

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»**

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ

**«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

**Составители: проф. А.А. Хашимов
асс. А.С. Куприянова**

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Лабораторная работа № 1
«Пуск центробежного насоса»

2. Лабораторная работа № 2
«Дроссельное регулирование подачи»

3. Лабораторная работа № 3
«Регулирование подачи изменением частоты вращения вала машины»

4. Лабораторная работа № 4
«Изучение статических характеристик системы электропривода ТРН–АД в режиме экономии электрической энергии»

Лабораторная работа №1

«Пуск центробежного насоса»

I. Цель работы:

Целью настоящей работы является ознакомление студентов с принципом работы центробежного насоса.

II. Теоретическая часть:

Насос представляет собой гидравлическую машину, предназначенную для перекачивания жидкостей. Преобразуя механическую энергию приводного двигателя в механическую энергию движущейся жидкости, насос поднимает жидкость на определенную высоту, перемещает ее на необходимое расстояние в горизонтальной плоскости или заставляет циркулировать в какой-либо замкнутой системе.

Основными величинами, характеризующими работу насоса, являются подача, напор (давление), мощность и коэффициент полезного действия (КПД).

Подача, Q – объем жидкости, подаваемой насосом в напорный трубопровод в единицу времени и измеряется в л/с или м³/ч.

Напор, H – представляет собой разность удельных энергий жидкости в сечениях после и до насоса и выражается в метрах. Напор, создаваемый насосом, определяет предельную высоту подъема

$$H = (P_k - P_n) / \rho g + (V_k^2 - V_n^2) / 2g + (Z_k - Z_n)$$

где P_n и P_k – соответственно давления на входе в насос (начальное) и на выходе из насоса (конечное), Па;

ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³;

V_n и V_k – средние скорости потока на входе и выходе, м³/с;

Z_n и Z_k – высоты расположения центров входного и выходного сечений насоса.

Мощность, N – затрачиваемая насосом, необходима для создания нужного напора и преодоления всех видов потерь, неизбежных при преобразовании подводимой к насосу механической энергии в энергию движения жидкости по всасывающему и напорному трубопроводам.

КПД учитывает все виды потерь, связанных с преобразованием механической энергии двигателя в энергию движущейся жидкости. КПД определяет экономическую целесообразность эксплуатации насоса при изменении остальных его рабочих параметров (напора, подачи, мощности).

Насос IPL50/115-0,75/2 является одноступенчатым центробежным насосом низкого давления, со скользящим торцевым уплотнением с прямым фланцевым соединением мотора с насосом.

Основным рабочим органом центробежного насоса является свободно вращающееся внутри корпуса колесо, насаженное на вал. Рабочее колесо состоит из двух дисков (переднего и заднего), отстоящие на некотором расстоянии друг от друга. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Внутренние поверхности дисков и боковые поверхности лопастей образуют так

называемые межлопастные каналы колеса, которые для нормальной работы должны быть заполнены перекачиваемой жидкостью.

При вращении колеса на каждый объем жидкости массой m , находящийся в межлопастном канале на расстоянии r от оси вала, будет действовать центробежная сила, определяемая выражением:

$$F_u = m\omega^2 r,$$

где ω – угловая скорость вращения вала.

Под действием этой силы жидкость выбрасывается из рабочего колеса, в результате чего в центре колеса создается разрежение, а в периферийной его части – повышение давления. Для обеспечения непрерывного потока жидкости через насос необходимо обеспечить подвод перекачиваемой жидкости к рабочему колесу и от него.

Жидкость подводят через отверстие в переднем диске рабочего колеса с помощью всасывающего патрубка и всасывающего трубопровода. Движение жидкости по всасывающему трубопроводу происходит вследствие разности давлений над свободной поверхностью жидкости в приемном бассейне (атмосферное) и в центральной области колеса (разрежение).

Для отвода жидкости насос имеет расширяющийся спиральный канал (в форме улитки), в который и поступает жидкость, выбрасываемая из рабочего колеса.

Технические характеристики насоса:

a) тип насоса IPL50/115-0,75/2

IPL – Inline flange ended Pump for Light duties-насос, устанавливаемый в линию для легких режимов;

50 – размер подвода и отвода, мм;

115 – размер крыльчатки, мм;

0,75 – установленная мощность двигателя, кВт;

2 – полярность двигателя.

b) Область применения насосов серии IPL: насосы данной серии IPL, способны перекачивать холодную и горячую воду без абразивных материалов в системах водоснабжения зданий, для орошения сельскохозяйственных угодий, применяться в спринклерных установках.

c) Технические характеристики.

Перекачиваемые среды – горячая вода, холодная вода, водогликолевая вода, техническая вода;

Температура рабочей среды – 10⁰С до 120⁰С;

Максимальное рабочее давление – 10 бар;

Температура окружающей среды +40⁰С.

d) Привод насоса.

В качестве привода центробежного насоса используется асинхронный короткозамкнутый двигатель со следующими параметрами:

$P_2 = 0,75$ кВт;

$\Delta/Y, I_{cm} = 2,00/3,5$ А; $U_1 = 220-240/380-420$ В;

$n = 2750$ об/мин; $\cos\varphi = 0,86$;

Th.Cl.F IP55; WSK 160⁰С.

III. Программа работы:

1. Ознакомиться со схемой лабораторного стенда;
2. Произвести пуск насоса;
3. Снять и рассчитать основные параметры насоса.

IV. Методические указания по проведению лабораторной работы:

1. Установить вентили D_1 и D_2 в положение «полностью открыт»;
2. Ручку потенциометра Π_1 установить в положение «50 Гц»;
3. Подать питание на преобразователь с помощью автомата 13;
4. Провести пуск насоса, для чего перевести тумблер S_1 в положение «пуск»;
5. Снять следующие параметры:

(a) Подача Q , л/с – определяется с помощью расходомера Q_1 (позиция 3);

(b) Напор H , м – с помощью манометра P_1 ;

(c) Ток, напряжение и мощность, потребляемую насосом, сравнить с паспортными данными.

V. Методические указания по оформлению лабораторной работы:

Отчет должен содержать:

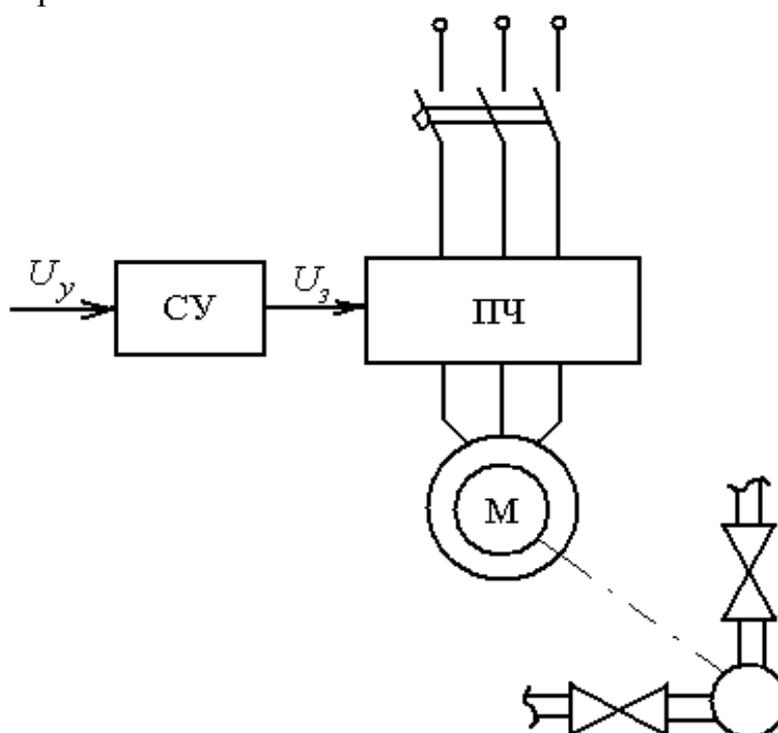
1. Схему лабораторной установки;
2. Таблицу экспериментальных данных.

Таблица 1-1.

H (м)	Q (л/с)	I (А)	U (В)	W (Вт)

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение насосу.
2. Объясните принцип работы центробежного насоса.
3. Назовите параметры, характеризующие работу насоса.
4. Область применения насоса.



Лабораторная работа №2

«Дроссельное регулирование подачи»

I. Цель работы:

Целью настоящей работы является ознакомление студентов с дроссельным методом регулирования подачи.

II. Теоретическая часть:

Центробежный насос включен в трубопроводную сеть.

Дроссельное регулирование представляет собой введение добавочного сопротивления в напорный трубопровод системы, благодаря чему характеристика $Q-H_{TP}$ сети поднимается более круто (рис.2.1.) и пересекает характеристику насоса в режимной точке 2, соответствующей требуемой подаче Q_3 . При этом напор в системе равен H_3 , а насос развивает напор H_2 .

Энергия $N = pQ_3$, где $p = H_2 - H_3$, теряется вследствие увеличения местного сопротивления в задвижке. Полезная мощность насоса для обеспечения работы системы в точке 3 $N_3 = p_3Q_3$. Затрачиваемая мощность насосной установки в этом случае $N = p_2Q_3 / \eta_2$.

Тогда КПД насосной установки $\eta = N_3 / N = p_3 / p_2$.

КПД установки уменьшается с увеличением разности между напором, развиваемым насосом, и напором, требуемым в сети.

III. Методические указания по проведению лабораторной работы:

1. Подать питание на двигатель насоса, выполнив все указания, сделанные в первой работе;

2. Снять величины: Q (л/с) – подача, напор H (м), изменяя сопротивление сети трубопровода с помощью дросселя D_2 ;

3. Рассчитать характеристики $N = f(Q)$ и $\eta = f(Q)$ по формулам

$$N = N_{дв} = \eta_{дв} N_{эл},$$

где $N_{эл}$ – потребляемая мощность Вт;

$\eta_{дв}$ – КПД двигателя; принимаем равным $\eta_{дв} = 0,75$;

$N_{дв} = N$ – мощность насоса;

$$\eta = N_{п} / N,$$

$N_{п}$ – полезная мощность насоса Вт;

$$N_{п} = \rho g H Q / 1000 \eta_{дв};$$

ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³;

Q – подача, л/с;

H – напор (м).

4. Результаты измерений и вычислений внести в таблицу.

5. Построить зависимости $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Q , л/с								
H , м								
N , Вт								
η , %								

IV. Методические указания по оформлению лабораторной работы:

Отчет должен содержать:

1. Таблицу экспериментальных данных;
2. График зависимостей $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

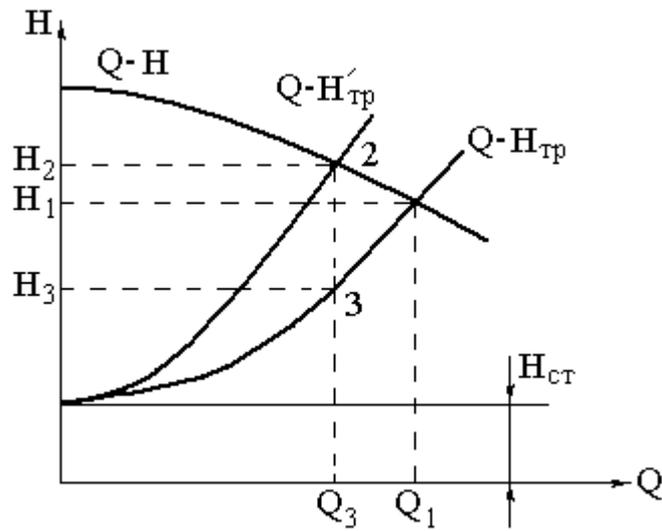


Рис.2.1. Дроссельное регулирование

Лабораторная работа №3

«Регулирование подачи изменением частоты вращения вала машины»

I. Цель работы:

Целью настоящей работы является ознакомление студентов с методом регулирования подачи путем изменения частоты вращения вала машины.

II. Теоретическая часть:

На рис.3.1. показан график регулирования центробежной машины изменением частоты вращения, причем $n_1 > n_2$. Точки пересечения характеристик $H = f(Q)$ насоса с характеристикой трубопровода, обозначены на графике 1 и 2. При изменении частоты вращения вала приводного двигателя изменяется характеристика $Q-H$ насоса таким образом, что точка пересечения кривой Q_x-H_x насоса с характеристикой трубопровода соответствует требуемой подаче Q_x при напоре H_x .

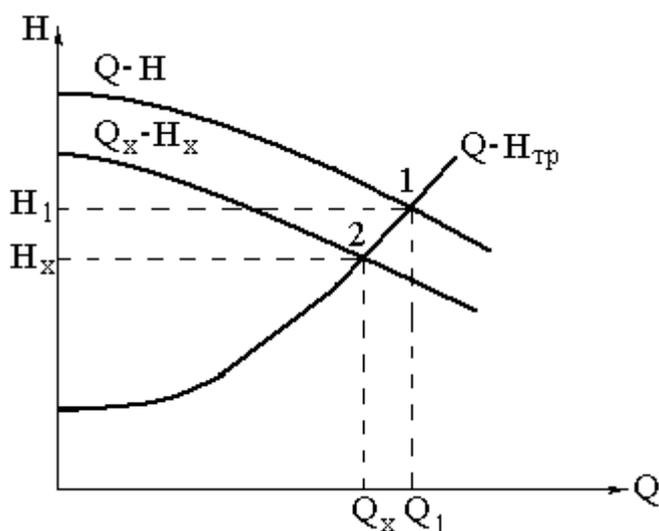


Рис.3.1. Характеристика $H = f(Q)$ при изменении частоты вращения

III. Методические указания по проведению лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе;
2. Произвести пуск насоса согласно указаниям, приведенных в первой лабораторной работе;
3. С помощью регулировочного потенциометра Π_1 регулировать скорость вращения двигателя, измеряя при этом параметры двигателя I , U , N , напор H , подачу Q .
4. Занести полученные данные в таблицу

Таблица 3.1.

	1	2	3	4	5	6
Q , л/с						
H , м						
N , Вт						
f , Гц						
η , %						

5. По полученным данным построить зависимости $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

IV. Методические указания по оформлению лабораторной работы:

Отчет должен содержать:

1. Таблицу экспериментальных данных;
2. График зависимостей $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

Контрольные вопросы:

1. Объясните принцип регулирования подачи изменением частоты вращения вала насоса.
2. В чем состоят преимущества и недостатки данного метода?

Лабораторная работа № 4

«Изучение статических характеристик системы электропривода ТРН–АД в режиме экономии электрической энергии»

I. Цель работы:

Целью настоящей работы является изучение свойств тиристорного регулятора напряжения ТРН.

II. Теоретическая часть:

Описание электрооборудования установки.

Принципиальная схема системы ТРН–АД со встроенной аппаратурой управления и контроля монтирования на стенде в виде определенных узлов.

В качестве заданного устройства используется потенциометр R_0 на выходе которого подключен вольтметр V_0 , что способствует определению значения напряжения управления U_{γ} . На выходе силового блока ТРН, т.е. на фазе статорной обмотки подключен амперметр A_I для измерения тока на фазе АД, а линейное напряжение измеряется с помощью вольтметра V_I , активная мощность системы измеряется с помощью вольтметра W , который подключен на входе силового блока ТРН.

Нагрузкой системы является генератор постоянного тока, который вместе с тахогенератором соединяется с валом асинхронного двигателя. Якорная цепь генератора через амперметр A_2 подключен к активному сопротивлению. Скорость АД измеряется с помощью вольтметра V_2 .

Паспортные данные электрооборудования

Асинхронный двигатель с фазным ротором МТ111-6 $P_n = 3,5$ кВт, $n_n = 915$ об/мин, $Y/\Delta = 220/380$ В, $f = 50$ Гц, $I_c = 18,1/10,2$ А, $I_p = 13,7$ А, $E_p = 181$ В, ПВ=25%.

Генератор постоянного тока.

П-41 $P_n = 3,2$ кВт, $\eta = 78\%$, $U_n = 220$ В, $n_0 = 1500$ об/мин, $I_n = 18,5/19,4$ А.

III. Методические указания по проведению лабораторной работы:

1. Изучить электрооборудование лабораторной установки.
2. Снять зависимости характеристики управления при токах нагрузки $I_{нагр} = 0$ А, $I_{нагр} = 7$ А, $I_{нагр} = 8,2$ А
3. Определить по данным опыта активную, реактивную и полную мощности, $\cos\varphi$, η системы ТРН–АД для всех значений токов нагрузки.

IV. Методические указания по оформлению лабораторной работы:

Отчет должен содержать:

1. Расчетные и опытные данные (в таблицах);
2. Расчет активной, реактивной и полной мощности, $\cos\varphi$, η системы ТРН–АД;
3. Экстремальные и расчетные характеристики;
4. Выводы.

$$I_{нагр} = 0 \text{ A}$$

U_y							
I_{cm}							
U							
P							
Q							
S							
$\cos\varphi$							
η							

$$I_{нагр} = 7 \text{ A}$$

U_y							
I_{cm}							
U							
P							
Q							
S							
$\cos\varphi$							
η							

$$I_{нагр} = 8,2 \text{ A}$$

U_y							
I_{cm}							
U							
P							
Q							
S							
$\cos\varphi$							
η							

Контрольные вопросы:

1. Объясните принцип работы тиристорного регулятора напряжения.

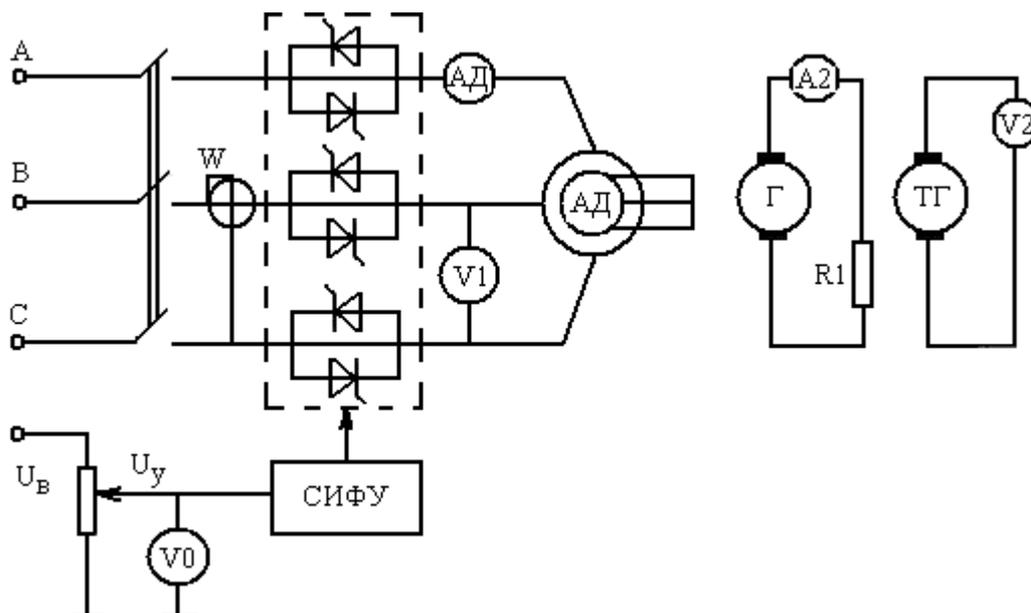


Рис.4.1. Принципиальная электрическая схема установки