

Дадабаев Ш.Т.

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

E-mail: shahbozdadoboev@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРОСИТЕЛЬНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЁМА

В статье исследована оросительная насосная станция 1-го подъёма (АНС-1) Аштского района Республики Таджикистан. Проектная производительность АНС-1 составляет 1,7712 млн.м³ воды в сутки и в машинном зале АНС-1 установлено 4 электродвигателя серии ВДС2-325/69-16 суммарной мощностью 32000 кВт. Оросительные насосные станции за счет больших насосных агрегатов потребляют огромное количество электроэнергии. Эти агрегаты обычно снабжены с нерегулируемым электроприводом, что приводит к дополнительным расходам. Для решения данной проблемы необходимо разработка математической модели и анализ способов регулирования электроприводов насосных агрегатов. На практике подача насоса регулируется в основном следующими способами: изменением скорости насоса, дросселированием трубопровода, ступенчатое регулирование и перепуском части потока жидкости. Из всех вышеуказанных способов эффективным является регулирование с изменением скорости насоса, т. е. использование регулируемых электроприводов. Регулируемые электроприводы позволяют сэкономить энергию и увеличить технический ресурс оборудования.

С целью создания математической модели насосной станции АНС-1 сначала создана ее технологическая схема. После анализа технологических процессов насосной станции было предложено математическое описание и в результате структурная схема, которая описывает технологические процессы данного объекта.

В результате исследования разработано математическая модель и проведен анализ способов регулирования насосных агрегатов АНС-1, который показал, что внедрение и использование регулируемых электроприводов имеет ряд преимуществ как эффективность и экономичность. Предполагаемая экономия электроэнергии в насосных агрегатах при внедрении регулируемого электропривода составит от 15 до 25%.

Ключевые слова: оросительная насосная станция, насосы, математическая модель, уравнения, способы регулирования, электродвигатели, электропривод, частотный преобразователь, устройства плавного пуска.

Оросительные насосные станции первого подъёма производят передачу больших объёмов воды на дальние расстояния и служат для орошения земель. Агрегаты оросительной насосной станции имеют большие мощности и традиционно значительный запас напора. Подача воды на насосных агрегатах не регулируется, что приводит к неоправданным затратам и расходам. Сегодня энергосберегающие технологии внедряются во все отрасли народного хозяйства и насосные станции не исключения [1], [9], [10].

В данной статье объектом исследования является Аштский каскад насосных станций, которая служит для орошения земель Аштского района Республики Таджикистан. Проектная производительность насосной станции АНС-1 составляет 1,7712 млн.м³ воды в сутки, но после развала СССР и начало гражданской войны в Таджикистане потребность таким большим объёмам воды резко снизилось. Данный момент в насосной станции АНС-1 из 4 агрегатов работают только два агрегата суммарной производительностью 0,88 млн.м³ воды в сутки. Аштский каскад насосных станций является уникальным проектом состоящий из пяти подъёмов, восьми

станций, 61 насосных агрегатов, с длиной 33621 м трубопровода и общей проектной мощностью 107,5 МВт. Значительную мощность электроэнергии потребляет насосная станция АНС-1.

В машинном зале АНС-1 установлено 4 электродвигателя типа ВДС2-325/69-16, со следующими техническими данными: $P=8000$ кВт, $U=10$ кВ, $n=375$ об/мин, $\text{КПД}_3=0,9$. Вертикальные центробежные насосы типа 1200В-6.3/100-А (52В-11), имеют характеристики $Q=22600$ м³/час, $H=88$ м., $\text{КПД}_3=0,88$, 375 об/мин., диаметр рабочих колес $D=2200$ мм. Центробежные насосы установлены ниже уровня воды реки Сырдарья на 5 метров, что дает при среднем уровне реки давление 0,5 атм. на входе насоса. Управление насосных агрегатов как пуск и остановка выполняются в ручную, автоматика выполнена только для защиты электрооборудования.

С целью дальнейшего исследования и математического описания технологических процессов АНС-1 создано технологическая схема АНС-1, которая приведена на рисунке 1.

Вода поступает к рабочим колесам насоса из реки Сырдарья с напором 5 м, и пуск

насосов выполняется только на открытую задвижку. После насосного агрегата вода с напором 88 м поступает в стальные трубы диаметром 2,1 м, и таким образом по двум стальным трубам длиной 1142 м вода транспортируется к резервуару второго подъема. Из резервуара вода забирается насосными станциями 2-го подъема.

Для математического описания технологических процессов насосной станции АНС-1 необходимо создание структурной схемы данного объекта, которая свою очередь требует составления уравнений математической модели [2], [3], [4].

Работу нерегулируемого насоса можно описать следующим уравнением [2], [7]

$$H = H_0 - R_{BH} Q^2, \quad (1)$$

где R_{BH} – внутреннее сопротивление насоса.

В линии насоса ещё есть дополнительные сопротивления, как R_1 и R_2 : R_1 – сопротивление всасывающего трубопровода; R_2 – сопротивление напорного трубопровода.

Тогда уравнение будет иметь вид:

$$H' = H_0 - (R_{BH} + R_2 + R_3) Q^2 = H_0 - R_{\Sigma} Q^2, \quad (2)$$

где H' – напор в трубопроводе;

H_0 – напор насоса при $H_0 = 0$, которая можно взять из $Q - H$ характеристики насоса.

В результате составлена структурная схема насосной станции первого подъема в соответствии уравнению 2, которая приведена на рисунке 2, блок 1.

Совместную работу 4-х не регулируемых насосов можно выразить следующим уравнением

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 4 \sqrt{\frac{H_0 - H'}{R_{\Sigma}^2}} \quad (3)$$

Объем поступающей воды в резервуар (Р) второго подъема из АНС-1 можно принять

$$Q_P = Q_{\Sigma} \quad (4)$$

где Q_{Σ} – суммарный объем подачи воды насосной станции.

Пополнение резервуара второго подъема можно описать уравнением [2]

$$\Delta h_P = \frac{Q_P - Q_{PACX}}{S_P} \cdot t, \quad (5)$$

где Q_P – объем поступающей воды в резервуар;

Q_{PACX} – подача воды потребителю;

S_P – площадь резервуара.

Уравнение 5 в интегральной форме имеет вид [2]

$$\Delta h_P(t) = \frac{1}{S_P} \int (Q_P - Q_{pacx}) dt \quad (6)$$

Уравнение 5 в операторной форме будет иметь вид [2]

$$\Delta h_P(p) = \frac{Q_P - Q_{pacx}}{S_P \cdot p} \quad (7)$$

В соответствии уравнения 7 составлена структурная схема резервуара (Р), которая приведена на рисунке 2, блок 2.

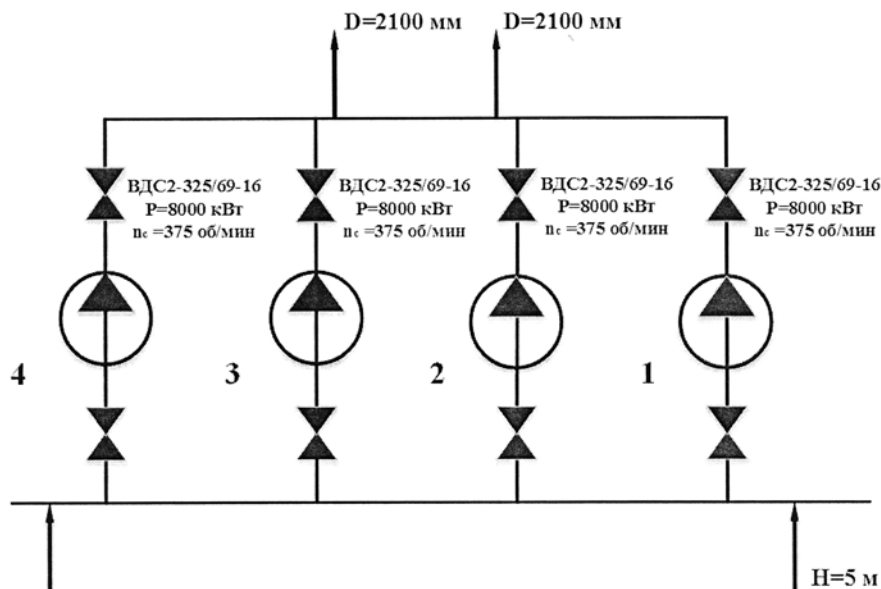


Рисунок 1. Технологическая схема насосной станции первого подъема АНС-1

В итоге составлена базовая структурная схема оросительной насосной станции, которая представлена на рисунке 2. Данная модель может, хорошо послужит для исследования различных способов регулирования насосных агрегатов первого подъёма.

На практике обычно подача насоса регулируется следующими способами: ступенчатое регулирование, дросселированием трубопровода, перепуском части потока жидкости и изменением частоты вращения рабочего колеса насоса [5], [6]. Наиболее традиционным способом регулирования считается дросселирование с простотой реализации, но ряд недостатками как: снижение КПД насосного агрегата, уменьшения срока службы уплотнений и запорных устройств, утечки жидкости через стыки и т. п.

Ступенчатое регулирование подачи насосной установки реализуется за счет подключения или отключения насоса или группы насосов [1]. Этот способ обосновывается простотой управления, но имеет недостатки как отсутствия возможности непрерывного поддержания напора, частые пуски двигателя, уменьшения срока службы оборудования и т.д.

Следующий способ, который основан на изменении частоты вращения рабочего колеса насосной установки позволяет непрерывное регулирование производительности насоса и к тому же с меньшими затратами энергии [1], [8], [9], [10]. Однако для реализации данного способа необходимо большие начальные затраты

на регулирующее оборудование как преобразователей, регуляторов напряжения и т. д.

Актуальной проблемой электродвигателей переменного тока являются переходные режимы, т. е. пуск и торможение электродвигателей. Эти проблемы особенно актуальны для электроприводов насосных установок, у которых значения пусковых токов могут в 5–8 раз превышать номинальных значений. Броски тока имеют ряд негативных воздействий, как увеличение механической нагрузки двигателя, нестабильность сети, износ и перегрев обмоток статора электродвигателя. Кроме этого броски пусковых моментов негативно влияют на работу электроприводов и обычно приводят к поломкам электрических и механических частей электрооборудования.

Сегодня в связи научно-техническому прогрессу быстро снижаются цены на элементы высоковольтных регулируемых электроприводов, что дают хорошие перспективы для внедрения частотных регулируемых электроприводов ЧРП. Частотные преобразователи имеет ряд достоинств, как: возможность плавного пуска, плавное регулирование и экономия электроэнергии.

Альтернативный способ управления является применение устройства плавного пуска (УПП) [5], [6]. Принцип работы УПП основан на управление задержки времени открытия тиристора и тем самым изменение напряжения питания электродвигателя. Изменение напряжения питания статора двигателя приво-

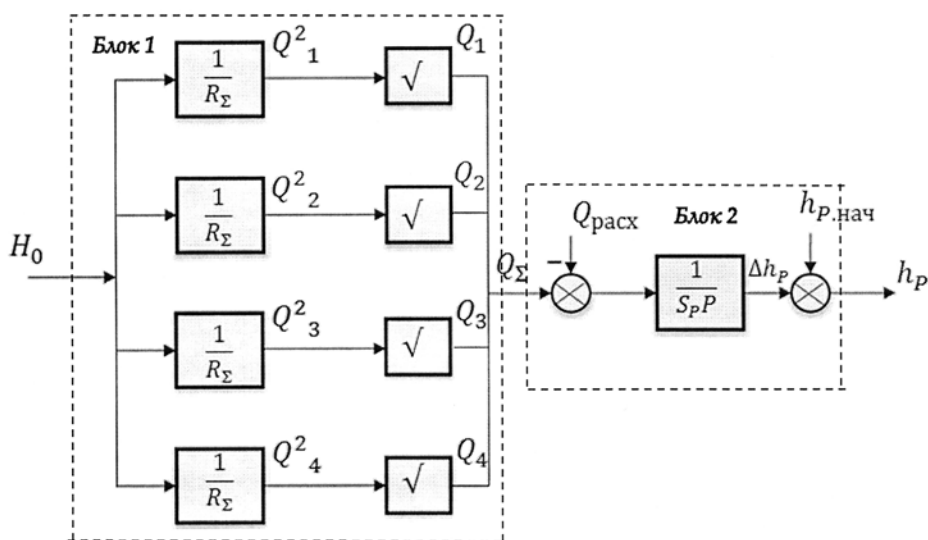


Рисунок 2. Структурная схема оросительной станции первого подъёма АНС-1

дит к уменьшению момента и пускового тока двигателя. Устройства плавного пуска имеет следующие основные функции и достоинства: управляемый темп разгона и замедления, управляемое ограничение тока (обычно до $3 \div 4,5 I_{ном}$), управления пусковым моментом, тепловая защита электродвигателя и т. д.

Разработка математической модели и анализ способов регулирования подачи насосных агрегатов АНС-1 показал, что внедрение и ис-

пользование регулируемых электроприводов имеет ряд преимуществ и весьма эффективны по сравнению с не регулируемыми электроприводами. За счет плавных пусков электродвигателя увеличится технический ресурс и срок службы электрооборудования. Предполагаемая экономия электроэнергии при внедрении регулируемого электропривода, как показала практика на других объектах, составляет около от 15 до 25% [1], [5], [9], [10].

27.01.2015

Список литературы:

1. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод/Под ред. И.Я. Браславского. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 202 с., ил.
2. Горюнов А.Н. Исследование эффективности применения регулируемого электропривода насосных агрегатов первого подъема. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2013.
3. Горюнов А.Н. Взаимодействие насосных установок первого подъема и очистных сооружений водоподготовки. // М.: ВСТ Водоснабжение и санитарная техника. 2010г. №1. 24-26 с.
4. Горюнов А.Н. «Технологические особенности режимов работы насосных станций первого подъема на станциях водоподготовки». «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» - №6, г.Москва 2010 год.
5. Дадабаев Ш.Т. Перспективные пути оптимизации режимов работы электроприводов с вентиляторным характером нагрузки. Материалы за 10-а международна научна практична конференция, «Бъдещите изследвания», - 2014. Том48. Технологии. София, 2014.
6. Дадабаев Ш.Т. Обзор и оценка способов управления насосными установками. // М.: Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013г. №12. 28-30 с.
7. Дадабаев Ш.Т. Особенности механических характеристик электроприводов с вентиляторным характером нагрузки. // М.: Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013г. №11. 29-34 с.
8. Лазарев Г.Б. Частотно-регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок. Силовая электроника, 2007, № 3.
9. Лезнев Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с., ил.
10. Лезнев Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с., ил.

Сведения об авторе:

Дадабаев Шахбоз Толибджонович, ассистент кафедры электроснабжения и автоматики Политехнического института Таджикского технического Университета имени М. Осими, аспирант заочного обучения кафедры системы автоматического управления электроприводами Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
E-mail: shahbozdadoboev@mail.ru