



Инженерный центр  
«Автоматизация  
ресурсосберегающих  
технологий»  
[www.ic-art.ru](http://www.ic-art.ru)

*Публикации специалистов  
Инженерного центра «АРТ»*

## Решение технологических задач средствами систем частотного регулирования

*Сербин Юрий Владимирович, д.т.н., Бакалов Андрей  
Васильевич, Лебедева Ольга Алексеевна*

Опубликовано в издании  
“ТЕПЛОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”,  
информационный бюллетень № 2 (47) 2007, специальный выпуск  
“Системы частотного регулирования на объектах городского  
хозяйства и промышленности”

Офис Инженерного центра «АРТ»

195196, г. Санкт-Петербург, Таллинская ул., д. 7, литер «А»

Офисный центр «К12». Офис 2-Н

+7 (812) 445-24-22; 445-24-76; 445-23-47

e-mail: [office@ic-art.ru](mailto:office@ic-art.ru)

[www.ic-art.ru](http://www.ic-art.ru)



YouTube Канал «Инженерный центр «АРТ»

# РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сербин Юрий Владимирович, д. т. н., Бакалов Андрей Васильевич,  
Лебедева Ольга Алексеевна

## **Почему же все-таки системы частотного регулирования?**

Создание системы частотного регулирования (СЧР) сложнее и дороже, чем «просто применение преобразователя частоты», пусть даже с датчиком обратной связи и постом дистанционного управления.

Естественным образом возникает вопрос, надо ли для управления параметрами технологических процессов использовать системы частотного регулирования. Может быть, нужно просто применить частотно-регулируемый электропривод для отдельных насосных агрегатов, вентиляторов, дымососов? Или даже он не нужен? Хотелось бы в этом разобраться.

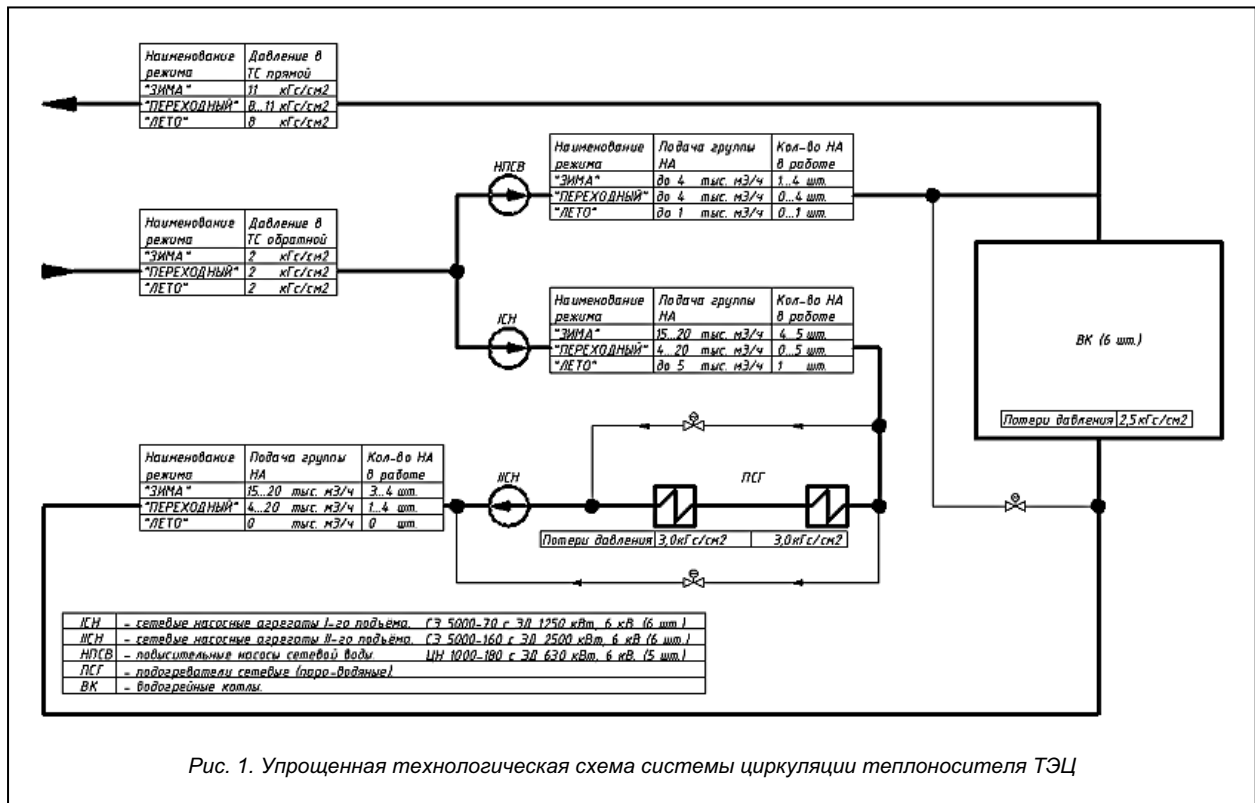
Большинство эксплуатируемых сегодня энергетических объектов и систем создавалось в условиях, когда ресурсы стоили дешево, не было надежных средств, позволявших точно и с минимальными затратами обеспечивать требуемые технологические параметры. Да и требования к поддержанию этих параметров не всегда были жесткими. Системы должны были обеспечивать потребителей водой, теплом и т. п., а о качестве обеспечения или, точнее, о контроле этого качества заботились существенно меньше. Поэтому нередки были случаи, когда вода в дом подавалась, но не до последнего этажа или если до последнего этажа, то только по ночам. Зачастую дополнительные агрегаты включались

заблаговременно или вообще не отключались, создавая недопустимо высокие давления в трубопроводах.

Созданные когда-то инженерные системы (ИС) совершенствовались, однако при этом не уделялось должного внимания их оптимизации за счет рационального управления входящими в их состав вентиляторами, насосными агрегатами и др. (в дальнейшем нагнетателями).

Вследствие изменения условий функционирования объектов и уровня требований к инженерным системам многие из них не в состоянии обеспечить требуемый уровень эксплуатационно-технических характеристик и нуждаются в реконструкции.

Например, повысительная водопроводная насосная станция (ПНС) с группой насосных агрегатов, релейной системой управления и гидравлическим регулятором давления на выходе часто не устраивает ни эксплуатирующую организацию, ни потребителей по качеству поддержания давления в водопроводной сети. Гидравлический регулятор изнашивается, обслуживать его некому, в итоге его вывели из работы, и давление на выходе станции изменяется в зависимости от расхода по естественной характеристике насосных агрегатов. В результате ночью из-за повышения давления увеличиваются утечки воды или выходят из строя слабые участки трубопроводов. Существующая станция



управления ПНС имеет возможность включать и отключать дополнительные насосные агрегаты с целью поддержания давления на выходе станции. Но эти пуски, как правило, на открытую задвижку, ухудшают состояние трубопроводной системы. А если на входе ПНС давление поднялось выше, чем требуется на выходе или снизилось ниже допустимого? Удастся ли избежать перечисленных неприятностей, включив насосный агрегат через преобразователь частоты?

Другой пример – насосная установка системы циркуляции теплоносителя крупной ТЭС (рис. 1). Одновременно работают от 8 до 13 агрегатов из трех групп (при общем количестве 17 единиц), циркуляция изменяется в течение года от 4 000 м<sup>3</sup>/ч до 24 000 м<sup>3</sup>/ч, а давление в прямой магистрали тепловой сети (ТС) – от 8,0 кгс/см<sup>2</sup> до 11,0 кгс/см<sup>2</sup>. Для реализации эксплуатационных режимов постоянно, в том числе в течение суток, изменяется состав работающих агрегатов с тяжелыми пусками (с точки зрения гидравлики, механики и электрической части). Одновременно в работе находится до трех групповых регулирующих клапанов, управляемых автоматически, и до 8-ми регулирующих напорных задвижек, управляемых вручную. Задвижки и клапаны используются для обеспечения гидравлического режима путем дросселирования и байпасирования групп сетевых насосов и технологических агрегатов. До 8-ми регулирующих

элементов обеспечивают температурный режим на отдельных участках теплофикационной установки.

При этом, в случае изменения состава работающих агрегатов, из-за недостаточного быстродействия регуляторов, взаимного влияния их друг на друга не удается достичь достаточной точности и надежности поддержания гидравлических параметров. В то же время высока вероятность возникновения гидравлических ударов в магистралях тепловых сетей, особенно при аварийных отключениях и работе АВР насосов, недостаточна оперативность управления оборудованием теплофикационной установки, вызванная отсутствием автоматизированного диспетчерского управления (все управление вручную дежурная смена).

Что улучшится в данной ситуации, если применить преобразователь частоты? Или несколько преобразователей? Кстати, а сколько их надо и какой мощности? И как быть с регуляторами и задвижками?

Проблемы при эксплуатации подобных энергетических объектов связаны в первую очередь с качеством обеспечения технологических параметров, а не с большим удельным энергопотреблением.

Может быть, разумнее всего применить устройства плавного пуска (УПП)? Известно, что много неприятностей связано с изменением состава работающих нагнетателей. Например, на

большинстве канализационных насосных станций, применение УПП позволит снять многие проблемы эксплуатации.

Это так, но в системах, где регулирование параметров (производительности агрегатов) требуется постоянно, УПП не подойдет. Как сказал главный энергетик МУП «Тепловые сети» г. Гатчины Г. М. Хачатуров: «Зачем мне нужно УПП для сетевых насосов с электродвигателями 630 кВт 6 кВ, если оно будет использоваться десять раз за год, а остальное время простаивать. Инвестиции должны окупаться!».

Таким образом, для управления параметрами существующих и вновь создаваемых ИС нужны системы автоматизации, позволяющие решать как минимум следующие задачи:

- повышать надежность функционирования ИС;
- безусловно обеспечивать параметры технологических процессов (ТП) в установившихся и переходных режимах;

– снижать удельное потребление ресурсов при функционировании ИС;

– повышать удобство оперативного управления и текущей эксплуатации оборудования ИС.

Этим требованиям (по определению и назначению) отвечают системы частотного регулирования (рис. 2).

Качество решения технологической задачи определяется качеством технического решения ИС и качеством применяемого оборудования. Целесообразность применения качественного оборудования, как правило, сомнений не вызывает. В то же время применение лучшего оборудования для реализации непродуманных технологических алгоритмов принесет мало пользы.

Так, приобретение импортной станции управления подпиточными насосами для одной из котельных ЖКХ г. Печёры Псковской области привело к неожиданным проблемам. В режиме малых подач одиночный частотно-регулируемый

#### Эффект от применения технологии частотного регулирования нагнетателей инженерных систем энергетических объектов

##### Технические и экономические аспекты

*применения технологии частотного регулирования производительности нагнетателей в целом:*

- увеличение надежности функционирования инженерных систем за счет повышения оперативности управления и снижения нагрузок на ее элементы;
- снижение нагрузки на оперативный персонал за счет первичной обработки информации и т. п.;
- уменьшение затрат на приобретение электроэнергии для обеспечения функционирования инженерных систем;
- уменьшение других составляющих расходов на эксплуатацию оборудования инженерных систем.

##### Технологические аспекты

*применения частотного способа регулирования производительности нагнетателей и исключение дроссельных регулирующих элементов:*

- снижение требуемой мощности привода;
- снижение утечек технологической среды через неплотности;
- увеличение ресурса технологических аппаратов и сетей;
- увеличение ресурса подшипников нагнетателей;
- увеличение ресурса исполнительных механизмов запорно-регулирующей арматуры;
- снижение нагрузки на инженерные системы, предшествующие по технологическому циклу;
- снижение нагрузки на инженерные системы поддержания микроклимата;
- снижение нагрузки на системы водоотведения.

##### Электротехнические аспекты

*применения частотного способа изменения скорости приводных асинхронных электродвигателей:*

- снижение требуемой мощности источника электроснабжения;
- снижение потерь при выработке и передаче электроэнергии;
- увеличение ресурса электротехнических аппаратов и электрических сетей;
- увеличение ресурса коммутационной аппаратуры;
- увеличение ресурса подшипников электродвигателей нагнетателей, передач и соединительных муфт;
- снижение влияния на электроприемники и источники системы электроснабжения, связанные с пуском электродвигателей;
- снижение нагрузки на систему электроснабжения.

##### Аспекты автоматизации

*Использование возможностей встроенных контроллеров преобразователей частоты*

##### Системные резервы:

- увеличение надежности функционирования технических систем за счет повышения качества управления;
- снижение затрат ресурсов за счет реализации берегающих алгоритмов;
- снижение трудоемкости обслуживания оборудования;
- увеличение удобства обслуживания оборудования.

насос успешно обеспечивал давление в обратной магистрали ТС, регулирующий клапан подпитки не использовался. При росте водоразбора на горячее водоснабжение преобразователь частоты (в соответствии с заложенным в него алгоритмом работы) автоматически подключал дополнительный нерегулируемый насосный агрегат. Нерегулируемый насосный агрегат на номинальной частоте вращения развивал напор практически в два раза больший, чем требовалось. Автоматическая работа группы подпитки с частотным регулированием на стандартной макропрограмме ПЧ не удалась.

### **Технологические задачи, решаемые средствами систем частотного регулирования**

#### ***Стабилизация технологических параметров***

На первый взгляд, главная и чуть ли не единственная технологическая задача – это стабилизация технологического параметра давления, температуры, уровня, расхода, влажности и др. При ближайшем рассмотрении общая задача распадается на несколько групп взаимосвязанных задач, включающих:

- задание уставки поддерживаемого параметра;
- управление запорной арматурой во всасывающих и напорных линиях нагнетателей, регулирующей арматурой рассматриваемой и смежной ИС;
- управление нагнетателями ИС, включая первый пуск системы или объекта и др.

Даже самая простая, на первый взгляд, технологическая задача может таковой не оказаться, если параметр обеспечивается:

- одновременной работой нескольких агрегатов, инженерных систем или объектов;
- одновременной работой автоматизированного и неавтоматизированного оборудования;
- изменением уставок регуляторов по сложным функциям.

Например, на одном из энергетических объектов работа системы циркуляции теплоносителя обеспечивается работой двух или трех насосных агрегатов типа СЭ1250-140 с электродвигателями 630 кВт и одного или двух агрегатов типа Д630-90 с электродвигателями 250 кВт. При этом частотное регулирование предполагается реализовать для группы насосов типа Д630-90 (одновременно в частотно-регулируемом режиме может работать только один из агрегатов). Насосы с большей производительностью планируются использовать в «базовом» режиме.

Налицо возможный «конфликт» совместного использования автоматизированного и неавто-

матизированного оборудования. Ведь давление на выходе ИС будет пытаться обеспечивать частотно-регулируемый насосный агрегат (при том, что его производительность и развиваемый напор существенно меньше, чем у нерегулируемых сетевых насосов).

Система в принципе может функционировать при автоматизированном управлении. Очевидно, несколько снизится энергопотребление, но при изменениях нагрузки будет постоянно требоваться вмешательство операторов. Частотно-регулируемый сетевой насос при увеличении нагрузки будет выходить на ограничение по частоте и по току, а при снижении нагрузки – останавливаться, так как давление будет высоким за счет работы нерегулируемых сетевых насосов. И в том и в другом случае давление в контролируемой точке не будет стабилизироваться, и система частотного регулирования будет сигнализировать оператору о необходимости изменения состава или режима работы агрегатов, работающих в «базовом» режиме.

Другим примером сложности задачи поддержания даже одного технологического параметра является совместная работа оснащенных системами частотного регулирования водопроводных насосных станций второго подъема (ВНС-2) водозаборов «Лучеса», «Витьба», «Песковатик» и «Марковщина», которые обеспечивают гидравлический режим системы водоснабжения г. Витебска. Особенности системы водоснабжения Витебска являются сложность трубопроводной системы, наличие участков, расположенных на существенно различных геодезических отметках, изношенность трубопроводов и, как следствие, наличие большого количества ремонтируемых участков. На предприятии «ВИТЕБСКВОДОКАНАЛ» внедрены система мониторинга давления и система учета повреждений и вывода участков трубопроводов в ремонт.

Запуск Инженерным центром «АРТ» СЧР на ВНС-2 «Лучеса» (2003 г.), «Витьба» (2004 г.) и «Песковатик» (2005 г.) позволил получить основные положительные эффекты от применения технологии частотного регулирования. В то же время в процессе эксплуатации были выявлены неожиданные эффекты. Так, в отдельные периоды времени при практически одинаковых параметрах режимов, обеспечиваемых отдельными ВНС-2, их энергопотребление оказывалось существенно различным, были замечены ранее не наблюдаемые случаи «раскачивания» давления на выходе станций. Оказалось, что ухудшения связаны с взаимным влиянием частотно-регулируемых ВНС.

Устранение этого влияния и получение системных составляющих эффекта от применения технологии частотного регулирования требует включения СЧР водозаборов в АСУ ТП предприятия и управления их параметрами по некоему оптимизационному алгоритму. Внедрение подобной АСУ позволит в реальном времени вести мониторинг давления в контролируемых точках трубопроводной системы, параметров работы отдельных водозаборных сооружений, вычислять показатели функционирования станций, оценивать их влияние на изменение параметров в контролируемых точках и др. Анализ такой информации позволит принимать решение об изменении режимов работы отдельных водозаборных сооружений с целью устранения негативного влияния автоматизированных ВНС-2 друг на друга и улучшения показателей функционирования водозаборных сооружений предприятия в целом.

Реализация АСУ ТП потребует существенных затрат, в первую очередь, на разработку и внедрение модели трубопроводной системы с водозаборными сооружениями, позволяющей по результатам мониторинга определять необходимые изменения режимов работы отдельных ВНС-2.

*Первым этапом внедрения АСУ ТП предприятия станет автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ), построенная на базе аппаратно-программных комплексов СЧР. Она обеспечит передачу технологической информации на диспетчерский пульт предприятия, а также прием и исполнение сигналов об изменении уставок поддерживаемого на выходе каждой ВНС-2 давления.*

*Решение об изменении режима работы отдельных ВНС-2 в этом случае должен будет принимать диспетчер на основании поступившей к нему исходной информации и специально разработанных «режимных карт». Предлагаемый подход к управлению водозаборными сооружениями позволит получить дополнительный «системный» эффект и направить высвободившиеся средства на создание АСУ предприятия.*

Для многих систем теплоснабжения характерна следующая ситуация.

Микрорайон имеет два основных источника теплоснабжения: котельную условно «малой мощности» и котельную «большой мощности». В межотопительный период сетевая насосная установка «малой» котельной самостоятельно обеспечивает горячее водоснабжение микрорайона. В переходный и зимний периоды теплоснабжение обеспечивается параллельной

работой двух котельных на общие тепловые сети. При этом на обеих котельных функционируют системы частотного регулирования для насосных групп подпитки и циркуляции теплоносителя. Параметры ТС (давления в прямой и обратной магистралях) на выходе каждой из котельных стабилизированы, но насосная установка на «большой» котельной существенно мощнее. Два регулятора давления, реализованные средствами СЧР на разных котельных, обеспечивают один и тот же параметр, что приводит к «раскачиваниям» давления в ТС.

Решение проблемы часто достигается переводом одной из СЧР в режим стабилизации расхода. При этом система на другой котельной, как и раньше, стабилизирует давление.

Посредством СЧР успешно решаются задачи стабилизации одновременно двух и более параметров. Это могут быть:

- температура и давление;
- температура и расход (перепад давления) в системах теплоснабжения;
- температура и влажность в системах вентиляции и кондиционирования и др.

#### **Задание поддерживаемого технологического параметра**

Процедура формирования сигнала задания предшествует пуску системы частотного регулирования. В случае некорректного введения задания или неверного его сохранения при перерывах питания возможны крайне нежелательные последствия.

В простейших СЧР, оборудование которых скомпоновано в виде низковольтного комплектного устройства (НКУ), располагаемого в пределах видимости управляемых агрегатов и датчиков технологического параметра, задание уставки осуществляется с панели ПЧ и/или при помощи задатчика на двери НКУ.

В случаях, когда преобразователь частоты расположен в электротехническом помещении, простейший пост управления (кнопки, ключи управления или потенциометр с прибором контроля параметра) устанавливается в доступном для оператора месте.

При необходимости подстройки параметров СЧР в процессе эксплуатации оператору или специалисту наладочного подразделения требуется более «серьезный» пульт, выполненный на базе операторской панели.

Нередко требуется обеспечить управление с двух и более постов.

#### **Управление задвижками и регулирующими клапанами**

Перед пуском системы должна быть выполнена сборка технологических и электрических цепей.

При этом производятся предпусковые операции, включая открывание задвижек на всасывающих линиях нагнетателей, заполнение насосов водой и т. п. В процессе эксплуатации готовые к работе нагнетатели, как правило, находятся «под заливом» с открытыми всасывающими задвижками. Напорные задвижки насосов обычно закрыты, за исключением малых необслуживаемых насосных станций с задвижками без электропривода, на которых готовые к пуску насосы стоят «под обратными клапанами».

Для средних и крупных станций пуск насоса на открытую задвижку является редкостью. Напорными задвижками при пуске насоса управляет либо автоматика, либо персонал станции вручную.

В случае применения СЧР пуск нагнетателей выполняется плавно, с заданной интенсивностью разгона, и при исправном обратном клапане на напорной линии насоса пуск может выполняться на открытую напорную задвижку. Другое дело, когда нет уверенности в работе обратных клапанов или необходимо выполнять пуск с учётом функционирования оборудования, не контролируемого средствами СЧР.

В любом случае полезно (при наличии электроприводов у задвижек) контролировать положение запорной арматуры во всасывающей и напорной линиях насосных агрегатов. Для особо ответственных установок требуется также управление напорными задвижками при пуске/останове насоса.

Так например, на крупной насосной станции последовательный пуск агрегатов СЭ2500-57 с различными Н-Q-характеристиками в частотно-регулируемом режиме на холостом ходу приводил к многократным срабатываниям обратных клапанов большого диаметра, что могло вызвать гидроудары в трубопроводах. В данной системе принято решение о применении двух режимов управления для каждой напорной задвижки: «Автоматическое» – для режима пуска станции и «Местное» – для опробования задвижки после регламента и управления при работе НПС с большими подачами. *Подобное решение, по мнению заместителя начальника службы электрохозяйства, позволило сберечь ресурс запорной арматуры и реализовать автоматическое включение резервного насоса без «провала» давления в контролируемой точке, включая случаи, когда время открывания задвижек в автоматическом режиме доходило до 3-х минут.*

На «проблемных» объектах, где требуется проверять срабатывание обратных клапанов, контролируется отсутствие вращения по ЭДС

электродвигателя и давление во всасывающих и напорных линиях каждого насосного агрегата.

Для ВС «Пулковская» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» помимо управления запорной арматурой в напорной линии насоса пришлось обеспечивать остановку агрегата с заданной интенсивностью. Особенность станции состоит в том, что она располагается под Пулковской горой и подает воду в г. Пушкин. В результате при быстрой остановке насоса обратный клапан резко закрывался столбом воды высотой более 50 м, что могло стать причиной аварии. Подобное приходится учитывать и при разработке решений СЧР для канализационных насосных станций, поднимающих сточные жидкости на значительные высоты.

**Управление клапанами, регулируемыми давлением, расход и другие параметры** средствами СЧР возможно и часто целесообразно.

Достаточно типичными являются ситуации, когда группа частотно-регулируемых насосов обеспечивает подачу воды или теплоносителя по разделенным сетям с различными гидравлическими параметрами. В этом случае СЧР обеспечивает потребителей, требующих больших давлений, а регулирующий клапан стабилизирует гидравлические параметры других потребителей.

Управление регулирующей арматурой в СЧР требуется при автоматизации котлов с частотно-регулируемыми дутьевыми вентиляторами и дымососами. Такие системы управления могут создаваться поэтапно. Например, на котельной № 20 г. Пскова первым этапом была введена в эксплуатацию СЧР тягодутьевых машин (ТДМ), которая в автоматическом режиме реализовывала режимную карту водогрейного котла ДЕВ-25. Предусматривался диалоговый режим подготовки котла к розжигу, вводилась коррекция режимной карты по температуре газа. Задачи вентиляции топки, подготовки к розжигу и розжига котла потребовали обеспечения совместного управления частотой вращения дутьевого вентилятора и дымососа, управления их входными направляющими аппаратами. Вторым этапом было введение управления контурами рециркуляции, расхода теплоносителя через котел, расхода теплоносителя через экономайзер и регулирования тепловой производительности котла. На сегодняшний день на большинстве котельных системами частотного регулирования осуществляется управление газовой арматурой, защита котла, автоматический розжиг, визуализация процессов котла на жидкокристаллической графической панели.

По мнению директора МП города Пскова «Псковские тепловые сети» А. Б. Яновского, такой путь создания систем позволил вдумчиво, по результатам опытной эксплуатации формулировать требования к функциям управления и минимизировать затраты на весь комплекс работ.

#### **Управление группами нагнетателей**

Этот блок задач включает определение способа управления и очередности включения агрегатов, первый пуск ИС, подключение и отключение дополнительных агрегатов, распределение нагрузки между параллельно работающими нагнетателями и др.

Простейшие, с точки зрения управления нагнетателями, решения СЧР имеют место, если весь диапазон нагрузок обеспечивается одиночно работающим частотно-регулируемым нагнетателем. Подобные решения не предполагают подключение дополнительных агрегатов и распределение нагрузки между ними. В то же время и здесь имеют место переходные режимы, связанные с изменением состава работающих агрегатов (вывод в регламент, выравнивание ресурса и т. п.).

В системах циркуляции теплоносителя ТЭЦ, ГРЭС, котельных, в ряде других систем, не допускается выход величины технологического параметра за определенные пределы даже кратковременно при изменении состава работающих агрегатов.

В этом случае самым простым, но в то же время и самым дорогим является вариант создания СЧР с количеством преобразователей частоты (комплектов ОПЗ)<sup>1</sup> равным количеству нагнетателей. Подобное решение позволяет автоматически во всех сочетаниях работающих и резервных агрегатов выполнять изменение состава нагнетателей без «провала» поддерживаемого технологического параметра.

Некоторого снижения затрат на приобретение оборудования можно достичь, применяя два ПЧ (комплекта ОПЗ) в составе СЧР, управляющей ИС с тремя и более агрегатами. При этом требуется создание коммутационной сборки, позволяющей подключать к выходу ПЧ любой из агрегатов. Кроме того, для обеспечения надежности сохраняется возможность подключать электродвигатели нагнетателей напрямую к питающей сети.

В случае использования в составе СЧР лишь одного ПЧ требуется вмешательство оператора,

который вручную «подпускает» дополнительный агрегат в дроссельно-регулируемом режиме на время изменения состава частотно-регулируемых насосных агрегатов.

Алгоритмы перехода с агрегата на агрегат могут существенно различаться. Это связано с соотношением H-Q-характеристик насосов, необходимостью управления напорными задвижками насосов при пуске и останове, примененной топологией СЧР (с низковольтными ПЧ или преобразователем, подключенным по двухтрансформаторной схеме).

В некоторых случаях, например, в системах горячего водоснабжения (ГВС) на центральных тепловых пунктах, величина давления на входе насосов ГВС может оказываться больше, чем требуется поддерживать в подающей линии. В этих случаях требуется не только остановить частотно-регулируемый агрегат, но и изменить положение соответствующего регулятора давления. При снижении давления на входе системы насосный агрегат снова вводится в работу.

Более сложные задачи возникают при автоматизации параллельной работы насосных агрегатов. Имеются существенные различия для случаев параллельной работы агрегатов, включенных по смешанной схеме (частотно-регулируемый и работающие при подключении напрямую к питающей сети без изменения скорости), и при использовании только частотно-регулируемых агрегатов. Этим вопросам посвящена одна из статей настоящего выпуска бюллетеня.

Обеспечение параметров ИС при пуске «с нуля» или из какого-то другого состояния является неотъемлемой задачей, решаемой средствами СЧР. При этом речь, как правило, идет о так называемом «блоке пуска».

Так называемый пуск «с нуля» характерен для ИС, допускающих кратковременные, а иногда и длительные изменения технологического параметра. К подобным ИС относятся, например, ПНС, снабжающие водой потребителей 2 категории. Кратковременное снижение параметра (на несколько секунд) допускают системы подпитки тепловой сети, горячего водоснабжения, питания паровых котлов водой и некоторые другие. В то же время даже для перечисленных систем при внедрении СЧР заказчик требует предусмотреть возможность плавного перехода из нерегулируемого в частотно-регулируемый режим.

Для ответственных ИС, например, систем циркуляции теплоносителя, снижение параметров бывает недопустимо. Для таких ИС разрабатываются алгоритмы, позволяющие выполнять любые операции с нагнетателями без

<sup>1</sup> Под комплектом оборудования преобразовательного звена (ОПЗ) понимается ПЧ с входными и выходными фильтрами, согласующими силовыми трансформаторами, коммутационной и защитной аппаратурой.

существенного изменения поддерживаемого параметра.

Таким образом, системы частотного регулирования создаются как инструмент, позволяющий специалистам эксплуатационных подразделений эффективно решать технологические задачи. Польза от этого инструмента зависит как от качества самой системы, так и от знаний и навыков специалистов, применяющих его в повседневной деятельности.

*Литература*

1. Бугров В. П., Сербин Ю. В. Параллельная работа регулируемого и нерегулируемого насосных агрегатов // Теплоэнергоэффективные технологии. – 1999. – №4. – С. 27–31.
2. Бугров В. П., Шленов К. Н. Параллельная работа частотно-регулируемых насосных агрегатов // Теплоэнергоэффективные технологии. – 2003. – № 2. – С. 47–50.
3. Бугров В. П., Сербин Ю. В. Методика выполнения технико-экономического обоснования применения систем частотного регулирования на объектах городского хозяйства // Теплоэнергоэффективные технологии. – 1999. – № 1.