МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра водоснабжения и водоотведения

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направления 270800.62 «Строительство»,
профиль «Водоснабжение и водоотведение»

Казань
2014

УДК 628.12.002.5-52
ББК 38.761
Д79

Д79 Автоматизация насосной станции: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» / Сост.: В.А. Дубяго, А.В. Бусарев. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2014. – 15 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях изложен порядок проведения лабораторной работы «Автоматизация насосной станции» по курсу «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения», дано описание лабораторной установки, порядок выполнения исследований, методы обработки результатов исследований и определены меры безопасности при проведении лабораторной работы.

Методические указания предоставлены для проведения лабораторной работы студентам направления 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения.

Табл. 2; ил. 2; библиогр. 4 наимен.

Рецензент
Доцент кафедры теплоэнергетики Казанского государственного архитектурно-строительного университета
В.Н. Енюшин

УДК 628.12.002.5-52
ББК 38.761

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2014
© Дубяго В.А., Бусарев А.В., 2014

Введение

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы с целью закрепления знаний студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения.

Данные методические указания могут быть использованы при проведении научно-исследовательских работ студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры ВиВ.

Перед проведением лабораторной работы необходимо:

– ознакомиться с правилами техники безопасности при работе с электроприборами и насосными агрегатами;

– изучить устройство лабораторной установки и порядок выполнения лабораторной работы;

– изучить устройство и правила эксплуатации частотного регулятора АПЧ-5,5.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

– провести исследования работы насосной станции;

– обработать результаты исследований;

– оформить и защитить отчет.

В отчете указываются: цель работы, описание лабораторной установки, методика проведения исследований и обработки их результатов.

Данная лабораторная работа выполняется группой студентов, а отчет составляется и защищается каждым студентом индивидуально.

1. Общие положения

В водоснабжении и водоотведении (ВиВ) широко применяются насосные станции (НС). Они бывают водопроводные и канализационные [1]. Водопроводные насосные станции подразделяются на водопроводные первого подъема (ВНС-I), водопроводные второго подъема (ВНС-II), повысительные и циркуляционные [1]. ВНС-I забирают воду из подземных или поверхностных источников и подают ее на очистные сооружения или непосредственно потребителю. ВНС-II забирают воду из резервуара чистой воды (РЧВ) и подают ее в водопроводную сеть.

Канализационные насосные станции забирают воду из самотечного коллектора и подают ее либо на очистные сооружения, либо в другой коллектор [1].

Насосные станции по оборудованию и протекающим в них процессам сравнительно легко поддаются автоматизации [2]. В системах ВиВ в настоящее время широко применяются системы автоматического управления (САУ) промышленным оборудованием. САУ представляют из себя сложные электронные устройства, с помощью которых осуществляется технологический контроль, сигнализация и управление технологическим оборудованием.

Автоматика осуществляет включение и отключение магнитных пускателей электроприводов исполнительных механизмов в соответствии с командными сигналами, получаемыми от преобразователей неэлектрических величин: реле давления, концевых выключателей, датчиков уровня и др. Системы автоматического управления состоят из электронных устройств, а в самих устройствах нашли широкое применение программируемые логические контроллеры, действующие по математическим законам алгебры логики.

Одной из основных задач управления системой водоснабжения и водоотведения является оптимальное регулирование производительности насосных станций в точном соответствии с водопотреблением и графиком притока сточных вод.

Существует несколько способов регулирования насосов [1]:

а) дросселирование – увеличение сопротивления напорного водовода с помощью задвижки;

б) перепуск жидкости из напорного водовода во всасывающий с помощью байпасной (обводной) линии;

в) впуск во всасывающую линию насоса воздуха (для систем ВиВ не применяется из-за возможности возникновения кавитации);

г) изменение частоты вращения рабочего колеса.

Частоту вращения рабочего колеса центробежного насоса можно изменять [1]:

а) применением двигателей с переменной частотой вращения (двигателей внутреннего сгорания, паровых и газовых турбин, электродвигателей постоянного тока);

б) соединением насоса и электродвигателя с помощью гидравлических и электромагнитных муфт скольжения (ЭМС);

в) введением сопротивления (реостата) в цепь фазного ротора асинхронного электродвигателя переменного тока;

г) применением асинхронного электродвигателя, имеющего обмотку на статоре, которая переключается во время работы на различное число пар полюсов;

д) с помощью асинхронного электродвигателя, соединенного с помощью каскадного соединения с другими машинами, каскады бывают электромеханическими и электрическими;

е) с помощью использования полупроводниковых частотных преобразователей, изменяющих частоту электрического тока.

Последний способ изменения частоты вращения рабочего колеса насоса с целью регулирования его работы является наиболее прогрессивным и перспективным по сравнению с другими способами [1].

На автоматических насосных станциях все процессы, связанные с пуском, остановкой и контролем за состоянием насосно-силового оборудования, осуществляются в строго установленной последовательности автоматическими устройствами, без участия человека [2]. Кроме того, при управлении осуществляется контроль:

1) за давлением во всасывающей и напорной линиях;

2) температурой подшипников и сальников;

3) наличием напряжения, на вводных шинах насосной станции и на шинах автоматики;

4) величиной потребляемого тока, защита агрегатов от короткого замыкания, перегрузки и т.п.

Основными процессами, которые могут выполняться на насосных станциях автоматически, являются:

а) возникновение и передача импульсов на пуск и остановку агрегатов;

б) выдержка времени как перед пуском после получения импульса, так и между отдельными процессами;

в) включение одного или нескольких насосных агрегатов в установленной последовательности, причем это включение может быть произведено на полное напряжение (прямой пуск) или на пониженное напряжение с последующим включением на полное напряжение после установленной выдержки времени (ступенчатый пуск);

г) создание и поддержание необходимого разрежения во всасывающем трубопроводе и насосе, если он не находится под заливом, перед его пуском;

д) открытие и закрытие задвижек на трубопроводах при пуске и остановке насоса;

е) контроль режима работы при пуске, работе и остановке насосного агрегата;

ж) отключение работающего агрегата при нарушении им режима работы и включение резервного агрегата;

з) передача сигналов о работе агрегатов и аварийных ситуациях на диспетчерский пункт;

и) защита агрегатов в тех случаях, когда им угрожает опасность повреждения от перегрева подшипников, от выпадения фазы, при перегрузке электродвигателя и т. п.;

к) отопление и вентиляция станций, а также их охрана от проникания посторонних лиц;

л) включение и отключение дренажных насосов [2].

2. Цель лабораторной работы

Целью данной лабораторной работы является:

а) изучение системы автоматизации насосной станции, устройства и назначение технических средств автоматизации (ТСА) НС;

б) получение в ходе тарировки дросселирующей задвижки, числовых значений технологического параметра регулирования для последующей настройки частотного регулятора электропривода насоса Н-1;

в) настройка автоматической системы регулирования (АСР) насосной станции и получение оптимальных технологических параметров.

3. Лабораторное оборудование

Для проведения этой лабораторной работы необходимо иметь: а) лабораторный многофункциональный стенд «Автоматизированная насосная станция»; б) секундомер; в) амперметр; г) вольтметр; д) расходомер.

4. Описание лабораторной установки

Для изучения схем автоматического управления насосных станций разработан лабораторный многофункциональный стенд, схема которого представлена на рис. 1. На схеме показаны основные элементы ручного и автоматического управления насосными агрегатами. Электрическое питание стенда осуществляется от сети переменного тока 380В.

Переменное напряжение 380В опасно для жизни! Студентам категорически запрещается разбирать стенд и регулировать блок электропитания!

Элементная база стенда позволяет:

а) исследовать различные режимы работы НС, фиксировать характеристики объекта регулирования:

б) снять кривую разгона и динамические параметры объекта;

в) использовать полученные динамические параметры объекта для расчета параметров настройки регулятора:

г) исследовать схемы автоматического управления процессами стабилизации расхода и давления воды в диктующей точке водопроводной сети, записать переходные процессы системы регулирования;

д) провести сравнительный анализ режимов работы НА и схем управления:

е) выбрать наиболее экономичный режим работы НА и схемы управления.

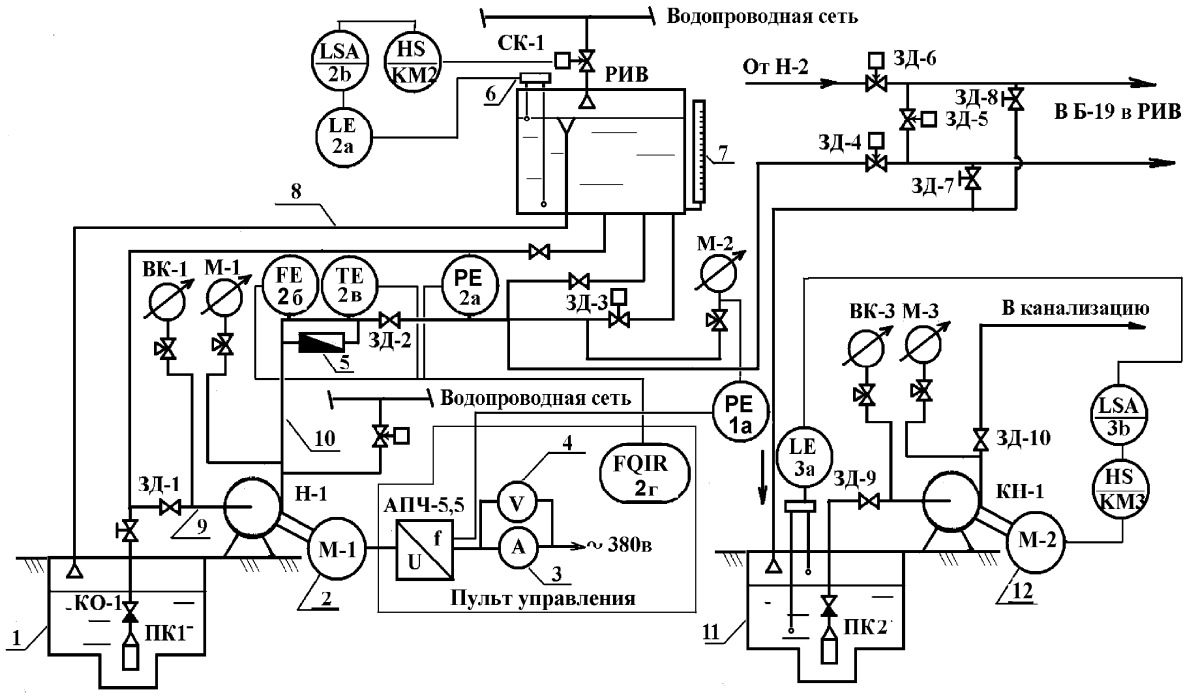

Рис. 1. Функциональная схема лабораторного многофункционального стенда «Автоматизированная насосная станция»

В состав лабораторного стенда (рис. 1) входят:

а) центробежный насос Н-1 с асинхронным электродвигателем – 2, М-1;

б) резервуар исходной воды – 1;

в) насосный агрегат КН-1для сточной воды с асинхронным электродвигателем – 12, М-2 и автоматической системой управления САУ-М6 (LSA-3б);

г) резервуар сточной воды – 11 с датчиками уровня (LE-3а);

д) всасывающий трубопровод – 9;

е) напорный трубопровод – 10 с установленными на нем датчиками расхода ДМ3585 (FE), температуры (TE), давления ПД100-ДИ0,6М-1,0.И.11 (PE-1а), МЭД-6 (PE-2а);

ж) расходомер турбинный – 5 типа ВТГ-80;

з) мерный резервуар РИВ с установленными на нем датчиками уровня воды – 6 (LE) и автоматической системой регулирования уровня воды (LSA, NS);

и) запорно-регулирующая арматура;

к) контрольно измерительные приборы, установленные по месту (ВК-1, М-1, М-2, ВК-3, М-3);

л) пульт управления, работающий под напряжением 380В.

На рис. 2 представлен внешний вид пульта управления насосной станцией.

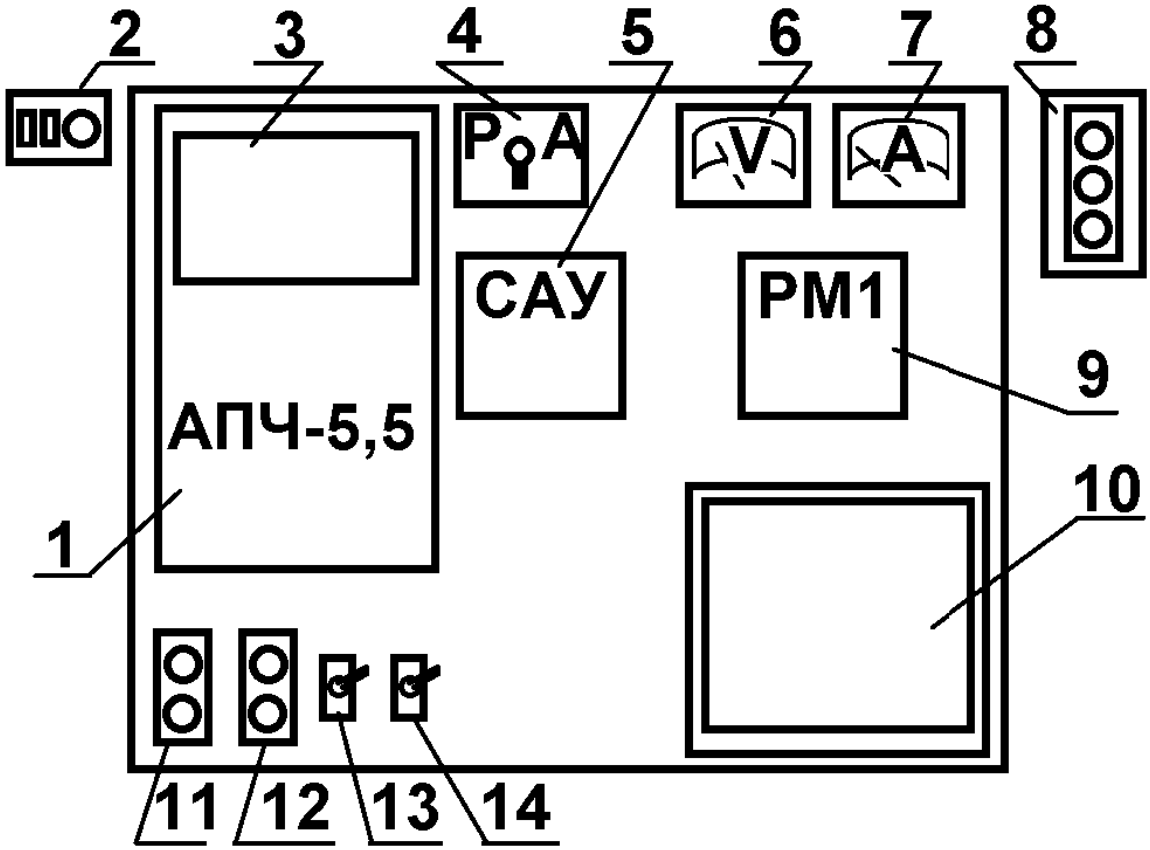

Рис. 2. Внешний вид пульта управления

На пульте управления установлены:

1) АПЧ-5,5 – автоматический преобразователь частоты. Преобразователь частоты серии АПЧ представляет собой электромеханическую систему, включающую стандартный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и преобразователь частоты с микропроцессорной системой управления.

Преобразователь обеспечивает работу насосного агрегата в ручном и автоматическом режиме. В ручном режиме стабилизируется частота вращения асинхронного двигателя. В автоматическом режиме регулирование частоты вращения выполняется с целью стабилизации технологического параметра с использованием встроенного ПИД-регулятора и сигнала обратной связи от датчика технологического параметра [4];

2) выносной пульт управления АПЧ-5,5 с выключателем «ENEBL1», «ENEBL2», переключателем направления вращения и регулятором частоты «RV»;

3) дисплей АПЧ-5,5;

4) силовой трехфазный переключатель SA-1 выбора управления НА, который имеет три положения: «Р» – включение двигателя насоса Н-1 магнитным пускателем с помощью кнопки SB-2; «А» – пуск двигателя М-1 через АПЧ-5,5; «О» – положение при котором установка отключена;

5) трехканальный сигнализатор уровня жидкости САУ-М6, который предназначается для автоматизации контроля уровня жидкости в различных емкостях и резервуарах. Контроль уровня жидкости осуществляться с помощью кондуктометрических датчиков, которые устанавливает пользователь на заданных отметках. Чтобы визуально контролировать уровень жидкости на панели сигнализатора уровня расположены три индикатора, каждый из которых загорается, когда получает сигнал от отвечающего датчика. Для того чтобы управлять технологическим оборудованием устройство оснащено тремя электромагнитными реле, которые срабатывают при контакте датчика с жидкостью;

6) прибор измерительный «Вольтметр», показывает напряжение переменного тока электросети;

7) прибор измерительный «Амперметр», показывает величину силы тока потребляемого оборудованием;

8) выносной пульт управления электроприводом задвижки ЗД-3;

9) вторичный прибор расходомер РМ-1с дифтрансформаторным выходом (FQIR). Расходомер РМ-1 предназначен для измерения и регистрации текущего и суммарного расхода жидкости, давления и температуры. Прибор имеет три входа для подключения датчиков: перепада давления ΔР, давления Р и температуры Т.

Исходя из текущих значений этих трех параметров, прибор вычисляет текущий расход, а также значения суммарного и среднечасового расхода.

Прибор оснащен часами реального времени, которые позволяют привязать средний расход, давление и температуру к реальному календарному времени. Полученные значения сохраняются в энерго-независимой памяти вместе со временем их получения. Все измеренные и вычисленные величины могут быть выведены на индикаторы прибора;

10) компьютерный монитор, предназначен для вывода информации в режиме настройки и регулировки АПЧ-5,5;

11) кнопка включения SB-1 магнитного пускателя КМ-1 электродвигателя насоса Н-1;

12) кнопка включения SB-2 реле КМ-2 соленоидного клапана СК-1 заполнения резервуара РИВ;

13) переключатель SA-2 выбора режима работы насосного агрегата;

14) переключатель SA-3 выбора режима работы автоматики при заливе воды в резервуар РИВ.

5. Порядок проведения лабораторной работы

Вначале осуществляется регулирование работы насоса Н-1 методом дросселирования, при этом определяются числовые значения технологического параметра датчика давления в диктующей точке сети для последующей настройки технологического задания автоматического регулятора насоса Н-1. Порядок работы следующий.

А. Выполнить тарировку дросселирующей задвижки ЗД-2 на напорном трубопроводе и определить значения технологического параметра во всех диапазонах:

– задвижку ЗД-2, установленную на напорном трубопроводе, полностью закрыть; замерить длину выхода штока в мм;

– открыть задвижку, сосчитав количество оборотов маховика;

– замерить длину выдвинутого штока в мм;

– зная живое сечение задвижки W, по длине штока L протарировать сечение в оборотах и в % от живого сечения;

– затем вновь полностью закрыть задвижку ЗД-2;

– задвижку ЗД-3, установленную на напорном трубопроводе в диктующей точке сети открыть на 30%, тем самым установив начальное значение расхода Q сети;

– залить насос Н-1 и подготовить его к работе в режиме «Ручное управление» при постоянной скорости электропривода с подачей исходной воды из резервуара исходной воды – 1 в мерный резервуар РИВ, выполнив необходимые переключения запорной арматуры;

– включить расходомер РМ-1;

– кнопкой SB-1 «Пуск» включить насос Н-1;

– снять технологические параметры для всех положений степени открытия дросселирующей задвижки ЗД-2 и занести их в табл. 1;

Таблица 1

ЗД-2 Откр.	Показания с дисплея АПЧ-5,5					Показания РМ-1		Результат вычислений	
W%	n об/мин	I а	U в	N_1 кВт	техн. парам.	P кПа	Расх.Q_1 л/мин	N_2 кВт	Расх.Q_2 л/мин
0%									
12,5%									
25%									
35,7%									
50%									
52,5%									
75%									
100%									

Примечание

1. Тарировка задвижки – определение расхода воды в зависимости от проходного сечения задвижки W. Задвижки часто используют как средство регулирования характеристик потока жидкости (расход, напор, скорость). При наличии задвижки в трубопроводе поток обтекает находящиеся в трубе на расстоянии ***a*** плашки задвижки, наличие которых ограничивает живое сечение потока, а также приводит к возникновению вихревых потоков жидкости около плашек задвижки. Коэффициент потерь напора ξ зависит от степени закрытия задвижки ***a/Ду***.

$$a = L_{max} - L_{текущ.}\,, \qquad (1)$$

где ***Lmax*** и ***Lтекущ.*** максимальное и текущее значение выдвинутого штока задвижки.

2. В гидравлике обычно принимают за живое сечение площадь плоскости, нормальную к направлению средней скорости потока и ограниченную стенками трубки или русла;

– расход воды Q определить по показаниям прибора РМ-1 и «Объемным» методом по замерам уровня воды в РИВ с помощью водомерной трубки и секундомера:

$$Q_2 = S \cdot h \cdot 60 / T \quad дм^3/мин, \qquad (2)$$

где S – площадь резервуара РИВ ($дм^2$); h – показания водомерной трубки (дм); T – показания секундомера (сек);

– мощность ***N***, кВт, потребляемую двигателем насоса [3] определить по показаниям приборов, с дисплея АПЧ-5,5 и расчетным методом по формуле (3).

$$N = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi}{1000} \quad ; \qquad (3)$$

$$Cos\varphi = 0.86$$

б) выполнить снятие технологических параметров насосной станции в автоматическом режиме процесса стабилизации давления в диктующей точке сети.

Работа в автоматическом режиме стабилизации технологического параметра обеспечивается использованием в структуре системы управления встроенного технологического регулятора. При этом регулирование является функцией разности показаний датчика технологического параметра и технологического задания (ТЗ), выведенного из меню ПАРАМЕТРЫ ЗАДАНИЯ пульта управления.

Для включения технологического регулятора необходимо в меню ПАРАМЕТРЫ ЗАДАНИЯ установить «Управление Тех. рег.», а в соответствующих пунктах меню ТЕХ. РЕГУЛЯТОР ввести требуемые параметры регулятора из табл. 1, соответствующие W=25% ЗД-2 .

В полной конфигурации технологический регулятор - это ПИД-регулятор с раздельной настройкой коэффициентов пропорциональной и дифференциальной части и постоянной времени интегральной части. Выбор структуры и параметров регулятора определяется конкретным объектом управления [4].

Для исследования автоматической системы регулирования АСР стабилизации давления в диктующей точке водопроводной сети, необходимо:

– подготовить насос Н-1 к работе в режиме «Автоматическое управление» с использованием автоматического преобразователя частоты АПЧ-5,5 с подачей исходной воды из резервуара – 1 в мерный резервуар РИВ, выполнив необходимые переключения запорной арматуры;

– полностью открыть задвижку ЗД-2;

– установить задвижку ЗД-3 в положение открыто (W = 30%);

– кнопкой SB-1 «Пуск» включить насос Н-1;

– включить преобразователь АПЧ-5,5;

– сигналом «ENBL1» подать напряжение на двигатель;

– выбрать направление вращения;

– произвести пуск двигателя сигналом «ENBL2», двигатель должен разогнаться до заданной скорости;

– снять показания с приборов и занести их в табл. 2;

– увеличить расход Q открыв задвижку ЗД-3 на 2 оборота;

– снять характеристики разгона электропривода насоса Н-1 до достижения требуемых значений показаний датчика технологического параметра;

– снять показания с приборов и занести их в табл. 2;

– повторять действия с задвижкой ЗД-3 закрыв ее на 3 оборота, снять показания и занести в табл. 2;

– выключить частотный преобразователь и насосный агрегат.

Таблица 2

ЗД-3 Откр	Показания с дисплея АПЧ-5,5					Показания РМ-1		Результат вычислений		Время переход-ного процесса
W%	n об/ми	I а	U в	N_1 кВт	техн. парам.	P кПа	Расх.Q_1 л/мин	N_2 кВт	Расх.Q_2 $м^3$/час	
30%										

6. Обработка опытных данных и составление отчета

1. Построить тарировочный график зависимости проходного сечения задвижки от длины выдвинутого штока W = f(L).

2. Построить график зависимости Q = f(W) для ЗД-2.

3. Построить графики зависимости Q = f(W), Q = f(P) для ЗД-3, Q = f(N), Q = f(n) для двух способов регулирования давления в диктующей точке сети.

4. Оформить отчет о работе.

Отчет должен содержать следующее.

1. Функциональную схему автоматизации НС в функции стабилизации давления в диктующей точке сети.

2. Таблицы с результатами измерений и вычислений.

3. Сравнительный анализ потребляемой мощности N при одном и том же значении Q для двух способов регулирования давления в диктующей точке сети.

4. Анализ применяемых методов измерения потребляемой мощности электродвигателя N и расхода воды Q.

5. Выводы из проделанной работы.

7. Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Перечислите основные показатели работы насосов.
2. Назовите основную цель управления насосами.
3. Перечислите основные методы стабилизации подачи насоса.
4. Перечислите основные технологические параметры, подлежащие контролю.
5. Перечислите основные технологические параметры НА, подлежащие сигнализации.
6. Назовите назначение системы защиты НА.
7. Назовите назначение АПЧ-5,5.
8. Назовите назначение РМ-1.
9. Назовите назначение САУ-М6.
10. Назовите цель тарировки.
11. Назовите назначение режима стабилизации технологического параметра.
12. Перечислите основные технологические параметры АПЧ-5.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – М.: Бастет, 2009. – 257 с.

2. Попкович Г.О., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. – М.: Высшая школа, 1986.

3. Насосные и воздуходувные станции: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» / Сост.: А.Б. Адельшин [и др.]. – Казань: КГАСУ, 2013. – 32 с.

4. Преобразователь частоты серии АПЧ: руководство по эксплуатации ШЕДК656121.003РЭ. – Чебоксары: РСТ, 2002. – 135 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направления 270800.62 «Строительство»,
профиль «Водоснабжение и водоотведение»

Составители: Дубяго Владимир Александрович,
Бусарев Андрей Валерьевич