

УДК 626.83

Особенности работы центробежных насосов с использованием преобразователя частоты вращения.

ФГБОУ ВПО МГУП, г.Москва, Али Мунзер Сулейман

Одним из наиболее экономичных способов регулирования режима работы центробежных насосов, в соответствии с изменяющимся режимом работы системы, является изменение частоты вращения вала насоса.

Но как показал эксперимент, работа насоса со слишком большим отклонением частоты вращения от своего номинального значения, параметры насоса, существенно нарушается.

В связи с этим, для повышения надежности работы насосов необходимо определить граничные значения частот вращения, при которых происходят эти нарушения.

One of the most economical ways to control the operating mode of centrifugal pumps, in accordance with the changing mode of operation of the system is to change the speed of the pump shaft.

But as shown by experiment, work the pump with too much speed deviation from the nominal value of the pump, the parameters of the pump significantly disrupted.

Therefore, to improve the reliability of the pumps it is necessary to determine the boundary values of the speed at which these violations are occur.

Регулирование работы насосов изменением частоты вращения решает разнообразные задачи: [1].

1. Поддерживает заданное стабильное давление на напорном коллекторе станции или в водопроводной сети (в соответствии с заданием);
2. Изменяет подачу воды в соответствии с изменением водопотребления в системе;
3. Обеспечивает работу насосных агрегатов в рабочей зоне, препятствуя возникновению перегрузки, помпажа, кавитации;
4. Обеспечивает плавный пуск насосных агрегатов, предотвращает возникновения гидравлического удара в напорных коммуникациях насосных станциях;
5. Снижает энергопотребление до минимально возможного значения

Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса ведет к изменению всех его рабочих параметров. При этом изменяется положение характеристик насоса. Пересчет характеристик насоса на другую частоту осуществляется с помощью так называемых формул приведения: [2].

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (1)$$

$$H_1/H_2 = \left(n_1/n_2\right)^2, \quad (2)$$

$$N_1/N_2 \approx \left(n_1/n_2\right)^3, \quad (3)$$

Изменение частоты вращения не всегда возможно в широких пределах, т.к. оно зависит от преобразователя частоты вращения и характеристики трубопровода.

Как показал эксперимент, работа насоса со слишком большим отклонением частоты вращения от своего номинального значения не экономично или существенно нарушаются.

В связи с этим, для повышения надежности работы насосов необходимо определить граничные значения частот вращения, при которых происходят эти нарушения.

В отдельных частных случаях, например при работе одиночного насоса без статического напора, формулы приведения можно использовать для определения рабочих параметров насоса, работающего с измененной частотой вращения. При работе с противодавлением этого делать нельзя, так как рабочие параметры насоса зависят не только от его характеристики, но также и от характеристики системы трубопроводов, на которую он работает. [3].

Зависимость между расходом жидкости через трубопровод и напором, который требуется для обеспечения этого расхода, называется характеристикой трубопровода, и описывается уравнением:[4].

$$H_{тр} = H_{г} + S \cdot Q^2 \quad (4)$$

где:

$H_{тр}$ – напор в начале трубопровода (системы трубопроводов);

$H_{г}$ - геодезическая высота подъема воды, м;

S – гидравлическое сопротивление трубопровода.

Напорная характеристика центробежного насоса, работающего с переменной частотой вращения, описывается уравнением:

$$H = H_{ф} \cdot (n_1/n)^2 - S_{ф} \cdot Q^2 \quad (5)$$

Где:

$H_{ф}$ и $S_{ф}$ - фиктивные параметры насоса;

n_1 и n – переменное и номинальные значения частоты вращения насоса соответственно.

Совместным решением уравнений характеристик трубопровода (4) и насоса (5) относительно параметра Q получена зависимость изменения подачи насоса от его частоты вращения:

$$Q = Q_p \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{n_1}{n}\right)^2 - \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right)}{1 - \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right)}} \quad (6)$$

где: Q_p – Расчетный расход;

Из (6) видно, что подача насоса зависит не только от частоты вращения, но от отношения H_Γ/H_Φ ,

где: H_Γ - статическая составляющая напора или противодействие.

Аналогичным образом получена зависимость изменения напора, развиваемого насосом, от его частоты вращения:

$$H = H_\Gamma + (1 + H_\Gamma) \cdot \left[\frac{\left(\frac{n_1}{n}\right)^2 - \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right)}{1 - \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right)} \right] \quad (7)$$

Из формулы (6) видно, что насос прекращает свою работу, когда расход $Q=0$, т.е.

$$\left(\frac{n_1}{n}\right)^2 - \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right) = 0; \quad (8)$$

$$\left(\frac{n_1}{n}\right)^2 = \left(\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}\right); \quad (9)$$

Так же из формулы (7) видно, что насос прекращает свою работу, когда напор насоса равняется геодезическому напору. Т.е. получаем те же формулы (8) и (9).

Таким образом, минимальное значение частоты вращения насоса при которой сохраняются свои параметры

$$n_{min} = n \cdot \sqrt{\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}} \quad (10)$$

Анализ формулы (10) показывает, что:

1. При $\frac{H_\Gamma}{H_\Phi} > 0$ т.е. H_2 положительное и можно изменить частоту вращения от

n номинальная до $n_{min} = n \cdot \sqrt{\frac{H_\Gamma}{H_\Phi}}$

2. При $\frac{H_\Gamma}{H_\Phi} = 0$ т.е. $H_2 = 0$ можно изменить частоту вращения от n номинальная до нуля.

3. При $\frac{H_\Gamma}{H_\Phi} < 0$ т.е. H_2 отрицательное и можно изменить частоту вращения от n номинальная до нуля.

Для более углубленного определения граничных значений изменения частоты вращения насоса при которой сохраняются свои параметры были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях.

- Испытательная установка представлена на (рис.1), и состоит из:
1. Консольный моноблочный центробежный насос марки ADB-35abs.
 $Q_{\max} = 35$ л/мин
 $H_{\max} = 35$ м
 $N = 0,4$ кВт
 $n = 2900$ об/мин.
 2. Металлический водовоздушный бак емкостью 60л. установленный для создания противодействия.
 3. Преобразователь частоты вращения с ручным регулятором частоты вращения. $N=0,4$ кВт,

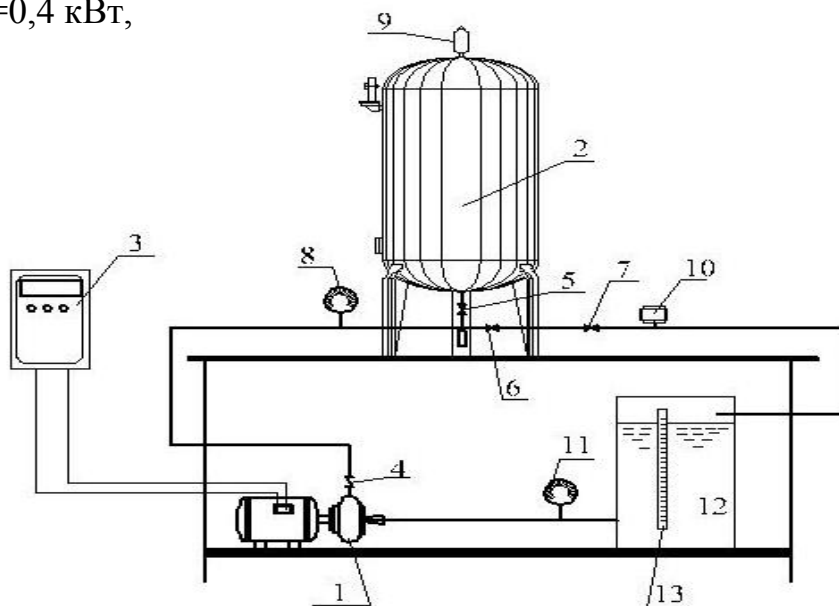


Рис. 1. Схема насосной установке.

1. Насос марка ADB-35abs; 2. Водовоздушный бак; 3. Преобразователь частоты вращения; 4. Обратный клапан; 5. Вентиль для отсоединения водовоздушного бака от сети; 6. Вентиль; 7. Вентиль для регулирования подачи насоса; 8, 9. Манометр; 10. Регулятор давления; 11. Вакуумметре; 12. Приемный бак; 13. Уровнемер.

При проведении испытаний определились: расход, частота вращения, давление на напорные линии и водовоздушном баке, мощность электродвигателя и напряжение в сети.

Испытания проводились для двух случаев:

1. $H_{г}=0$, когда водовоздушный бак отсоединен от напорной линии насосной установки
2. $H_{г}>0$, когда водовоздушный бак соединяется с напорной линией. При этом при изменении давление в баке помощью компрессора смогли изменить статическое давление.

Результаты исследований

Для первого случая была изменена частота вращения от номинальной до значения частоты вращения при которой невозможно было фиксировать параметры насосной установки (Q и H) что составляет 917 об/мин., т.е. 31% от номинального (рис. 2).

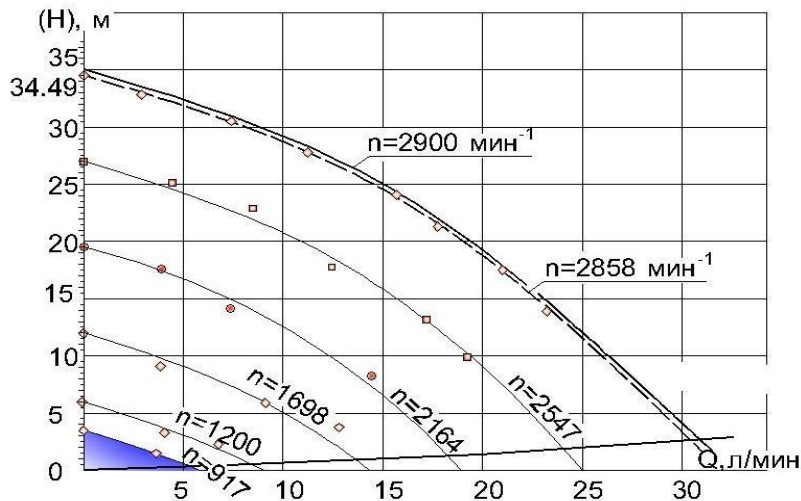


Рис.2. Определение граничного значения частоты вращения для первого случая.

Для второго случая был присоединен водовоздушный бак и была определена разная частота вращения при разных H_{Γ} (рис.3).

По результатам испытаний второго случая установлено, что:

1. При $H_{\Gamma} = 5\text{ м}$. т.е $\frac{H_{\Gamma}}{H_{\Phi}} = 0,15$ минимальное значение частоты вращения составило 1287 об/мин. что составляет 45% от номинального. Это значение отличается от минимального значения частоты вращения на 14% , которая определяется по формуле (10).

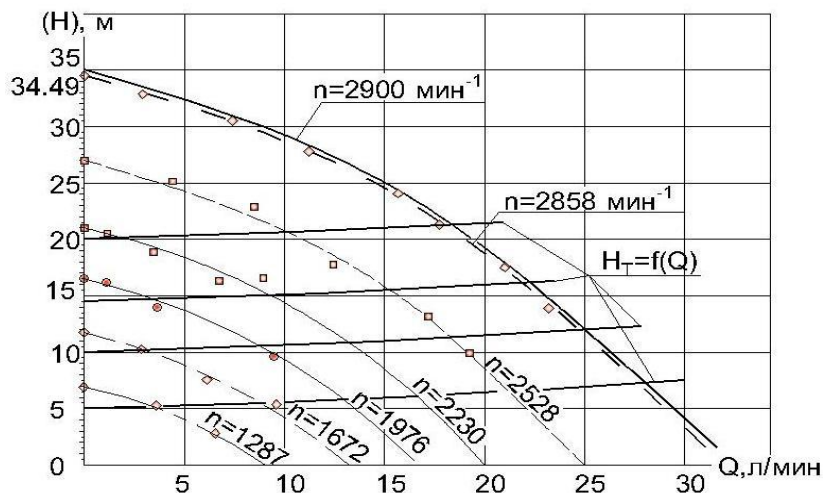


Рис.3. Изменение частоты вращения для второго случая.

2. При $H_{\Gamma} = 10\text{ м}$. т.е $\frac{H_{\Gamma}}{H_{\Phi}} = 0,3$ минимальное значение частоты вращения составило 1672 об/мин. что составляет 58% от номинального. Это значение отличается от минимального значения частоты вращения на 6,9% , которая определяется по формуле (10).

3. При $H_g = 4,5$ м. т.е $\frac{N_g}{N_{\Phi}} = 0,42$ минимальное значение частоты вращения составило 1976 об/мин. что составляет 69% от номинального. Это значение отличается от минимального значения частоты вращения на 6,2% , которая определяется по формуле (10).

4. При $H_g = 20$. т.е $\frac{N_g}{N_{\Phi}} = 0,58$ минимальное значение частоты вращения составило 2230 об/мин. что составляет 78% от номинального. Это значение отличается от минимального значения частоты вращения на 2,4% , которая определяется по формуле (10).

Выводы:

1. Значение частоты вращения, зависит от H_g , (геодезическая высота подъема воды), чем больше H_g , тем меньше диапазон изменения частоты вращения.
2. По результатам исследований установлено, что минимальное значение частоты вращения, при котором насос сохраняет свои характеристики, в соответствии формулой 10 составляет 30% от номинального.
3. Результаты исследований так же показали, что минимальное значение изменения частоты вращения отклоняется от расчетного минимального значения (которое рассчитано по формуле 10), до 14%.

Список используемой литературы:

1. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006; 360 с.
2. В.С. Гордиенко, Л.И. Кантор, Ю.В. Новожилов и др. Совершенствование систем подачи и распределения воды / Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №4. Ч.2; 48 с.
3. Воробьев С.В., Исхаков Ю.Б., Лезнов Б.С. Энергосбережения в системах водоснабжения и водоотведения / Труды II международной научно-практической конференции: Экология в энергетике – 2005. М.: Издательство МЭИ, 2005;160 с.
4. Гинзбург Я.Н. , Чебанов В.Б. и др . Объединенная система управления режимом работы насосных станций, подающих воду в общую сеть Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №11; 49 с.