Минэнерго СССР
Минприбор СССР

Минэнергомаш
Минэлектротехпром

ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛОКОВ МОЩНОСТЬЮ 300 МВт И ВЫШЕ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ УСЛОВИЯМИ ИХ АВТОМАТИЗАЦИИ

СПО
ОРГРЭС
МОСКВА 1976

gost.e-ecolog.ru

Минэнерго СССР
Минприбор СССР

Минэнергомаш
Минэлектротехпром

ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛОКОВ МОЩНОСТЬЮ 300 МВт И ВЫШЕ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ УСЛОВИЯМИ ИХ АВТОМАТИЗАЦИИ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ ОРГРЭС
МОСКВА 1976

УДК [621.165+621.18]-182.7.002.5

Настоящие Требования составлены и обсуждены подкомиссией межведомственной комиссии Минэнерго СССР, Минприбора СССР, Минтяжмаша и Минэлектротехпрома, в состав которой вошли представители ведущих научно-исследовательских и проектных институтов, наладочных предприятий и заводов-изготовителей оборудования указанных министерств.

© СПО ОРГРЭС, 1976

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра энергетики и электрификации СССР

В.Н.БУДЕННЫЙ

23 февраля 1976 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра энергетического машиностроения

И.О.СИРЫЙ

24 апреля 1976 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР

В.В.КАРИБСКИЙ

22 марта 1976 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель министра электротехнической промышленности

Ю.В.НИКИТИН

25 февраля 1976 г.

В В Е Д Е Н И Е

Укрупнение и усложнение оборудования теплоэнергетических блоков, интенсификация происходящих в них технологических процессов, ужесточение энергосистемных требований к эксплуатационным режимам энергоблоков - все это приводит к повышению роли и ответственности автоматики энергоблоков и необходимости расширения ее функций. Успех автоматизации, как подтверждается накопленным опытом, в значительной степени зависит от подготовленности оборудования к автоматизации.

Требования должны обеспечить выполнение мероприятий, направленных на создание автоматизированных энергоблоков, оснащенных эффективными системами автоматического регулирования, включающих как автоматическое регулирование, так и дискретное управление. Эти системы должны решать задачи взаимодействия энергоблоков с энергосистемами на основе Технических требований к маневренности энергоблоков и организации оптимальных режимов работы оборудования.

Требования распространяются на энергоблоки мощностью 300 МВт и выше, техническое задание на проектирование которых будет выда-

но после ввода настоящих Требований. Для остальных энергоблоков они могут быть рекомендуемыми.

Ответственность за разработку автоматизированной системы управления (АСУ) энергоблоков в целом несет генеральный проектировщик (организация Минэнерго СССР). Генеральный проектировщик с привлечением научно-исследовательских и наладочных организаций разрабатывает общие принципы построения системы управления энергоблоком и передает соответствующую техническую документацию заводам-изготовителям оборудования, которые на ее основе разрабатывают технические проекты автоматизации оборудования, входящего в состав энергоблока. Заводы-изготовители несут ответственность за автоматизацию поставляемого ими основного и вспомогательного энергетического оборудования.

Качество поддержания технологических параметров зависит от характеристик оборудования (объекта управления) и систем автоматического управления, которыми это оборудование оснащено. При разработке *требований к качеству поддержания технологических параметров* исходили из того, что энергоблок оснащен системами автоматического регулирования, выполненными по типовым схемам с использованием современной отечественной аппаратуры автоматики.

I. ТРЕБОВАНИЯ К ЭНЕРГОБЛОКАМ В ЦЕЛОМ

Требования к энергоблоку в целом составлены с учетом наличия автоматического регулирования его мощности, выполняемого общеблочной системой регулирования мощности (ОСРМ), и дискретного управления, выполняемого общеблочной системой дискретного управления (ОСДУ).

ОСРМ осуществляет регулирование мощности, отдаваемой энергоблоком энергосистеме, и служит исполнительным органом по отношению к общестанционной системе регулирования мощности.

ОСДУ в настоящее время осуществляет дискретное управление блоком в основном в аварийных режимах. С учетом намечающегося расширения функций автоматики энергоблоков на ОСДУ может быть возложено дискретное управление блоком и в нормальных режимах.

Кроме того, в настоящий раздел включены общие требования к оборудованию блока, определяемые всей системой его автоматизации.

I.I. Требования к собственно оборудованию

I.I.I. Общие требования ко всему оборудованию энергоблока

I. Для повышения надежности работы энергетического блока и упрощения систем его автоматического управления оборудование блока и его тепловая схема должны быть выполнены таким образом, чтобы задачи управления решались с использованием минимального числа органов управления и управление осуществлялось по наиболее простым алгоритмам.

2. В целях устранения вредных взаимосвязей между отдельными регуляторами через объект регулирования и упрощения систем регулирования следует стремиться к тому, чтобы каждый регулирующий орган существенно влиял на тот параметр, для воздействия на который он предназначен, и слабо влиял на другие регулируемые параметры.

3. Следует стремиться к тому, чтобы регулирующее воздействие оказывало малоинерционное влияние на регулируемый параметр по сравнению с возмущениями, действующими в эксплуатационных условиях.

4. Системы дренажей должны так группироваться, чтобы обеспечить возможность управления ими посредством минимального числа запорных органов. Количество воздушников на оборудовании энергоблока должно быть сведено к минимуму.

5 * . В качестве запорных органов на линиях дренажей и отводов воздуха следует применять автоматически действующие продувочные клапаны.

---

* Здесь и далее звездочкой отмечены те положения Требований, от которых допускаются отступления при наличии соответствующих обоснований. Целесообразность учета таких требований, затрагивающих вопросы конструкции оборудования, должна определяться конструкторами оборудования совместно со специалистами, разрабатывающими его автоматику.

I.I.2. Требования, определяемые условиями регулирования мощности блока в нормальных режимах

В нормальных режимах ОСРМ должна служить единственным каналом сообщения энергоблоку заданий по требуемой мощности. В порядке выполнения этих заданий ОСРМ воздействует на органы управления нагрузкой котла и регулирующие клапаны турбины. Поэтому качество регулирования мощности энергоблока определяется характеристиками двух каналов: "органы управления нагрузкой котла - мощность турбогенератора" и "органы управления клапанами турбины - мощность турбогенератора". Возможности воздействия на входы указанных каналов лимитируются отклонениями давления пара, которые зависят от характеристик двух следующих каналов: "органы управления нагрузкой котла - давление пара перед турбиной" и "органы управления клапанами турбины - давление пара перед турбиной".

Требования к энергоблоку со стороны ОСРМ представлены требованиями к четырем указанным каналам.

I. Требования к каналу "органы управления клапанами турбины - мощность турбогенератора" диктуются условиями первичного регулирования частоты, вторичного регулирования частоты и перетоков мощности в энергосистеме. Свойства этого канала, отражающие характер изменения мощности турбогенератора при изменении частоты и при воздействии на органы управления клапанами турбины, определяются в основном динамикой турбины. Поэтому конкретные требования к ним изложены в п.I разд. 3.I.

2. Требования к каналу "органы управления нагрузкой котла - мощность турбогенератора" диктуются частично условиями вторичного регулирования частоты и мощности в энергосистеме и в основном условиями экономичного распределения нагрузок в энергосистеме. Они учитываются теми требованиями, которые определяются условиями автоматизации котлоагрегатов и изложены в разд. 2.

3. Требования к каналам "органы управления нагрузкой котла - давление пара перед турбиной" и "органы управления клапанами турбины - давление пара перед турбиной" диктуются условиями поддержания давления пара перед турбиной при регулировании и ограничении перетоков мощности, когда осуществляется одновременное и интенсивное воздействие на органы управления котла и турбины. Свой-

ства этих каналов определяются динамикой котлоагрегата (в частности, его аккумулирующей емкостью и сопротивлением пароперегревательного тракта). Поэтому конкретные требования к ним изложены в п.2 разд. 2.I.

I.I.3. Требования, определяемые условиями управления мощностью блока в аварийных режимах

Эти требования определяются условиями нормальной работы противоаварийной автоматики, осуществляющей:

- аварийную разгрузку блока в максимально возможном темпе (при коротких замыканиях и других системных авариях);
- нагружение в максимально возможном темпе после кратковременной разгрузки;
- нагружение на величину до 30% в максимально возможном темпе для ликвидации аварийного дефицита мощности.

При аварийном регулировании мощности в отличие от нормального наряду с автоматическим управлением блоком как целым допускается и непосредственное управление его частями (турбиной).

I. Специальные требования к динамике оборудования, возникающие в первых двух указанных аварийных режимах, касаются только канала "органы управления клапанами турбины - мощность турбины", они изложены в пп. 2,3 разд. 3.I.

2. Для ликвидации аварийного дефицита мощности энергоблок должен допускать в пределах регулировочного диапазона наброс мощности, соответствующий открытию клапанов до 30% полного хода в темпе, определяемом максимальным быстродействием их сервопривода.

При открытии клапанов турбины на 30% полного хода с максимальным быстродействием и при соответствующем воздействии на органы управления нагрузкой котла значения показателя приемистости $П=\frac{\int_0^t \Delta N dt}{\Delta N_{уст} t}$, где ΔN и $\Delta N_{уст}$ - текущее и установившееся отклонения мощности блока, а t - время от подачи сигнала на открытие клапанов, должны быть не ниже приведенных:

t с	I	5	30	90	I50
$\eta = \frac{\int_0^t \Delta N dt}{\Delta N_{уст} t}$	0,2	0,35	0,5	0,6(0,5)	0,7(0,6)

Примечание. Цифры в скобках относятся к пылеугольным котлоагрегатам.

I.2. Требования к органам управления

I. Диапазоны регулирования, которые зависят от производительности вспомогательных механизмов и пропускной способности регулирующих органов, должны быть выбраны с запасами в обоих направлениях (по отношению к диапазону, определенному из условий статики), учитывающими необходимость динамического перерегулирования.

2. Регулирующие органы совместно с исполнительными механизмами должны в пределах всего регулировочного диапазона иметь характеристики, близкие к оптимальным (отличающиеся по крутизне от оптимальных во всех точках не более чем в I,5 раза).

В большей части случаев оптимальной является линейная зависимость между статическим отклонением регулируемого параметра и положением регулирующего органа. Для участков, динамические свойства которых зависят от положения регулирующего органа, оптимальной является криволинейная характеристика, по возможности компенсирующая влияние изменяющейся динамики объекта на поведение замкнутой системы регулирования.

3*. С целью сокращения количества специальных регулирующих органов, используемых только при пусках блока, и упрощения системы управления характеристики основных регулирующих органов следует выбирать с учетом возможности их использования и в пусковых режимах.

4. Регулирующие органы должны обладать малыми и примерно одинаковыми в обоих направлениях перестановочными усилиями; минимальным пропуском в закрытом положении, не превышающим допустимого для данного органа значения в течение всего межремонтного периода (допустимый пропуск должен оговариваться в техническом задании на разработку регулирующего органа); не иметь существенных люфтов (как правило, они допускаются не более 2% полного хода).

Для регулирующей арматуры предпочтительны встроенные приводы.

5. Запорные органы должны обладать по возможности малыми перестановочными усилиями, надежно обеспечивать плотное закрытие при дистанционном управлении и иметь надежные средства индикации крайних положений.

I.3. Требования по обеспечению необходимых измерений

I. При проектировании оборудования блока должна быть предусмотрена возможность надежного измерения всех технологических параметров, необходимых для контроля и управления, и удобство обслуживания датчиков.

2. Все датчики штатных измерений, которые связаны с нормальным функционированием автоматизированного блока, в том числе и датчики, устанавливаемые заводами-изготовителями оборудования, должны допускать смену, профилактическое обслуживание и ремонт их во время работы или кратковременных остановов. При невозможности такого выполнения датчики должны быть резервированы.

3. Вспомогательные механизмы, являющиеся объектами дискретного управления, должны быть снабжены надежными индикаторами состояния.

I.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров

При выполнении требований к оборудованию, излагаемых в разд. 2 и 3, исправности основного и вспомогательного оборудования, соблюдении заданных условий его эксплуатации и оптимальной настройке автоматики должны обеспечиваться:

а) устойчивая работа (отсутствие автоколебаний) автоматических регуляторов, входящих в ОСРМ, и ограниченная частота включений регуляторов с релейным выходом, которая при постоянном заданном значении мощности не должна превышать в среднем 6 включений в I мин ;

б) поддержание мощности турбогенератора N , давления пара перед турбиной p_T^I (в режиме постоянного давления) или положения клапанов турбины H_T (в режиме скользящего давления) при

постоянном заданном значении мощности блока в пределах регулировочного диапазона с максимальными отклонениями, не превышающими нижеследующих допустимых значений максимальных отклонений параметров, контролируемых ОСРМ, в нормальных эксплуатационных условиях при постоянном заданном значении мощности блока:

Технологический параметр	Отклонение
N	$\pm 3\%$
p_T' (в режиме постоянного давления)	$\pm 2\%$
H_T (в режиме скользящего давления)	$\pm 2\%$

в) протекание переходных процессов, вызываемых скачкообразным изменением заданного значения мощности блока на I0% при исходной номинальной нагрузке, с показателями качества (максимальным отклонением $\delta_{макс}$ и интегральным квадратичным критерием $\int_0^\infty \delta^2 dt$, где δ - отклонение параметра от нового установившегося значения) не хуже следующих задаваемых предельных значений показателей качества общеблочной системы регулирования мощности для номинальной нагрузки блока при скачкообразном изменении заданного значения мощности на I0% номинального значения:

Технологический параметр	$\delta_{макс}$,%	$\int_0^\infty \delta^2 dt$, $(\%)^2 \cdot c$
N	-	I500 при необходимости участия блока в регулировании и ограничении перетоков мощности; I2000 при стабилизации давления пара перед турбиной
p_T' (в режиме постоянного давления)	5	2000
H_T (в режиме скользящего давления)	5	2000

I.5. Требования к объему технической документации

I. Общие принципы (концепция) построения АСУ энергоблока разрабатываются генеральным проектировщиком с привлечением научно-исследовательских и наладочных организаций.

2. Общеблочная система регулирования мощности выполняется генеральным проектировщиком на основе типовых решений, разрабо-

танных организациями Минэнерго СССР и согласованных с Минэнергомашем.

3. На стадии проектирования АСУ организациями Минэнерго СССР должны быть выполнены:

а) расчеты статических и динамических характеристик ОСРМ;

б) расчеты энергетических характеристик блока (расходных и характеристик относительных приростов);

в) разработка алгоритмов общеблочного дискретного управления.

Необходимые исходные материалы по статическим и динамическим характеристикам оборудования и алгоритмам управления им, указанным в разд. 2 и 3, представляются заводами-изготовителями оборудования.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КОТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ

Требования к котельной установке (собственно котлоагрегату и его вспомогательному оборудованию) определяются условиями нормальной работы всего комплекса автоматических регуляторов и устройств дискретного управления, которыми должна быть оснащена установка.

2.I. Требования к собственно оборудованию

I.* Для обеспечения требований, изложенных в п.I разд. I.I.I, котлоагрегаты следует проектировать таким образом, чтобы все необходимые задачи управления ими можно было решить с использованием минимального количества органов управления. Поэтому желательно, в частности, сокращение количества потоков (на блоках мощностью до 800 МВт включительно - до двух), уменьшение количества впрысков по тракту (до двух), сокращение числа единиц вспомогательного оборудования, механическое объединение отдельных регулирующих органов и т.п.

Особое внимание должно быть уделено обеспечению требуемых показателей топочного процесса без необходимости автоматического

регулирования подачи топлива или воздуха в каждую горелку.

2. Для поддержания давления пара перед турбиной в допустимых пределах при регулировании перетоков мощности (п.3 разд.I.I.2) динамические свойства каналов "органы управления нагрузкой котла – давление пара перед турбиной" и "органы управления клапанами турбины – давление пара перед турбиной" должны удовлетворять следующему требованию: при одновременном скачкообразном воздействии на клапаны турбины и органы управления нагрузкой котла на величину, соответствующую изменению нагрузки блока на I0%, динамические отклонения давления не должны превысить пределы, допустимые для данного блока по условиям надежности.

3* . Рециркуляция дымовых газов, которая оказывает весьма значительное влияние на все основные регулируемые параметры тракта свежего пара, не должна применяться в качестве средства точного регулирования температуры пара промперегрева. Для этой цели следует предусматривать в случае необходимости дополнительное средство, воздействующее на температуру пара с возможно меньшей инерционностью и возможно меньшим влиянием на остальные технологические параметры.

4. Места расположения впрысков должны выбираться с учетом динамики обслуживаемых ими участков регулирования температуры пара по каналам регулирующего и возмущающего воздействий.

4а* . Выходную ступень пароперегревателя не следует выполнять радиационной или располагать непосредственно на выходе из топки во избежание резкого влияния на нее топочных возмущений.

5* . Следует учитывать, что качество регулирования температуры по тракту ухудшается при выносе переходной зоны в конвективный газоход и увеличении размеров необогреваемых элементов. Отрицательное влияние вынесенной переходной зоны на динамические характеристики возрастает при увеличении объема переходной зоны и среднего значения теплоемкости находящейся в ней рабочей среды

6. В крупных котлоагрегатах не должен применяться переброс потоков, имеющих раздельное регулирование расходов рабочей среды, с одной половины котла по ширине на другую, так как это ограничивает возможности компенсации тепловых перекосов путем перераспределения расходов воды по потокам.

На пылеугольных котлах с целью уменьшения тепловых перекосов по сторонам котла должны предусматриваться два групповых

регулирующих органа, раздельно управляющих подачей топлива в топливоподающие устройства левой и правой сторон котла.

7. При применении пылеприготовительных установок, выполненных по схеме прямого вдувания и обладающих значительной инерционностью, для повышения точности поддержания технологических параметров и обеспечения высокой приемистости котлоагрегата должна быть предусмотрена возможность динамической форсировки выноса пыли из мельниц, компенсирующего их инерционность по каналу подачи топлива.

Должны быть приняты меры (в частности, по распределению пыли от мельниц к горелкам в пределах одной регулируемой полутопки), направленные на то, чтобы отключение любой мельницы при соответствующем изменении производительности других мельниц не приводило к существенному изменению температуры по тракту котлоагрегата.

8*. На котлах, предназначенных для сжигания двух видов топлива, предпочтительна установка горелок, допускающих одновременное сжигание обоих видов топлива в одних и тех же горелках

9. Изменение нагрузки котла должно обеспечиваться за счет воздействия на регулирующие органы подачи топлива и воздуха без изменения количества топливоподающих устройств и работающих тягодутьевых механизмов во всем диапазоне автоматического регулирования паропроизводительности котлоагрегата.

10. Пылепитатели и питатели сырого угля котла в комплекте с устройствами управления ими должны обладать стабильными характеристиками и близкой к линейной зависимостью производительности от числа оборотов.

11. Для возможности малоинерционного воздействия на температуру свежего пара и пара промперегрева в процессе пуска пусковые впрыски должны быть установлены за выходными пакетами пароперегревателя и промпароперегревателя.

Конструкция пусковых впрысков (распыливающее устройство, рубашка) должна обеспечивать возможность их использования для поддержания температуры пара в первичном тракте, начиная с режима, предшествующего толчку турбины, и для поддержания температуры пара промперегрева, начиная с режима, предшествующего включению турбогенератора в сеть.

I2. Регулировочные характеристики воздуходувок с турбоприводом должны обеспечивать возможность регулирования общего расхода воздуха изменением скорости вращения приводной турбины в пределах всего диапазона автоматического регулирования нагрузки котла.

2.2. Требования к органам управления

I. Запасы *на динамическое перерегулирование* (п.I разд.I.2) по отдельным регулирующим воздействиям должны составлять: по тяге, дутью и подаче топлива в обоих направлениях 5% по расходу относительно верхней и нижней границы диапазона регулирования нагрузки котла; по расходу питательной воды в направлении максимума 5%, в направлении минимума I0% (при этом допускается открытие линии рециркуляции) относительно соответственно верхней и нижней границы диапазона регулирования нагрузки котла; по температуре *пара* промперегрева I0-I5^{o}C (*на максимальной нагрузке*). Максимальный расход воды на впрыск должен в 2-2,5 раза превышать его расчетное значение.

2. Регулировочные характеристики питательных насосов на котлоагрегатах моноблочных установок должны обеспечивать возможность регулирования общего расхода питательной воды в пределах всего регулировочного диапазона при использовании питательных клапанов только для распределения расходов воды по потокам *исходя из условий минимального дросселирования.*

3. Характеристики регулирующих органов топлива, питания, впрысков, тяги и дутья должны обеспечивать близкую к линейной зависимость между положением регулирующего органа и статическим отклонением регулируемого параметра.

4. На стадии рабочего проектирования котельным заводом на чертежах компоновки котла указываются места привязки исполнительных механизмов, а также выполняются чертежи сочленений исполнительных механизмов с регулирующими органами.

2.3. Требования по обеспечению необходимых измерений

I. Техническое задание по компоновке котлоагрегата, компоновочные и рабочие чертежи котлоагрегата должны обеспечивать возможность представительного измерения с требуемой точностью всех необходимых для контроля и управления расходов воздуха.

На котле должны быть также установлены пробоотборные устройства для приборов автоматического контроля водного режима, в том числе отборные зонды, холодильники, механические фильтры, дроссели, газоотборные устройства анализаторов дымовых газов и предусмотрены возможность и необходимые устройства для установки приборов факела, датчиков оптической плотности дымовых газов, газовых термопар и других датчиков в соответствии с "Руководящими указаниями по объему оснащения тепловых электрических станций контрольно-измерительными приборами, средствами авторегулирования, технологической защиты, блокировки и сигнализации" (СЦНТИ ОРГРЭС, I969).

2. Должен быть обеспечен непосредственный контроль за вращением ротора регенеративных воздухоподогревателей.

3. В пусковых и аварийных режимах работы котлоагрегата должно быть обеспечено с необходимой для этих режимов точностью измерение расходов питательной воды, мазута и газа в диапазоне I0-30% максимальной нагрузки.

2.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров

I. При выполнении схем автоматизации по техническому проекту завода-изготовителя котлоагрегата на аппаратуре, предусмотренной заводскими спецификациями, при исправности основного и вспомогательного оборудования котлоагрегата, соблюдении заданных условий его эксплуатации и оптимальной настройке автоматики заводом - изготовителем котлоагрегата должны обеспечиваться:

а) устойчивая работа (отсутствие автоколебаний) автоматических регуляторов котлоагрегата и ограниченная частота включений регуляторов с релейным выходом, которая при постоянном задан-

ном значении нагрузки котла не должна превышать в среднем 6 включений в I мин ;

б) *поддержание при постоянном заданном значении нагрузки* котла в пределах регулировочного диапазона нагрузок основных технологических параметров (давления пара перед турбиной p_T' , расхода пара на выходе из котла D_K , температуры перегретого пара на выходе из котла $\theta_{пе}$, температуры промежуточного пара на выходе из котла $\theta_{п.п}$, содержания избыточного кислорода O_2 в дымовых газах, разрежения в топке S_T) с максимальными отклонениями, не превышающими следующих допустимых значений максимальных отклонений основных технологических параметров в нормальных эксплуатационных условиях при постоянном заданном значении нагрузки котла:

Технологический параметр		Максимальное отклонение
p_T'	(только в режиме номинального давления и в тех случаях, когда оно поддерживается котельной автоматикой)	±2%
D_K	(в тех случаях, когда он поддерживается котельной автоматикой)	±3%
$\theta_{пе}$		±6°C
$\theta_{п.п}$		±6°C
O_2	(при постоянной времени кислородомера не более I,5 мин.):	
	для мазутных котлов при малых избытках воздуха	±0,2%
	для остальных котлов	±0,5%
S_T		±2 кгс/м^2

в) протекание переходных процессов, вызываемых скачкообразным изменением заданного значения нагрузки блока на I0% при исходной номинальной нагрузке, с показателями качества (максимальным отклонением $\delta_{макс}$ и интегральным квадратичным критерием $\int_0^\infty \delta^2 dt$, где δ – отклонение параметра от нового установившегося значения) по основным параметрам не хуже следующих задаваемых предельных значений показателей качества по основным технологическим параметрам при скачкообразном изменении заданного значения

нагрузки котла на I0% номинального значения:

Технологический параметр		$\sigma_{макс}$	$\int_0^\infty \sigma^2 dt$
p_T'	(только в режиме номинального давления и в тех случаях, когда оно поддерживается котельной автоматикой).....	5%	$2000(\%)^2 \cdot c$
D_K	(в тех случаях, когда он поддерживается котельной автоматикой).....		$I2000(\%)^2 \cdot c$
$\theta_{пе}$	.....	8^oC	$5000(^oC)^2 \cdot c$
$\theta_{п.п}$	.....	$I0^oC$	$I0000(^oC)^2 \cdot c$
O_2	(при постоянной времени кислородомера не более I,5 мин.): для мазутных котлов при малых избытках воздуха.....	$0,3\% O_2$	$I0(\% O_2)^2 \cdot c$
	для остальных котлов.....	$I\% O_2$	$200(\% O_2)^2 \cdot c$
S_T	.....	3 кгс/м^2	—

г) автоматическое поддержание при пуске и нагружении котла расходов питательной воды по потокам W_K, температуры свежего пара за котлом $\theta_{пе}$ и температуры пара промперегрева $\theta_{п.п}$ с максимальными отклонениями от заданных значений не более: по W_K $\pm$I0%; по $\theta_{пе}$ и $\theta_{п.п}$ $\pm 20^oC$.

2.5. Требования к объему технической документации

I. На стадии технического проекта для рекомендуемого варианта котлоагрегата должна быть представлена следующая техническая документация:

а) структурная схема автоматизированного управления котлоагрегатом, определяющая объем и функции автоматических устройств;

б) принципиальные схемы автоматического регулирования с указанием основных функциональных элементов и мест измерения контролируемых сигналов;

в) структурные схемы защит;

г) перечень функциональных групп по котлоагрегату;

д) тепловые расчеты (сводные таблицы) для трех значений нагрузки - I00%; 70%; 30% (ориентировочные) $D_{ном}$ - для каждого из

видов топлива, на сжигание которых проектируется котлоагрегат;

е) расчетные динамические характеристики котлоагрегата, необходимые для выбора системы автоматического регулирования;

ж) расчеты, обосновывающие выбор месторасположения впрысков и выполненные с учетом динамических характеристик обслуживаемых впрысками участков и изменения статических и динамических свойств этих участков при изменении нагрузки котла, вида сжигаемого топлива и температуры питательной воды;

з) расчетные переходные процессы в основных контурах регулирования на средней нагрузке и анализ на основании существующего опыта предлагаемых способов обеспечения работоспособности регуляторов в пределах всего регулировочного диапазона;

и) расчеты, обосновывающие выбор регулирующих органов, и технические задания на новые регулирующие органы (указанные расчеты уточняются для принятого варианта котла после выбора вспомогательного оборудования).

2. При подписании технических условий должны быть установлены сроки выдачи следующей технической документации для принятого варианта котла:

а) уточненных схем автоматического регулирования;

б) спецификации на аппаратуру автоматического регулирования;

в) уточненных структурных схем защит;

г) перечня контролируемых параметров с указанием точек контроля и рекомендаций по месту расположения приборов;

д) алгоритмов управления оборудованием;

е) сводных таблиц тепловых расчетов при трех значениях нагрузки - I00%; 70%;30% (ориентировочные) $D_{ном}$ - для каждого из видов топлива и режимов, оговоренных в техническом задании на котлоагрегат;

ж) расчетных динамических характеристик котлоагрегата на двух крайних нагрузках регулировочного диапазона;

з) расчетных переходных процессов в контурах регулирования с целью анализа и проверки работоспособности регуляторов в пределах регулировочного диапазона.

3. К моменту пуска котлоагрегата должна быть представлена следующая техническая документация:

а) расчеты динамических параметров настройки регуляторов, а

также статических зависимостей, необходимых для настройки регуляторов;

б) таблицы уставок и выдержек времени технологических защит и сигнализации.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ТУРБИННЫМ УСТАНОВКАМ

Требования к турбинной установке определяются условиями нормальной работы устройств автоматического управления, которыми должны быть оснащены турбоагрегат и его вспомогательное оборудование. В число этих устройств входят турбинная система регулирования мощности (ТСРМ), являющаяся подчиненной частью общеблочной системы регулирования мощности (ОСРМ), и автомат пуска турбины.

Система регулирования частоты вращения турбины и предъявляемые ею требования к оборудованию рассматриваются в других документах (ПТЭ, материалах МЭК) и поэтому здесь не затрагиваются.

3.I. Требования к собственно оборудованию

I. Для эффективного участия блока в первичном регулировании частоты в нормальных режимах, вторичном регулировании частоты и перетоков мощности в энергосистеме (п.I разд. I.I.2) динамические свойства турбины должны отвечать следующему требованию: графики изменения мощности турбины, вызванного скачкообразным изменением частоты вращения вала турбины или положения органа управления клапанами, на который воздействует регулятор мощности, при постоянстве давления пара перед турбиной должны быть монотонными и отвечать условию: текущее отклонение мощности по отношению к ее установившемуся отклонению должно быть не менее 25% через I с и 55% через 5 с после возмущения.

Примечание. Желательно, чтобы указанное требование выполнялось в нормальных режимах без специальных устройств, вызывающих переоткрытие клапанов турбины. При первичном регулировании частоты в аварийных режимах применение таких форсирующих устройств является необходимым.

2. В условиях аварийной разгрузки блока при коротких замыканиях и других системных авариях необходимо выполнить следующее требование к динамике турбины: при перемещении клапанов турбины от 100% до нуля с максимальным быстродействием снижение мощности от исходного уровня должно быть не меньше указанных ниже значений:

Время от момента подачи сигнала управления на закрытие клапанов турбины, с	Минимально допустимое уменьшение мощности от исходного уровня, %
0,2	5
0,3	30
0,4	50
0,5	70

Примечание*. Желательно, чтобы график изменения мощности в рассматриваемом случае был расположен не выше кривой, определяемой следующими точками:

Время от момента подачи сигнала управления на закрытие клапанов турбины, с	Уменьшение мощности от исходного уровня, %
0,2	12
0,3	40
0,4	60

3. В условиях быстрого нагружения блока после кратковременной разгрузки необходимо выполнить следующее требование к динамике турбины: при открытии клапанов турбины с максимальным быстродействием до номинального значения после их кратковременного закрытия до нуля максимальная скорость увеличения мощности должна составлять не менее 20% в 1 с при открытии только регулирующих клапанов ЧВД и не менее 100% в 1 с при одновременном открытии регулирующих клапанов ЧВД и ЧСД; максимально допустимое значение запаздывания увеличения мощности от момента подачи управляющего сигнала на открытие клапанов составляет 0,6 с при специально подобранной длительности сигнала на разгрузку турбины, предшествующую ее нагружению, и 1 с при произвольной длительности указанного сигнала.

4. Оборудование, связанное с пускосбросными устройствами (ПСБУ), должно проектироваться с учетом принятого максимального

быстродействия пускосбросных устройств. Для этого конструкция парового клапана ПСБУ должна обеспечивать постоянный его прогрев и отсутствие скопления конденсата до клапана, трассировка сбросных трубопроводов не должна иметь резких поворотов и должна исключать возможность скопления конденсата.

5. Схема питания впрысков ПСБУ должна обеспечивать допустимый перепад давлений на клапане впрыска и не допускать значительных изменений параметров охлаждающей воды.

6. Конструкция ПВД и ПНД должна обеспечивать возможность их эксплуатации без отключения по воде и пару при пусках и остановах энергоблока.

7. Для облегчения задачи регулирования уровня в конденсаторе его постоянная времени (время изменения уровня от нижнего до верхнего допустимого значения при максимально возможном изменении расхода конденсата) должна быть не менее I мин.

8*. Циркуляционные насосы с изменяемой производительностью должны допускать автоматическое регулирование расхода воды в пределах 50-I00%.

3.2. Требования к органам управления

I. Органы управления регулирующими клапанами турбины должны быть снабжены медленно действующим интегрирующим устройством (МИУ) и быстродействующим пропорциональным устройством (БПУ) с электрическими входами для сигналов управления в нормальных и аварийных режимах.

2. Зависимость мощности турбины от положения МИУ должна быть близка в линейной. Время хода МИУ, соответствующего изменению нагрузки от 0 до I00%, должно составлять 30-40 с, МИУ должно иметь выбег не более 0,5% и люфт не более I% хода, соответствующего изменению нагрузки от 0 до I00%.

3. Отклонение местного наклона статической характеристики БПУ (зависимость мощности турбины от входного сигнала БПУ) в пределах изменения единичного сигнала, обеспечивающего изменение мощности от номинальной до холостого хода, не должно превышать ±50% среднего наклона, а нечувствительность не должна превышать I0% . Контроль состояния БПУ должен производиться не чаще проверки

автомата безопасности турбины.

Параметры единичного входного сигнала должны соответствовать ГОСТ I3033-67.

4. Расходная характеристика парового клапана ПСБУ должна быть близка к линейной.

Расходная характеристика клапана впрыска ПСБУ должна обеспечивать постоянство температуры редуцированного пара при синхронных перемещениях парового клапана и клапана впрыска в условиях постоянства параметров свежего пара и охлаждающей воды.

5. Клапан, регулирующий уровень воды в конденсаторе, должен иметь близкую к линейной расходную характеристику.

6. Регулирующие органы и технологическая схема слива конденсата греющего пара ПВД и ПНД должны обеспечивать регулирование уровня конденсата в них при полном изменении нагрузки блока.

7. На стадии рабочего проектирования турбинным заводом на чертежах компоновки турбины указываются места привязки исполнительных механизмов, а также выполняются чертежи сочленений исполнительных механизмов с регулирующими органами.

3.3. Требования по обеспечению необходимых измерений

Турбина должна быть оснащена датчиками для контроля всех параметров, определяющих ее тепломеханическое состояние во всех режимах. Паровые термопары должны обеспечивать надежные измерения на протяжении всей кампании между капитальными ремонтами.

3.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров

I. При выполнении схем автоматизации по техническому проекту завода-изготовителя турбоустановки на аппаратуре, предусмотренной заводскими спецификациями, при исправности основного и вспомогательного оборудования турбоустановки, соблюдении заданных условий ее эксплуатации и оптимальной настройке автоматики заводом-изготовителем турбоустановки должны обеспечиваться:

а) устойчивая работа (отсутствие автоколебаний) автоматических регуляторов турбоустановки и ограниченная частота включений регуляторов с релейным выходом, которая при постоянном заданном значении нагрузки блока не должна превышать в среднем 6 включений в I мин ;

б) поддержание при постоянном заданном значении нагрузки блока основных технологических параметров (давления пара в коллекторе лабиринтовых уплотнений $p_л$, уровня воды в конденсаторе $H_к$, уровня конденсата греющего пара в регенеративных подогревателях $H_{р.п}$, давления пара в деаэраторе p , уровня воды в деаэраторе $H_д$) во всем диапазоне нагрузок турбоустановки с максимальными отклонениями, не превышающими следующих допустимых значений максимальных отклонений основных технологических параметров в нормальных эксплуатационных условиях при постоянном заданном значении нагрузки блока:

Технологический параметр	Отклонение
$p_л$	$\pm 0{,}05$ кгс/см^2
$H_к$	± 150 мм
$H_{р.п}$	± 150 мм
p	$\pm 0{,}2$ кгс/см^2
$H_д$	± 200 мм

в) близкий к оптимальному темп пуска блока с сохранением в допустимых пределах параметров, ограничивающих темп пуска, при нормальной отработке котельными регуляторами или оператором заданий, формируемых автоматом пуска турбины;

г) поддержание при развороте турбины частоты вращения ее ротора с максимальным отклонением от постоянного заданного значения не более 80 об/мин и максимальным отклонением от требуемого графика перехода через критические значения частоты вращения ротора не более 150 об/мин;

д) поддержание мощности блока с максимальным отклонением от постоянного заданного значения не более 4% на тех этапах пуска, где мощность блока поддерживается воздействием на клапаны турбины.

3.5. Требования к объему технической документации

I. На стадии технического проектирования для рекомендуемой тепловой схемы турбоустановки должна быть представлена следующая техническая документация:

а) структурная схема автоматизированного управления турбоустановкой и его вспомогательным оборудованием, определяющая объем и функции автоматических устройств;

б) принципиальные схемы автоматического регулирования с указанием основных функциональных элементов и мест измерения контролируемых параметров;

в) структурные схемы защит и блокировок;

г) перечень функциональных групп по турбоустановке;

д) расчетные динамические характеристики турбоустановки, необходимые для выбора системы автоматического регулирования;

е) расчетные переходные процессы в основных контурах регулирования и анализ работоспособности регуляторов в пределах всего регулировочного диапазона;

ж) расчеты, обосновывающие выбор регулирующих органов, и технические задания на новые регулирующие органы.

2. При подписании технических условий устанавливаются сроки выдачи следующей технической документации для принятого варианта турбоустановки:

а) уточненных схем автоматического регулирования;

б) спецификации на аппаратуру автоматического регулирования;

в) уточненных условий защит и блокировок;

г) перечня контролируемых параметров с указанием точек контроля, рекомендации по месту расположения приборов;

д) алгоритмов управления оборудованием.

3. К моменту пуска турбоустановки должна быть представлена следующая техническая документация:

а) расчеты динамических параметров настройки регуляторов, а также статических зависимостей, необходимых для настройки регуляторов;

б) таблицы рекомендуемых уставок и выдержек времени технологических защит и сигнализации.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Электрооборудование и электротехническая аппаратура блока могут быть подразделены на следующие основные группы:

а) основное электротехническое оборудование, входящее в технологическую схему блока: турбогенератор и его система возбуждения; повышающий трансформатор, понижающий трансформатор СН; высоковольтный выключатель блока (в цепи генератора или в цепи трансформатора), разъединитель;

б) вспомогательное оборудование блока: электродвигатели механизмов СН, запорной и регулирующей арматуры, их приводы и пускорегулирующие устройства; аккумуляторные батареи, преобразователи и другие установки источников независимого питания;

в) комплектные распределительные устройства 6 и 0,4 кВ переменного тока и 220 В постоянного тока; щитовые устройства для размещения аппаратуры системы управления, защиты, автоматики и сигнализации;

г) низковольтная электрическая аппаратура систем управления защиты и сигнализации: ключи и переключатели управления; релейная аппаратура; сигнальная арматура и др.

д) контрольные кабели и кабели управления.

4.I. Требования к собственно оборудованию

I. Приводы и исполнительные механизмы, которыми оснащаются дистанционно или автоматически управляемые коммутационные и другие двухпозиционные аппараты, запорная и регулирующая арматура и пускорегулирующие устройства должны обладать высокой надежностью, относительно малыми потреблениями, малой инерционностью и обеспечивать отработку импульсов необходимой длительности от автоматических устройств[1] . При этом должно обеспечиваться сочетание включающих и отключающих цепей приводов исполнительных механизмов (непосредственно или с помощью промежуточных устройств

---

[1] Конкретные требования уточняются в техническом задании

выходными элементами АСУ, выдающими унифицированные управляющие сигналы.

2. Все коммутационные аппараты и другие двухпозиционные устройства, требующие дистанционной сигнализации своего положения, должны быть оснащены датчиками фиксированных положений, обеспечивающими возможность подачи от них дискретного сигнала в устройства автоматической регистрации, телемеханики или другие устройства информации и управления. Указанные датчики должны отражать положение контролируемого аппарата с достоверностью, не требующей дополнительной визуальной проверки для выполнения каких-либо последующих операций.

4.2. Требования к органам управления

I. Трансформаторы. Должна обеспечиваться возможность дистанционного изменения уставки регуляторов коэффициента трансформации трансформаторов и автотрансформаторов с контролем величины задания.

2. Разъединители. С целью автоматизации оперативных переключений в схемах коммутации крупных электростанций разъединители должны быть оснащены надежными системами дистанционного управления с датчиками, позволяющими получать достоверную информацию о положении контактной системы, исключающую необходимость визуального осмотра разъединителей после операции.

3. Системы возбуждения турбогенераторов. Установочное устройство автоматического регулирования возбуждения (АРВ) должно обеспечивать изменение уставки АРВ в пределах не менее (+I2,5) - (-I7,5)% номинальной величины регулируемого напряжения.

Изменение уставки должно производиться дистанционно. При этом привод установочного устройства должен быть рассчитан на длительную совместную работу с серийным релейным ПИ-регулятором в режиме постоянного регулирования. Выбег двигателя привода установочного устройства не должен превышать 0,5% значения его полного рабочего хода.

Система регулирования возбуждения должна обеспечивать максимальное использование нагрузочных возможностей турбогенератора.

Система автоматического регулирования возбуждения турбогенераторов, помимо функций поддержания напряжения на выводах турбогенератора в соответствии с уставкой, изменяемой по заданной программе, должна обеспечивать автоматическое ограничение возбуждения по верхнему и нижнему пределам.

Устройство автоматического ограничения возбуждения по верхнему пределу (автоматический ограничитель перегрузок АОП) должно предотвращать повышение температуры ротора (или статора) сверх допустимой при работе турбогенератора с перегрузкой, своевременно подавая сигнал на снижение возбуждения турбогенератора (разгрузку) до длительно допустимого значения контролируемого параметра таким образом, чтобы сохранить неизменным качество регулирования напряжения в режиме ограничения и обеспечить максимальное использование перегрузочной способности турбогенератора при повторных перегрузках.

Устройство автоматического ограничения возбуждения по нижнему пределу (ограничитель минимального возбуждения ОМВ) должно предотвращать снижение возбуждения турбогенератора ниже заданного предельно допустимого значения, определяемого режимными параметрами турбогенератора - пределом статической устойчивости или нагревом торцовых конструктивных элементов. Ограничение должно осуществляться путем воздействия на характеристику регулирования турбогенератора.

После устранения причин, вызвавших переход турбогенератора в режим ограничения, должен обеспечиваться автоматический возврат турбогенератора на исходную характеристику регулирования.

4.3. Требования по обеспечению необходимых измерений

I. Турбогенераторы должны оснащаться датчиками, контролирующими следующие показатели:

а) уровень дистиллята в вакуумном баке;

б) температуру вкладышей уплотняющих и опорных подшипников турбогенератора и охлаждающего масла на входе и выходе из подшипников;

в) температуру дистиллята на входе и на выходе обмотки ста-

тора (или масла для турбогенераторов серии ТВМ);

г) давление дистиллята на входе обмотки статора (или масла для турбогенераторов серии ТВМ);

д) удельное сопротивление дистиллята;

е) расход дистиллята через обмотку статора (или масла для турбогенераторов серии ТВМ);

ж) температуру: меди статора; активной стали статора; холодного и горячего газа; воды до газоохладителей и после них; масла на уплотнения; горячего газа после выхода из колпачков обмотки статора; ротора (определяется заводом-изготовителем);

з) разность давлений между уплотняющим маслом и водородом в корпусе турбогенератора;

и) давление газа в корпусе турбогенератора;

к) вибрацию опор;

л) наличие водорода в подшипниках, шинопроводах и водяной системе (определяется заводом-изготовителем);

м) необходимый объем контроля по рабочим и резервным возбудителям (определяется заводом-изготовителем);

н) расход дистиллята через охлажденные элементы статора (определяется заводом-изготовителем).

Для возможности указанного контроля посредством центральной информационно-вычислительной системы энергоблока устанавливаемые на турбогенераторе датчики, за исключением термопар и термометров сопротивления, должны иметь унифицированный выходной сигнал 0-5 мА постоянного тока.

Турбогенераторы энергоблоков, проектируемых без центральных информационно-вычислительных систем, должны поставляться с автономными автоматическими системами контроля.

Автономная информационная система турбогенератора, включая датчики, должна быть разработана Минприбором СССР по заданию заводов-изготовителей турбогенераторов.

Требования к точности измерения отражены в таблице.

Допустимые погрешности
по измерительным каналам турбогенератора

Измерительные устройства и параметры	Класс точности	Примечание
Измерители уровня дистиллята	2,5	
Измерители температуры конструкционных элементов турбогенератора	I,5	Со стандартными термометрами сопротивления
Измерители давления дистиллята, газа и масла	2,5	
Измерители удельного сопротивления дистиллята	4,0	Относительная погрешность
Расходомеры дистиллята и масла	2,5	
Анализаторы газа (водорода)	I,0	
Температура обмотки статора	I,0	Датчики специального исполнения
Температура активной стали статора	I,0	То же
Температура ротора	2,5	
Вибрация опор	4,0	
Вибрация лобовых частей	4,0	
Ток и напряжение ротора	0,2	
Ток и напряжение статора	0,5	
Мощность	0,5	
Измерение перепада давлений (масла, водорода)	2,5	
Частота вращения	0,5	

2. Трансформаторы и автотрансформаторы. Режим работы трансформаторов должен контролироваться поставляемыми комплектно с трансформаторами информационными устройствами, ведущими периодическую запись необходимых показаний и сигнализирующими изменение параметров режима при их выходе за заданные границы. Для этого ВИТ и заводами-изготовителями трансформаторов должны быть разработаны технические задания Минприбору СССР на соответствующие системы контроля, включая датчики, для различных типов трансформаторов и автотрансформаторов.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение 3

I. Требования к энергоблокам в целом..... 4

I.I. Требования к собственно оборудованию..... 5

I.I.I. Общие требования ко всему оборудованию энергоблока..... 5

I.I.2. Требования, определяемые условиями регулирования мощности блока в нормальных режимах..... 6

I.I.3. Требования, определяемые условиями управления мощностью блока в аварийных режимах..... 7

I.2. Требования к органам управления..... 8

I.3. Требования по обеспечению необходимых измерений..... 9

I.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров..... 9

I.5. Требования к объему технической документации 10

2. Требования к котельным установкам..... 11

2.I. Требования к собственно оборудованию..... 11

2.2. Требования к органам управления..... 14

2.3. Требования по обеспечению необходимых измерений..... 15

2.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров..... 15

2.5. Требования к объему технической документации 17

3. Требования к турбинным установкам..... 19

3.I. Требования к собственно оборудованию..... 19

3.2. Требования к органам управления..... 21

3.3. Требования по обеспечению необходимых измерений..... 22

3.4. Требования к качеству поддержания технологических параметров..... 22
3.5. Требования к объему технической документации 24
Требования к электротехническому оборудованию.... 25
4.I. Требования к собственно оборудованию..... 25
4.2. Требования к органам управления..... 26
4.3. Требования к обеспечению необходимых измерений..... 27

Ответственный редактор В.А.Кудрявцева

Техн.редактор Е.И.Сапожникова Корректор Л.Ф.Петрухина

1,6 уч.-изд.л. Цена 16 коп. Заказ № 32/76 (235/76

Л 59196 Подписано к печати 21/VI 1976 г. Тираж 1000 экз.

Ротапринт СПО ОРГРЭС

109432,Москва,Ж-432,2-й Кожуховский проезд,д.29,корп.6

gost.e-ecolog.ru