Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что управление подачей жидкости с помощью преобразователя частоты наиболее эффективно. Для обеспечения устойчивой работы электродвигателя, ограничения его перегрузки по току и магнитному потоку, поддержания высоких энергетических показателей в частотном преобразователе поддерживается определенное соотношение между его входными и выходными параметрами, зависящее от вида механической характеристики насоса.

1. Б.С.Лезнов «Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходувных установках». М.: Энергоатомиздат, 2006 г.
2. Савостеенко Н.В., Костенко Р.В., Архипова Н.С., Буханов С. С. «Модернизация насосных станций», II Поволжская научно-практическая конференция. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве.
3. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции / П.В. Лобачев. – М.: Стройиздат, 1990.
4. СНиП 2.04.02-84. Насосные станции. Электрооборудование, технологический контроль, автоматизация и системы управления.
5. Попкович Г.С. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / Г.С. Попкович, М.А. Гордеев. – М.: Высш. шк., 1986.
6. Справочник электроэнергетика предприятий цветной металлургии / под ред. М.Я. Басалыгина, В.С. Копырина. – М.: Металлургия, 1991.
7. Пат. 2138689 РФ. Способ управления работой системы центробежный насос и вакуумный насос и газоотделяющий центробежный насос / Р. Войтто, В. Реййо, В. Веса; опубл. 29.05.1996.
8. Усынин Ю.С. Параметрическая оптимизация частотно-регулируемых электроприводов / Ю.С. Усынин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Энергетика. – 2012. – № 37(296). – С. 30–33.

Белов Н.А., Максимов Н.М., Семенова К.Д., Киселева А.А., Панов К.Э.

Математическая модель системы ПЧ-АД для насосной станции

*Южно-Уральский Государственный Университет
(Россия, Челябинск)*

doi: 10.18411/lj-09-2019-08

idsp: ljournal-09-2019-08

Аннотация

Приведены параметры объекта исследования, даны суточные характеристики, параметры рабочего органа. В данной статье описывается математическая модель насосного агрегата. Приведен расчет параметров модели. Описаны результаты математического моделирования.

Ключевые слова: насосный агрегат, подача, регулирование, преобразователь частоты, математическая модель

Abstract

This article discusses methods of regulating the water supply at the pump station of the first rise. Functional diagrams of the three control methods and their brief descriptions are given, as well as the calculations of these methods. The optimal method for regulating the feed was selected, based on the studies.

Keywords: pump, supply, regulation, frequency converter, mathematical model

Насосная станция – это совокупность комплексов, которая осуществляет превращение энергии движущейся воды в электрическую энергию. Насосные станции имеют широкое применение в промышленности.

Модернизация насосных станций необходима в случае изменения технологического процесса, увеличении необходимых характеристик или устаревании оборудования.

Имеющаяся насосная станция, обладает оборудованием слишком старым и не обеспечивающим необходимых характеристик. Выход из строя оборудования и частые сбои в работе насосных агрегатов привели к необходимости провести модернизацию.

Параметры новой насосной станции и параметры переустановленного на ней насосного агрегата представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1.

Параметры насосной станции.

Диапазон регулирования подачи $Q_{min} - Q_{max}, м^3/ч$	Высота подъема, м	Углы поворота	Длина магистрали, км	Глубина водосбора, м	Глубина прокладки водопровода под поверхностью земли, м	Запас, %
130-170	45	$\varphi 1 = 60^\circ$, $\varphi 2 = 13.4^\circ$, $\varphi 3 = 22.6^\circ$, $\varphi 4 = -8.6^\circ$.	5	5	2.8	15

Таблица 2.

Параметры электродвигателя.

Двигатель	Мощность, кВт	$n, Об/мин.$	Ток при 380В, А*	КПД, %*	Кэф. Мощн., *	$\frac{I_p}{I_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	Момент инерции, кгм ² *
АИР250S2	75	2900	134.6	93	0.90	7.0	2.6	0.35

Модернизация данной насосной станции производилась на основании увеличения подачи жидкости, которая необходима в новых условиях работы завода.

На рисунке 1 представлен график суточного потребления воды в соответствии с возросшими требованиями к подаче воды. Так же на графике суточного потребления представлены необходимые значения момента двигателя, которые должны соответствовать скоростям в пиковых точках.

Рисунок 1. График суточного потребления жидкости

Расчет математической модели состоял из нескольких основных моментов, главным из которых был выбор преобразователя частоты. Система ПЧ-АД является наиболее эффективной среди имеющихся в нашем случае. С помощью изменения напряжения можно изменить скорость вращения двигателя, и тем самым изменить скорость вращения сочлененного с ним насоса, что приводит к лучшим механическим характеристикам системы в целом.

Для анализа работы системы предстоит выполнить расчеты механических и электромеханических переходных процессов момента $M(t)$, скорости $\omega(t)$, скорости идеального холостого хода $\omega_0(t)$, угла поворота вала двигателя $\alpha(t)$.

Переходные режимы обеспечиваются системой управления путем формирования выходного напряжения преобразователя.

По требованиям к электроприводу в переходных режимах следует ограничивать ускорение допустимой величиной $a_{доп}$.

$$T_{д1} = J_1 \cdot \frac{\omega_{0н}}{M_n} = 8 \cdot \frac{304}{246.7} = 9.8 \text{ с}$$

$$\bar{M}_{дин1} = \frac{M_{дин}}{M_n} = \frac{252.4}{246.7} = 1.023$$

$$T_{зи} = \frac{T_{д1}}{\bar{M}_{дин1}} = 9.58 \text{ с}$$

Для расчета переходных характеристик была разработана математическая модель в программной среде MatLab, представленная на рисунке 2. В данной математической модели учитывается и необходимое влияние двигателя, и параметры преобразователя частоты, с установленным на нем датчиком реального времени.

С помощью различных контрольных сигналов control signal на преобразователе были получены различные значения скорости, которые соответствуют минимуму, максимуму и среднему значению. Эти значения соответствуют диапазону регулирования подачи, его минимуму Q_{min} , среднему значению Q_{av} и максимальному значению Q_{max} .

Рисунок 2. Математическая модель электропривода с преобразователем частоты в программной среде MatLab

На рисунке 3 приведены результаты математического моделирования. На рисунке выведены напряжение и ток на статоре, скорость насоса, электромагнитный и

статический моменты. Изменение скорости соответствует изменениям подачи жидкости в насосном агрегате. Электромагнитный момент при заданных значениях скорости остается неизменным на уровне 100 Н·м. Разгон и торможение двигателя происходит за установленное время в 10 с.

Рисунок 3. Переходные характеристики

Проведенное математическое моделирование системы управления насосного агрегата показывает, что выбранный способ регулирования насосного агрегата удовлетворяет условия и предоставляет нам необходимые насосные характеристики.

1. Б.С.Лезнов «Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходушных установках». М.: Энергоатомиздат, 2006 г.
2. Савостеенко Н.В., Костенко Р.В., Архипова Н.С., Буханов С. С. «Модернизация насосных станций», II Поволжская научно-практическая конференция. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве.
3. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции / П.В. Лобачев. – М.: Стройиздат, 1990. 2. СНиП 2.04.02-84. Насосные станции. Электрооборудование, технологический контроль, автоматизация и системы управления.
4. Попкович Г.С. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / Г.С. Попкович, М.А. Гордеев. – М.: Высш. шк., 1986.
5. Справочник электроэнергетики предприятий цветной металлургии / под ред. М.Я. Басалыгина, В.С. Копырина. – М.: Металлургия, 1991.
6. Журавлев А.М. Математическая модель электропривода с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения / А.М. Журавлев [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Энергетика. – 2014.– Т. 14, № 1. – С. 66–70.
7. Пат. 2138689 РФ. Способ управления работой системы центробежный насос и вакуумный насос и газоотделяющий центробежный насос / Р. Войтто, В. Реййо, В. Веса; опубл. 29.05.1996.
8. Рагинов Н.М. Устройства плавного запуска электродвигателей насосов буровых установок и насосов поддержания пластового давления / Н.М. Рагинов // Бурение и нефть. – 2007. – № 12. – С. 38–39.
9. Усынин Ю.С. Параметрическая оптимизация частотно-регулируемых электроприводов / Ю.С. Усынин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Энергетика. – 2012.– № 37(296). – С. 30–33.