

Алгоритмы управления координатами и параметрами насосных станций с частотно-регулируемыми электроприводами

КРИЦКИЙ А.Б., старший преподаватель кафедры АПП,
Карагандинский государственный технический университет

Анализируются статические режимы систем теплоснабжения мегаполисов. Подтверждается эффективность внедрения и эксплуатации частотно-регулируемых электроприводов насосных агрегатов. Предлагаются алгоритмы управления координатами и параметрами насосных станций с частотно-регулируемыми электроприводами. Поддержание давления в выходном коллекторе и регулирование расхода жидкости в момент пуска и остановки двигателя насоса с помощью устройства плавного пуска осуществляется преобразователем частоты, управляющим скоростью электродвигателя насоса. Приводятся статические характеристики насосных агрегатов и сети без регулирования, с дроссельным и частотным регулированием. Анализируется КПД насосов в зависимости от расхода жидкости в сети. Для систем централизованного теплоснабжения г. Караганды предлагается технологическая схема насосной станции.

Для регулирования напора на всасывающем коллекторе насосной станции в первую очередь необходимо четко представлять весь технологический процесс и факторы, влияющие на его протекание. Ниже рассматривается процесс теплоснабжения мегаполисов, с точки зрения изменения параметров нагрузки сети – Q_c . Для этого воспользуемся известными Q-H характеристиками для насосных агрегатов и сети (рисунок 1) [1].

Кривая 1 соответствует напорной характеристике насосного агрегата, а кривая 2 – гидравлической характеристике сети, где H_0 – требуемый статический напор сети. Точка пересечения этих характеристик является идеальной расчетной точкой совместной работы насосного агрегата и сети (Q_{nom}). При изменении расхода в сети меняется и её гидравлическая характеристика – линии 3-5. Соответственно будут сдвигаться точки пересечения характеристик. Как видно из рисунка, с уменьшением расхода увеличивается давление в сети.

Кроме того, в процессе функционирования в зависимости от режимов работы системы может меняться давление перед насосом, создаваемое источником теплоснабжения. Изменения этого давления также отражаются на величине давления в сети потребителей. Такой характер взаимосвязи параметров требует установки в системе дроссельных регулирующих элементов – регулирующих клапанов (иногда их роль выполняют напорные задвижки агрегатов). Эти элементы создают дополнительное гидравлическое сопротивление и позволяют обеспечить стабильное давление в сетевом трубопроводе. При использовании дроссельных элементов происходит распределение напора на элементах системы. Это распределение напора показано на рисунке 2, где ΔH_d – падение напора на дроссельном элементе.

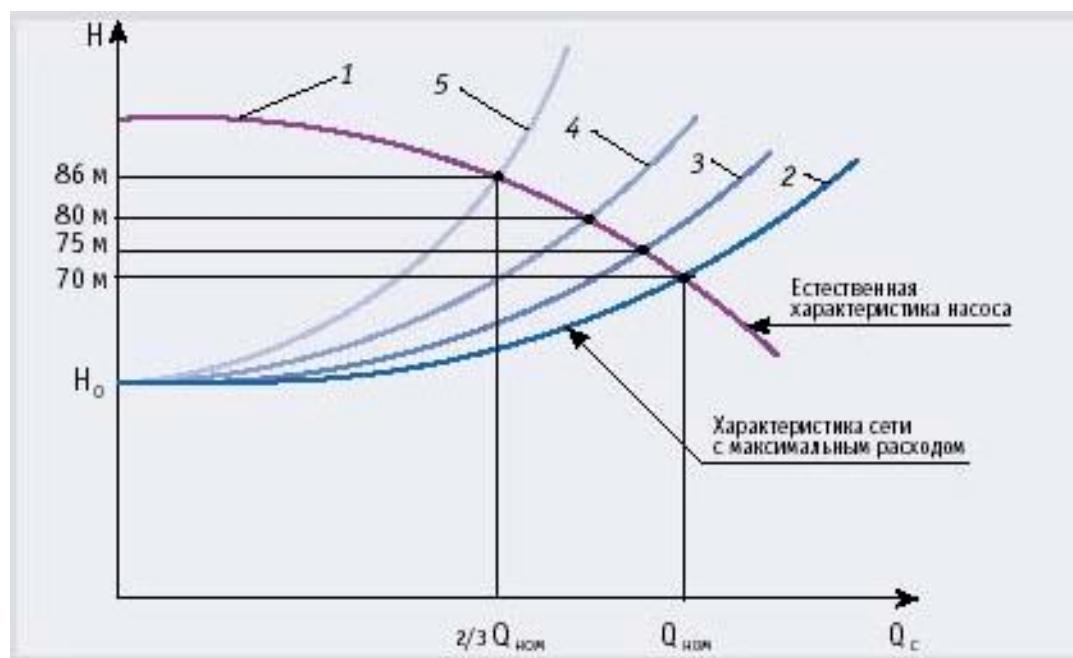


Рисунок 1 – Характеристики насосного агрегата и сети без регулирования давления

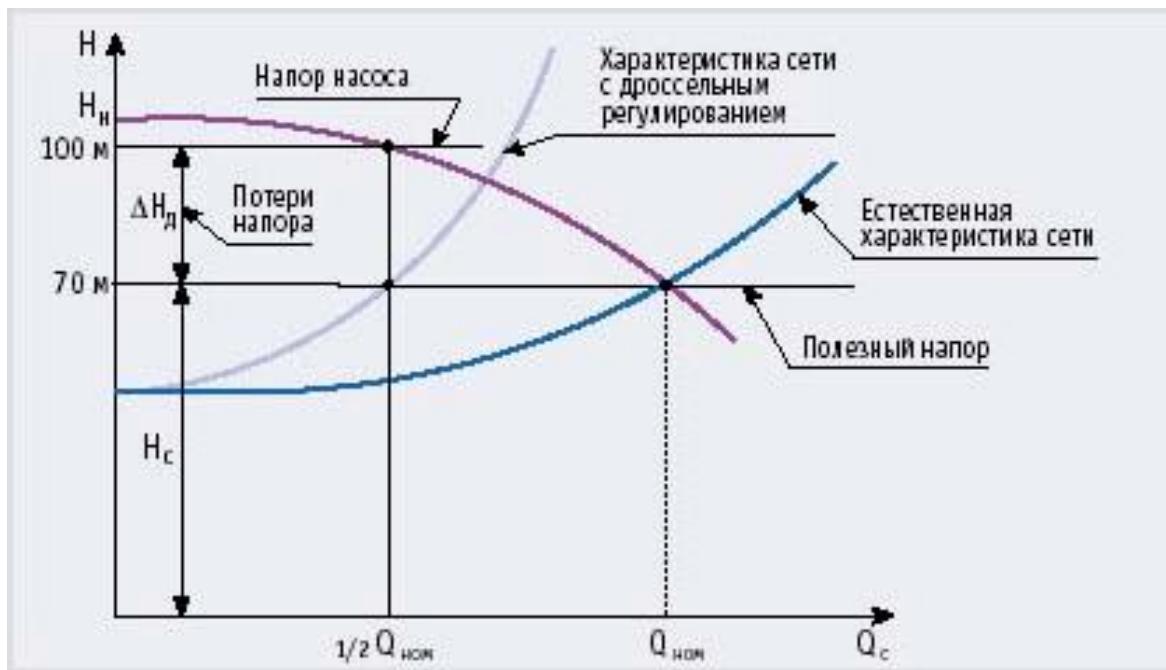


Рисунок 2 – Характеристики насосного агрегата и сети с дроссельным регулированием

Для поддержания заданного давления в сетевом трубопроводе при изменении расхода жидкости приходится изменять гидравлическое сопротивление регулирующего элемента. При этом общая гидравлическая характеристика будет иметь более крутой вид. Величина ΔH_d с таким регулированием неуклонно увеличивается. Таким образом, чем глубже производится дросселирование регулирующим элементом, тем больше энергетических потерь имеет весь технологический процесс.

На величину потерь при дроссельном регулировании влияет не только регулирующий элемент: чаще всего на этапе проектирования выбирается насосный агрегат с определённым запасом напора, а при замене насосных агрегатов новое оборудование может иметь несколько завышенные напорные характеристики. Кроме того, диапазон изменения входных давлений (перед всасывающим патрубком насосного агрегата) оказывает влияние на величину давления за насосным агрегатом. Все эти обстоятельства приводят к тому, что потери энергии в ходе технологического процесса становятся достаточно большими, достигающими 45 и более процентов от номинальной мощности агрегата.

Для решения задачи минимизации потерь, связанных с регулированием давления в сети, необходимо исключить дополнительные гидравлические сопротивления на участке от насосного агрегата до сетевого трубопровода, то есть необходимо полностью открыть всю запорно-регулирующую арматуру.

Это можно сделать, если процесс регулирования давления передать насосному агрегату. Теория работы нагнетателей (центробежных насосов) доказывает, что изменение частоты вращения привода нагнетателя изменяет его напорные характеристики [2]. Кроме того, напор, создаваемый нагнетателем, пропорционален квадрату частоты вращения агрегата. Изменение напорных характеристик насосного агрегата при изменении частоты вращения иллюстрирует рисунок 3,

на котором кривая 1 соответствует номинальной (при номинальной частоте вращения привода) напорной характеристике, а кривые 2–4 – напорным характеристикам при пониженной частоте вращения.

Если организовать работу привода насосного агрегата таким образом, чтобы он при изменении параметров технологического процесса (расхода в сети и давления на входе агрегата) изменял частоту вращения, то в итоге можно без существенных потерь энергии стабилизировать давление в сети потребителей. При таком способе регулирования исключаются потери напора (нет дроссельных элементов), а значит, и потери гидравлической энергии.

Способ регулирования давления в сети путем изменения частоты вращения привода насосного агрегата снижает энергопотребление ещё и по другой причине. Собственно насос как устройство преобразования энергии имеет свой коэффициент полезного действия – отношение механической энергии, приложенной к валу, к гидравлической энергии, получаемой в напорном трубопроводе насосного агрегата. Характер изменения коэффициента полезного действия насоса η в зависимости от расхода жидкости Q при различных частотах вращения представлен на рисунке 4.

В соответствии с теорией подобия максимум коэффициента полезного действия с уменьшением частоты вращения несколько снижается и смещается влево. Анализ требуемого изменения частоты насосного агрегата при изменении расхода в сети показывает, что с уменьшением расхода требуется снижение частоты вращения. Если рассмотреть работу агрегата для расхода меньше номинального (вертикальные линии А и В), то для этих режимов рационально работать на пониженной частоте вращения. В этом случае КПД насоса η выше, чем при работе на номинальной частоте вращения. Таким образом, снижение частоты вращения в соответствии с технологической нагрузкой позволяет не только экономить потребляемую энергию

гию на исключении гидравлических потерь, но и получить экономический эффект за счет повышения коэффициента полезного действия самого насоса – преобразования механической энергии в гидравлическую энергию.

Применение частотного регулирования приводов позволяет существенно уменьшить и эксплуатационные затраты, связанные с обслуживанием агрегатов и систем. Например, снижение перепада давления между всасывающим и напорным патрубками насосного

агрегата увеличивает срок службы сальниковых уплотнений, практически исключает гидроудары и обеспечивает стабильность давлений в трубопроводах сетей, а также минимизирует затраты на их обслуживание [3,...,7].

Ниже в таблице приводятся основные данные по технологической схеме системы централизованного теплоснабжения г. Караганды, а на рисунке 5 – технологическая схема конкретной сетевой насосной станции.

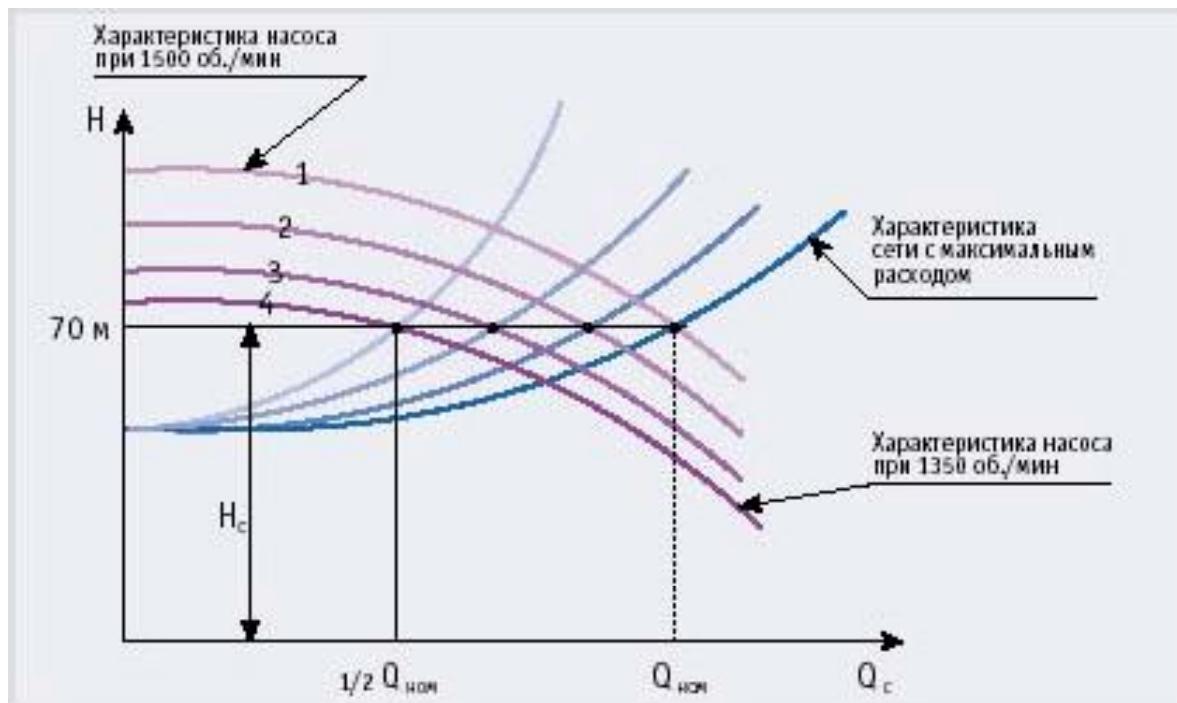


Рисунок 3 – Характеристики насосного агрегата и сети с частотным регулированием

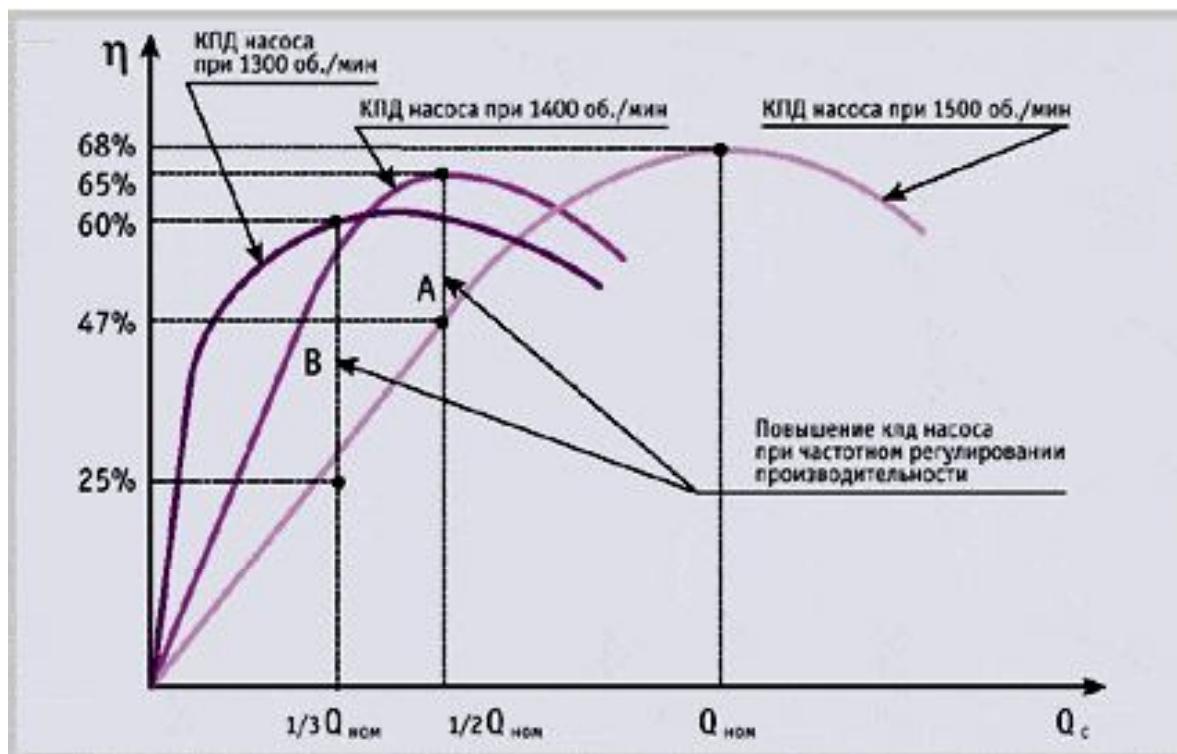


Рисунок 4 – Характер изменения КПД насоса в зависимости от расхода жидкости

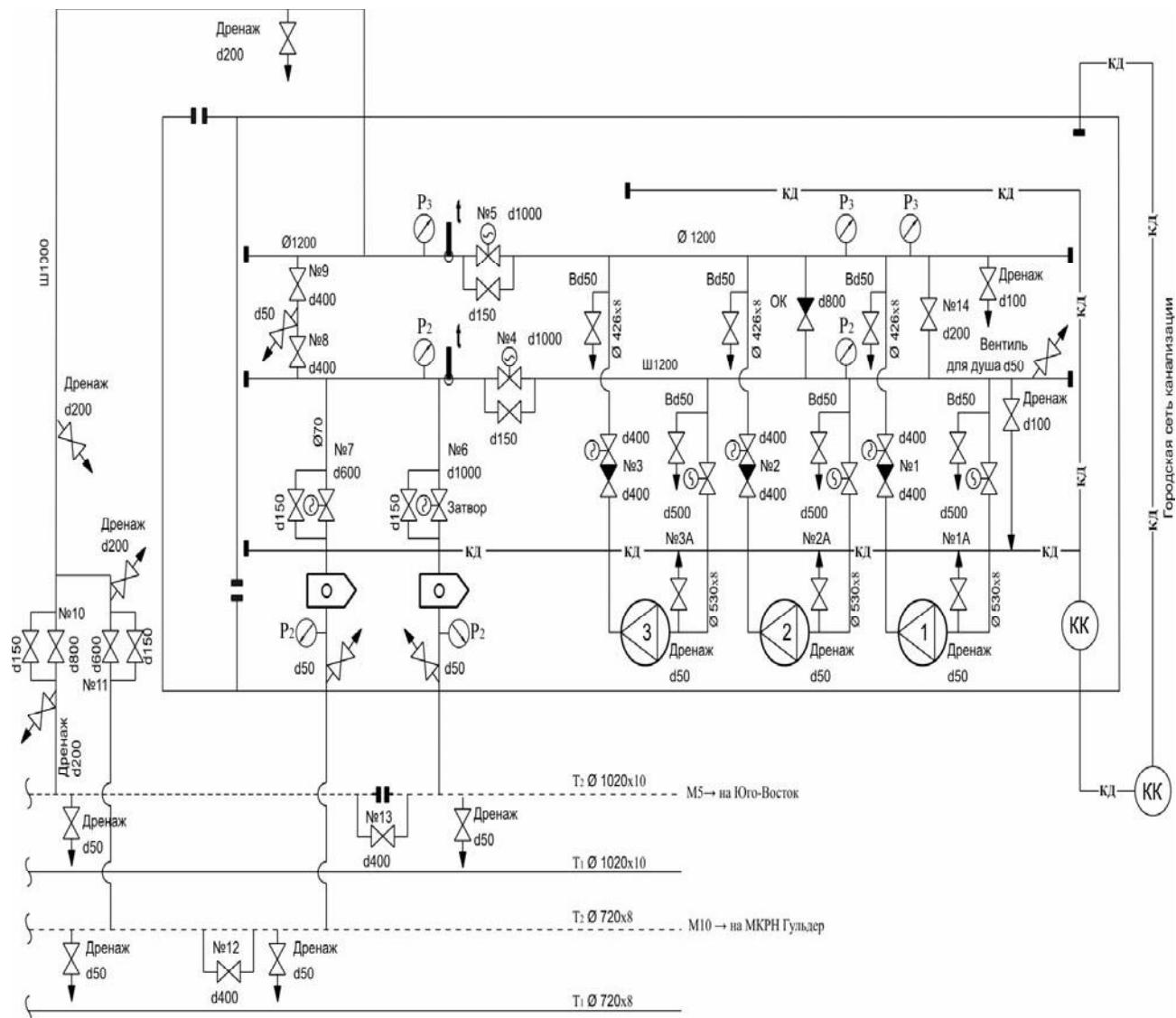


Рисунок 5 – Технологическая схема сетевой насосной станции № 5а ТОО «Теплотранзит Караганда»

Основные данные

Наименование	Значение
Протяженность, км	869,11
Магистральных сетей, км	217,892
Распределительных сетей, км	651,218
Надземная прокладка, км	415,271
Подземная прокладка, км	196,714
Транзит, км	39,232
Средний диаметр, мм	448
Насосных станций, шт.	59
- магистральных насосных станций, шт.	12
- распределительных насосных станций, шт.	47
Годовой объем потребления, МВт	69,9

Применительно к этой схеме предлагается следующий общий алгоритм регулирования расхода на выходе насосной станции:

1. При первоначальном пуске насосной станции происходит включение и плавный разгон от преобразователя частоты электродвигателя первого насоса до скорости, необходимой для поддержания заданного

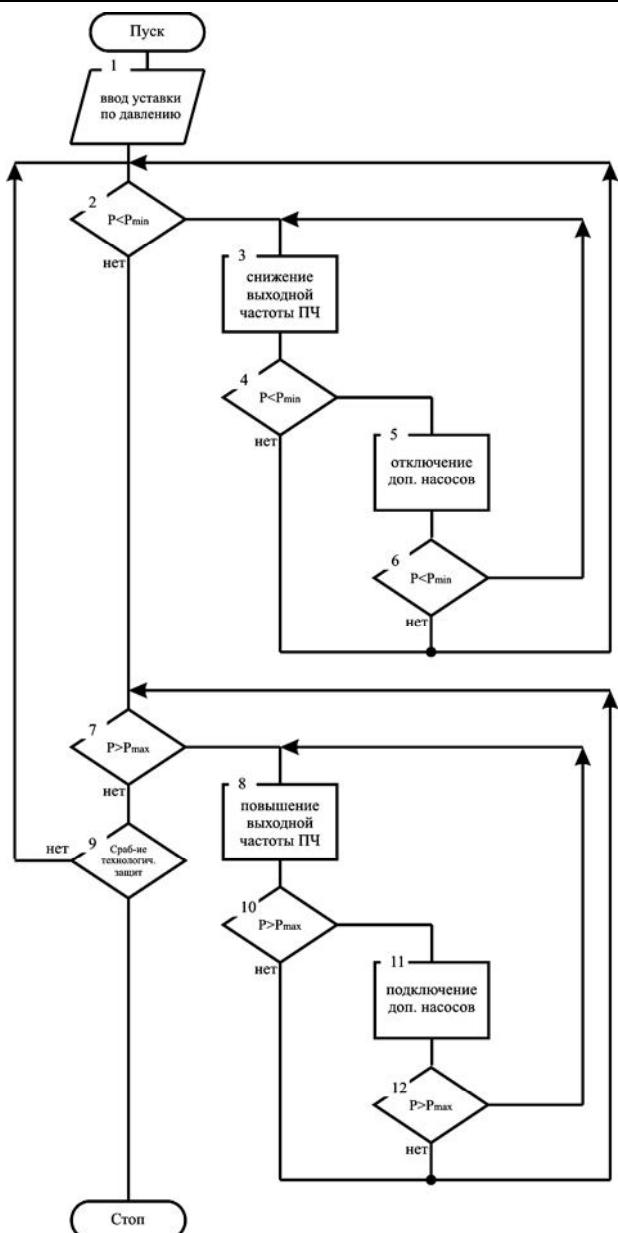
давления в выходном коллекторе насосной станции.

2. С увеличением расхода жидкости устройство плавного пуска, по команде от контроллера, плавно разгоняет до номинальной скорости следующий двигатель, исключая гидравлические удары в трубопроводе, и подключает его непосредственно к питающей сети с помощью коммутационной аппаратуры.

3. При дальнейшем увеличении расхода устройство плавного пуска произведет плавный пуск электродвигателя третьего насоса.

4. С уменьшением расхода жидкости подключенный напрямую к питающей сети двигатель насоса с помощью выключателей переключается на питание от устройства плавного пуска, которое производит плавный регулируемый останов двигателя, исключая резкое закрытие обратного клапана и вызванный этим гидравлический удар.

Поддержание давления в выходном коллекторе (по алгоритму, изображенному на рисунке 6) и регулирование расхода жидкости в момент пуска и остановки двигателя насоса с помощью устройства плавного пуска осуществляется преобразователем частоты, управляющим скоростью электродвигателя насоса.



ЛИТЕРАТУРА

1. Красильников А. Применение автоматизированных насосных установок с каскадным управлением в системах водоснабжения // Строительный инжиниринг / Учредитель ТОО «Линас». М.: Радиотехника, 2005. № 12.
2. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуховодных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. 360 с.: ил.
3. Виноградов А., Сибирцев А., Колодин И. Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода // Силовая электроника. М.: Машиностроение, 2006. № 2.
4. Станции управления насосными станциями. Техническое предложение по внедрению насосных станций в

промышленности // Информ. журнал / Учредитель ООО НПП Электропривод. М.: Радиотехника, 2001. № 3.

5. Автоматизация насосных станций // Информ. журнал / Учредитель Корпоративные системы. М.: Машиностроение, 2007. № 2.
6. Севастьянов Б.Г. Автоматизированный пуск и останов центробежных насосов (алгоритм повышенной надёжности) // СИСТЕМОТЕХНИКА. М.: Радиотехника, 2005. № 3.
7. Онищенко Г.Б., Хаткин А.Н., Калачев Ю.Н. Автоматизированные насосные станции нового поколения // Экологические системы. М.: Научтехлитиздат, 2004. № 11.

Крицкий А.Б. Жиіліктік-реттелетін электр жетегі бар сорғы станцияларының координаталарын және параметрлерін басқару алгориттімдері.

Мегаполистердің жылумен қамту жүйесінің статикалық режимдері талданады. Сорғы агрегаттарының жиіліктік-реттелетін электр жетектерін енгізу және пайдалану тиімділігі дәлелденеді. Жиіліктік-реттелетін электр жетегі бар сорғы станцияларының координаталарын және параметрлерін басқару алгориттімдері ұсынылады. Шығыс коллекторда қысымды ұстап түрү және сорғы қозғалтышының қосу және тоқтату моментінде сұйықтық шығынын баяу қосу құрылғысының комегімен реттеуді сорғы электр қозғалтышының жылдамдығын басқаратын жиілік түрлендіргіш жүзеге асырады. Сорғы агрегаттары мен желінің статикалық сипаттамалары реттеусіз, дроссельдік және жиіліктік реттеу арқылы келтіріледі. Сорғылардың желідегі сұйықтық шығынына төуелді түрде ПЭК талданады. Караганды қ. Орталықстандырылған жылумен қамту жүйелері үшін сорғы станциясының технологиялық сұлбасы ұсынылады.

Kritski A.B. Algorithms of Controlling Coordinates and Parameters of Pump Stations with Frequency-Controlled Electric Drives.

There are analyzed static modes of megalopolises heat-supply systems. There is proved the efficiency of introducing and operating frequency-controlled electric drives of pump units. There are suggested algorithms of pump station controlling coordinates and parameters with frequency-controlled electric drives. Pressure keeping in the output collector and liquid rate regulating at the moment of the pump engine starting and stopping with the help of smooth starter is performed by the frequency transformer that controls the pump electric drive speed. There are presented static characteristics of pump units and network without control, with throttle and frequency control. There is analyzed pumps efficiency depending on the liquid rate in the network. There is suggested a technological scheme of the pump station for centralized heat-supply of Karaganda.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Крицкий Антон Борисович (см. стр. 40).