чем в 2 раза меньше срока службы паровых турбин) [4–7].

Рассмотрим результаты очередного этапа исследований, который является логическим развитием обобщенного термодинамического анализа эффективности газотурбинной установки (ГТУ) и бинарного энергоблока в целом. Работа направлена на совершенствование алгоритмов управления энергоблоком.

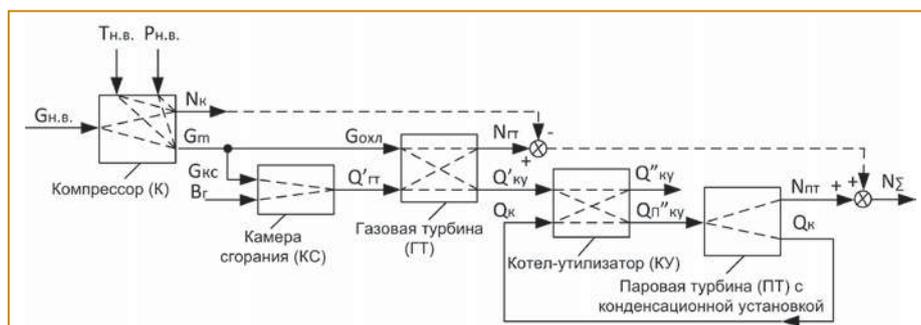


Рис. 1. Укрупненная структура ТКУ в терминах модели «вход/выход», где:  $G_{н.в.}$  – расход наружного воздуха;  $G_m$  – массовый расход воздуха,  $G_m = f_1(\rho_{н.в.}, T_{н.в.}, P_{н.в.})$ ;  $\rho_{н.в.}, T_{н.в.}, P_{н.в.}$  – плотность, температура и давление наружного воздуха соответственно;  $G_{кс}$  – расход воздуха в камеру сгорания;  $V_g$  – расход топлива;  $G_{охл}$  – расход воздуха для охлаждения ГТ;  $Q'_{гт}$  – тепловой поток дымовых газов за ГТ;  $Q''_{ку}$  – тепловой поток дымовых газов на входе и выходе котла-утилизатора соответственно,  $Q'_{ку} = f_2(T_{д.г.}, G_{д.г.}, c_{д.г.})$ ;  $T_{д.г.}, G_{д.г.}, c_{д.г.}$  – температура, расход и теплоемкость дымовых газов соответственно;  $Q''_{п'ку}$  – тепловой поток перегретого пара от котла-утилизатора (КУ);  $Q_k$  – тепловой поток конденсата;  $N_k, N_{гт}, N_{пт}, N_{\Sigma}$  – электрическая мощность компрессора, генераторов газовой турбины, паровой турбин и суммарная мощность ПГУ соответственно

Среди основных задач выделим структурный синтез новых АСР и разработку методики их настройки. Исследования эффективности работы АСР с учетом изменяющихся режимных и внешних климатических факторов выполнялись на математических моделях (полимоделном комплексе) [4, 6, 8].

Бинарный энергоблок представляет собой сложный многосвязный технологический объект управления (ТОУ) (рис. 1) с активной (ГТУ) и пассивной утилизационной (котлы утилизаторы с паровой турбиной) частями и с существенно различающимися динамическими свойствами.

В условиях реальной эксплуатации при участии энергоблоков в регулировании общесистемных параметров для поддержания эффективности ПГУ требуется совместное решение по меньшей мере трех следующих проблем.

Первая проблема связана с обоснованием информационного масштаба многофункциональной АСУТП, который имеет опытно-коммерческое происхождение (>1...2 тыс. точек контроля). Например, температура на входе в газовую турбину (ГТ) по объективным причинам не контролируется, а измеряемая температура отработавших газов за ГТ в on-line режиме является недостаточно представительным сигналом вследствие гетерогенности системы и динамических особенностей канала измерения. Иными словами, современное состояние АСУТП и, прежде всего, локальных систем управления требует строгого обоснования вектора управляемых технологических параметров ПГУ как сложного ТОУ.

Вторая проблема определяется критичностью работы ПГУ к изменениям нагрузки и внешних климатических (температура, давление) параметров, что существенно влияет на динамические особенности темпера-

туры, что существенно влияет на динамические особенности темпера-

турного<sup>1</sup> режима ГТ и требует многопараметрической оптимизации подачи топлива и воздуха в камеру сгорания (КС).

Третья проблема связана непосредственно с технологическими особенностями построения тепловых схем энергоблоков с ПГУ, содержащих активную газотурбинную часть с регулируемой подачей топлива в КС и воздуха в компрессор и пассивную утилизационную часть с полным отсутствием управления тепловой нагрузкой котла-утилизатора (КУ) и мощности паровой турбины (ПТ). При этом очевидно, что расчетные значения КПД ПГУ не могут быть достигнуты без полноценной работы утилизационной части энергоблока.

Первая проблема в настоящей работе решена путем выполненного обобщенного термодинамического анализа эффективности энергоблоков с ПГУ [9]. Результаты анализа показали, что ключевые параметры переопределенного объекта — это массовый расход воздуха и тепловой поток перед котлом утилизатором.

Как уже было отмечено (рис. 1), массовый расход воздуха характеризует неконтролируемое изменение плотности наружного воздуха, случайность (так называемый «плавающий» характер) которого определяется суточными и сезонными колебаниями параметров окружающей среды.

При этом штатный регулятор положения направляющего аппарата компрессора, выполненный по схеме с жесткой обратной связью, «не замечает» колебаний температуры и давления наружного воздуха и соответственно изменения массового расхода воздуха, подаваемого в компрессор ГТУ, и не устраняет возникающий дисбаланс между заданным расходом топлива и необходимым массовым расходом воздуха. Это приводит к неуправляемым отклонениям параметров и необходимости оперативного вмешательства.

Поэтому решение второй проблемы требует соответствующего регулирования подачи воздуха в компрессор ГТУ. Иными словами, необходимо, прежде всего, обеспечить стабилизацию массового расхода воздуха в строгом соответствии с нагрузкой ГТУ (*первая технологическая задача управления ПГУ*).

Решение третьей проблемы — оптимизации работы утилизационной части ПГУ — требует, чтобы  $Q'_{ку}$  — тепловой поток дымовых газов на входе в КУ находился на максимально возможном уровне (*вторая технологическая задача управления*).

Строго говоря, это означает, что должна быть поставлена задача вычисления смешанного экстремума (минимакса). При

этом минимакс как критерий оптимальности можно интерпретировать как наименьшие потери, которые нельзя предотвратить в наихудших обстоятельствах. В условиях изменяющихся режимных и климатических факторов, поскольку большинство параметров ГТУ и ПГУ так или иначе взаимосвязаны по термодинамическому циклу, и изменение одного из них влечет за собой изменение других параметров, аналитическое решение минимаксной задачи оптимизации режимов ПГУ представляется достаточно сложной физико-математической проблемой.

В режиме реального времени совместное решение первой и второй технологических задач может быть получено путем соответствующего согласования работы локальных АСР подачи воздуха в компрессор и топлива в камеру сгорания ГТУ многосвязной системы регулирования.

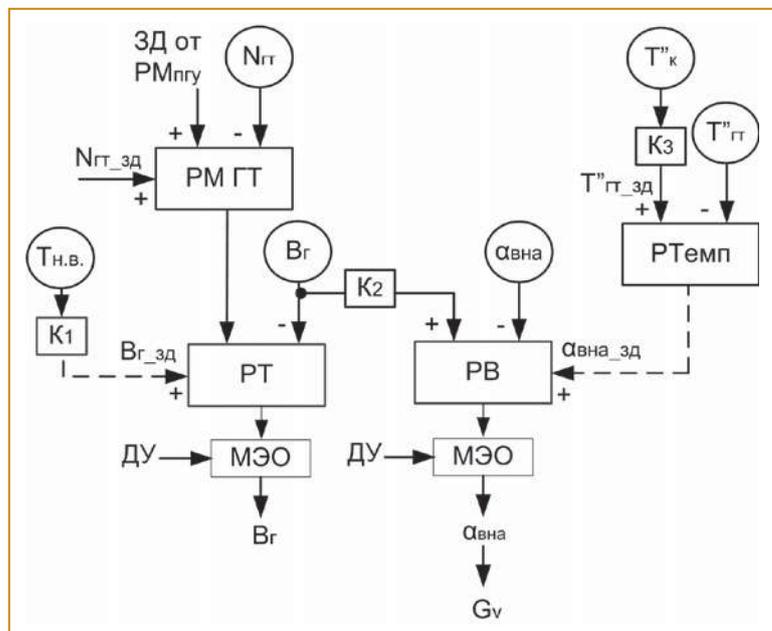


Рис. 2. Информационная структура АСР подачи топлива и воздуха в ГТУ, реализующая принцип «задание-топливо-объемный воздух» (схема 1 и 2, дополнительные элементы схемы 2 обозначены пунктирной линией), где  $N_{ГТ}$  — электрическая мощность газовой турбины; РМ ГТ — регулятор мощности газовой турбины; РТ — регулятор топлива; РВ — регулятор воздуха; РТемп — регулятор температуры;  $T_{н.в.}$  — температура наружного воздуха;  $T''_к$  — температура воздуха за компрессором;  $T''_Г$  — температура уходящих газов за ГТ;  $K_1, K_2, K_3$  — коэффициенты, определяющие соотношения «температура наружного воздуха-заданный расход топлива», «топливо-воздух» и «температура за компрессором-заданная температура за ГТ»; ДУ — дистанционное управление; МЭО — механизм электрический однооборотный;  $V_Г$  — расход топлива;  $\alpha_{ВНА}$  — угол открытия входного направляющего аппарата компрессора;  $G_v$  — объемный расход воздуха; ЗД от РМ ПГУ — задание от регулятора мощности ПГУ;  $N_{Г_зд}$  — задание электрической мощности газовой турбины;  $V_{Г_зд}$  — задание расхода топлива;  $\alpha_{ВНА_зд}$  — задание угла открытия входного направляющего аппарата компрессора;  $T''_{Г_зд}$  — задание температуры уходящих газов за ГТ

<sup>1</sup> При нормативном ресурсе ГТУ  $\leq 100$  тыс. ч против 270 тыс. ч паросиловых турбин проблема способа стабилизации температурного режима ГТ становится определяющей при синтезе АСР подачи топлива и воздуха.

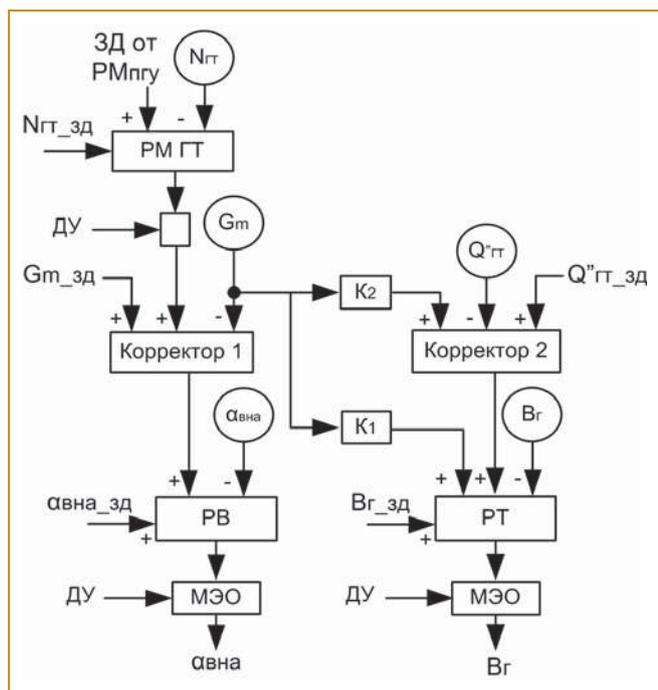


Рис. 3. Информационная структура АСР подачи топлива и воздуха, реализующая новый принцип «задание (мощность) – массовый расход воздуха – теплота – топливо», где  $Q''_{ГТ}$  – тепловой поток за ГТУ;  $Q''_{ГТ_зд}$  – задание теплового потока за ГТ;  $K_1, K_2$  – коэффициенты, определяющие соотношения «воздух – топливо» и «воздух – теплота за ГТ»

### Особенности структурного синтеза АСР

Рассматривая известные технические решения, которые реализуют принцип управления по формуле «задание – топливо – объемный воздух», не трудно видеть, что регулятор мощности (РМ) формирует задание регулятору расхода топлива (РТ) в камеру сгорания (*ведущий регулятор*), а угол открытия входного направляющего аппарата (ВНА) компрессора  $\alpha_{вна}$  изменяют пропорционально расходу  $V_g$  топлива (*ведомый регулятор*). Фактор влияния внешней среды, как правило, не учитывается (схема 1, рис. 2).

В ряде АСУТП фактор влияния внешней среды иногда учитывается либо путем дополнительного дискретного изменения задания РТ в зависимости от температуры  $T_{н.в.}$  наружного воздуха, либо путем автоматической стабилизации температуры газов за ГТ с воздействием на изменение положения ВНА (схема 2, рис. 2).

Однако при известных ограничениях по ВНА имеет место, как будет показано далее, неконтролируемое изменение температуры за КС и ГТ. Важно также, что режим работы утилизационной части ПГУ при построении системы управления по формуле «задание – топливо – объемный воздух» остается «пассивным».

Авторами предложен новый принцип управления по формуле «задание – массовый расход воздух – топливо» (рис. 3).

<sup>2</sup> Время сервомотора ВНА  $T_{с\ МЭО\ ВНА} = 60$  с, а регулирующего клапана  $T_{с\ МЭО\ ГАЗ} = 25$  с, что также предопределяет распределение функций регуляторов на ведомый и ведущий.

Способ регулирования мощности парогазовых установок путем изменения расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания ГТУ, и расхода воздуха, подаваемого в камеру сгорания ГТУ посредством компрессора, отличается тем, что расход воздуха устанавливают пропорционально заданной мощности. При этом теплоту потока выхлопных газов ГТУ на входе в котел утилизатор поддерживают постоянной на максимальном уровне путем регулирования расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания ГТУ. Значение теплового потока корректируется по фактическому массовому расходу воздуха.

Так в способе регулирования мощности парогазовых установок повышается точность изменения расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания ГТУ, и расхода воздуха, подаваемого в камеру сгорания ГТУ посредством компрессора. При изменении режимных и климатических факторов значение максимального уровня теплоты корректируют пропорционально изменениям массового расхода воздуха.

Иными словами, структуре системы управления (рис. 3) требуемое значение необходимого массового расхода воздуха  $G_m$  определяется заданием от регулятора более высокого уровня. Получается, что РМ формирует задание не РТ, а регулятору массового расхода воздуха (*ведущий регулятор*), а РТ осуществляет подачу топлива в КС ГТУ по факту наличия необходимого окислителя (*ведомый регулятор*).

Таким образом, при работе АСР в широком диапазоне нагрузок требуемое значение необходимого массового расхода воздуха определяется заданием от регулятора более высокого уровня — РМ. При этом стабилизация «плавающего» массового расхода воздуха, подаваемого в компрессор ГТУ, снимает неконтролируемые возмущения по каналу подачи окислителя (*первая технологическая задача*). Это достигается путем коррекции угла открытия ВНА компрессора ГТУ, а при полном открытии ВНА компрессора ограничивает автоматическую подачу топлива в КС и соответственно температуру перед ГТ, а также возможный перегрев лопаток ГТ.

*Вторая технологическая задача* поддержания оптимального теплового потока перед КУ решается путем коррекции подачи топлива в камеру сгорания, что в режиме реального времени достигается соответствующей настройкой системы по каналам  $K_1$  и  $K_2$  (компенсация по  $G_m$  обеспечивает инвариантность теплового потока с «плавающим» экстремумом к внешним возмущениям).

Учитывая динамические свойства регулирующих органов подачи воздуха и топлива<sup>2</sup> и требование ограничения скорости изменения нагрузки ГТУ при использовании энергоблоков с ПГУ в регулировании общесистемных параметров, не трудно видеть, что схема рис. 3 реализует совместное решение первой и второй технологических задач управления, в том числе при имеющихся ограничениях.

## Результаты исследований

Исследования работы рассмотренных выше систем автоматического регулирования выполнены на полимодельном комплексе энергоблока с ПГУ [4,6,8,9].

Пусть температура  $T_{н.в.}$  изменяется в диапазонах  $5...25^{\circ}\text{C}$  (рис. 4) и  $5...-25^{\circ}\text{C}$  (рис. 5).

Изменения температуры наружного воздуха вызывают изменение его плотности, массового расхода воздуха, мощности компрессора и электрической мощности ГТ (интервал  $50...550$  с).

В схеме 2 (рис. 2) изменение температуры наружного воздуха ведет к изменению подачи топлива (РТ — ведущий регулятор) и последующему изменению расхода воздуха (ведомый регулятор). Таким образом, устранение результирующего дисбаланса, вызванного изменением подачи топлива и соответственно температуры за ГТ, возлагается на ВНА компрессора, ограничения которого ведут к существенным нарушениям условий нормальной эксплуатации (рис. 4, 5).

На рис. 3 ведущим является регулятор расхода воздуха, который в условиях изменения температуры наружного воздуха изменяет положение ВНА компрессора, а далее по фактическому массовому расходу воздуха формируется соответствующее значение необходимого расхода топлива (РТ — ведомый регулятор).

Результаты исследования показывают, что схемы 2 (рис. 2) и рис. 3 по качеству переходных процессов основных параметров в случае, когда есть диапазон регулирования ВНА компрессора, можно считать сопоставимыми.

Однако, когда диапазон ВНА исчерпан, в схеме на рис. 3 массовый расход воздуха устанавливается на некотором оптимальном значении (минимальных потерь), при котором температура уходящих газов за ГТУ не может превысить установленный безопасный уровень (например, для отечественного энергоблока ПГУ-325 МВт значения в  $517^{\circ}\text{C}$ ).

В схеме 2 (на рис. 4 графики под номером 2) в случае повышения  $T_{н.в.}$  до уровня  $25^{\circ}\text{C}$  не трудно видеть, что массовый расход воздуха, поступающий в компрессор, возрастает и выходит на предельный уровень (полное открытие ВНА), который определяется конструктивными возможностями компрессора. Температура на выходе ГТУ поддерживается заданной, пока есть регулировочный диапазон компрессора. При изменении нагрузки наблюдаем исчерпание диапазона регулирования ( $t_i = 600$  с), температура начинает расти и, в конечном итоге, превышает установленный безопасный уровень.

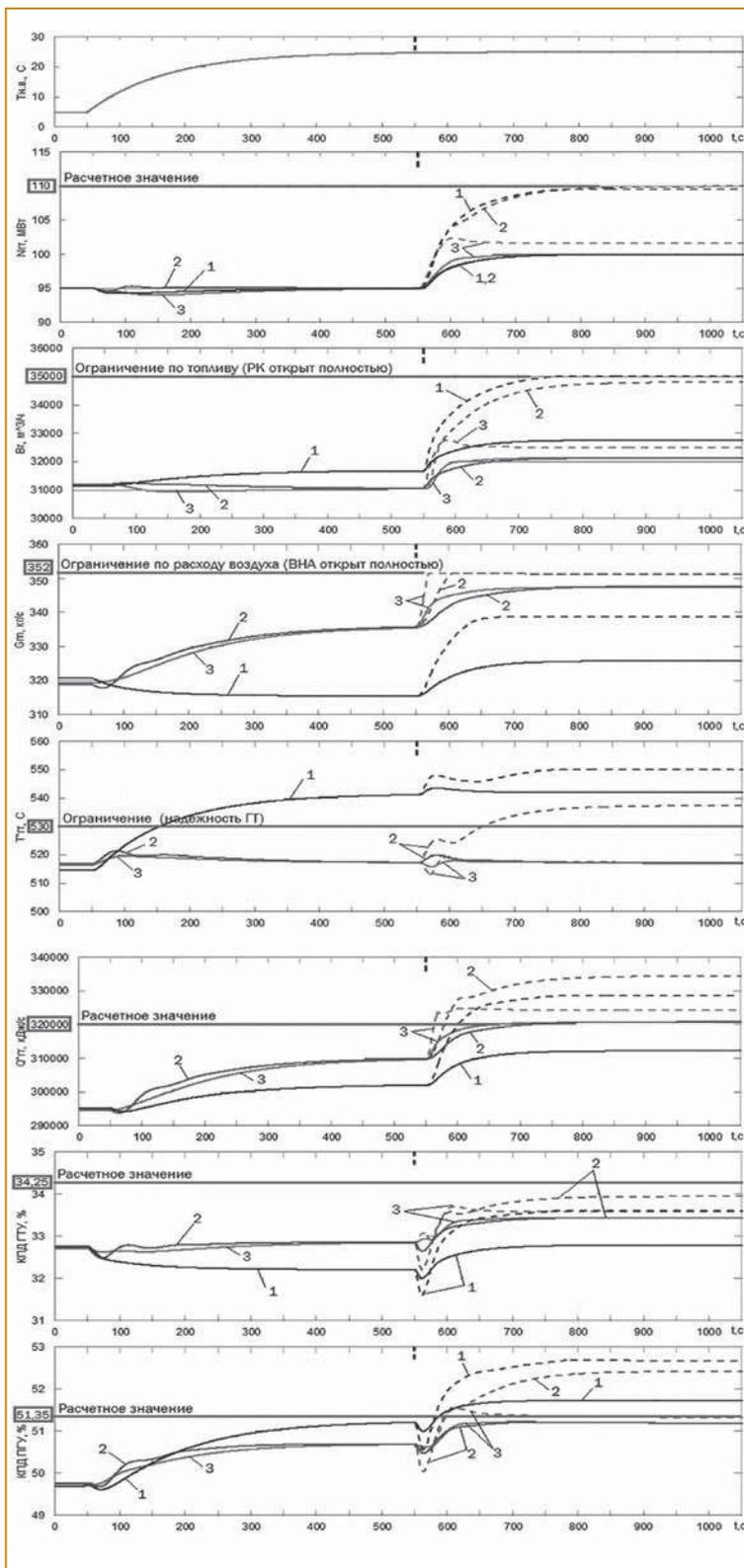


Рис.4. Сравнительный анализ работы АСР подачи топлива и воздуха при повышении температуры наружного воздуха и изменения нагрузки до номинальной, где: 1 – схема 1 (АСР по рис.2); 2 – схема 2 (АСР по рис. 2); 3 – АСР по рис. 3; вертикальные пунктирные линии – момент изменения задания по нагрузке; сплошные линии – переход на нагрузку 100 МВт (в диапазоне регулирования); пунктирные линии – переход на нагрузку 110 МВт (при ограничении компрессора)

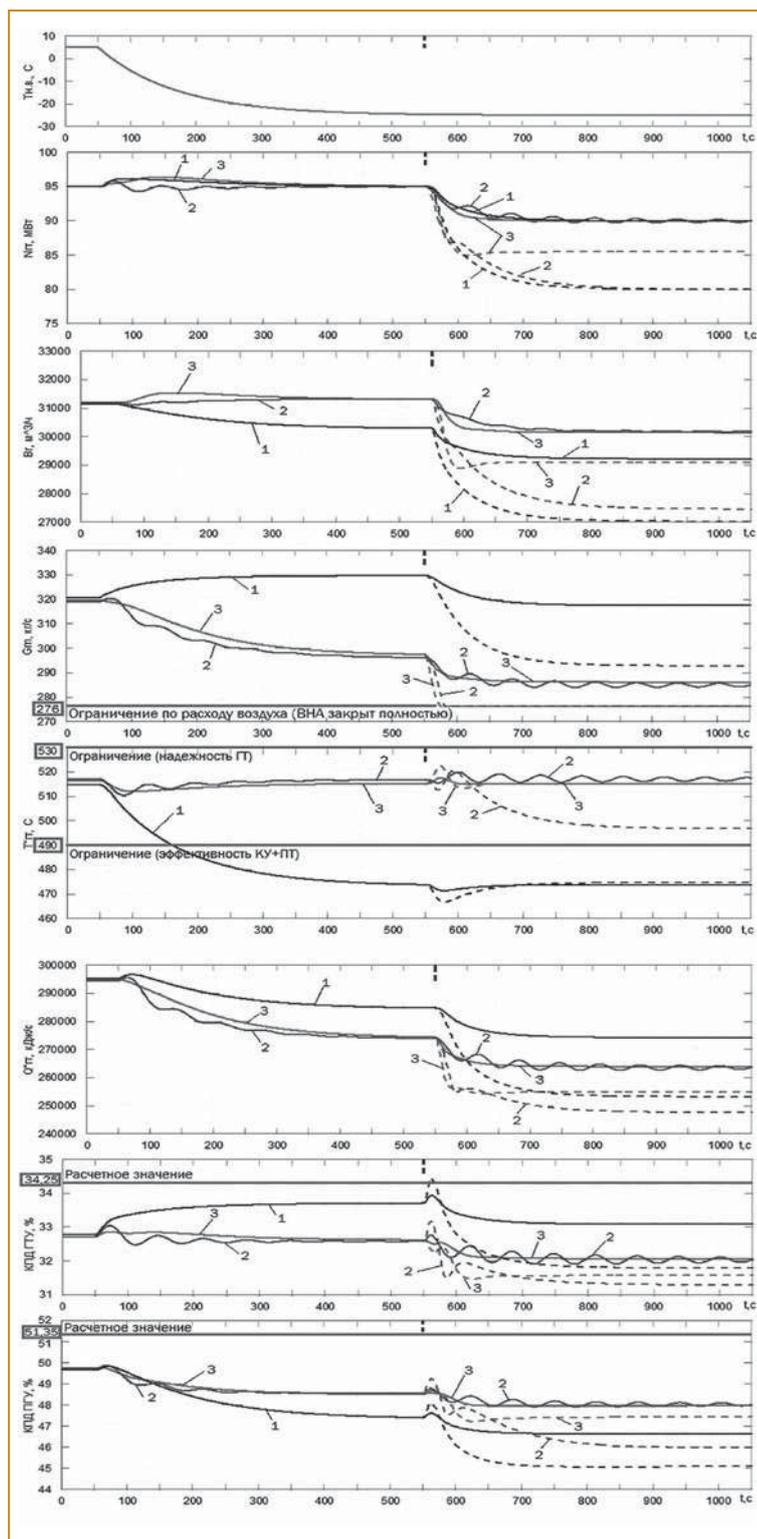


Рис. 5. Сравнительный анализ работы АСР подачи топлива и воздуха при снижении температуры наружного воздуха и изменения нагрузки: 1 – схема 1 (АСР по рис. 2); 2 – схема 2 (АСР по рис. 2); 3 – АСР по рис. 3

Заданная мощность ГТУ в 110 МВт (рис. 3) не может быть достигнута в условиях высокой температуры наружного воздуха (25°C). Поэтому система автомати-

<sup>3</sup> Можем ли «добрать» заданные 8 МВт? Очевидно, можно, например, путем увеличения задания РТ, то есть с нарушением безопасного температурного режима ГТУ.

чески выходит на оптимальное в этих условиях значение электрической мощности ГТУ в 102 МВт, при этом тепловой поток перед КУ обеспечивает эффективность паросиловой части (КУ и ПТ) энергоблока и соответственно достижимый в этих условиях КПД ПГУ<sup>3</sup>.

В случае снижения  $T_{н.в.}$  до уровня -25°C, например, при попытке разгрузить турбину до 80 МВт, видим, что АСР по схемам 1 и 2 (рис. 5, графики под номером 1 и 2) переходят на заданную нагрузку. Однако при этом имеет место снижение температуры уходящих газов за ГТУ, что ведет к уменьшению теплового потока дымовых газов перед КУ и нарушению работы утилизационной части ПГУ (КУ и ПТ). Другими словами, газотурбинная установка в данном случае не обеспечивает нормальный режим работы утилизационной части энергоблока. Показанный при этих параметрах модельный «рост» значения КПД ГТУ (выше расчетного уровня) физически не реализуем. АСР по схеме рис. 3 в этих условиях устанавливает нагрузку ГТУ на оптимальном уровне около 85 МВт.

Таким образом, использование схемы рис. 3 для регулирования мощности энергоблока с ПГУ позволяет обеспечить заданную (расчетную) работу КУ и утилизационной части энергоблока в целом (рис. 4, 5, графики под номером 3).

Выполненные исследования, а также независимые расчетно-аналитическое исследование воздухозаборного тракта газотурбинной установки [10] позволяют утверждать, что ограничения в регулировочном диапазоне энергоблока с ПГУ во многом зависят от климатических условий фактического месторасположения электростанции.

Исследования влияния климатических условий фактического месторасположения электростанции в заданном диапазоне регулируемых нагрузок целесообразно выполнять путем математического моделирования на ранних стадиях проектирования энергоблоков с целью более тщательной экспертизы параметров компрессора закупаемой ГТУ и встроенных локальных систем управления, интегрируемых в структуру системообразующей АСУТП энергоблока, с безусловной проверкой ее патентной чистоты.

#### Выводы

1. Сформулированы и обоснованы основные технологические задачи управления нагрузкой энергоблока с ПГУ. Предложен подход для решения задачи эффективного управления энерго-

блоком, который опирается на результаты обобщенного термодинамического анализа эффективности тепломеханического оборудования, разработки все-режимной математической и имитационной моделей (полимоделного комплекса) и поисковых исследований ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на нарушение расчетного режима работы ГТУ, КУ, ПТ и энергоблока ПГУ в целом.

2. Показаны особенности способов регулирования при изменениях температуры наружного воздуха в широком диапазоне нагрузок, в том числе на границах диапазона регулирования при технологических ограничениях и путем сравнения с эксплуатационными трендами из архива АСУТП при работе штатной АСР в рабочем диапазоне изменения мощности. Исследования выполнены методами математического моделирования. Аналитические исследования говорят об эффективности возможного применения полученных результатов на практике.

3. Результаты анализа проведенных многосторонних исследований по влиянию климатических условий фактического месторасположения электростанции в заданном диапазоне регулируемых нагрузок показали, что целесообразно подобные исследования выполнять путем математического моделирования на более ранних стадиях проектирования и строительства энергоблоков. При этом необходимо выполнять экспертную оценку параметров компрессора закупаемой ГТУ и встроенных локальных систем управления, интегрируемых в структуру АСУТП энергоблока, с дополнительной проверкой фактора патентной чистоты на территории РФ.

#### Список литературы

1. Теория и технология систем управления. Многофункциональные АСУТП тепловых электростанций. В 3-х кн. Кн.1. Проблемы и задачи. Кн.2. Проектирование. Кн.3.

- Моделирование / Под общей ред. Ю.С. Тверского; ФГБОУ ВПО ИГЭУ им. В.И. Ленина. Иваново. 2013. Кн.1. 260 с. Кн.2. 436 с. Кн.3. 176 с.
2. Давыдов А.В., Радин Ю.А. Опыт освоения парогазовых энергоблоков ПГУ-450Т // Электрические станции. 2009. №9. С. 22-26.
  3. Аракелян Э.К., Оганесян А.О., Гнуги Т.С. Учет температуры наружного воздуха при планировании и оптимизации суточных режимов работы ПГУ // Новое в российской электроэнергетике. 2014. №6. С. 36-42.
  4. Тверской Ю.С., Муравьев И.К. Совершенствование системы регулирования расхода воздуха в компрессор газотурбинных установок блоков ПГУ с учетом изменяющихся режимных и внешних климатических факторов // Автоматизация в промышленности. 2016. №8. С.61-64.
  5. Maojian Wang, Liu Guilian, Wai Hui Chi. Simultaneous optimization and integration of gas turbine and air separation unit in IGCC plant // Energy, vol. 116, part. 2, 2016, pp. 1294-1301. doi: 10.1016/j.energy.2016.07.053.
  6. Муравьев И.К., Маршалов Е.Д., Никоноров А.Н. и др. Технология и методология разработки полимоделных комплексов для АСУТП энергоблоков с парогазовыми установками // Вестник ИГЭУ. 2018. Вып. 3. С. 20-28.
  7. Vendland L.E., Pribylov V.G., Borisov Yu.A., Arzamastsev M.A., Kosoy A.A. Simulation modelling for new gas turbine fuel controller creation // PTPPE-2017. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 891 (2017). 012260. doi: 10.1088/1742-6596/891/1/012260.
  8. Тверской Ю.С., Муравьев И.К. Технология разработки и оценка адекватности имитационной модели энергоблока ПГУ при изменении режимных и внешних факторов // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2015). М.: ИПУ РАН. 2015. Т. 2. С. 357-360.
  9. Tverskoy Yu S., Muravev I. K. Optimization of controlled processes in combined-cycle plant (new developments and researches) // PTPPE-2017. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 891 (2017) 012290 doi: 10.1088/1742-6596/891/1/012290.
  10. Будаков И.В., Буданов В.А. Расчетно-аналитическое исследование воздухозаборного тракта газотурбинной установки ГТЭ-110 // Вестник ИГЭУ. 2015. Вып. 3. С. 12-19.

**Тверской Юрий Семенович** — д-р техн. наук, проф.,  
Муравьев Игорь Константинович — канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления ФГБОУВО  
«Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина».  
Контактный телефон (4932) 26-97-58.

Поступила в редакцию 03.12.2018.

После доработки 20.12.2018.

Принята к публикации 20.12.2018.

#### Honeywell начинает продажи облачной системы удаленного мониторинга тепловых процессов в регионе ЕМЕА

Корпорация Honeywell объявила о том, что облачная система удаленного мониторинга Honeywell Connected Plant Thermal IQ, предназначенная для отслеживания данных о важнейших тепловых процессах и управления ими, теперь доступна заказчикам из стран Европы, Ближнего Востока и Африки (регион ЕМЕА). Защищенная от кибератак система является частью пакета решений Honeywell для управления показателями производственных активов (АРМ). С их помощью заказчики могут повысить производительность активов и продлить время безотказной работы оборудования.

Thermal IQ - это решение для удаленного мониторинга тепловых процессов в промышленном и коммерческом секторах. Технология позволяет выполнять безопасную передачу данных о работе газогорелочного оборудования в облако, обеспечивая доступ к данным тепловых процессов в реальном времени с любого интеллектуального устройства. С помощью Thermal IQ инженеры по техническому обслуживанию и руководители промышленных объектов могут более эффективно управлять тепловым оборудованием и контролировать его состояние, сокращая незапланированные простои и увеличивая время безотказной работы.

[Http://www.honeywell.ru](http://www.honeywell.ru) и [www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)