

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ

А.Л. Андронов

Центробежные насосы являются массовыми и энергоемкими механизмами. На привод этих механизмов расходуется колоссальное количество энергии, составляющее около 20 % всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. Мощность промышленных насосов лежит в пределах от единиц до нескольких десятков тысяч киловатт. По назначению различают следующие группы насосов: коммунального и промышленного водоснабжения; погружные для подачи воды или нефти из скважин; циркуляционные; питательные; водоотлива и пр.

Насосы, как правило, работают на сеть с противодействием, причем статический напор в сети составляет обычно не менее 20 % полного напора. Исключением являются лишь циркуляционные насосы, которые могут работать на сеть, практически не имеющую статического напора.

Обычно насосы оснащаются нерегулируемым электроприводом. Регулировочные подачи осуществляются при этом практически единственным способом – дросселированием на стороне нагнетания.

Регулирование подачи насосов применяются в следующих случаях.

1. При необходимости регулирования количества жидкости, подаваемой насосом, в связи с требованиями технологического процесса или в связи со случайным изменением потребности в жидкости. Например, подачу жидкости циркуляционным насосом системы охлаждения нужно регулировать в зависимости от количества теплоты, подлежащей отводу; подача насоса водоснабжения должна изменяться соответственно режиму водопотребления.

2. Если даже не требуется регулирование подачи насоса во время работы, то обеспечение требуемого расхода связано с его первоначальной подрегулировкой. Например, если требуется для подачи жидкости на определенную высоту при постоянстве расхода и сопротивления гидросети насос с параметрами Q_1 и H_1 , то выбирается по каталогу насос с ближайшим номинальным напором при данном расходе, т.е. $H_{ном} > H_1$, для работы с заданными параметрами напор насоса дол-

жен быть снижен с $H_{ном}$ до H_1 . Если насос работает при неизменной частоте вращения, то простейшим и повсеместно применяемым способом регулирования его подачи является дросселирование, т.е. неполное открытие задвижки на напорном трубопроводе насоса. Это способствует увеличению вредного сопротивления сети.

Этот способ регулирования подачи весьма прост, однако он крайне невыгоден с энергетической точки зрения, поскольку ведет к снижению КПД агрегата. Это происходит по двум причинам: из-за дополнительной потери мощности в задвижке; вследствие ухудшения КПД самого насосного агрегата.

Рассчитанные зависимости КПД от расхода при регулировании задвижкой и изменением частоты вращения приведены на рис. 1. Сравнение рассмотренных способов показывает чрезмерную неэкономичность регулирования с помощью задвижек.

Насосные агрегаты обычно объединяются в насосные станции, при этом несколько насосов работают параллельно на одну сеть. Рассмотрим совместную работу двух насосов на общую сеть. Если они работают с постоянной частотой вращения, то рабочая точка А (рис. 2) определяется пересечением их суммарной характеристики 2 с характеристикой сети 1. Насосы работают при этом с подачей $Q_I + Q_{II} = Q_A$. Регулирование расхода может быть достигнуто дросселированием одного или обоих насосов.

При анализе совместной работы насосов падение напора в задвижке удобнее рассматривать как внутренние потери напора в насосе. Тогда при дросселировании насоса наклон его характеристики будет возрастать. Если прикрыть задвижку так, что суммарная характеристика займет положение 3, то рабочей точкой будет точка Б и результирующая производительность снизится до Q_A .

Регулирование подачи насосной станции изменением частоты вращения насоса иллюстрируется рис. 3. Если два насоса с суммарной характеристикой 2 работают на сеть с характеристикой 1 в точке А с производительностью Q_A и необходимо уменьшить их производительность до Q_A , то это можно

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ

сделать двумя способами: уменьшить частоту вращения обоих насосов (их характеристики 3 и 4 и суммарная характеристика 2 для этого случая показана на рис. 3) или снизить, но более значительно, частоту вращения одного из насосов, характеристика которого 5 при сниженной частоте вращения показана на рисунке 3. Регулирование производительности изменением частоты вращения одновременно двух насосов по своим показателям равноценно регулированию скорости насоса при его одиночной работе.

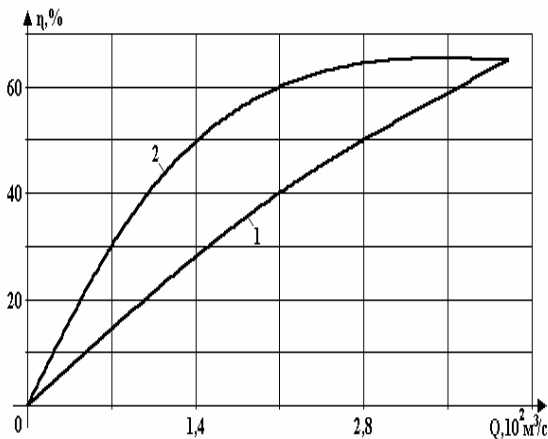


Рисунок 1 – Зависимость КПД насоса от подачи при регулировании задвижкой (1) и изменением частоты вращения (2)

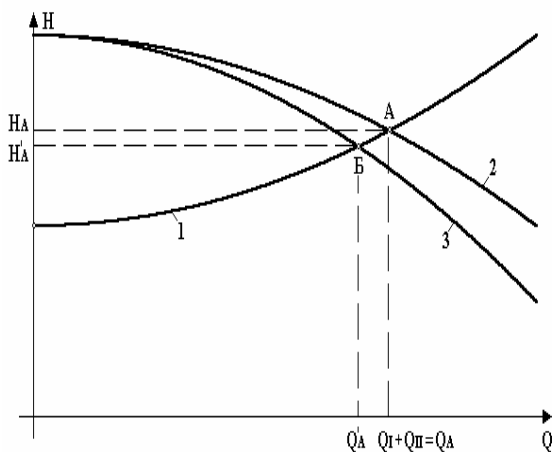


Рисунок 2 – Зависимость напора от подачи при совместной работе двух насосов на общую сеть и регулирование их подачи дросселированием одного из насосов

Регулирование подачи насосной станции изменением частоты вращения насоса иллюстрируется рис. 3. Если два насоса с суммар-

ной характеристикой 2 работают на сеть с характеристикой 1 в точке А с производительностью Q_A и необходимо уменьшить их производительность до Q_A , то это можно сделать двумя способами: уменьшить частоту вращения обоих насосов (их характеристики 3 и 4 и суммарная характеристика 2 для этого случая показана на рис. 3) или снизить, но более значительно, частоту вращения одного из насосов, характеристика которого 5 при сниженной частоте вращения показана на рис. 3. Регулирование производительности изменением частоты вращения одновременно двух насосов по своим показателям равноценно регулированию скорости насоса при его одиночной работе.

С точки зрения экономичности регулирования несколько более выгодным является одновременное изменение частоты вращения всех параллельно работающих насосов. Однако это связано с увеличением капитальных затрат на оснащение всех агрегатов регулируемым электроприводом. Поэтому для большинства насосных станций достаточно иметь только один регулируемый агрегат и осуществлять более глубокое регулирование отключением отдельных насосов.

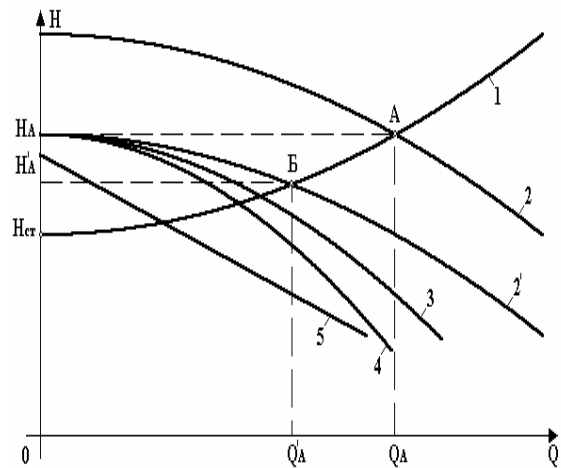


Рисунок 3 – Зависимость напора от подачи при совместной работе двух насосов на общую сеть и регулировании подачи изменением частоты вращения

Мощность, кВт, двигателя центробежного насоса с учетом некоторого запаса на случайные неучтенные перегрузки составляет:

$$P = k_3 \frac{P_T Q \cdot 10^{-3}}{\eta_H},$$

где P_T – давление;

η_n – КПД насосной установки (0,6 – 0,9);
 K_3 – коэффициент запаса мощности.

Насосы, как правило, являются механизмами с режимами длительной нагрузки с большим числом часов работы в год; нагрузка на валу приводного двигателя спокойная, перегрузок не возникает. Центробежные насосы являются быстроходными механизмами, номинальная частота вращения приводного двигателя обычно не менее 600 об/мин; верхний предел частоты вращения для насосов ограничен значением 3000 об/мин, лишь в редких случаях требуется более высокая номинальная частота вращения; наиболее современным способом регулирования производительности насосов является изменение частоты вращения их двигателей, диапазон регулирования которой обычно невелик, глубокое регулирование требуется лишь в отдельных случаях.

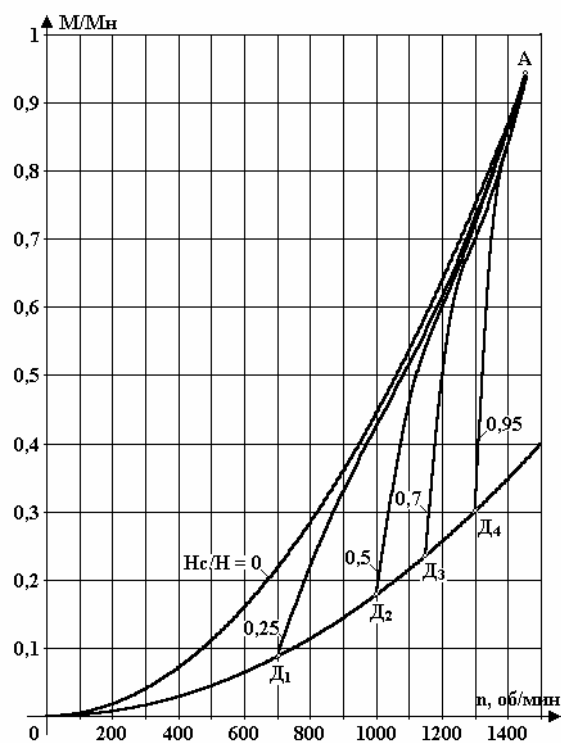


Рисунок 4 – Механические характеристики насоса при различных характеристиках сети

Для насосов характерна существенная зависимость момента сопротивления на валу от частоты вращения; поскольку насосы обычно работают на противодавление, то эта зависимость более резкая, чем квадратичная (вентиляторная), характер такой зависимости

для различных сетей показан на рис. 4. При регулировании частоты вращения от нуля до минимальной сначала зависимость носит квадратичный характер (кривая АВ); затем, когда насос разовьет напор, достаточный для преодоления статического напора, характер зависимости $M = f(n)$ (точки $D_1 - D_4$ для различных значений H/H_c) изменяется и зависит от значения статической составляющей напора.

Пуск насосов обычно производится на закрытую задвижку, зависимость момента на валу от частоты вращения при пуске носит вентиляторный характер (квадратичная зависимость) с максимальным моментом для большинства насосов, лежащим в пределах 0,4 – 0,8 номинального.

Таким образом, результаты анализа требований к электроприводу центробежных насосов указывают на необходимость регулирования частоты. В настоящее время в системах водоснабжения, отопления, канализации работает огромное количество центробежных насосов, которые в большинстве своем оснащены нерегулируемым асинхронным электроприводом и их режим работы не связан с фактическим режимом потребления.

Следовательно, не только для повышения эффективности работы этих систем, но и с целью энерго- и ресурсосбережения необходима модернизация насосных агрегатов подобного типа. Как показывают многочисленные исследования [3, 4], одним из наиболее эффективных способов решения этой проблемы является использование частотного регулирования электропривода, что позволяет как управлять скоростью насосного агрегата, так и оптимизировать процессы в системе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев В.В. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2001.
2. Браславский И.Я., Зюзев А.М., Трусов Н.П. Сравнительный анализ способов регулирования подачи центробежных насосов // Электротехническая промышленность. Сер. Электропривод. 1983. Вып. 2 (112).
3. Браславский И.Я., Зюзев А.М., Трусов Н.П. Сравнительный анализ способов регулирования подачи центробежных насосов // Электротехническая промышленность. Сер. Электропривод. 1983. Вып. 2 (112).
4. Зайцев С.Г. Проблемы оценки экономической эффективности внедрения регулируемого электропривода в современной энергетике России / Промышленная энергетика. – 2000. – №10