

Н. Н. Мошнориз, асп.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ ВТОРОГО ПОДЪЕМА

Работа посвящена решению задачи повышения эффективности управления насосной станцией за счет обеспечения совместимой работы насосов и поддержки на ее выходе точного значения давления или подачи. В работе построена модель системы управления насосной станцией, которая позволяет обеспечить совместную работу насосных агрегатов с учетом вентиляторного характера нагрузки и квадратичного закона частотного управления.

Ключевые слова: модель системы управления, насосный агрегат, насосная станция, суточные расходы, производительность, оптимальный режим работы.

Введение

Насосные станции второго подъема обычно оснащаются несколькими насосными агрегатами (НА), включенными параллельно. В случае выхода из строя одного из агрегатов его заменяют другим, параметры которого отличаются от предыдущего. Проблема заключается в возможности обеспечения их совместной работы. Особенно остро ошутима эта проблема для Украины, большинство насосных станций которой оснащены еще советскими НА с исчерпанным ресурсом безотказной работы. Потому **актуальной** является разработка модели системы подачи воды в город, которая позволит провести расчет оптимальных вариантов решения при обеспечении совместной работы НА.

Выбор оптимальных комбинаций и производительностей включенных НА описан в работах [1, 2], где в качестве целевой функции выбираются затраты на электроэнергию; накладываются ограничения на обеспечение необходимой или не меньше за необходимую подачу и учитывается длительность непрерывной работы насоса. Полученные решения позволяют решить проблему последовательности включения НА, но не учитывают возможность совместной работы насосов.

Известно о существовании функциональной схемы экстремальной энергосберегающей системы управления насосной установкой, предложенной в [3], где необходимые давление и подача обеспечиваются регулятором технологического параметра; учитывается коэффициент полезного действия насоса при изменении его производительности; обеспечивается минимум потерь в двигателе. Предложенная функциональная схема не позволяет осуществить управления насосной установкой по подаче и обеспечить совместную работу НА с сетью водоснабжения.

Цель

Целью работы является повышение эффективности управления насосной станцией за счет обеспечения совместной работы насосов и поддержания точного значения давления или подачи на выходе насосной станции (НС).

Постановка задачи

Для достижения цели необходимо разработать систему подачи воды в город, в которой бы учитывались гидроэнергетические особенности и параллельная работа НА, а также исходные технологические параметры системы водоснабжения.

Основная часть

В соответствии с нормами водопотребления населением, предприятиями, пожарной системой и другими потребностями города рассчитывается график водопотребления [4], по

которому в каждый час суток станция должна обеспечить соответствующее значение подачи для покрытия потребностей города в воде. По характеристике сети водоснабжения этому значению подачи отвечает определенное значение давления. Для обеспечения согласованной работы сети водоснабжения и НС подача из графика водоснабжения должна быть равной суммарной подаче НС на ее выходе [5]. Для этого прибегают к регулированию производительности станции. Это может быть активное или пассивное регулирование. Используя дросселирование как наиболее простой с точки зрения возможности реализации способ регулирования, электрическая энергия тратится неоправданно, поскольку двигатели при этом работают в номинальном режиме, а производительность их работы может существенно отличаться от номинальной. Кроме того такой способ регулирования приводит к быстрому истощению ресурса оборудования и, соответственно, уменьшению срока его эксплуатации. Использование дополнительных приспособлений для регулирования производительности НА также приводит к дополнительным затратам и оправдывает себя в определенных конкретных приложениях [4]. Наиболее экономным способом регулирования является регулирование производительности НА изменением количества его оборотов [5]. При количестве НА больше 2-х производительность станции можно регулировать и путем включения или выключения определенных НА [1, 2]. При этом под вопросом оказывается выбор: который же из НА в тот или иной момент включить или выключить. При выполнении систем управления НС в качестве критерия выбора используют равномерный износ ресурса оборудования. То есть включение или выключение НА станции происходит так, чтобы выровнять остаточный ресурс насосного оборудования (в основном самого насоса и электрического двигателя). Поскольку введение или выведение НА из работы приводит к скачкообразному изменению производительности станции, которая, кстати, не всегда соответствует нужному значению производительности, то этот способ регулирования становится эффективнее при обеспечении частотного управления электрическими двигателями НА, которые описывались в работе [6].

Учитывая то, что любое регулирование приводит к изменению характеристики или НА, или самой сети водоснабжения, задача достижения равенства подачи из графика водоснабжения суммарной подаче НС при определенном значении давления на ее выходе осложняется тем, что с изменением значения подачи изменяется и значение давления. Таким образом, для получения значений подачи НА-тов станции ($Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, где n – количество параллельно работающих НА), суммарного значения подачи станции (Q) и давления на ее выходе (H), при которых обеспечивается совместная работа НС и сети водоснабжения и покрываются потребности города в воде, необходимо решить систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} H &= H_c + R_c Q, \\ Q &= Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \\ H &= v^2_1 H_{0.1} - R_{b.1} Q_1, \\ H &= v^2_2 H_{0.2} - R_{b.2} Q_2, \\ &\dots\dots\dots \\ H &= v^2_n H_{0.n} - R_{b.n} Q_n. \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где H_c – статический напор, необходимый для подъема жидкости на определенную высоту (геодезический напор); R_c – гидродинамическое сопротивление сети водоснабжения; v_n – относительная скорость вращения рабочего колеса n -го насоса; $H_{0.n}$ – давление, которое развивает n -й насос при нулевой подаче; $R_{b.n}$ – внутреннее сопротивление n -го насоса; Q_n – подача n -го НА.

На рис. 1 представлена модель системы управления НА (СУНА).

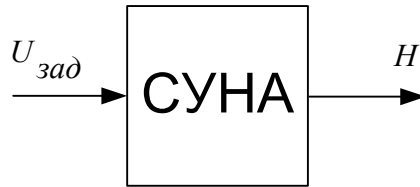


Рис. 1. Модель системы управления НА

Подача Q на выходе каждого НА отвечает определенному значению задающего напряжения $U_{зад}$ и рассчитывается из математической модели системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель – центробежный насос (ПЧ-АД-ЦН). Если указанную модель дополнить моделью сети водоснабжения (СВ), то с учетом вентиляторного характера нагрузки АД модель системы ПЧ-АД-ЦН-СВ будет иметь вид, изображенный на рис. 2.

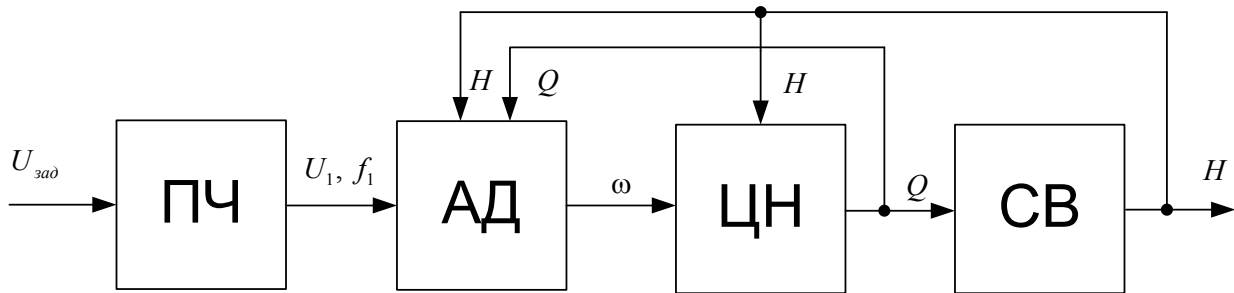


Рис. 2. Модель системы ПЧ-АД-ЦН-СВ

Обратная связь на АД по давлению и подаче обусловлена нагрузкой, в качестве которой выступает ЦН. Момент сопротивления на валу двигателя [7]:

$$M_c = \frac{\rho g Q H}{\omega \eta_m}, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м^3 (для воды $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$); g – ускорение свободного падения, $g=9,81 \text{ м/с}^2$; Q – производительность турбомеханизма, $\text{м}^3/\text{с}$; H – давление, м; η_m – коэффициент полезного действия турбомеханизма при данном режиме его работы; ω – угловая скорость рабочего органа насоса, рад/с .

Обратная связь на ЦН по подаче обусловлена уравнением насоса, которое связывает давление на его выходе с производительностью и относительной скоростью вращения, которое для насосов с покатыми характеристиками имеет вид:

$$H = v^2 H_0 - R_b Q. \quad (3)$$

В соответствии с (3) структурная схема насоса, на вход которой подается относительная скорость вращения рабочего органа, а на выходе снимается производительность, представлена на рис. 3:

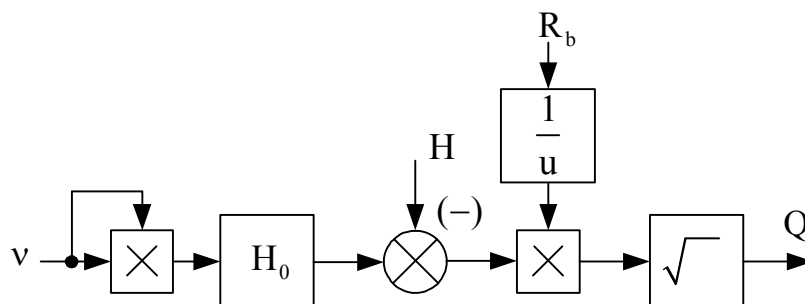


Рис. 3. Структурная схема ЦН

Взяв в качестве исходной структурную схему, изображенную на рис. 2, можно построить многосвязную систему подачи воды в сеть. На рис. 4 представлена система управления станцией второго подъема, которая состоит из трех НА.

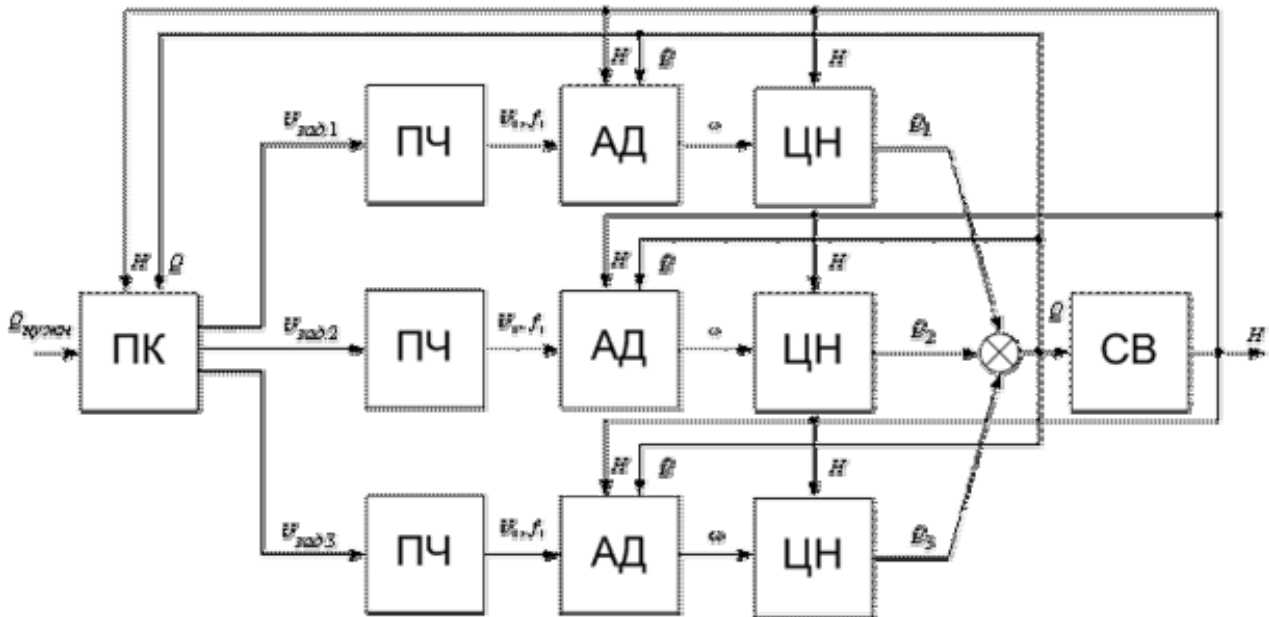


Рис. 4. Система управления станцией второго подъема, которая состоит из трех НА

Совместная работа трех НА-тов обеспечивается промышленным контролером (ПК), выходными сигналами которого являются сигналы задания каждого ПЧ, входным же является нужное значение подачи в каждый час суток и другая информация, необходимая для реализации вычислений системы (1). В соответствии с программой контролера происходит расчет и выдаются команды на включение или отключение НА и значение его производительности.

Выводы

Таким образом, разработана модель системы управления насосной станцией второго подъема, которая предусматривает возможность совместной работы насосных агрегатов станции при поддержании на ее выходе нужного значения давления или производительности. Использование разработанной модели позволит осуществить предварительный выбор оптимальных или близких к ним вариантов решения производительностей каждого из НА по определенному критерию, например, по потреблению станцией электрической энергии. Выбор одного из вариантов решения происходит для совместно работающих НА с учетом вентиляторного характера нагрузки на приводной двигатель НА при выполнении закона частотного управления $U/f^2 = const$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искендеров А. А. Задачи выбора оптимальных режимов работы НС// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – №5. – С. 62 – 64.
2. Мошноріз М. М., Горячев Г. В. Оптимізація режимів роботи насосної станції водопостачання // Тези доповідей "Всеукраїнської конференції молодих вчених". Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації.- Кременчук. – 2006. – С. 35.
3. Попович М.Г., Печеник М.В., Кіселичник О.І. Екстремальні енергозберігаючі електромеханічні системи автоматичного керування насосними установками // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Тематичний збірник наукових праць "Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика". Харків: НТУ "ХПІ". – 2002. – №12. – С. 37 – 41
4. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416с.
5. Лезнов Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.

6. Грабко В.В., Мошноріз М.М. Вдосконалення роботи насосної станції водопостачання // Тези доповідей XIII Міжнародної конференції з "Автоматичного управління (Автоматика-2006)". Автоматичне управління в технічних системах. – Вінниця. – 2006.

7. Залуцкий Э. В., Петрухно А. И. Насосные станции. Курсовое проектирование. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 167 с.

Мошнориз Николай Николаевич – аспирант кафедры электромеханических систем автоматизации в промышленности и транспорте.

Винницкий национальный технический университет