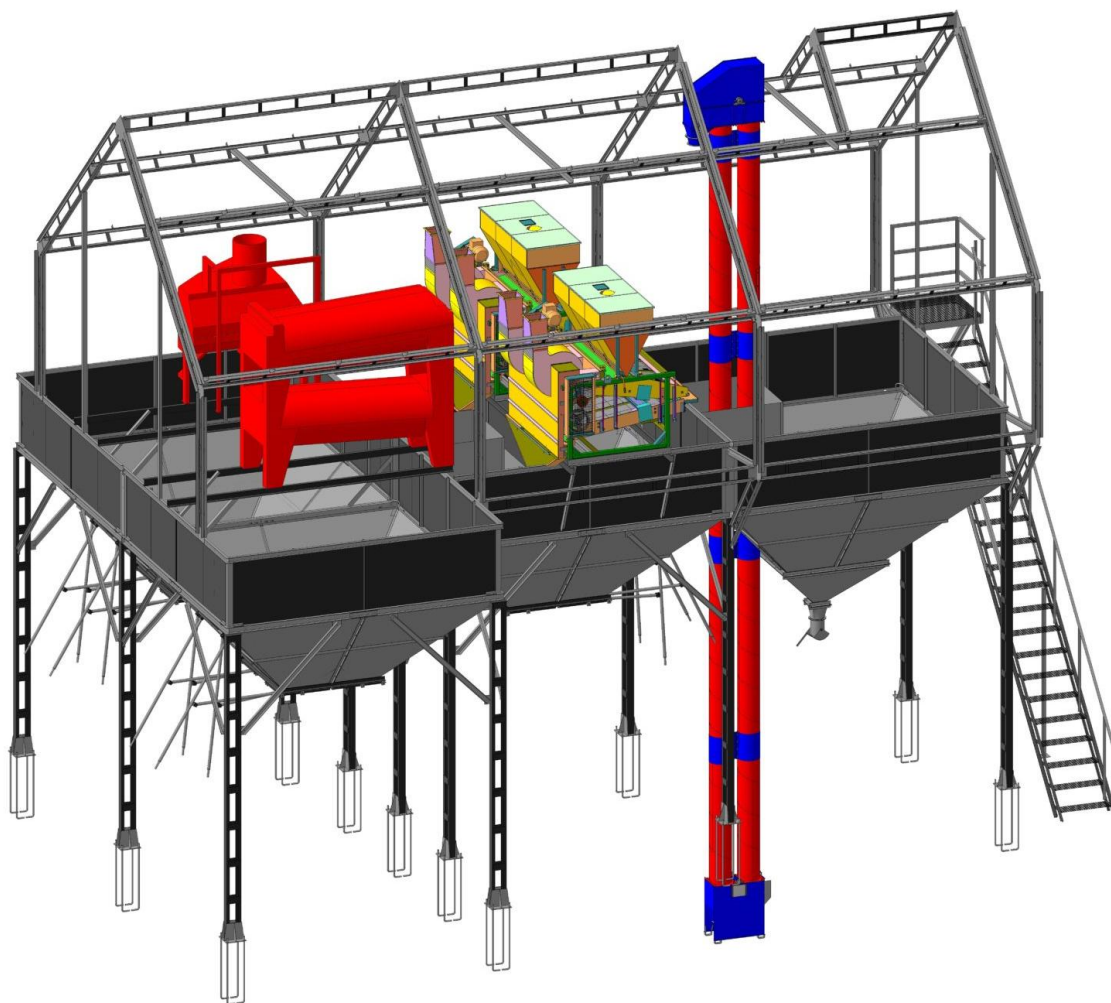


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Применения электроэнергии в сельском хозяйстве»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ЭЛЕКТРОПРИВОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА»**

для студентов очной формы обучения направления подготовки  
35.03.06 – Агроинженерия, профиль – Электрооборудование и  
электротехнологии в сельском хозяйстве



СТАВРОПОЛЬ 2020

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный  
университет

Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электропривод сельскохозяйственного производства» разработаны коллективом авторов: заведующий кафедрой ПЭЭСХ, профессор, д.т.н. Никитенко Геннадий Владимирович; доцент кафедры ПЭЭСХ к.т.н. Деведёркин Игорь Викторович; доцент кафедры ПЭЭСХ к.т.н. Антонов Сергей Николаевич.

Никитенко Г.В., Деведёркин И.В., Антонов С.Н. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электропривод сельскохозяйственного производства» для студентов очной формы обучения направления подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, профиль – Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве. – Ставрополь: «Седьмое небо», 2020. – 77 с.

В методическом пособии предлагается комплекс лабораторных работ с базовыми экспериментами по использованию электропривода в установках сельскохозяйственного производства. Изложенный в пособии материал предназначен для использования в учебных занятиях и при самостоятельной работе студентов. Для выполнения базовых экспериментов представлены: краткая теоретическая часть; перечень используемой аппаратуры, электрические схемы соединений и их описания; технические рекомендации и приложения. Предназначены для бакалавров очной формы обучения по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, профиль – Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве.

(Рассмотрено и рекомендовано к печати методическим советом электроэнергетического факультета ФГБОУ ВО СтГАУ (протокол №2 от 17.03.2020 г.)

## ВВЕДЕНИЕ

В системах технологических операций сельскохозяйственного производства на основе механизации и автоматизации животноводства и птицеводства широко используются преимущества электропривода. Особенно характерно это для животноводства, где на указанный период электрифицированные машины составляют 72% общего их числа, а автоматизированные - 26,4%.

Современная система электроприводов предполагает, что они не только максимально удовлетворяют требованиям машин, работающих в различных режимах, но и достигнута максимальная типизация и унификация элементов, более широко применены специальные, встроенные электроприводы, а их исполнение соответствует требованиям окружающей среды.

Комплексная автоматизация работ на фермах предусматривает такой набор машин, механизмов, электродвигателей и аппаратов управления, который обеспечивает выполнение производственного процесса без непосредственного участия человека, функции которого сводятся к периодическому контролю. Автоматизация сельскохозяйственных производственных процессов органически связана с повсеместной электрификацией сельскохозяйственного производства. Сейчас практически все хозяйства нашей страны электрифицированы. И их надежное централизованное электроснабжение от государственных энергетических систем способствует электрификации разнообразных сельскохозяйственных производственных процессов: водоснабжения, вентиляции, транспорта на животноводческих фермах, приготовления и раздачи

кормов, доения коров и первичной обработки молока, стрижки овец, обмолота, очистки и сушки зерна, работы станков и стандов для обкатки двигателей внутреннего сгорания.

Внедрение системы электрифицированных машин в сельскохозяйственное производство позволит завершить комплексную электрификацию, механизацию и автоматизацию трудоемких процессов в животноводстве и птицеводстве, повысить производительность труда, оптимизировать кадровый состав, улучшить качество продукции и снизить затраты на ее производство. Внедрение системы машин для комплексной механизации и автоматизации агропромышленного комплекса, поставка необходимого количества электрооборудования, электроаппаратуры и кабельных изделий, в том числе и систем управления и автоматизации, позволяет перевести сельскохозяйственное производство на более качественный уровень.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Лабораторная работа №1**

*Исследование электропривода автоматизированной насосной установки.....6*

### **Лабораторная работа №2**

*Исследование электропривода вентилятора.....17*

### **Лабораторная работа №3**

*Исследование электропривода автоматизированных вентиляционных установок.....27*

### **Лабораторная работа №4**

*Исследование электропривода молотковой дробилки.....41*

### **Лабораторная работа №5**

*Исследование электропривода молочного сепаратора.....50.*

### **Лабораторная работа №6**

*Исследование схемы автоматического управления зерноочистительным пунктом ЗАВ-20.....58*

### **Лабораторная работа №7**

*Исследование преобразователей частоты тока для стригальных машинок типа МСУ-200.....70*

*ЛИТЕРАТУРА.....77*

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить схему автоматического управления и исследовать режимы работы электропривода башенной насосной установки

#### ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Изучить назначение и конструкцию станции автоматического управления типа ШЕП 5801-03А2Б-М.
2. Изучить принципиальную электрическую схему управления
3. Ознакомится с технологической схемой модели башенной насосной установки.
4. Определить производительность насоса, максимальное количество включений в час и продолжительность включений.
5. Построить графические зависимости: частоты включений  $Z = f(Q_p)$  и продолжительности включений  $ПВ\% = f(Q_p)$  для различных значений расхода воды  $Q_p$ .

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При максимальном расходе воды более  $10 \text{ м}^3/\text{час}$  рекомендуется применять насосные установки башенного типа. В этом случае автоматическое управление включением и выключением приводного двигателя насоса осуществляется с помощью датчика уровня воды, двигателя насоса осуществляется с помощью датчика уровня воды, установленного в водонапорной башне (рис.2).

Если расход воды менее  $10 \text{ м}^3/\text{час}$ , рекомендуется применять насосные станции с воздушно-водяным котлом – безбашенные насосные установки. В этом случае для создания необходимого напора воды в сети при остановленном приводном электродвигателе используется энергия сжатого в котле воздуха. Автоматическое

управление приводным двигателем осуществляется с помощью манометрического реле.

В настоящее время для сельскохозяйственного водоснабжения наиболее широко используются артезианские скважины. Для подъема воды из скважины используют погружные насосы. Эти насосы приводятся в действие погруженными водозаполненными электродвигателями типа ПЭДВ, которые имеют водостойкую изоляцию обмоток статора, рабочая температура обмоток не должна превышать  $70^{\circ}\text{C}$ . Погружные двигатели чувствительны к перегрузкам и допускают не более трех пусков в час. Для управления погружными центробежными насосами используется станции управления типа-сауна.

В систему автоматического управления насосными агрегатами входят:

1. Станция управления типа ШЭП 5801-03А2Б-М

2. Датчики уровня воды (для башенной насосной установки) или манометрическое реле давления (для безбашенной водокачки).

Станция управления серии ШЭП совместно с датчиками уровней воды в баке водонапорной башни или реле пневматического давления в котле представляет собой систему, которая предназначена для:

– автоматического, местного и дистанционного управления центробежными насосами водоподъема с погруженными электродвигателями мощностью от 1 до 11 кВт;

– защита электронасоса от аварийных режимов;

– обеспечение возможности визуального контроля работы электронасоса с диспетчерского пульта управления.

Станция управления предназначена для работы в следующих условиях:

а) температура окружающей среды от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

б) относительная влажность окружающего воздуха 80% при температуре  $+20^{\circ}\%$ ;

- в) окружающая среда невзрывоопасна, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров;
- г) рабочее положение в пространстве – вертикальное;
- д) режим работы — длительный.

Датчики уровней предназначены для работы в следующих условиях:

- а) температура окружающей среды от +1°C до +40°C;
- б) рабочее положение в пространстве – вертикальное.

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ СТАНЦИИ

Станция управления выполнена в виде шкафа, который представляет собой металлоконструкцию навесного типа, одностороннего обслуживания. Внутри шкафа смонтирована пусковая и защитная аппаратура (силовая и логические части станции).

Шкаф управления состоит из следующих основных элементов: каркаса, блока логики, монтажной и лицевой панели, листа клемника.

Каждый элемент шкафа управления имеет собственное функциональное назначение.

Блок логики представляет собой логическую схему, выполненную на печатной плате с навесным монтажом.

Монтажная панель, выполнена объемного листа и служит для размещения и монтажа на ней трансформатора, пускателя, реле, автоматического выключателя и клемника.

Лицевая предназначена для размещения на ней аппаратуры управления, сигнализации и надписей, определяющих функциональное назначение установленных на ней аппаратов.

Лист клемника выполняет функцию крышки, на которой закреплена табличка с нанесенной на ней схемой управления.

Ввод кабелей питания и подсоединение проводов от электронасоса и датчика предусмотрен через отверстия в задней стенке каркаса.



Система управления позволяет осуществлять выбор автоматического, дистанционного и местного режима работы.

Система управления обеспечивает следующие виды защиты электродвигателя:

- при обрыве фазы;
- при коротком замыкании;
- при перегрузках со следующими временными характеристиками (табл.1).

Таблица 1

Параметры защиты

Величина тока электродвигателя 1, А	Время срабатывания защиты t, с	Вид аварии
$1,2I_{ном}$	10...35	Перегрузка
$2I_{ном}$	5...25	Обрыв фазы, перегрузка
$I_{пуск}$	1...3,5	Короткое замыкание, заклинивание рабочего колеса, насоса или ротора электродвигателя

После срабатывания защиты повторное автоматическое включение электродвигателя исключено.

Принципиальная электрическая схема станции управления типа ШЭП 5801-03А2Б-М приведена на рис.1.

Станция типа ЩЭП-5801-М служит для ручного, автоматического и дистанционного (до 3 км) управления насосными агрегатами серии САУНА (мощность электродвигателя от 1 до 11 кВт) и защиты электродвигателя в аварийных режимах.

Напряжение подают в цепь управления с помощью выключателя QF1. Для работы в автоматическом режиме переключатель SA1 устанавливают в положение АУ (автоматическое управление). Если воды в баке нет, то контакты  $SL_B$  и  $SL_H$  разомкнуты и сигналы датчиков в схему не поступают. Стабилитрон V12 пробивается обратным напряжением, транзистор VT3 открывается базовым током,

сила которого зависит от сопротивления резистора R7. Реле KVI через контактор KM включает электродвигатель, и насос начинает подавать воду в бак. При срабатывании реле KVI его контакт в цепи датчика нижнего уровня размыкается. Когда вода достигает верхнего уровня, этот контакт замыкается и от выпрямителя V15...V18 поступает сигнал, пробивающий стабилитрон V11; отрицательный сигнал проходит через стабилитрон V12 запирает его. При этом базовый ток через транзистор VT3 прекращается, и транзистор закрывается; отключаются реле KV1 и контактор KM, а контакт SL<sub>н</sub> замыкается. Насос перестает работать, и уровень воды понижается. Когда вода опустится до нижнего уровня, контакт SL<sub>н</sub> разомкнется, запирающий сигнал на входе транзистора VT3 исчезнет, транзистор откроется, и реле KVI через контактор KM введет в действие электродвигатель насоса, цикл повторится.

Станция управления защищает электродвигатель насоса при перегрузках, коротких замыканиях и обрыве обмотки фазы.

Аварийный управления от согласующих трансформаторов тока ТА1...ТА3. При коротких замыканиях, сопровождаемых током выше I<sub>пуск</sub>, срабатывает автоматический выключатель QF1. В случае перегрузок, обрыва фазы или коротких замыканий, сопровождаемых токами от 1,2I<sub>н</sub> до I<sub>пуск</sub>, аварийный сигнал от датчиков тока поступает на затвор полевого транзистора VT1.

Время срабатывания системы защиты определяется временем заряда конденсатора C2 до напряжения, равного пороговому U<sub>пор</sub> транзистора VT1. Как только напряжение на затворе транзистора VT1 достигнет значения U, транзистор откроется и в цепи сток - исток появится ток. При этом транзистор VT2 откроется базовым током, протекающим по цепи эмиттер VT2, R3, сток - исток VT1. При аварии загорается лампа HL. Сигнал аварии с коллектора VT2 через диод V10 поступает в цепь управления, транзистор VT3 закрывается, реле KV1 отключается. С помощью цепи R5 и V9 создается релейный эффект при открывании транзистора VT1 и происходит запоминание сигнала аварии. Повторный автоматический пуск электродвигателя схемой не предусмотрен. Чтобы пустить электродвигатель,

необходимо снять напряжение с логической части станции, а затем снова подать его; для этого отключают и включают автомат QF1.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой модель башенной насосной установки рис.2. Вода из нижнего бака 1 подается центробежным насосом 2 в водонапорный бак 3. Расход воды из бака 3 регулируется вентилем 4.

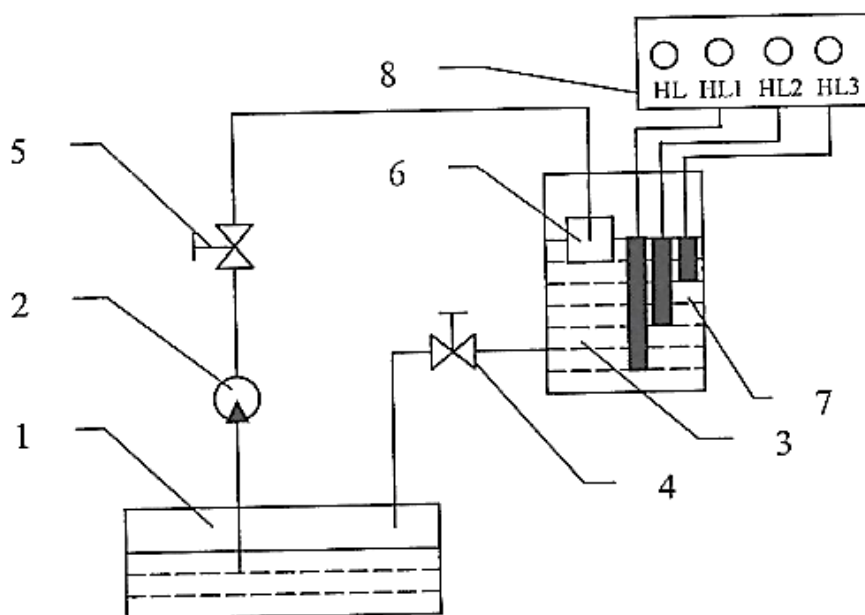


Рис.2. Схема модели башенной насосной установки: 1 - нижний бак; 2 - центробежный насос; 3 - водонапорный бак; 4 - регулировочный вентиль сливного патрубка; 5 - регулировочный вентиль подачи; 6 - поплавковое реле; 7 - электродные датчики уровня; 8 - блок сигнализации.

Рукоятка 4 вентиля имеет градуировку, позволяющую регулировать его открытие. На напорном трубопроводе установлен кран 5, которым можно изменять напор и расход насоса. Работа установки полностью автоматизирована.

Насос включается и выключается в зависимости от уровня воды в водонапорном баке. Датчиком уровня является поплавковое реле.

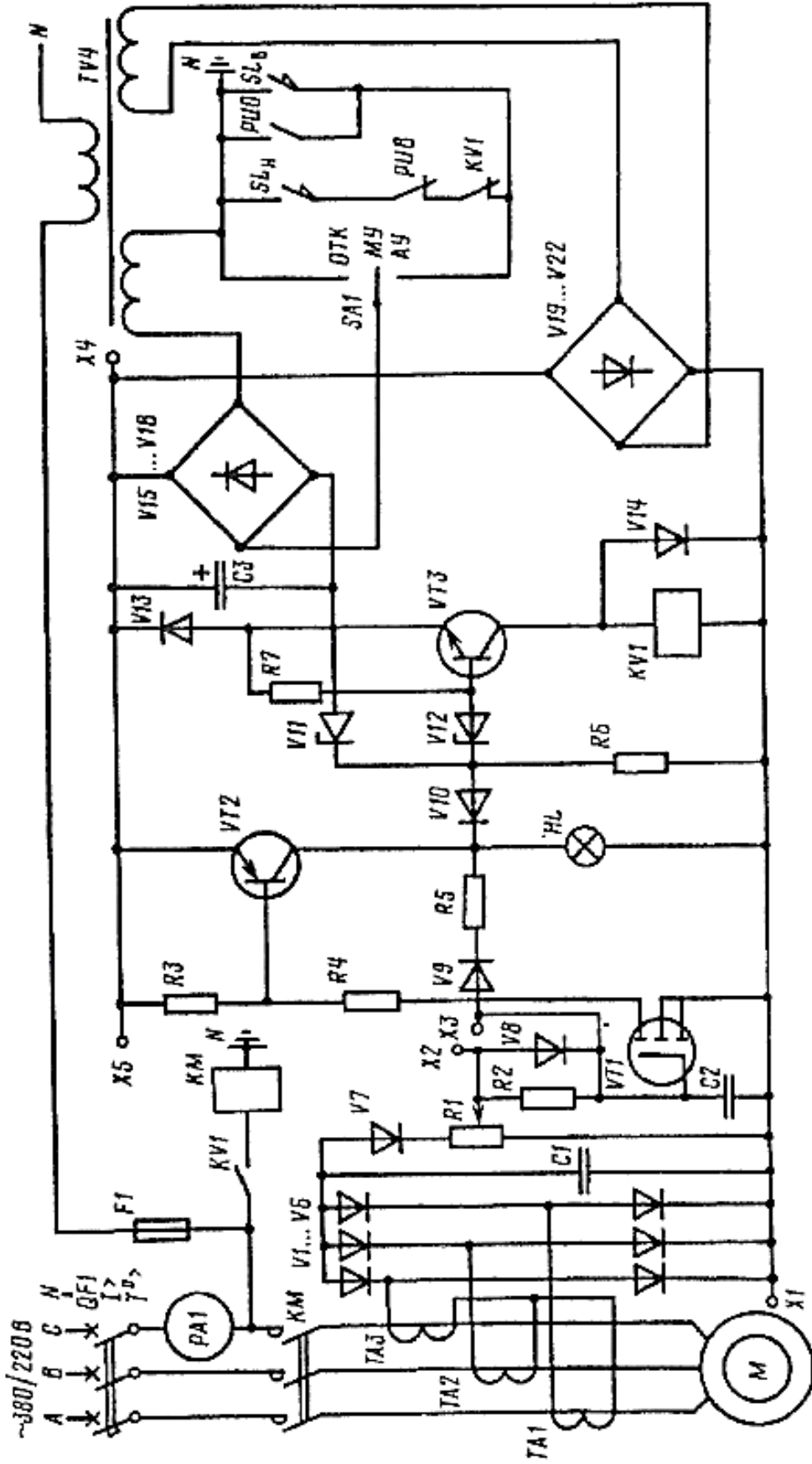


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема станции управления типа ШЕП

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Закрыть левый водонапорный вентиль насосной установки 1, регулирующий подачу воды в безбашенную водоснабжающую установку, и полностью открыть правый водозаборный вентиль 2, управляющий подачей воды в башенную насосную установку. Водоразборный вентиль 3 на сливном патрубке закрыть полностью.

2. Переключатель S2, расположенный на передней панели шкафа управления ШЭП 5801-03А2Б-М, установить в положение «местный режим».

3. Переключатель QF2, расположенный на щитке управления электронасоса, установит в положение «Включено» (стрелка вверх).

4. Автоматический выключатель QF1, расположенный на правой боковой стенке шкафа ШЭП 5801-03А2Б-М, установить в положение «включено». Убедится, что электронасос начал закачивать воду в башенную установку (модель) и зафиксировать время начала работы насоса. По мере подачи воды в башню поплавков башенной установки поднимается, а соединенный с ним груз опускается, указывая по шкале объем воды в литрах.

5. Зафиксировать, при каком объеме воды в башне срабатывают датчики уровня воды SL1, SL2, SL3 электронного реле EP-53 и загораются сигнальные лампочки HL1, HL2, HL3.

6. При достижении требуемого объема воды в башне  $V=60$  л переключатель S2 на шкафу управления установить в положение «отключено». Зафиксировать время окончания работы насоса.

7. Изменяя степень открытия водоразборного вентиля, исследовать изменение числа включений установки в час в зависимости от величины расхода воды  $Q_p$ . Степень открытия водоразборного вентиля 3 модели башенной водокачки следует изменять через четверть оборота, начиная с полностью закрытого положения вентиля. Будем считать, что загорание лампочки HL1 соответствует нижнему уровню когда электронасос должен быть включен для подачи воды в башню, а загорание лампочки HL2 -

верхнему уровню регулирования, когда электронасос должен быть отключен.

8. Открыть водоразборный кран 3 и дождаться, когда вода из башни будет полностью слита (при этом станция управления ШЭП 5801-ОЗА2Б-М с помощью переключателя S2 должна быть выключена).

9. Полностью закрыть водоразборный кран 3. Включить электронасос с помощью переключателем S2. При подъеме воды в башне, зафиксировать момент загорания лампочки HL1 и приступить к отсчёту времени. При загорании HL2 выключить электронасос при помощи S2 и зафиксировать время.

10. После выключения электронасоса производится слив воды из башни. При полностью закрытом водоразборном вентилю слив осуществляется через электронасос, так как он не имеет обратного клапана. Зафиксировать время слива, т.е. время  $t_n$  между моментом погасания лампочки HL2 и моментом погасания лампочки HL1 и занести его в табл.2.

12. Водоразборный кран 3 открыть на одну четверть оборота. Включить выключатель S2. При подъеме воды в башне зафиксировать момент загорания лампы HL1 и приступить к отсчету времени до момента загорания лампы HL2. Выключить электронасос при помощи S2. Зафиксировать время слива  $t_n$ , между моментами погасания HL1 и HL2.

13. Произвести измерение времени включенного состояния  $t_p$ , насоса и времени паузы  $t_n$ , когда водоразборный кран открыт:

- а) на  $\frac{1}{2}$  оборота;
- б) на  $\frac{3}{4}$  оборота;
- в) на 1 оборот, используя методику п. 12.

14. Отключить питание лабораторной установки при помощи QF1 и QF2. Переключатель S2 установить в положение «отключено».

## Результаты исследований

Степень открытия водоразборного вентиля в долях от полного оборота	Экспериментальные данные		Результаты расчетов				
	$t_p, c$	$t_{п}, c$	$t_{ц}, c$	Z	ПВ, %	$Q_H, л/ч$	$Q_p, л/ч$
1. Кран закрыт полностью							
2. Кран открыт на $\frac{1}{4}$							
3. Кран открыт на $\frac{1}{2}$							
4. Кран открыт на $\frac{3}{4}$							
5. Кран открыт на один оборот							

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1. Производительность насоса

$$Q_H = \frac{V_P}{t_P} \quad (1)$$

где  $V_P$  — регулируемый объем бака,  $V_P=60л$ ;

$t_P$  — время заполнения регулируемого объема бака водой при закрытом водозаборном вентиле.

## 2. Максимальное количество включений в час

$$Z_{\max} = \frac{Q_H}{4V_p} \quad (2)$$

## 3. Длительность цикла

$$t_u = t_p + t_{п} \quad (3)$$

## 4. Частота включений

$$z = \frac{1}{t_u} \cdot 3600 \quad (4)$$

## 5. Продолжительность включений

$$ПВ = \frac{t_p}{t_u} \cdot 100\% \quad (5)$$

## 6. Расход воды

$$Q_p = \frac{V_p}{t_{II}} \quad (6)$$

7. По расчетным данным построить графики  $z = f(Q_p)$  и  $ПВ\% = f(Q_p)$

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные электрических и рабочих машин.
3. Принципиальная электрическая схема станции управления ШЭП.
4. Таблица с результатами исследований и вычислений.
5. Расчеты согласно формулам.
6. Графики зависимостей  $z-f(Q_p)$ ,  $ПВ\%-(Q)$ .
7. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение станций управления серии сауна типа ШЭП 5801-03А2Б-М?
2. Какие виды управления предусмотрены в электрической схеме станции ШЭП 5801-03А2Б-М?
3. Какие виды защиты предусмотрены в электрической схеме станции ШЭП 5801-03А2Б-М?
4. В каком режиме работает электропривод
  - при расходе, равном половине производительности насоса?
  - при расходе, равном производительности насоса?
5. Чем ограничено максимальное число включений в час?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N:2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить основные характеристики вентилятора и способы регулирования подачи

#### ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Ознакомится с лабораторной установкой, записать паспортные данные электродвигателя вентилятора.

2. Изучить приборы для измерения напора и скорости воздушного потока.

3. Собрать схему электропривода вентилятора с широким диапазоном регулирования скорости вращения.

4. Исследовать зависимости: мощности  $P_B$ , статического  $H_{ст}$ , динамического  $H_{дин}$  и полного  $H$  напоров, момента  $M_B$ , производительности  $Q$  вентилятора в функции скорости вращения при постоянном сечении выходного патрубка  $F$ .

5. При постоянной скорости вращения вентилятора ( $n=n_{ном}$ ) исследовать зависимости  $P_B$ ,  $H_{ст}$ ,  $H_{дин}$ ,  $H$  от  $Q$  при  $F=var$ .

6. По данным эксперимента построить графики зависимостей:  
 $P_B = f_1(n)$ ,  $H = f_2(n)$ ,  $M_3 = f_3(n)$ ,  $Q = f_4(n)$ .

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В сельском хозяйстве вентиляторы применяют для вентиляции помещений, транспортировки различных материалов, в калориферах, зерносушилках и т.д.. Кроме того, вентиляторы составляют неотъемлемую часть ряда сельхоз машин: зерноочистительных, молотилок и др. Из всей мощности, потребляемой электроприводами, значительная часть приходится на вентиляторы.

Механическая характеристика  $M = b \cdot \omega^2$  этого класса рабочих машин настолько типична, что она имеет наименование – вентиляторная характеристика. Производительность вентилятора регулируют либо изменением скорости вращения (наиболее

экономный способ), либо изменением сечения воздуховода с помощью заслонки.

Для правильной эксплуатации вентилятора необходимо знать их важнейшие характеристики: зависимости мощности, момента, производительности, статического и динамического напоров от скорости вращения, а также мощности и напора от производительности.

Производительность вентилятора количество воздуха, подаваемого в единицу времени

$$Q = v \cdot F \quad (1)$$

где  $v$  - скорость воздуха, (измеряется специальным прибором – анемометром), м/с;

$F$ -площадь сечения трубопровода,  $m^2$ .

Полный напор — создаваемое вентилятором избыточное давление находится

$$H = H_{ст} - H_{дин}, \quad (2)$$

где  $H_{ст}$  – статический напор, Па;

$H_{дин}$  – динамический напор, Па.

Статический напор  $H_{ст}$  - выражает давление воздуха на стенки воздухопровода и численно равен потерям напора в местных сопротивлениях и потерям на трение воздуха воздухопровода.

Динамический напор - определяет энергию движения воздуха в воздухопроводе и рассчитывается

$$H_{дин} = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (3)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха при нормальных условиях,  $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ .

Напор (давление) измеряется в миллиметрах водяного столба и переводится в Па (1 мм = 9,81 Па).

Полезная мощность вентилятора  $P_{вп}$  - мощность создаваемая воздушным потоком.

Мощность воздушного потока, вычисляется по формуле

$$P_{вп} = Q \cdot H \quad (4)$$

Механическая характеристика вентилятора определяется по выражению

$$M = M_0 + b \cdot \omega^2 \quad (5)$$

где  $M_0$  - момент трения в подшипниках, Н·м;

$\omega$  - угловая частота вращения вентилятора, с.

При постоянном сечении выходного патрубка  $F = \text{const}$  и переменной скорости вращения  $\omega_2 = \text{var}$  для вентилятора справедливы следующие соотношения.

Производительность изменяется пропорционально скорости вращения

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (6)$$

Напор и момент изменяются пропорционально квадрату скорости вращения

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2; \quad \frac{M_1}{M_2} = \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2. \quad (7)$$

Мощность вентилятора изменяется пропорционально третьей степени скорости

$$\frac{P_{B1}}{P_{B2}} = \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^3 \quad (8)$$

На рис. 1 показаны характеристики вентиляторов при регулировании производительности  $Q$  задвижкой и изменением скорости вращения.

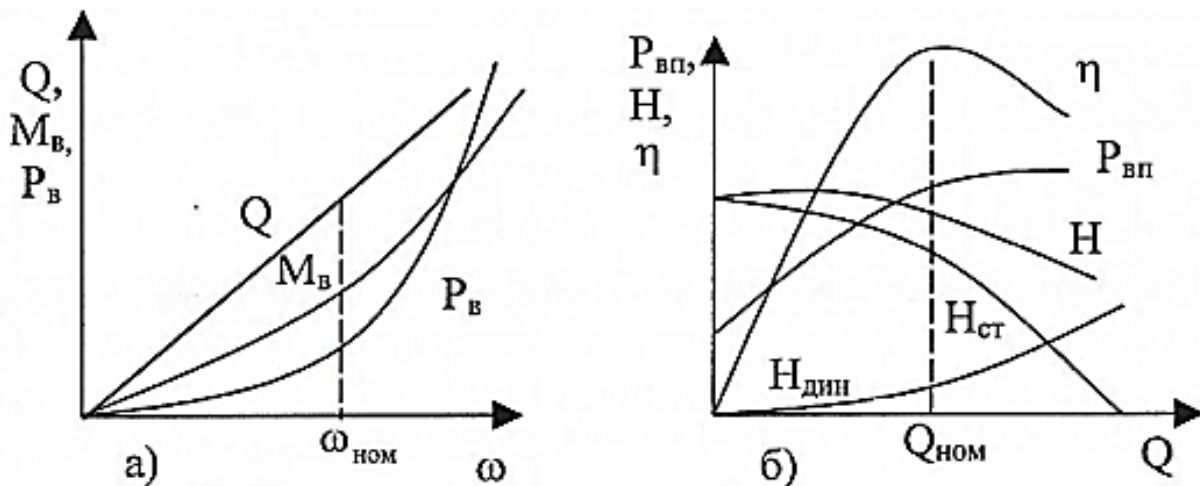


Рис. 1. Характеристики центробежных вентиляторов

а) производительность  $Q$ , момент  $M_B$  и мощность  $P_B$  в зависимости от скорости вращения  $\omega$ ;

б) напор  $H$ , мощность  $P_{вп}$  и КПД  $\eta$  в зависимости от производительности  $Q$ .

Скорость воздушного потока измеряется при помощи анемометра и секундомера. Анемометр представляет собой крыльчатку, соединённую со счётчиком оборотов. Поместив крыльчатку в воздушную струю, снимают его показания за определённое время.

Статический и динамический напор вентилятора определяют U-образным водяным манометром по разности уровней воды в трубках. Напор, измеряемый в мм водяного столба, переводится в Па.

Мощность вентилятора определяют по формуле

$$P_B = P_D - P_{OЯ} - P_O, \quad (9)$$

где  $P_D = U_{Я} \cdot I_{Я}$  - мощность потребляемая двигателем, Вт



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Схема электропривода вентилятора с широким диапазоном изменения его скорости, которая используется в лабораторной установке, приведена на рис. 2.

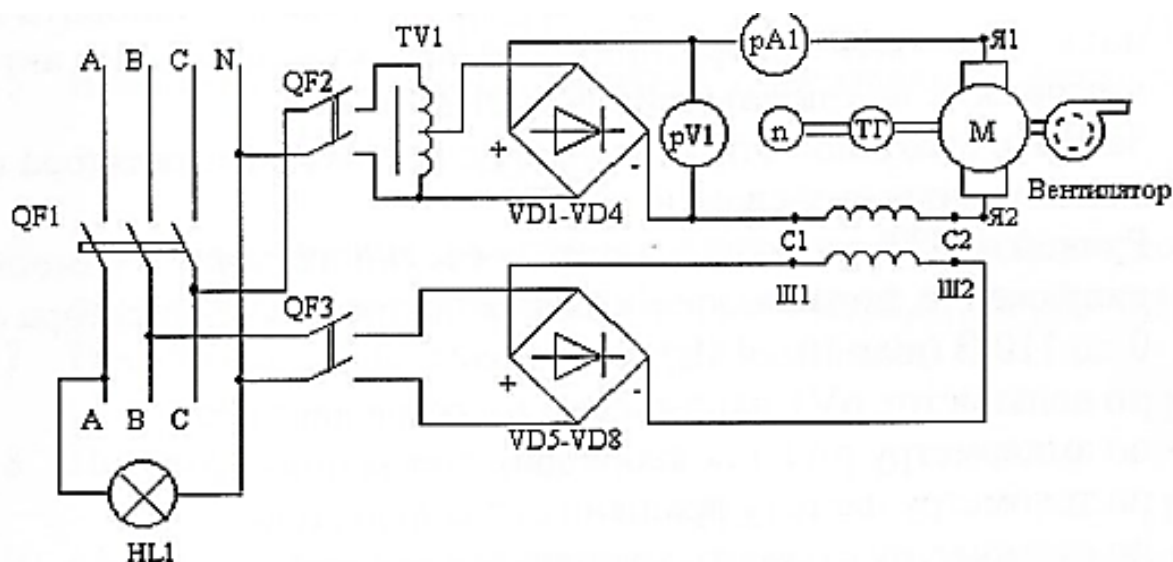


Рис.2. Принципиальная электрическая схема электропривода вентилятора

HL1- сигнальная лампа «Сеть»;

QF1 общий выключатель «Сеть»;

QF2 - выключатель источника постоянного тока 13

QF3- выключатель источника постоянного тока 2;

TV1 - лабораторный автотрансформатор ЛАТР-1, используется в качестве регулятора постоянного тока.

Для привода вентилятора применяется двигатель постоянного тока с независимым возбуждением. Питание обмотки параллельного возбуждения осуществляется от отдельного выпрямителя «Источник постоянного тока 2», ток этой обмотки возбуждения в течение опыта остается постоянным. К якорю двигателя подводится напряжение от «Источника тока 1», скорость вращения двигателя можно регулировать путём изменения подводимого напряжения с помощью ЛАТР-1 «Регулятор постоянного тока». Скорость вращения помощью тахометра.

## ЧАСТЬ 1

Исследование зависимостей: мощности  $P_v$ , статического  $H_{ст}$ , динамического  $H_{дин}$  и полного  $H$  напоров, момента  $M_v$  и производительности  $Q$  от скорости вращения при постоянном сечении выходного отверстия воздухопровода ( $F=const$ ).

1. Ручку ЛАТР-1 «Регулятор постоянного тока» установить на ноль. Включить лабораторную установку с помощью автоматических выключателей QF1, QF2, QF3.

2. Закрыть выходное отверстие воздухопровода вентилятора на 50% с помощью заслонки.

3. Ручкой ЛАТР-1 «Регулятор постоянного тока» изменяя напряжение, подаваемое на электродвигатель вентилятора от 0 до 110 В (шаг 10...15В), измерять:

- по вольтметру pV1 напряжение на якоре двигателя;
- по амперметру pA1 ток якоря двигателя; В
- по тахометру частоту вращения вала двигателя;
- по анемометру скорость воздушного потока;
- по водяному  $U$  - образному манометру статический  $H_{ст}$ , динамический  $H_{дин}$  напоры вентилятора.

Результаты измерений сводят в табл. 1.

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора, вычисляется

$$P_d = U_{я} \cdot I_{я}, \quad (11)$$

где  $U_{я}$  - напряжение на якоре, В;

$I_{я}$  - ток якоря двигателя, А.

2. Потери в обмотках якоря

$$P_{оя} = I_{я}^2 \cdot R_{я}, \quad (12)$$

где  $R_{я}$  — сопротивление обмотки якоря при комнатной температуре, принимается  $R_{я} = 4,5$  Ом или рассчитывается по формуле

$$R_{я} = 0,5(1 - \eta) \frac{U_{я}}{I_{я}}, \quad (13)$$

где  $U_{я} = 110$ В - напряжение на якоре

$I_{я} = 4,35$ А - ток якоря;

$\eta = 0,64$  - КПД двигателя.

3. Потери холостого хода в электродвигателе

$$P_o = 0,1P_d. \quad (14)$$

4. Мощность двигателя вентилятора рассчитывается

$$P_B = P_d - P_{оя} - P_o. \quad (15)$$

5. Вращающий момент вентилятора определяют по 4. (15) формуле

$$M_B = 9,55 \frac{P_B}{n}, \quad (16)$$

6. Площадь сечения выходного отверстия цилиндрического воздуховода, закрытого на 50%, равна  $F = 0,5\pi \cdot R^2$ ,  $R = 0,1$ м.

7. Производительность вентилятора находится

$$Q = v \cdot F. \quad (17)$$

8. Полный напор вентилятора

$$H = H_{ст} + H_{дин} \quad (18)$$

9. Мощность воздушного потока, создаваемого вентилятором, рассчитывается по формуле



$$P_{ВП} = Q \cdot H . \quad (19)$$

10. По результатам расчётов строятся графики:

- $P_B = f_1(n)$  - мощность вентилятора от оборотов вращения;
- $H = f_2(n)$  - напор развиваемый вентилятором от оборотов вращения;
- $Q = f_3(n)$  - производительность вентилятора от оборотов вращения;
- $M = f_4(n)$  - вращающий момент вентилятора от оборотов вращения.

## ЧАСТЬ 2

При постоянной скорости вращения вентилятора ( $n=\text{const}$ ) исследовать зависимости:  $P_B$ ,  $H_{ст}$ ,  $H_{дин}$ ,  $H$  от  $Q$  при различных сечениях выходного патрубка  $F=\text{var}$ .

1. Ручкой ЛАТР-1 «Регулятор постоянного тока», изменяя подаваемое на двигатель напряжение, установить по тахометру номинальные обороты двигателя  $n_{ном} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

2. Открыть полностью воздушную заслонку и измерить величину создаваемого статического  $H_{ст}$  и динамического  $H_{дин}$  напоров, скорость воздушного потока  $v$ , потребляемый ток якоря  $I_я$  и напряжение на якоре двигателя  $U_я$ .

3. Перекрыть воздухопровод заслонкой на 25%, 50%, 75%, 100% и произвести замеры согласно п.2.

4. Ручкой ЛАТР-1 «Регулятор постоянного тока» уменьшить подаваемое на якорь напряжение до нуля, отключить QF3, QF2 и QF1.

5. Произвести расчёты и построить графики:

- $P_B = f_5(Q)$  - зависимость создаваемого вентилятором мощности воздушного потока от производительности;
- $H = f_6(Q)$  - зависимость напора воздушного потока создаваемого вентилятором от производительности вентилятора.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные электрических и рабочих машин.
3. Схема лабораторной установки.
4. Результаты измерений (табл. 1) и примеры расчетов.
5. Графики зависимостей:  $P_B = f_1(n)$  ;  
 $H_B = f_2(n)$  ;  
 $Q = f_3(n)$  ;  
 $M = f_4(n)$  ;  
 $P_B = f_5(n)$  ;  
 $H = f_6(n)$  .
6. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Способы регулирования производительности вентилятора и их сравнительная оценка.
2. Что такое производительность, напор, мощность и момент вентилятора и как они зависят от скорости вращения вентилятора?
3. Для каких целей необходимо регулировать производительность вентилятора?
4. С какой целью для регулируемого электропривода применяются электродвигатели с повышенным скольжением?
5. Что такое вентиляционная норма и для чего необходимо учитывать?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить устройство и принцип работы комплекта «Климат-4»

#### ПРОГРАММА РАБОТ

1. Ознакомиться с назначением и составом существующих комплектов вентиляционно-отопительного оборудования.

2. Изучить функциональную и принципиальную схемы управления установки «КЛИМАТ-4» для различных режимов работы. Записать паспортные данные электродвигателя вентилятора и станции управления.

3. Освоить приёмы ручного и автоматического управления комплектом оборудования. Исследовать зависимости  $P$ ,  $I$ ,  $\cos\varphi=f(U)$  от подводимого напряжения (в ручном режиме).

4. По результатам исследований построить графики  $P=f(U)$ ,  $I=f(U)$  и рассчитать основные параметры.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Эффективность работы системы регулирования микроклимата животноводческих помещений увеличивается при использовании комплектного вентиляционно-отопительного оборудования.

В настоящее время разработаны и выпускаются промышленностью комплекты оборудования "Климат-2", "Климат-3", "Климат-4", "Климат-5", установки типа ПВУ, тепловентиляторы.

Комплект вентиляционно-отопительного оборудования "Климат-2" предназначен для обеспечения необходимой температуры, влажности и воздухообмена в животноводческих помещениях системами воздушного отопления.

В комплект входят:

- 1) низконапорные осевые вентиляторы типа ВО, которые используются в качестве вытяжных; В
- 2) центробежные вентиляторы типа Ц4-70, используемые как приточные;
- 3) система увлажнения воздуха;
- 4) водяные пластинчатые калориферы типа КФС и КФБ;
- 5) датчики температуры ТУДЭ-2;
- 6) станции управления с панелью датчиков визуального контроля температуры воздуха.

Необходимая температура в помещении поддерживается благодаря автоматическому изменению частоты (скорости) вращения вытяжных вентиляторов ВО и приточных Ц4-70 зимой, или только вытяжных ВО летом. Относительная влажность воздуха регулируется с помощью трубоувлажнителей в пределах 35...95%.

Комплект «Климат-3» предназначен для тех же целей, что и комплект «Климат-2». Дополнительно введено 2 регулирующих клапана изменения теплопередачи калориферов для автоматического поддержания требуемой температуры.

Комплект «Климат-5» предназначен для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях и работают совместно с отопительным оборудованием – теплогенератором. Он состоит из:

- электровентилятора типа ВО;
- станции управления;
- датчиков.

Комплекты приточно-вытяжных установок предназначены для автоматизированных приточно-вытяжных систем вентиляции и воздушного отопления помещений и обеспечивают автоматическое поддержание температуры воздуха в заданных пределах, также регулирование воздухообмена. В этих установках совмещены приток и вытяжка воздуха. В настоящее время созданы и выпускаются ряд унифицированных установок ПВУ-4, ПВУ-6, ПВУ-9. Каждый комплект ПВУ состоит из шести установок. Установка представляет собой металлическую конструкцию цилиндрической формы, в которой совмещены приточная и вытяжная вентиляция системы за

счёт применения осевого вентилятора специальной конструкции. В нижней части цилиндра смонтированы нагреватели типа ТЭН. Регулирование температуры воздуха осуществляется с помощью заслонок, которые служат для регулирования степени рециркуляции воздуха. Конструкция установок ПВУ позволяет монтировать их к потолку.

Тепловентиляторы предназначены специально для воздушного отопления и вентиляции животноводческих помещений комплексов промышленного типа. Тепловентиляторы входят в технологическое оборудование, например, промышленного комплекса по откорму 10 тысяч голов молодняка КРС. Они представляют собой комплект из одного или двух центробежных вентиляторов, калорифера и средств автоматики, смонтированных в одной металлической конструкции. Привод вентиляторов осуществляется от двухскоростных электродвигателей через ремённую передачу.

Комплект «Климат-4» предназначен для создания необходимого воздухообмена в животноводческих помещениях.

Комплекты оборудования выпускают трёх модификаций:

«Климат-44» с 24 вентиляторами ВО-4 (максимальная воздухоподача  $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), «Климат-45» с 18 вентиляторами ВО-5, (максимальная воздухоподача  $100 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ ), «Климат-47» с 10 вентиляторами ВО-7 (максимальная воздухоподача  $130 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ ).

Отличительная особенность вентиляторов типа ВО – применение широколопастных крыльчаток из алюминия, свободно открывающейся жалюзной решётки на выходе воздуха из вентилятора.

Привод этих вентиляторов осуществляется от специальных асинхронных электродвигателей, например Д80Ф4П (птицеводческие помещения). Двигатели предназначены для работы при температуре окружающей среды от  $-20^\circ\text{C}$  до  $+40^\circ\text{C}$ , относительной влажности до 100%, а в атмосфере, которая содержит: аммиака до  $0,03 \text{ г}/\text{м}^3$ , сероводорода до  $0,03 \text{ г}/\text{м}^3$ , углекислоты до  $14,7 \text{ г}/\text{м}^3$ , мелкую пыль из соломы не более  $3,5 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Двигатели серии Д80В6П обладают специальными электрическими и механическими характеристиками:

- а) повышенным сопротивлением обмотки ротора;
- б) малой кратностью пускового тока  $\lambda_i=3...4,5$ ;
- в) повышенным скольжением  $S_k=14...17\%$ ;
- г) малым значением КПД и  $\cos\phi$ ;

Кроме того, электродвигатели имеют почти одинаковые пусковые и максимальные моменты, и способны изменять скорость вращения ротора путём регулирования, подводимого к статору напряжения. Варьированием скорости вращения двигателя можно регулировать производительность вентилятора (она пропорциональна скорости вращения). В установках «Климат-4» напряжение на двигатели подаётся ступенчато, от автотрансформатора АТ-10 с 16 отпайками, дающими регулируемое напряжение от 70 до 380В.

Комплект вентиляционного оборудования «Климат-4» (табл.1) обеспечивает решение следующих задач:

1. Трёхступенчатое регулирование скорости вращения вытяжных вентиляторов в зависимости температуры воздуха в помещении – вниз, в диапазоне 3:1 со ступенями 100%, 66%, 33% от номинальной.
2. Автоматический переход на низшую (высшую) скорость вращения при снижении (повышении) температуры в помещении.
3. Автоматический выбор числа для этого вентиляторы разделяют на три группы (по возможности одинаковые) таким образом, чтобы они обеспечивали равномерную вентиляцию помещения.
4. Автоматическое выключение одной группы вентиляторов при снижении температуры воздуха в помещении.
5. Автоматическое включение добавочной группы вентиляторов при повышении температуры воздуха в помещении.
6. Возможность поддержания температуры воздуха в помещении в диапазоне от +5 °С до +35°С.
7. Ручное управление работой вентиляторов.
8. Световую сигнализацию о скорости вращения работающих двигателей и о наличии напряжения на станции управления.
9. Световую сигнализацию о числе работающих групп вентиляторов.

10. Защиту электродвигателей от коротких замыканий и перегрузок с помощью автоматических выключателей АП 50-5ИТ или АЕ2036.

Для осуществления этих задач в комплект установки «Климат-4» входит станция управления типа ШАП-5701-03А2Д.

Контроль температуры в помещении осуществляется двумя полупроводниковыми трёхпозиционными терморегуляторами К1, К2, типа ПТРЗ-04 с диапазоном регулирования температуры от +5 °С до +35 °С. Терморегулятор может давать команды: «Ниже нормы», «Норма», «Выше нормы».

Терморегулятор К1 управляет переключением частоты (скорости) вращения работающих осевых вентиляторов ВО, а терморегулятор К2 управляет переключением числа групп работающих вентиляторов.

В качестве чувствительного элемента используется терморезистор. Его включают в плечо моста переменного тока. Если температура объекта равна температуре, установленной по шкале прибора ПТР-3-04, мост сбалансирован и сигнал на его выходе равен 0 (нулю) «Норма». При отклонении температуры объекта от заданного значения баланс моста нарушается и на выходе моста появляется сигнал, амплитуда которого пропорциональна отклонению температуры, а фаза отвечает направлению дисбаланса. Этим сигналом управляется схема автоматического управления рис. 1. Функциональная схема управления системы.

1. Если температура воздуха в помещении соответствует заданной "Норма":

а) терморегулятор К1 замкнут размыкающий контакт К1-2, пускатель КМ2 под током;

б) в терморегуляторе К2 замкнут замыкающий контакт К2-1, пускатели КМ-4 и КМ-5 под током. Таким образом, если температура воздуха в помещении соответствует заданной, включены пускатели КМ-2, КМ-4, КМ-5 электродвигатели всех трёх групп работают на второй частоте вращения  $0,6n_{ном}$ .

2. Когда температура повысилась на заданное число градусов «Выше нормы»:

а) терморегулятор К1 замкнут замыкающий контакт К1-1 включается пускатель КМ-3, а размыкающий контакт К1-2 разомкнут, пускатель КМ2 обесточен;

б) терморегулятор К2 по-прежнему замкнут замыкающий контакт К2-1, пускатели КМ-4 и КМ-5 под током.

Таким образом, если температура в помещении выше нормальной, включены пускатели КМ-3, КМ-4, КМ-5, вентиляторы работают на третьей частоте вращения, равной  $n_{\text{ном}}$ .

3. При понижении температуры от заданной:

а) терморегулятор К1 выдаёт сигнал "Ниже нормы" при котором замыкающий контакт К1-2 замкнут (пускатель КМ-1 под током), а размыкающий контакт К1-2 разомкнут (КМ-2 обесточен) замыкающий контакт К1-1 разомкнут (КМ-3 обесточен).

б) терморегулятор К2 по-прежнему выдаёт сигнал «Выше нормы» когда включены пускатели КМ-4, КМ-5.

Включены пускатели КМ-1, КМ-4, КМ-5 три группы вентиляторов работают на первой (минимальной) частоте вращения, равной  $0,3 n_{\text{ном}}$ .

4. Если температура продолжает снижаться, то замкнутым окажется только размыкающий контакт К2-2 (КМ-5 под током) КМ-4 обесточен и пускатель КМ-4 отключает группу двигателей №2.

5. При дальнейшем снижении температуры отключается пускатель КМ-5 и остаётся включённой только одна группа вентиляторов №1, работающая на первой (минимальной) частоте вращения. Если обозначить:

а) Замкнутое состояние контактов терморегуляторов К1 и К2 через «1», а разомкнутое через «0»;

б) Магнитный пускатель включён- «1», выключен- «0», то принцип работы системы управления комплектом вентиляторов оборудования «Климат-4» в автоматическом режиме поясняется с помощью табл. 1.

В схеме предусмотрено ручное управление каждой группой вентиляторов, для этого на передней панели станции управления ШАП-57-01 расположены:



- переключатель режимов управления «Выбор режима» SA1 на три положения: «Автомат», «Отключено», «Ручное»;
- переключатель «Ручное управление» скорости SA3 на четыре положения: «Включено», «2-я группа», «3-я группа»;
- шесть красных сигнальных лампочек: «Сеть», «1-я скорость», «2-я скорость», «3-я скорость», «П-я группа», «Ш-я группа»;
- кнопочная станция "Сеть" включения и выключения установки в сеть;

При ручном управлении замыкаются или размыкаются рассмотренные выше группы контактов в соответствии с установленными режимами.

Таблица 1.

Режим работы установки «Климат-4»

Наименование контактов и пускателей терморегулятора	Состояние температуры в помещении				
	Норма	Выше нормы	Ниже нормы	Ещё ниже нормы	Совсем ниже нормы
К1-1	0	1	0	0	0
К1-2	1	0	0	0	0
К1-2	0	0	1	1	1
К2-2	1	1	1	1	0
К2-1	1	1	1	0	0
КМ-3	0	1	0	0	0
КМ-2	1	0	0	0	0
КМ-1	0	0	1	1	1
КМ-4	1	1	1	0	0
КМ-5	1	1	1	1	0
Частота вращения вентиляторов	$0,6 n_{\text{НОМ}}$ (сред)	$n_{\text{НОМ}}$ (макс)	$n_{\text{НОМ}}$ (мин)	$0,3 n_{\text{НОМ}}$ (мин)	$0,3 n_{\text{НОМ}}$ (мин)
Включены группы вентиляторов	№1,2,3	№1,2,3	№1,2,3	№1,3	№1

## РАБОТА СХЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ «КЛИМАТ-4»

Схема управления электровентиляторами (рис.1) может работать в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме переключатель SA ставят в положение P и управляют работой двигателей пакетно-кулачковым переключателем SA1. Переводом переключателя SA1 в положение «0» отключают электровентиляторы. Установкой переключателя SA1 в положение «1» пускателями KM1 и KM6 включают двигатели на отпайке X1, Y1, Z1 автотрансформатора АТ. Пуск и работа двигателей происходят при пониженном напряжении на первой скорости  $0,3\omega_n$ . При установке SA1 в положение «2» пускатель KM2 переключает двигатели на отпайки X2, Y2, Z2, соответствующие работе на второй скорости  $0,6\omega_n$ . При установке переключателя SA1 в положение «3» пускатель KM3 подводит к двигателям напряжение сети. Двигатели работают на высшей скорости  $\omega_n$ . Для предотвращения одновременного включения двух уровней напряжения последовательно с катушкой каждого магнитного пускателя KM1, KM2, KM3 включены две пары размыкающих контактов двух других пускателей.

Диапазон регулирования подачи вентиляционной установки расширен путём деления электровентиляторов на 3 группы: M1...M3, M4...M7, M8...M10. В нулевом положении SA2 отключает дополнительные группы, в положении «1» пускатель KM4 подключает двигатели M8...M10, а в положении «2» пускатель KM5 дополнительно вводит в действие двигатели M1...M3.

В режиме автоматического управления переключатель SA ставят в положение «А», включая тем самым цепи регуляторов SK1, SK2 и пускателей KM1...KM7. Полупроводниковые трёхпозиционные терморегуляторы SK1 и SK2 типа ПТРЗ-04 поддерживают заданную температуру, которая может находиться в диапазоне от  $5^\circ\text{C}$  до  $35^\circ\text{C}$ .

Условием правильной работы системы управления является настройка терморегуляторов SK1 и SK2 на разные температуры срабатывания. Уставка SK1 должна быть больше уставки SK2 на  $2...4^\circ$ .

Если температура воздуха помещения соответствует заданной, то замкнуты контакты SK1.2 и SK2.1 и включены пускатели КМ2, КМ4...КМ6. Электродвигатели работают на второй частоте вращения. Когда температура повышается на заданное число градусов, замыкаются контакты SK1 и SK2.1 и получают питание пускатели КМ3...КМ5. Электродвигатели переключаются на третью частоту вращения.

При понижении температуры замыкаются контакты SK1.1 и SK2.1, в цепь тока вводятся катушки пускателей КМ1, КМ4...КМ6 и электродвигатели переключаются на первую частоту вращения. Если температура продолжает снижаться, то размыкаются контакты SK2.1 и замыкаются SK2.2, пускатель КМ4 отключает группу двигателей М8...М10. Если же температура все-таки снижается, то замыкаются контакты SK2.3, включается пускатель КМ7 и своими размыкающими контактами лишает питания пускатель КМ6, вентиляторы останавливаются.

Датчиками температуры воздуха в помещении служат полупроводниковые терморезисторы R<sub>t</sub>. Панель датчиков поставляется в комплекте со станцией управления и монтируется на колоннах помещения в зоне нахождения животных или птицы. Со станцией управления датчики соединяют экранированным проводом с площадью поперечного сечения 0,35 мм<sup>2</sup>.

Электродвигатели и установка в целом защищены автоматическими выключателями А150-3МТ с тепловыми и электромагнитными расцепителями, цепи управления — предохранителем типа ПРС-6П. Предусмотрена сигнализация наличия напряжения на станции НЛ6, включения групп электровентиляторов НЛ4, НЛ5, контроля частот вращения НЛ1...НЛ3. Станция управления смонтирована в навесном бескаркасном шкафу пылебрызгонепроницаемого исполнения.

Для подогрева наружного воздуха с системой оборудования «Климат» используются электрические, паровые, водяные или огневые калориферы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

Исследование зависимости потребляемой мощности тока от подводимого напряжения (в ручном режиме).

1. Подать напряжение питания 380 В, 50 Гц на лабораторную установку «Климат-4» включив QF1.

2. Установить в исходное положение рукоятки переключателей станции управления ШАП-5701-03А2Д.

Выбор режима - «Ручное»; управление скорости- «Откл»; ручное управление групп-«Откл.».

3. Включить станцию управления ШАП-5701-032Д, нажав кнопку «Сеть-Вкл.». Загорится лампочка «Сеть».

4. Переключатель «Ручное управление скорости» установить положение «1 скорость». Снять показания приборов PA1, PA2, PA3, PV, PW, и с помощью анемометра замерить скорость воздушного потока при работе вентиляторов основной группы на минимальной частоте вращения  $n=0,3n_{ном}$ . Показания занести в табл.2.

5. Переключатель «Ручное управление скорости» установить в положение «2 скорость». Снять показания приборов при работе вентиляторов основной группы на средней частоте вращения  $n=0,6n_{ном}$ .

6. Переключатель «Ручное управление скоростью» установить в положение «3 скорость». Снять показания приборов при работе вентиляторов основной группы на максимальной частоте вращения  $n=n_{ном}$ .

7. Переключатель «Ручное управление групп» установить в положение «2 группа». Снять показания вентиляторов первой и второй группы на 1, 2, 3 скоростях вращения.

8. Переключатель «Ручное управление групп» установить в положение «3 группа». Снять показания приборов при работе вентиляторов всех трёх групп на 1, 2, 3 скоростях вращения.

9. Выключить лабораторный комплект «Климат-4»;

"Ручное управление групп" – в положение «Откл».

"Ручное управление скорости" – в положение «Откл».

Нажать кнопку «Сеть: Откл.».

Автоматический выключатель QF1 - в положение "Выключено".

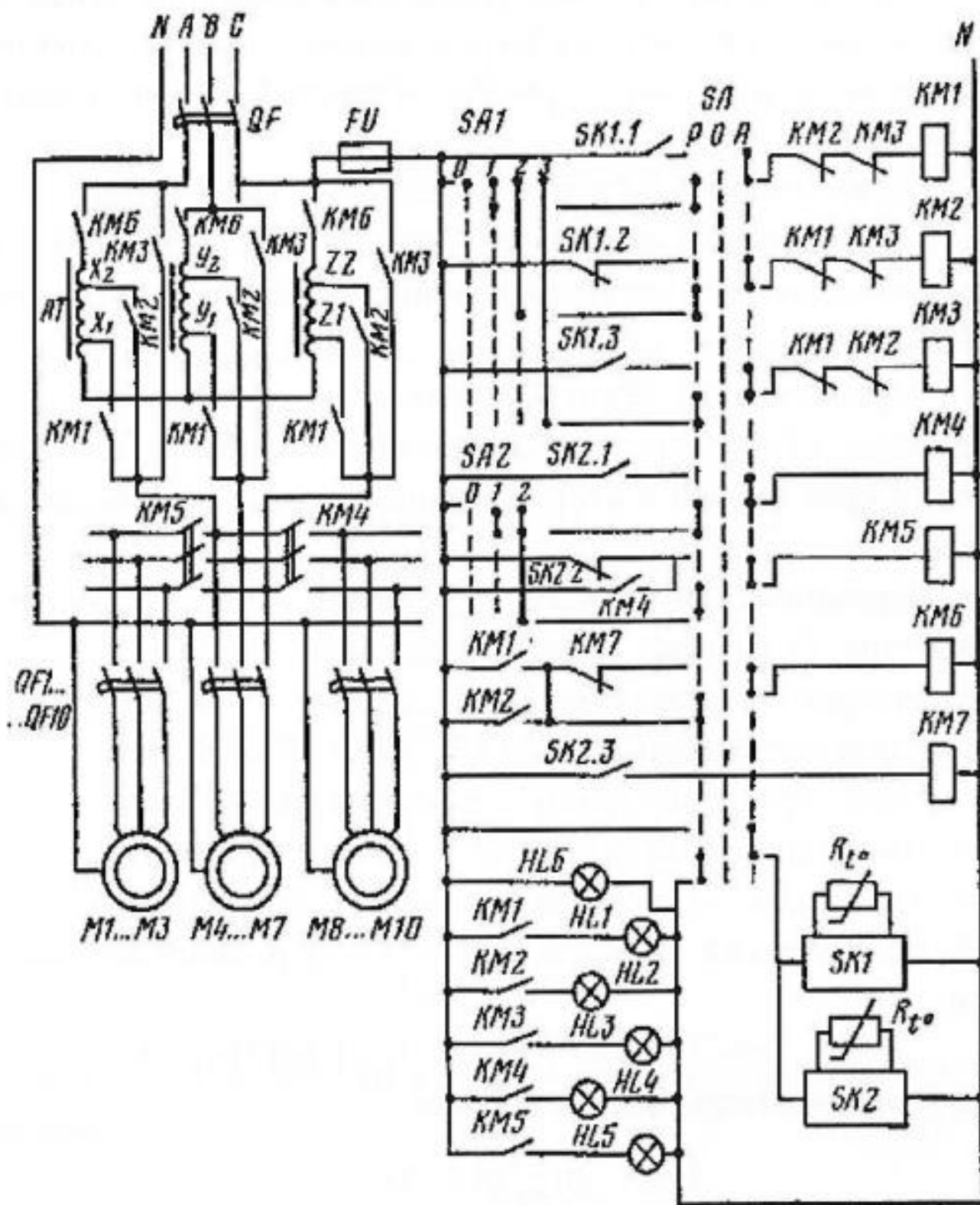


Рис.1. Схема автоматического управления электровентильторами системы «Климат-4»

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4. Производительность установки

$$Q = v \cdot F \quad (1)$$

где  $F$  – сечение воздуховода,  $\text{м}^2$ .

### 5. Угловая частота вращения идеального холостого хода:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}, \quad (2)$$

где  $n_0 = 1000 \text{ мин}^{-1}$  – обороты вращения ротора в режиме идеального холостого хода.

### 6. Момент вращения вентилятора

$$M_i = M_{\text{НОМ}} \frac{\omega_i^2}{\omega_{\text{НОМ}}^2}, \quad (3)$$

где  $\omega_i$  – угловая частота вращения электродвигателя при работе на 1, 2, и 3 скоростях;

$\omega_{\text{НОМ}}$  – номинальная угловая частота вращения двигателя.

### 7. Номинальная частота вращения двигателя

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{\pi n_{\text{НОМ}}}{30}, \quad (4)$$

где  $n_{\text{НОМ}} = 870 \text{ мин}^{-1}$ .

### 8. Угловая частота вращения при $n = 0,3n_{\text{НОМ}}$

$$\omega_1 = \frac{\pi n_{\text{НОМ}}}{0,01}. \quad (5)$$

### 9. Угловая частота вращения при $n = 0,6n_{\text{НОМ}}$

$$\omega_2 = \frac{\pi n_{\text{НОМ}}}{0,02}. \quad (6)$$

10. Номинальный момент вентилятора

$$M_{ном} = 9,55 \frac{P_{ном}}{n_{ном}}. \quad (7)$$

11. Потери мощности в роторе при различных скоростях вращения

$$\Delta P_i = M_{ном} (\omega_0 - \omega_i). \quad (8)$$

12. Активная мощность установки на 1, 2 и 3 скоростях вращения

$$P_i = \sqrt{3} U_i I_{cp} \cos \varphi, \quad (9)$$

где  $U_i$  – напряжение соответствующее скоростям вращения;  
 $\cos \varphi = 0,89$

13. Средний ток

$$I_{cp} = \frac{1}{3} (I_1 + I_2 + I_3), \quad (10)$$

где  $I_1, I_2, I_3$  - фазные токи.

14. Результаты измерений и вычислений оформлять в виде табл.2 и графиков  $P_i = f(U)$ ,  $\omega_i$ ,  $M_i$ ,  $\Delta P_i = f(Q_i)$ .

Таблица 2.

Экспериментальные и расчетные

Эксперимент									Расчёты			
№ п/п	Скорость	Группы	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$I_3$ , А	$U_i$ , В	$P$ , Вт	$v$ , м/с	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\omega_i$ , с <sup>-1</sup>	$\Delta P_i$ , Вт	$M_i$ , Нм

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные установки «Климат-4».

3. Принципиальная электрическая схема установки «Климат-4».

4. Краткое описание работы схемы.

5. Таблица с результатами измерений и расчётов.

6. Графики расчётных и экспериментальных зависимостей  $P_i = f(U)$ ,  $\omega_i$ ,  $M_i$ ,  $\Delta P_i = f(Q_i)$ .

7. Примеры расчётов электрических величин.

8. Выводы по работе.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назначение и состав комплектов оборудования «Климат-2», «Климат-3», «Климат-4», «Климат-5», ПВУ?

2. Принцип работы установки «Климат-4» по принципиальной электрической схеме?

3. Как осуществляется управление установкой «Климат-4» в ручном режиме?

4. Как осуществляется управление установкой «Климат-4» в автоматическом режиме?

5. Назначение и особенности вентиляционных электродвигателей серии Д?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

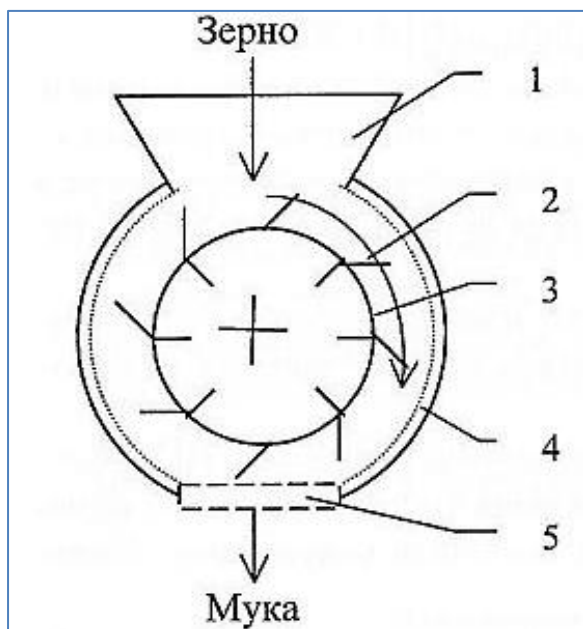
### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить методику экспериментального определения механических и инерционных характеристик молотковой дробилки

#### ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Изучить технологические, кинематические, механические и инерционные характеристики дробилки.
2. Собрать принципиальную электрическую схему дробилки.
3. Рассчитать и построить механическую характеристику дробилки при холостом ходе  $M_{cc}(n)$ .
4. Снять кривую выбега  $n(t)$ .
5. Замерить активное сопротивление фаз электродвигателя дробилки.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



Молотковые дробилки широко используются в кормопроизводственных процессах. Их принцип основан на разбивании продукта свободным ударом.

Продукт поступает в приёмный ковш 1 дробилки, захватывается быстро вращающимися молотками 2 ротора 3, разбивается ими о рифленую поверхность деки 4 и просеивается через решето 5 (рис. 1).

Особенностью дробилок является то, что момент трогания при нагрузке имеет относительно большое значение по сравнению с моментом холостого хода. Высокая частота ротора и большой его маховой момент увеличивают время пуска агрегата.

Наиболее выгодной с точки зрения удельного расхода электроэнергии является скорость около 3000 об/мин. Поэтому для привода дробилок рекомендуется применять двухполюсные асинхронные двигатели и соединять их с валом дробилок при помощи муфт.

Нагрузочная диаграмма дробилки зависит от равномерности подачи обрабатываемого материала. При равномерной подаче момент сопротивления незначительно колеблется, отклоняясь от средней величины. В общем случае дробилки имеют длительную нагрузку переменной величины.

Мощность двигателя для привода дробилок выбирают по их техническим данным или экспериментальным нагрузочным в значительной степени диаграммам.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, записать номинальные данные электродвигателя и аппаратов управления.

2. Познакомиться с пределами измерения напряжения, тока и активной мощности электродвигателя дробилки. Определить цену деления приборов.

3. При холостом ходе дробилки измерить напряжение, ток, активную мощность электродвигателя при соединении обмоток статора в «звезду».

4. На выход тахогенератора подключить вольтметр. Включить двигатель дробилки замерить показания вольтметра, затем одновременно отключить двигатель и включить секундомер. Снять кривую выбега  $n(t)$ .

5. После опыта самоторможения измерить сопротивление обмоток статора и определить среднее сопротивление фазы статора.

Под приводными характеристиками машины понимают в первую очередь значение момента инерции системы и зависимость момента сопротивления машины от частоты вращения  $M_{cm}(n)$ .

Зная основные приводные характеристики, можно решить ряд практических задач электропривода определить электромеханическую

постоянную времени привода  $T_m$ , найти время разгона и торможения; рассчитать переходные режимы привода и т.д.

Эти характеристики можно определить по опытам холостого хода и самоторможения (выбега) системы. При этом зависимость  $M_{cm}(n)$  получается для холостого хода системы. В некоторых случаях опыт самоторможения может быть проведен при нагруженной машине.

Сопrotивление фазы статора определяется методом вольтметра и амперметра. Для этого, отключив двигатель от сети, подают напряжение постоянного тока (12В) на две обмотки статора, включенные последовательно.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

### ЧАСТЬ 1

1. Собрать электрическую схему управления дробилкой (рис.2).
2. Включить автоматические выключатели QF1 (загорится зеленая лампа «сеть») и OF2.
3. Используя измерительные приборы PV1, PA1, PW и тахометр (на холостом ходу) замерить значения: напряжения  $U_1$ , тока  $I_1$ , активной мощности  $P_1$  и оборотов вращения  $n$  электропривода дробилки. Показания приборов занести в табл.1.
4. Отключить автоматический выключатель QF2 и снять зависимость  $n=f(t)$ . Для этого через каждые  $200 \text{ мин}^{-1}$  после отключения QF2 снимают показания секундомера до полной остановки ротора электродвигателя.
5. Отключить автоматический выключатель QF1.

Таблица 1.

#### Экспериментальные данные

U <sub>1</sub> , В	I <sub>1</sub> , А	P <sub>1</sub> , Вт	n, мин <sup>-1</sup>	t, с	U <sub>2</sub> , В	I <sub>2</sub> , А	При- мечание

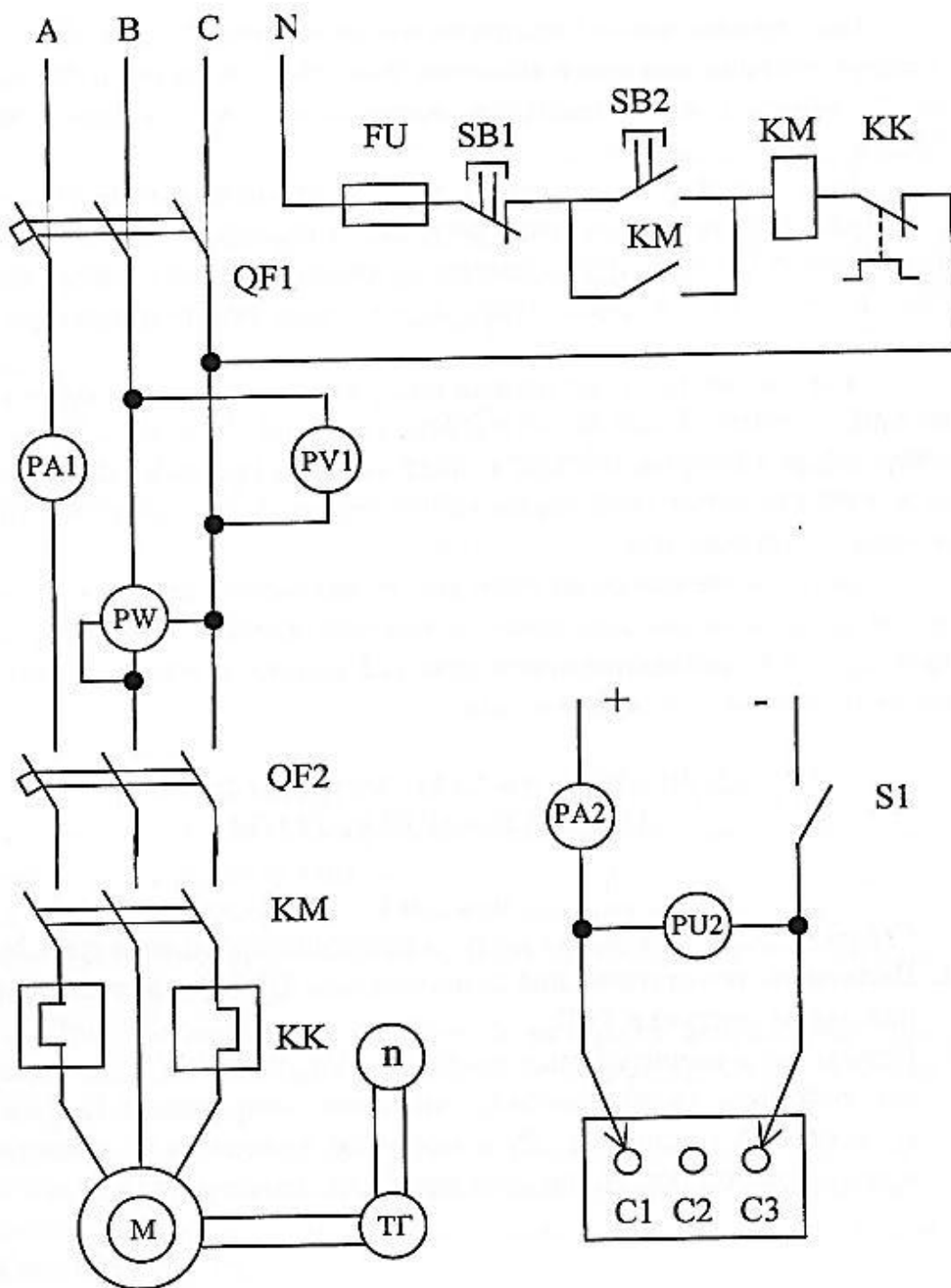


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема дробилки

Рис. 3. Схема для замера активного сопротивления фаз электродвигателя

## ЧАСТЬ 2

1. От клемм «Дробилка», фазы А,В,С отсоединить провода подающие напряжение питания.
2. Собрать электрическую схему для замера активного сопротивления фазы обмотки статора (рис. 3)
3. Включить автоматический выключатель QP2 и переключатель S1.
4. Используя измерительные приборы PV2 и PA2 снять показания значений напряжения U2 и тока I2.
5. Эксперимент проделать 3 раза (замерить сопротивление между фазами АВ, ВС и АС) и найти среднее значение активного сопротивления  $r_{cp}$  по формуле (3).
6. Отключить переключатель S1 и автоматический выключатель QF2.

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

По результатам измерений построить кривую выбега  $n=f(t)$  (рис.4).

Для определения приведенного момента инерции системы необходимо через начальную точку «а» кривой самоторможения провести касательную до пересечения ее с осью времени (точка b). Отрезок ob представляет собой условное время самоторможения  $T_{ул}$ .

1. Момент инерции электропривода дробилки, кг-м<sup>2</sup>

$$J = 91,2 \cdot P_{мех} \frac{T_y}{n_1^2} \quad (1)$$

где  $n_1$ - обороты вращения, соответствующие точке касания "а", мин<sup>-1</sup>;

$P_{мех}$ – механическая мощность электропривода, Вт.

3. Механическая мощность рассчитывается

$$P_{\text{мех}} = P_1 - (\Delta P_{\text{о.с.}} + \Delta P_{\text{ст.}} + \Delta P_{\text{доб.}}) \quad (2)$$

где  $P_1$  - подводимая к двигателю мощность, Вт;  
 $\Delta P_{\text{о.с.}}$  - потери в обмотке статора,  $\Delta P_{\text{о.с.}} = 3I_1 r_{\text{ср}}$ ; Вт;  
 $\Delta P_{\text{ст.}}$  - потери в стали двигателя,  $\Delta P_{\text{ст.}} = 0,06P_{\text{ном}}$ ; Вт;  
 $\Delta P_{\text{доб.}}$  - добавочные потери,  $\Delta P_{\text{доб.}} = 0,01P_{\text{ном}}$ ; Вт.

#### 4. Среднее сопротивление фазы статора

$$r_{\text{ср}} = \frac{1,5U_2}{I_{\text{AB}} + I_{\text{BC}} + I_{\text{AC}}}, \quad (3)$$

где  $U_2$  - подводимое к фазам постоянное напряжение питания, В;  
 $I_{\text{AB}}, I_{\text{BC}}, I_{\text{AC}}$  - токи протекания по обмоткам статора, А (табл.1).

Результаты расчёта сводятся в табл.2.

Таблица 2.

Данные расчётов

$M_c, \text{Н} \cdot \text{м}$	$\varepsilon_k, \text{с}^{-1}$	$n_{\text{ср}}, \text{мин}^{-1}$	Примечание

По результатам табл.2 строится механическая характеристика электропривода дробилки (рис. 4).

#### 4. Время пуска электропривода дробилки

$$t_n = \frac{J\omega_{\text{ном}}}{\alpha M_{\text{ном}}}, \quad (4)$$

где  $\omega_{\text{ном}}$  - угловая частота вращения в номинальном режиме работы;  
 $\alpha$  - поправочный коэффициент,  $\alpha = 1,5$   
 $M_{\text{ном}}$  - номинальный момент электродвигателя.

#### 5. Номинальная угловая частота вращения

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi n_{\text{ном}}}{30}, \quad (5)$$

#### 6. Номинальный момент

$$M_{НОМ} = 9,55 \frac{P_{НОМ}}{\omega_{НОМ}}, \quad (6)$$

7. Момент трогания

$$M_0 = 0,3M_{с.НОМ}, \quad (7)$$

где  $M_{с.НОМ}$  - номинальный момент сопротивления дробилки ( $M_{с.НОМ} = M_{НОМ}$ ).

8. Зависимость момента сопротивления системы  $M_{сс}(n)$  определяют по кривой выбега, используя основное уравнение движения электропривода (рис.4)

$$M_0 - M_c = J \left( \frac{d\omega}{dt} \right), \quad (8)$$

где  $J$  - момент инерции системы. Рис.4. Приводные характеристики дробилки.

9. При отключении двигателя  $M_{дв}=0$  уравнение получает вид

$$-M_c = J \frac{d\omega}{dt} = J\varepsilon_k, \quad (9)$$

где  $\varepsilon_k$  - угловое замедление системы.

10. Значение  $M_{дв}=0$  находят на отдельных участках. Для этого кривую выбега разбивают на ряд участков при равных приращениях времени и находят соответствующие значения частоты вращения когда, угловое замедление системы составит

$$\varepsilon_k = \frac{\Delta n_k}{\Delta t_k} \cdot \frac{\pi}{30}. \quad (10)$$

11. Момент сопротивления системы

$$M_{cc} = J \cdot \varepsilon_k \quad (11)$$

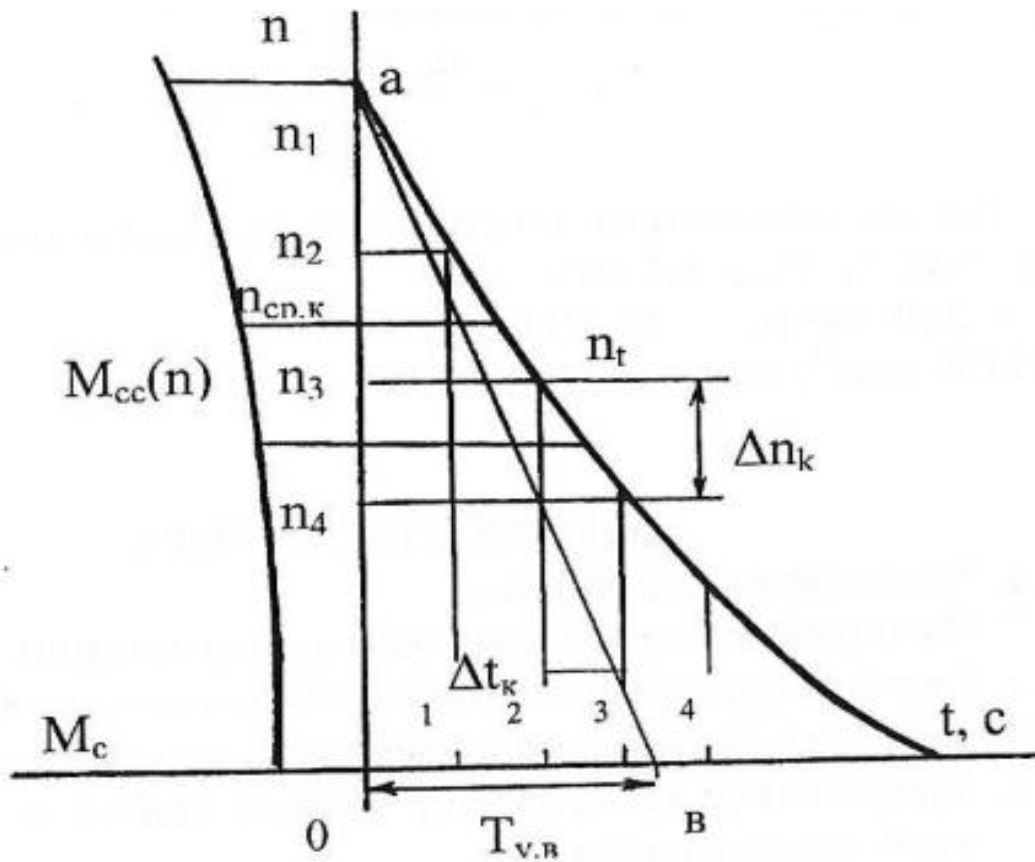


Рис. 4. Приводные характеристики дробилки

## 12. Средние обороты вращения

$$n_{cp.k} = \frac{n_k + n_{k+1}}{2}$$

Паспортные данные электродвигателя дробилки:

тип А02-42-4;  $P_{ном} = 5,5$  кВт;

$\Delta/Y$  - 220/380 В; 18,3/11,2 А;

$n_{ном} = 1450$  мин<sup>-1</sup>;  $\cos\varphi = 0,86$ ;  $\eta_{ном} = 0,87$ .



## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные приборов оборудования.
3. Схема установки и технологическая схема дробилки.
4. Результаты измерений и расчетов в виде табл.1 и 2.
5. Графическое изображение кривой выбега и механической характеристики.
6. Примеры расчета основных величин.
7. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких элементов состоит электропривод дробилки?
2. Как определить момент инерции дробилки?
3. Как определить время пуска привода дробилки?
4. В чем заключаются особенности электропривода дробилок?
5. Какие требования предъявляет технологический процесс дробления зерна к частоте вращения привода?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОЛОЧНОГО СЕПАРАТОРА**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

**Изучить приводные характеристики молочного сепаратора**

#### **ПРОГРАММА РАБОТЫ**

1. Ознакомиться с установкой и измерительной аппаратурой.
2. Изучить кинематическую и электрическую схемы стенда.
3. Определить момент инерции сепаратора.
4. Снять зависимости мощности двигателя, тока и оборотов от времени при пуске сепаратора.
5. Снять кривую выбега сепаратора.
6. Построить механические характеристики электродвигателя и сепаратора.

#### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Технологический процесс сепарации молока состоит в том, что молоко, поступая в барабан сепаратора, вращающегося с большой скоростью, разделяется на обрат и сливки за счёт разности в запасах кинетической энергии этих продуктов.

Получение больших скоростей вращения барабана сепаратора возможно за счёт применения редуктора при использовании электродвигателей на частоту тока 50 Гц или двигателей на частоту тока 200...400 Гц, вал которых непосредственно соединён с барабаном сепаратора. Для сепаратора характерно относительно большое значение момента инерции барабана, что затягивает пуск до 2..3 минут. Устанавливать более мощный двигатель для уменьшения времени разбега недопустимо, так как это может привести к поломке червячной пары редукторов. Для уменьшения нагрева двигателя при пуске в кинематической схеме предусмотрена центробежная фрикционная муфта (ЦФМ). В этом случае двигатель разгоняется по существу вхолостую, а разгон барабана происходит медленно из-за проскальзывания муфты сцепления.

## ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка включает в себя исследуемый молочный сепаратор типа «Плава» ОСБ-1000, приводимый во вращение асинхронным двигателем.

К валу двигателя присоединён тахогенератор, напряжение которого подается на самопишущий прибор ВV, управляемый тумблером SI. В цепь питания двигателя включён киловаттметр РW1. Напряжение на схему подаётся автоматическим выключателем QF1. Пуск привода сепаратора производится кнопкой «ПУСК» SB2, которая замыкает цепь магнитного пускателя КМ и запускает электродвигатель.

### МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Момент инерции сепаратора определяется методом бифилярного подвеса. Барабан подвешивается на двух стальных нитях. Повернув, барабан вокруг оси на угол 45-60 отпускают его и определяют число колебаний N за время t.

2. Для получения экспериментальных зависимостей  $n$ ,  $I$ ,  $P_c=f(t)$ , необходимо собрать электрическую схему согласно рис.2. Подать напряжение на электродвигатель, включить QF1 и SB2. По ваттметру, амперметру, тахометру и секундомеру определить значения: мощности потребляемой из сети  $P_c$  тока  $I$ , и оборотов  $n$  при разгоне двигателя. Показания приборов снимать через каждые 5...10 с до полного разбега электродвигателя. Результаты измерений занести в табл.1.

3. Снять кривую выбега  $n=f(t)$  электропривода сепаратора. Для этого необходимо при помощи кнопки "Стоп" SB1 отключить напряжение на двигателе и замерить изменение оборотов вращения в функции времени, через каждые  $\Delta n=200\text{мин}^{-1}$  до полной остановки ротора. Результаты измерений занести табл.2. Отключить QF1.

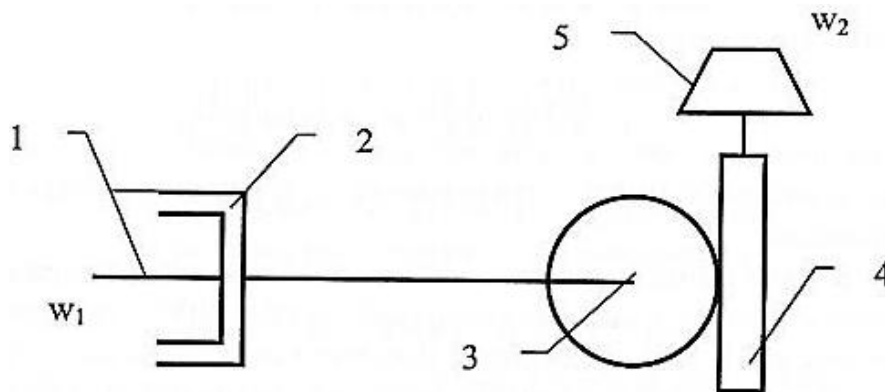


Рис.1. Кинематическая схема оператора

Кинематическая схема электропривода сепаратора (рис.1) состоит из вала электродвигателя 1, центробежной фрикционной муфты 2, червячной шестерни 3, соединенной с многозаходным винтом 4, на верхний конус которого насажен барабан 5. Передача от вала двигателя к червячной шестерне осуществляется через ЦФМ.

Таблица 1.

Таблица данных

Замерено				Рассчитано	
t, с	$n_i$ , мин <sup>-1</sup>	$P_c$ , Вт	I, А	$P_i$ , Вт	$M_i$ , Нм

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Момент инерции барабана рассчитывают по формуле

$$J_6 = \frac{a^2 \cdot m_6 \cdot T^2 \cdot g^2}{4\pi^2 \ell}, \quad (1)$$

где  $m_6$  - масса барабана сепаратора,  $m_6=17$  кг;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;

$\ell$  — длина нити подвеса,

$a$ — половина расстояния между нитями, м.

2. Период колебаний барабана

$$T = \frac{t}{N}, \quad (2)$$

где  $t$  - время колебаний, с;

$N$ - количество колебаний.

3. Мощность на валу двигателя, в любой момент времени

$$P_i = P_c \cdot \eta_{ном}, \quad (3)$$

где  $\eta_{\text{ном}}$  - номинальный к.п.д. электродвигателя.

#### 4. Момент на валу двигателя

$$M_i = 9,55 \frac{P_i}{n_i}. \quad (4)$$

5. Механическую характеристику сепаратора можно получить с помощью графоаналитического дифференцирования кривой выбега (рис.3).

По кривой выбега рассчитывают значения  $E(t)$  и по ним определяют момент сопротивления  $M_{\text{сп}} = f(n)$  электропривода. Вычитая из механической характеристики привода момент сопротивления холостого хода двигателя  $M_{\text{дв}}$ , получают механическую характеристику рабочей машины.

#### 6. Момент сопротивления сепаратора

$$M_c = M_{\text{сп}} - M_{\text{дв}}. \quad (5)$$

Если принять  $M_{\text{дв}}=0$ , то  $M_c=M_{\text{сп}}$ .

#### 7. Момент сопротивления сепаратора

$$M_c = J_{\text{сист}} \cdot E_k. \quad (6)$$

#### 8. Момент инерции электропривода

$$J_{\text{сист}} = J_{\text{дв}} + \frac{J_{\text{б}}}{i^2}, \quad (7)$$

где  $i$ -суммарное передаточное число сепаратора,  $i=0,27$ .

Для расчёта  $E_k$  кривую  $n=f(t)$  делят на ряд равных по времени отрезков  $\Delta t$  и для каждого значения  $\Delta t$  определяют частоту вращения в начале  $n_1$  и в конце  $n_2$  принятого отрезка времени (рис.3). По

расчётным данным строят механическую характеристику  $M_c=f(n)$  сепаратора.

Механическую характеристику электродвигателя строят по паспортным данным.

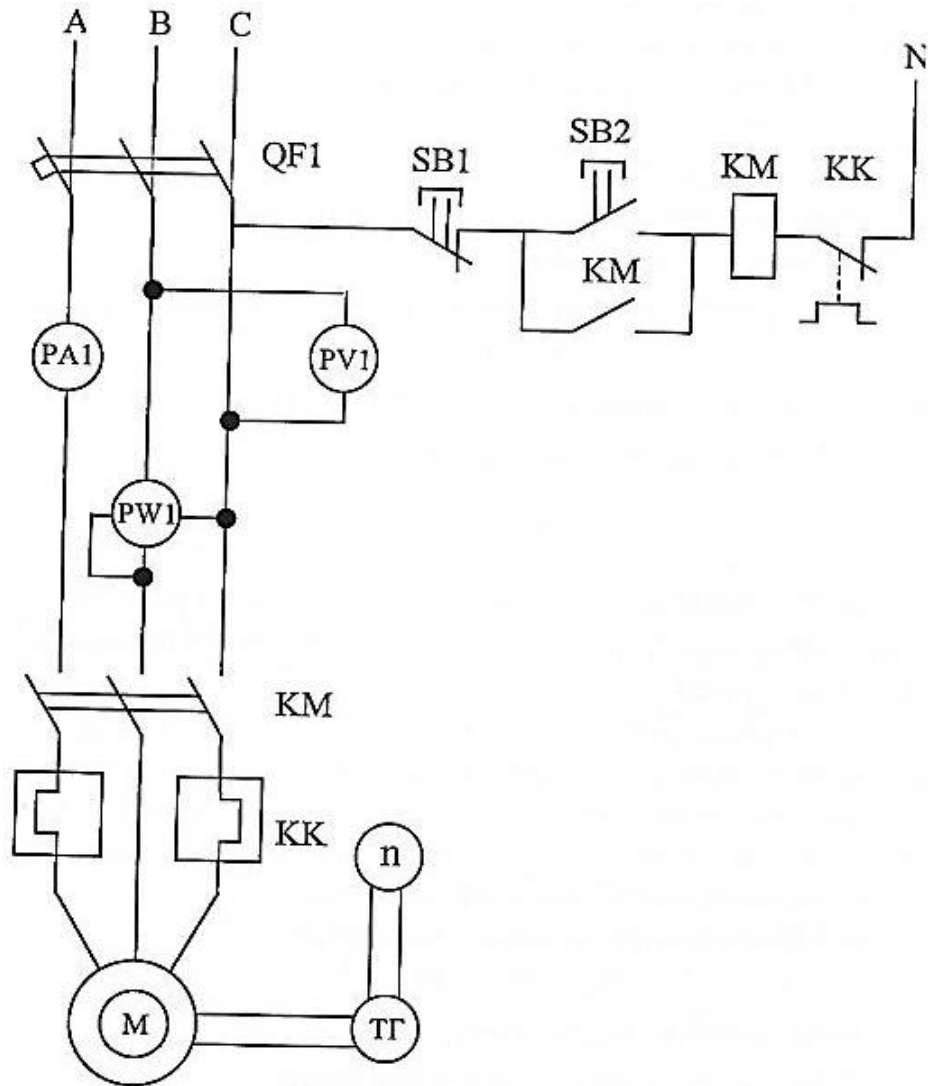
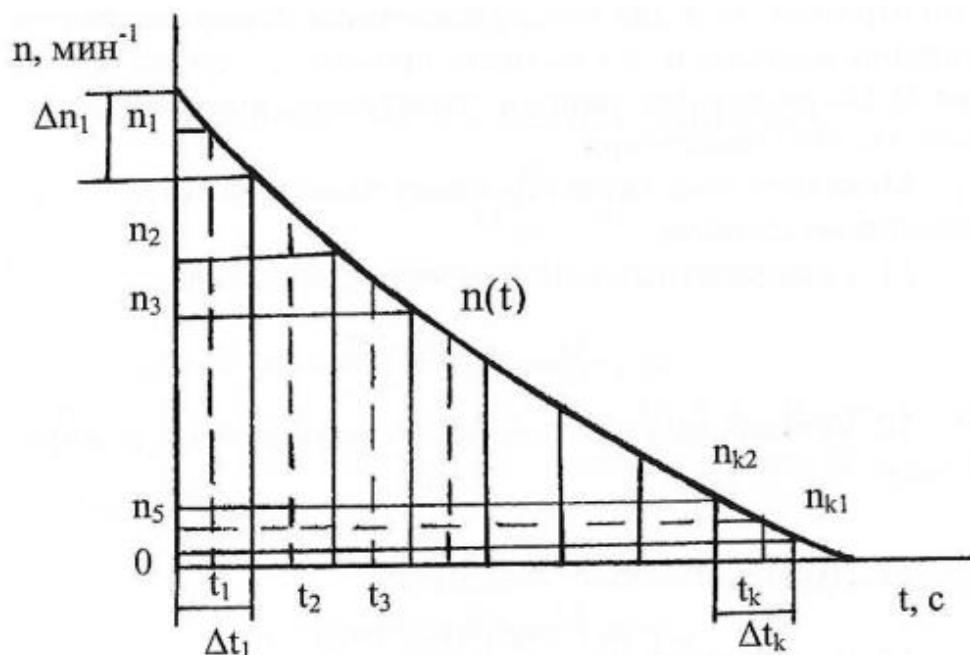


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема электропривода молочного сепаратора



Результаты расчётов механической характеристики сепаратора сводятся в табл. 2

Таблица 2

Таблица сводных данных

Замерено		Рассчитано							
t, c	n, мин <sup>-1</sup>	t <sub>k1</sub> , c	t <sub>k2</sub> , c	n <sub>k1</sub> , мин <sup>-1</sup>	n <sub>k2</sub> , мин <sup>-1</sup>	Δn <sub>k</sub> , мин <sup>-1</sup>	Δt <sub>k</sub> , c	E <sub>k1</sub> , c <sup>-2</sup>	M <sub>c</sub> , Нм

### 9. Номинальный момент электродвигателя

$$M_{НОМ} = 9,55 \frac{P_{НОМ}}{\omega_{НОМ}}$$

(10)

### 10. Угловая частота вращения в номинальном режиме

$$\omega_{НОМ} = \frac{\pi n_{НОМ}}{30} \cdot \quad (11)$$

### 11. Пусковой момент двигателя

$$M_{\text{пуск}} = \lambda_{\text{пуск}} M_{\text{ном}} .$$

(12)

12. Критический момент электродвигателя

$$M_{\text{кр}} = \lambda_{\text{кр}} M_{\text{ном}} .$$

(13)

13. Минимальный момент двигателя

$$M_{\text{min}} = \lambda_{\text{min}} M_{\text{ном}} .$$

(14)

14. Угловая частота вращения при идеальном холостом ходе

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}$$

(15)

15. Критическое скольжение

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{ном}} (\lambda_{\text{кр}} + \sqrt{\lambda_{\text{кр}} - 1}) .$$

(16)

16. Номинальное скольжение

$$S_{\text{ном}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{ном}}}{\omega_0} .$$

17. Угловая частота вращения для различных режимов работы электродвигателя

$$\omega_i = \omega_0 (1 - S_i) ,$$

(18)

где  $S_i$  - произвольное значение скольжения,  $S_i=0...1$ .

По результатам расчёта строится механическая характеристика электродвигателя

18. Время разгона электропривода сепаратора



$$t = J \frac{\omega_{ном}}{M_{пуск} - M_0} \quad (19)$$

где  $M_0$ -момент сопротивления установки на холостом ходу,  $M_0=0,2\text{Нм}$ .

Паспортные данные электродвигателя: типа 4АХ71А4УЗ;  $\Delta/Y$  - 220/380В; 2,9/1,7 А;  $P_{ном}=0,55$  кВт;  $n_{ном}=1470$  мин<sup>-1</sup>;  $f=50$  Гц;  $\eta_{ном}=0,71$ ; класс изоляции В;  $\lambda_{пуск}=1,8$ ;  $\lambda_{кр}=2,2$ ;  $\lambda_{мин}=0,85$ ; режим S1,  $GД^2=0,006$  кгм<sup>2</sup>.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы
2. Паспортные данные приборов и оборудования.
3. Принципиальная электрическая схема электропривода сепаратора.
4. Таблицы с результатами измерений и расчетов.
5. Графики кривых  $P_i(t)$ ,  $M_i(n)$ ,  $M_{сп}(n)$ ,  $\omega(M_{дв})$ .
6. Примеры расчета основных величин.
7. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие характеристики называются приводными?
2. В чем заключается особенности электропривода молочных сепараторов?
3. Почему нельзя значительно увеличивать мощность двигателя для привода сепараторов без ЦФМ?
4. Почему для привода сепараторов выгодно применять высокоскоростные двигатели?
5. Какую роль в приводе сепаратора играет ЦФМ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫМ ПУНКТОМ ЗАВ-20

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучить работу схемы зерноочистительного пункта ЗАВ-20 при очистке и сушке зерна по различным технологическим потокам

#### ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Изучить технологическую и электрическую схемы ЗАВ-20 по всем технологическим потокам.
2. Описать систему машин, входящих в поточные линии базовой модели ЗАВ -20.
3. Исследовать работу автоматической схемы управления ЗАВ-20 по различным технологическим потокам.
4. Дать краткое описание технологической и электрической схем поточной линии.

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОГО ПУНКТА ЗАВ-20

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-20 является базовой моделью зерноочистительных пунктов; он предназначен для послеуборочной обработки зерна (очистки, сортировки и сушки) и используется в тех зонах страны, где влажность зерна в период уборки не превышает 18% и нет необходимости в его искусственной сушке. Его производительность 20 т/час продовольственного зерна и 10 т/ч семенного зерна.

**СОСТАВ:** Агрегат ЗАВ-20 состоит из строительной части и набора машин и оборудования.

Строительная часть включает:

- завальный бункер;
- площадку для установки автомобилеподъемника;
- пандус для въезда автомашины на автомобилеподъемник;

- фундамент под опоры металлической арматуры агрегата.
- В набор машин и оборудования входят:
- автомобилеподъемник 1;
  - завальный бункер 2;
  - загрузочная нория 3;
  - две воздушно-решётные зерноочистительные машины 4;
  - два триерных блока (триер-машина для очистки и сортировки зерна) 7;
  - централизованная воздушная система 5 с пневмотранспортом;
  - два передаточных транспортера 6 и 8;
  - блок бункеров: бункер очищенного зерна 9, бункер отходов 10, бункер фуража 11 и бункер резерва 12;
  - пульт управления с системой автоматического контроля уровней фракций в секциях блока бункеров;
  - зернопроводы.

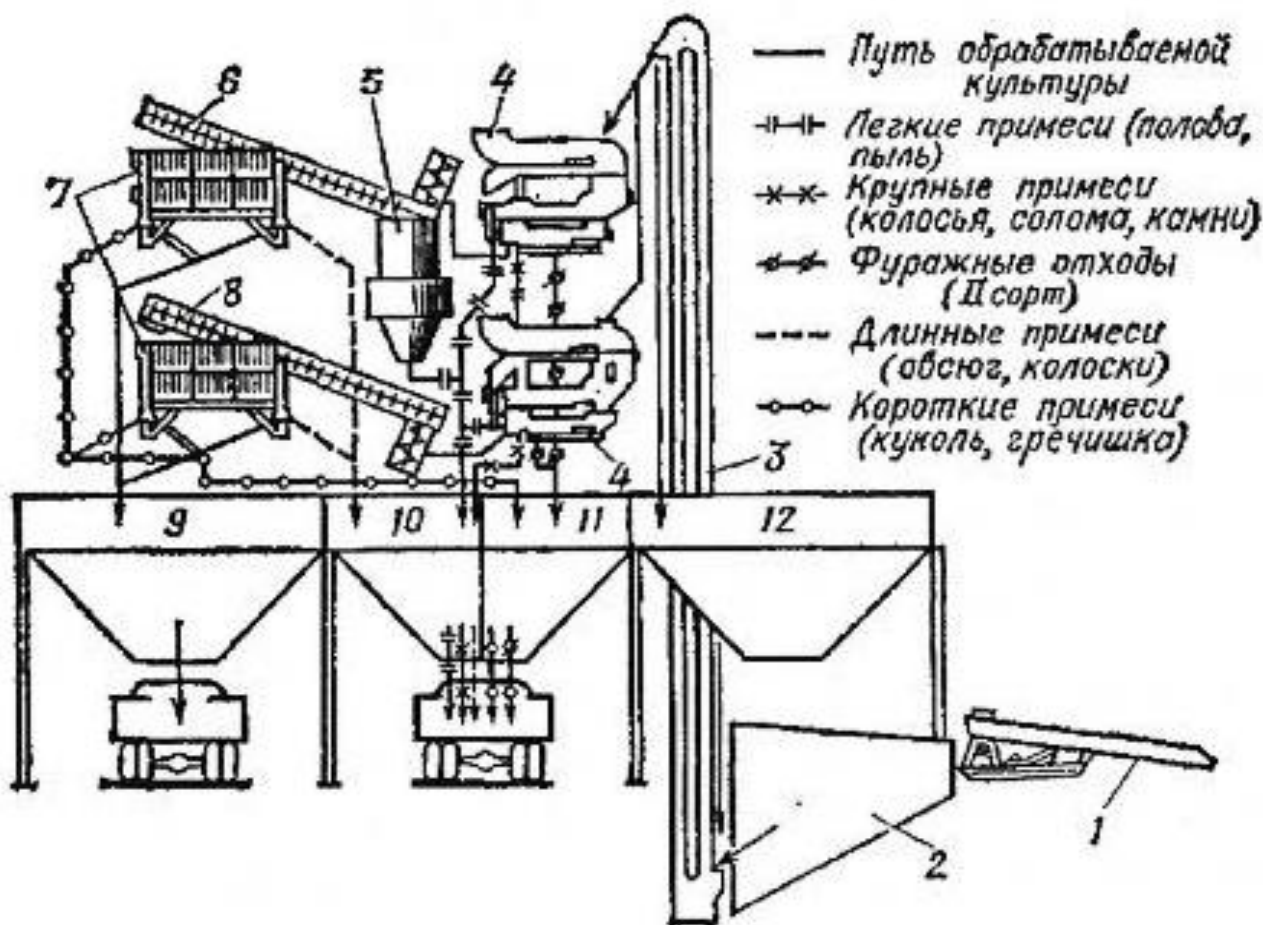
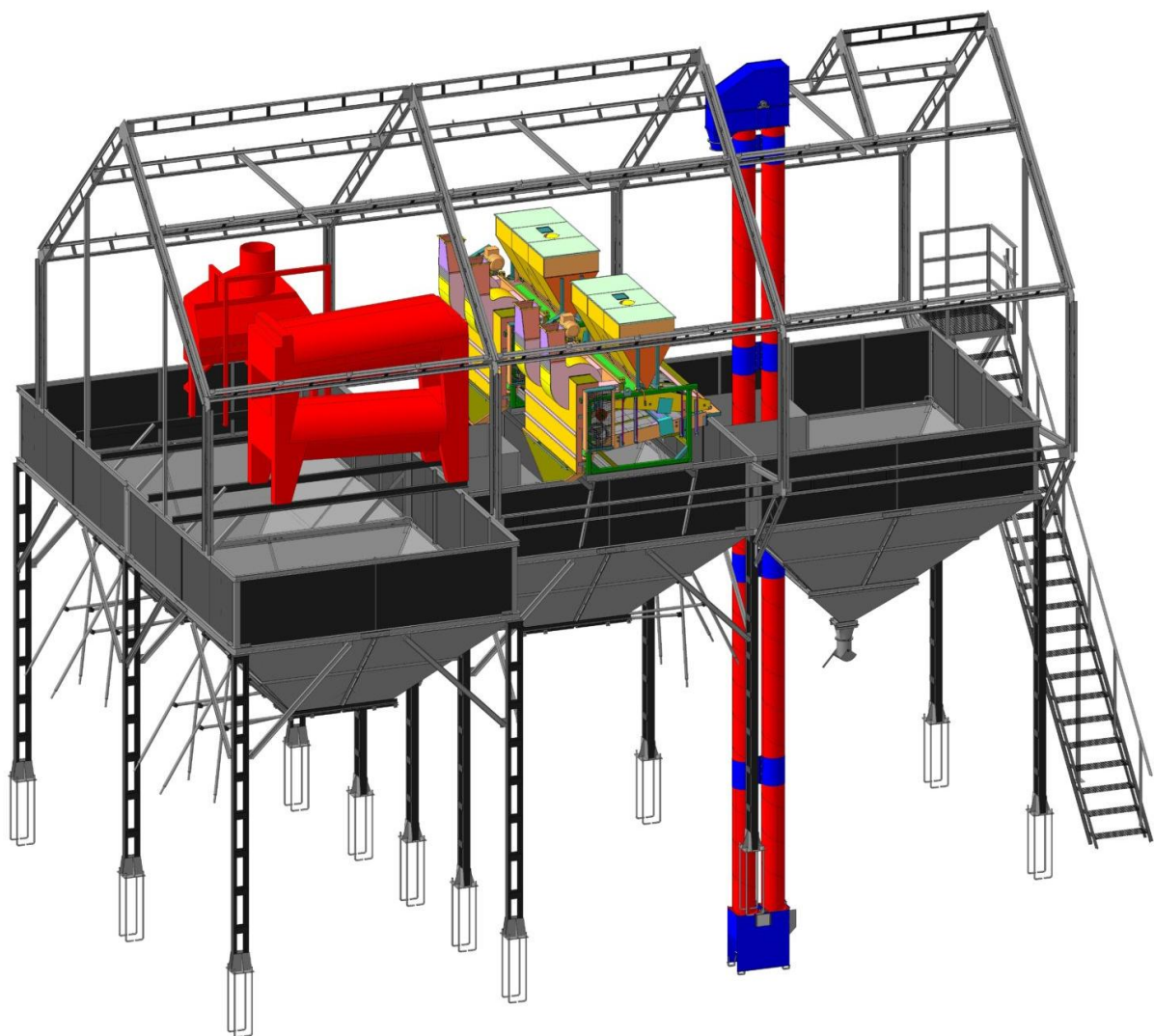


Рис.1. Технологическая схема зерноочистительного агрегата ЗАВ-20.



Все машины и оборудование связаны между собой по производительности и смонтированы на блоке бункеров, к которому крепится перекрытие.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ

Расстановка технологического оборудования агрегата ЗАВ- 20 и автоматика схемы управления позволяют работать по шести различным технологическим потокам.

Рассмотрим работу ЗАВ-20 по основной схеме (рис.1.) (технологический поток Мо4), когда осуществляется очистка зерна семенного назначения, и работают все машины зернопункта на двух

параллельных линиях: две воздушно-решетные машины 4; В два транспортера 6, 8; два триера 7; бункера 9, 10, 11, 12.

Последовательность очистки зерна по основной схеме следующая.

Из автомобиля зерно выгружается автомобилеподъёмником 1 в завальный бункер 2. Через окно бункера зерно поступает в нижнюю головку загрузочной нории 3. Количество поступающего зерна регулируют заслонкой нории, которой управляет механик со своего рабочего места.

Нория 3 поднимает зерно вверх, где оно с помощью распределительного клапана разделяется на две равные части и по зернопроводам поступает в приемные камеры двух параллельно работающих воздушно-решетных машин 4.

Излишек зернового материала из приемных камер сбрасывается в бункер резерва 12.

Из приёмных камер воздушно-решётных машин 4 зерновой материал подаётся в воздушные каналы, подключенные системой воздухопроводов к централизованной воздушной системе 5 агрегата. В воздушных каналах выделяются легкие примеси (полова, пыль), которые по системе воздухопроводов поступают в осадочную камеру централизованной воздушной системы. Из камеры воздух, очищенный от примесей вентилятором, попадает в атмосферу, а легкие примеси в бункер отходов 10.

Очищенный от лёгких примесей зерновой материал подаётся на решётную очистку машин и здесь делится на три фракции: очищенное зерно, фуражное зерно в основном крупные (колосья, солома, камни), а так же часть лёгких примесей (пыль, полова). Очищенное зерно через шнековые транспортёры 6, 8 поступает в триерные блоки 7.

Фуражное зерно через воронку и систему зернопроводов направляется в бункер фуража 11, а примеси – в бункер отходов 10.

Очистка зернового материала триерными цилиндрами может быть настроена на отделение длинных примесей, а при необходимости еще и коротких, очищенной зерно по зернопроводам

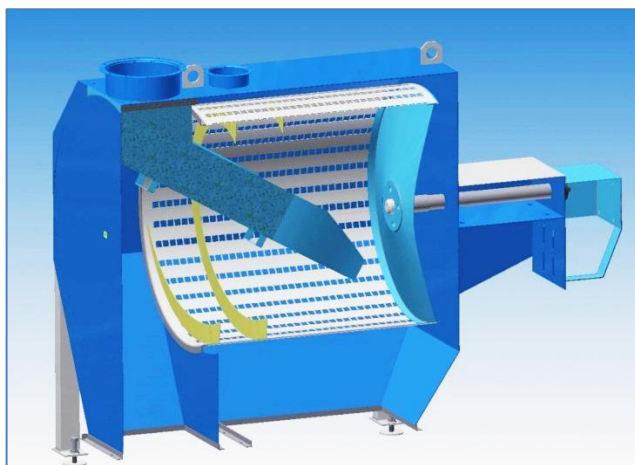
самотеком поступает в бункер чистого зерна 9, а длинные принески (овсюг, колоски) в секцию отходов 10.

Короткие примеси (куколь, гречишка), которые можно использовать в качестве фуража, пневмотранспортер подаёт через отстойник примесей в бункер фуража 11.

Остальные пять технологических схем – представляют собой какую-то часть основной схемы, рассмотренной нами. Например, при малом поступлении зерна или неисправности одной из машин может действовать только первая или вторая линия. В зависимости от назначения зерна все схемы могут работать без триеров (например, при очистке зерна для продовольственных целей). Если наблюдаются перебои в подвозе зерна, используют зерно из резервного бункера. Последовательность обработки зернового потока по каждой технологической схеме можно казать следующим образом (Рис. 3.).



а)



б)

Рис. 2. а) внешний вид триера; б) модель работы триера

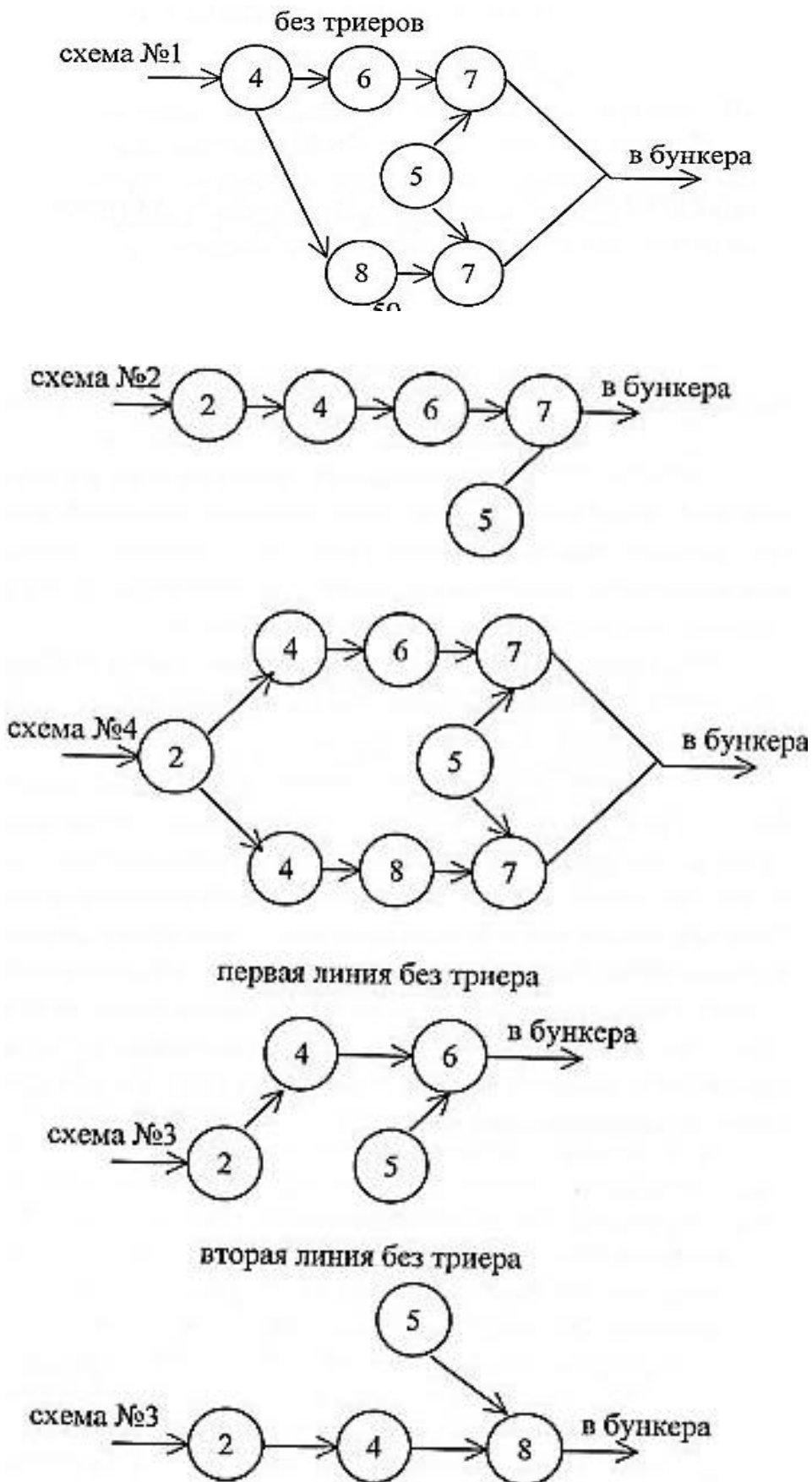


Рис.2. Схемы технологических потоков.



Выбор номера технологической схемы осуществляется с помощью универсального переключателя, расположенного на пульте управления сигнализации агрегата.

## КОМПЛЕКТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ЗАВ-20

СОСТАВ: Электропривод агрегата ЗАВ-20 построен на основе трёхфазных АД с короткозамкнутым ротором единых серий закрытого обдуваемого исполнения и состоит из следующих электроприводов:

1. Электропривод вентилятора М1 централизованной аспирационной системы с ЭД мощностью 14 кВт;
2. Два электропривода М2, М3 двух блоков триеров с ЭД мощностью по 3 кВт каждый;
3. Два электропривода М5, М6 двух зерноочистительных машин с электродвигателем мощностью по 1,1 кВт каждый;
4. Два электропривода М4, М7 двух шнековых транспортеров с ЭД мощностью по 3 кВт каждый;
5. Электропривод М8 загрузочной норрии мощностью 3 кВт;
6. Электропривод автомобилеподъемника М9 с двигателем мощностью 4,5 кВт;
7. Электропривод заслонки М10 приёмного окна загрузочной норрии с ЭДР=10,6 кВт

Итого- 10 ЭД, общая мощность- 33,3 кВт

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Управление машинами и механизмами агрегата ЗАВ-20 осуществляют дистанционно с пульта управления (рис.3).

Электрическая схема управления сконструирована так, что предусматривает работу электропривода машин и механизмов пункта в так называемом блокировочном режиме, когда работа машин и механизмов осуществляется в строго определённой последовательности и зависимости друг от друга (поточная линия),



деблокировочном (автономном) режиме, когда работа любой машины осуществляется независимо от работы других машин (ремонт, настройка, профилактика).

Электрическая схема управления сконструирована так, что при остановке одной из машин, поставляющих зерно, автоматически останавливаются и остальные предшествующие машины, а машины сбрасывающие зерно, продолжают свою работу.

Электропривод машин, которые работают и в блокировочном режиме, запускают в последовательности, направленной навстречу движению зерна (с конца). Выполняется это для того, чтобы не было завала зерна при остановке одной из машин, работающих 9 потоке.

Перед пуском зернопункта выбирают в соответствии с требуемой технологией очистки зерна номер технологической схемы и ставят универсальный переключатель SA в определённое положение.

Выбранную технологическую линию запускают вручную последовательным нажатием кнопок включения магнитных пускателей ЭД согласно таблице 1:

Таблица 1.

Последовательность включения машин

Положения рукоятки SA	Последовательность Включения пускателей КМ	Номер технологической магнитной схемы
1	1, 4, 5, 6, 7,8	1
2	1, 3, 6, 7, 8	2
3	1, 6, 7, 8	3
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	4
5	1, 4, 5, 8	5
6	1, 2, 4, 5, 8	6
	произвольная	-

Порядок включения агрегата ЗАВ-20 (изучить схему и отработать тренажёре).

Например, основную технологическую схему №4 включают следующим образом:

1. Переключатель SA «Вариант» установить в положении 4 (реле KL1...KL4 обесточены);

2. Включить выключатель OF1 «сеть», загорится красная лампочка;

3. Кнопкой SB2 подадут предупредительный звуковой сигнал о пуске агрегата.

4. Кнопкой SB2 включают пускатель KM1, вступает в работу электродвигатель (ЭД) M1 вентилятора централизованной воздушной системы

5. Замыкающие контакты KM1 блокируют кнопку «Пуск» и SB2 и разрешают включение триеров.

6. Кнопками SB4, SB6 включают магнитные пускатели (МП) KM2 и ЭД M2, M3 двух блоков триеров 6, 8. Замыкающие контакты KM2, KM3 «разрешают» включение 1-й и 2-й зерноочистительной машины.

7. Нажатием кнопок SB10, SB12 подают питание 220 В 50 Гц на МП KM4 и KM5, KM6 и KM7 – включаются ЭД первой воздушно-решётной зерноочистительной машины 4 и её транс-портер 5, затем 2-я зерноочистительная воздушно-решётная машина и её транспортёр, подавая зерно в оба блока триеров.

8. Только после включения воздушно-решётных машин №1 и №2 замыкаются контакты МП KM5, KM6 и нажатием кнопки SB16 можно запустить загрузочную норию 3.

9. Нажатием кнопки SB18 включают магнитный пускатель KM9 и электродвигатель M9 автомобилеподъёмника.

Выбранная поточная линия включена.

При выборе других технологических схем (1,2,3,5,6) в зависимости от положения переключателя SA одно или несколько реле KL1...KL4 «разрешают» своими замыкающими контактами включение ЭД нужных машин.

SAO - кнопка аварийной остановки; SB...SB16 -кнопки управления; KL1...KL7 - промежуточные реле; SL1...SL3 - датчики наполнения бункеров; SA -универсальный переключатель%; HL1...HL7-сигнальные лампы; К.М..К.М9 магнитные пускатели.

## ОТКРЫТИЕ ЗАСЛОНКИ ПРИЕМНОГО ОКНА ЗАГРУЗОЧНОЙ НОРИИ

Только после выбранной технологической линии открывают заслонку приёмного окна загрузочной норрии и начинается обработка зерна. Привод заслонки может быть:

- 1) ручным;
- 2) электрическим с автоматическим управлением.

Вручную заслонкой управляют с помощью штурвала, который через шестерни вращает винт, этот винт перемещает шток с заслонкой загрузочного окна норрии.

При электрическом управлении включают ЭД М10 (на схеме показан), он вращает винт, по которому перемещается гайка со штоком и тяга заслонки. В зависимости направления вращения заслонка закрывается или открывается. Если в процессе работы агрегата ЗАВ-20 произойдёт переполнение бункеров 9, 10, 11, срабатывают датчики переполнения бункеров SL1, SL2, SL3 и автоматически выдаётся предупредительный звуковой сигнал.

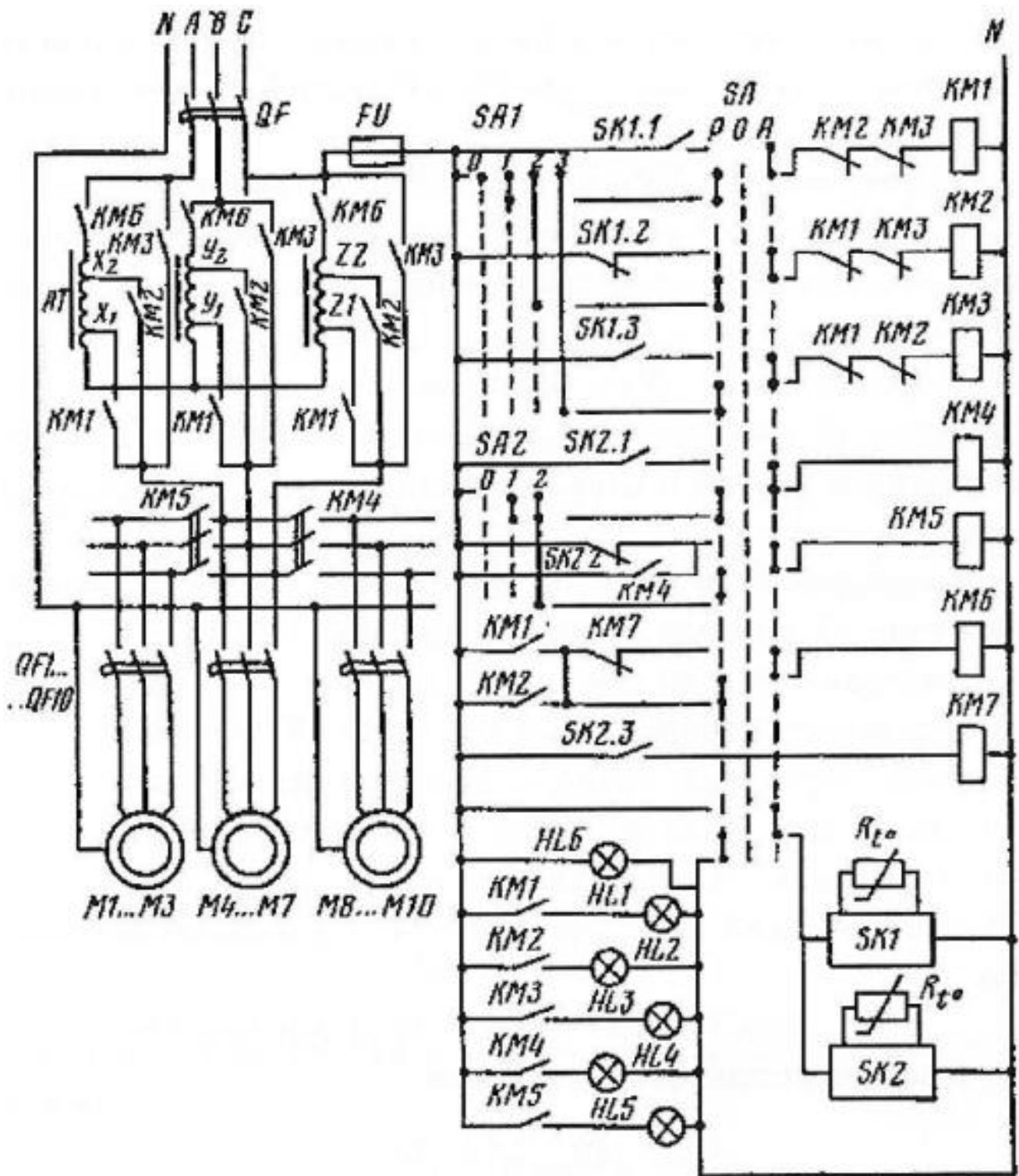
### ВЫКЛЮЧЕНИЕ АГРЕГАТА ЗАВ-20

Останавливают машины в обратной последовательности.

Вначале нажимают кнопку «СТОП» SB15 в цепи магнитного пускателя КМ8, вследствие чего разрывается его цепь, при этом размыкаются его контакты и отключают ЭД от сети, останавливается норрия загрузки и прекращается подача зерна в воздушно-решётную очистительные машины, а остальные машины продолжают сбрасывать находящееся на них зерно. Затем оператор поочерёдно по ходу обработки зерна останавливает ЭД остальных машин.

Если по какой-либо причине останавливается один из ЭД данной технологической цепи, то автоматически останавливаются все ЭД приводов машин, предшествующих по технологической схеме той машине, которая остановилась, а последующие ЭД и машины продолжают работать. Например, если нажать кнопку - SB3, имитируя остановку ЭД триера №1, то при остановке ЭД М2 (триер № 1) МП КМ2 обесточивается, его замыкающие контакты разрывают цепь питания НП КМ4, КМ5, КМ6, КМ7- воздушно-решётные

машины № 1, №2 и транспортёры №1, №2 останавливаются, а это, в свою очередь, вызывает автоматическую остановку ЭД М8 загрузочной нории.



Продолжение

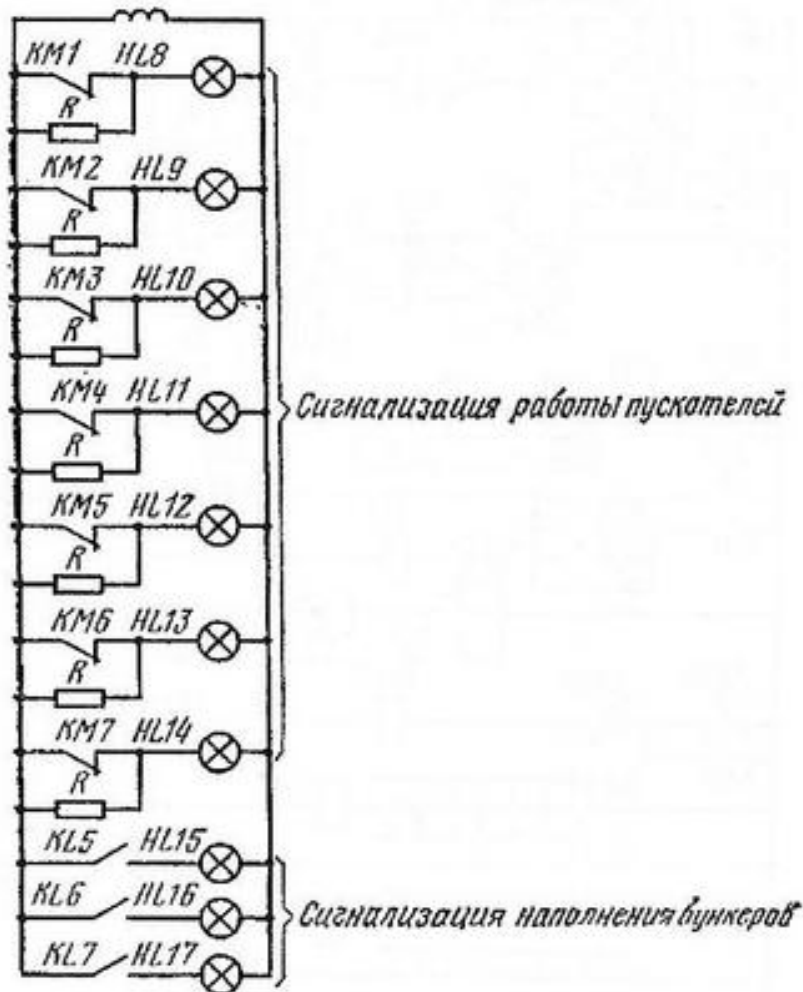


Рис.3. Схема управления и сигнализации агрегата ЗАВ-20.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Технологическая и электрическая схемы ЗАВ-20 по своему варианту (по заданию преподавателя).
3. Краткое описание работы технологической и электрической схемы.
4. Выводы и предложения.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких машин состоит ЗАВ-20?
2. Принцип работы ЗАВ-20?
3. Для какой цели предназначены схемы основных технологических потоков?
4. Как работает электрическая схема управления ЗАВ-20?
5. Какова последовательность отключения машин ЗАВ-20?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ТОКА ДЛЯ СТРИГАЛЬНЫХ МАШИНОК ТИПА МСУ-200

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить принцип действия и технические характеристики электромашинного и статического преобразователей частоты тока

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время большинство стригальных пунктов оснащаются машинками МСУ-200 со встроенными электродвигателями. Эти машинки значительно удобнее, чем машинки МСО- 77 с гибким валом. Отсутствие последнего исключает наличие реактивного крутящего момента, снижает вибрацию и повышает манёвренность при стрижке. Кроме того, благодаря снижению напряжения до 36В значительно улучшается электробезопасность. В целом повышение производительности труда составляет не менее 30...40%. Основной проблемой при внедрении таких машинок является необходимость в установке преобразователей частоты, преобразующих сетевое напряжение 380В в выходные напряжений 3x36 В частотой 200Гц. В качестве таковых отечественная промышленность выпускает электромашинные преобразователи типа ИЭ-9405 и ИЭ-9406, представляющие собой спарки двух электрических машин: асинхронного электродвигателя (ЭД) с машины с фазным ротором (машина-генератор). В условиях стригальных пунктов наличие щёточных контактов является очень серьёзным недостатком, поскольку их загрязнение приводит к отказам в работе и повышенному искрению, весьма опасному в данных условиях. В настоящее время завод – изготовитель оборудования для стрижки «Актюбинксельмаш», перешёл на выпуск статических ферромагнитных ром (машина -двигатель) и асинхронной преобразователей частоты типа ПЧСФ-4-200-36.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Преобразователь ПЧСФ-4-200-36, функциональная схема которого приведена на рис. 1, состоит из блоков парных дроссельных ключей с конденсаторами 1-6, феррорезонансными элементами 7 со ступенчатой регулировкой входного напряжения, суммирующего выходного напряжения 8. Блок дроссельных ключей 1-6 состоит из 12 однофазных, дросселей, разбитых по парам. Каждый дроссель управляется постоянным током. Рабочая характеристика дросселей такова, что в первый полупериод повышается сопротивление и становится практически равным нулю, а в последующий полупериод входного тока дроссель выходит из насыщенного состояния и сопротивление его становится максимальным.

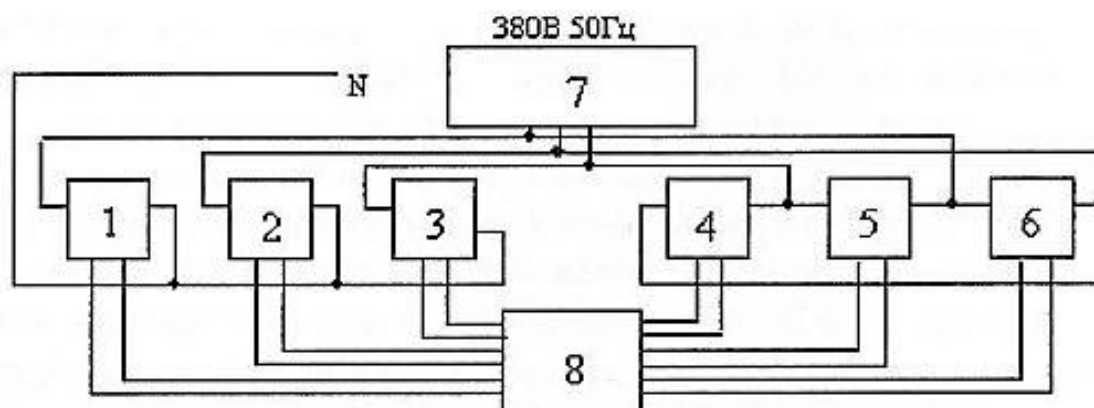


Рис.1. Функциональная схема преобразователя ПЧСФ- 4 - 200-36.

При работе преобразователя входное трёхфазное напряжение сети подаётся на вход феррорезонансного элемента 7, который представляет собой цепочку из трёхфазного дросселя и конденсаторов. Нагрузкой феррорезонансного элемента являются дроссельные ключи, подключённые параллельно конденсаторам. Такая схема позволяет осуществить стабилизацию входного напряжения на дроссельных ключах. Диапазон регулирования входного напряжения — ступенчатый, на дросселях феррорезонансного элемента (имеется модификация и без отпаяк). В каждой паре один из дросселей всегда насыщен, пара дросселей служит для удвоения частоты. Для учетверения используется по две

пары дросселей, причём входные напряжения на них сдвинуты по фазе на  $\frac{1}{4}$  периода по входной частоте. Напряжения соответствующих пар дросселей подаются на вход суммирующего блока выходного напряжения 8, который представляет собой три однофазных трансформатора, с выходных обмоток которых снимается трехфазное напряжение частотой 200Гц.

Существенными недостатками преобразователя ПЧСФ являются:

- неудовлетворительные массогабаритные показатели;
- относительно невысокая стабильность выходного напряжения и невозможность его регулирования.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с оборудованием, записать паспортные данные преобразователей частоты и электродвигателей частоты и электродвигателей стригальных машинок. Подготовить табл. 1 для записи показаний.

Таблица 1.

Таблица сводных данных

Количество подключённых машинок	На стороне сети			На стороне нагрузки		
	U1, В	I1, А	S1, ВА	U2, В	I2, А	S2, ВА

2. Изучить принципиальную схему экспериментальной установки (рис.2).

3. Установить пакетные переключатели SA1 и SA2 в положение «1».

4. Включить статистический преобразователь на холостом ходу (QF1, QF2, SB1), убедиться в его нормальной работе и записать показания приборов PV1 и PA1.

5. Последовательно подключая к выходу преобразователя стригальные машинки от 1..n, записать показания приборов PVI, PA1



и PV2, PA2. По результатам исследований построить зависимости:  $I_1=f(I_2)$ ,  $U_2=f(n)$ .

Примечание: прижим режущей пары при пуске должен быть слегка ослаблен, затем его можно увеличить; длительная работа машинок режиме холостого хода недопустима, поэтому опыты необходимо проводить быстро.

6. Отключить стригальные машинки и статический преобразователь частоты.

7. Включить электромашинный преобразователь частоты (QF1 и QF2) записать показания PV1 и PA1.

8. Установить пакетные переключатели SA1 и SA2 в положение «2».

9. Последовательно подключая к выходу преобразователя стригальные машинки, записать показания приборов PV1, PA1 и PV2, PA2.

10. Отключить стригальные машинки и электромашинный преобразователь частоты. Рукоятки SA1 и SA2 установить в положение «0».

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Номинальный момент электродвигателя:

$$M_{ном} = 9,55 \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}}, \quad (1)$$

2. Угловая частота вращения в номинальном режиме работы

$$\omega_{ном} = \frac{\pi n_{ном}}{30}, \quad (2)$$

где  $n_{ном}$  — номинальные обороты,  $n_{ном}=10600 \text{ мин}^{-1}$ .

3. Пусковой момент двигателя

$$M_{пуск} = \lambda_{пуск} M_{ном}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{пуск}$  - кратность пускового момента,  $\lambda_{пуск}=2,2$ .

4. Критический момент электродвигателя

$$M_{кр} = \lambda_{кр} M_{ном}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{кр}$  - кратность минимального момента,  $\lambda_{кр}=2,5$ .

5. Минимальный момент определяется

$$M_{\min} = \lambda_{\min} M_{\text{ном}} , \quad (4)$$

где  $\lambda_{\min}$  - кратность максимального момента,  $\lambda_{\min}=0,85$ .

6. Угловая частота вращения при идеальном холостом ходе

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} \quad (5)$$

где  $n_0$  - обороты вращения при идеальном холостом ходе,  $n_0=11000$  мин<sup>-1</sup>.

7. Критическое скольжение

$$S_{кр} = S_{\text{ном}} (\lambda_{кр} + \sqrt{\lambda_{кр}^2 - 1}) . \quad (6)$$

8. Номинальное скольжение

$$S_{\text{ном}} = (\omega_0 - \omega_{\text{ном}}) / \omega_0 , \quad (7)$$

9. Угловая частота вращения для различных режимов работы электродвигателя,

$$\omega_i = \omega_0 (1 - S_i) , \quad (8)$$

где  $S_i$  - произвольное значение скольжения,  $S_i=0...1$ .

10. Механическая характеристика стригальной машинки:

$$M_c = M_0 + (M_{\text{с.ном}} - M_0) \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\text{ном}}} \right)^2 , \quad (9)$$

где  $M_0$  - начальный момент сопротивления,  $M_0=0,2M_{\text{с.ном}}$ ,  
 $M_{\text{с.ном}}=M_{\text{ном.дв}}$ .

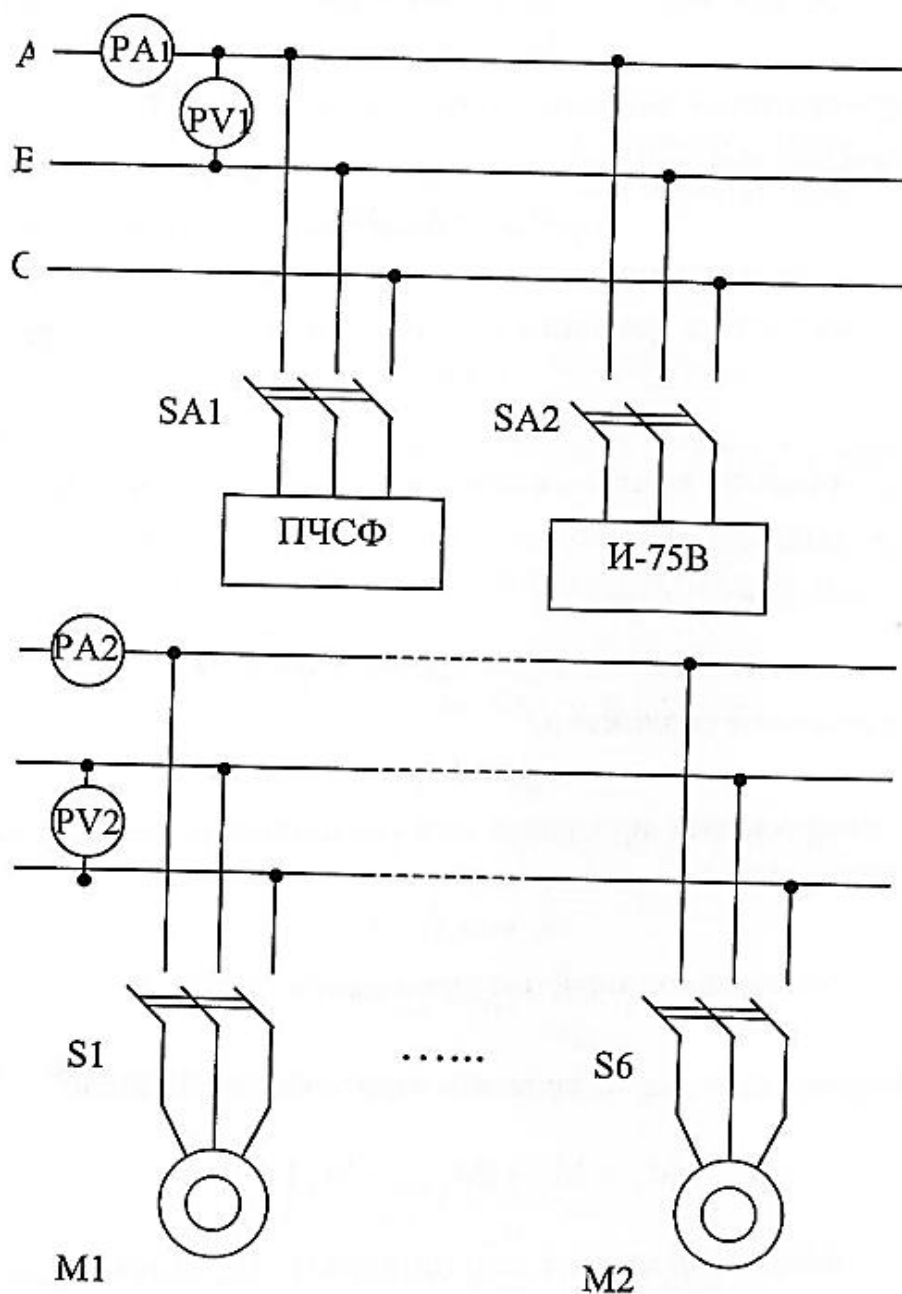


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Паспортные данные преобразователей и стригальных машинок,
3. Функциональная и принципиальная схемы.
4. Таблица с результатами измерений и расчётов.
5. Методика расчёта механических характеристик электродвигателя и рабочей машины.
6. Графические зависимости:  $\omega_{дв}=f(M_{дв})$ ,  $\omega_c=f(M_c)$ ,  $I_1=f(I_2)$  и  $U_2=f(n)$ .
7. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы стригальных машинок используются для стрижки, и чем они отличается?
2. Конструкция и принцип работы электромашинного преобразователя частоты тока.
3. Конструкция и принцип работы статического преобразователя тока.
4. Достоинства и недостатки преобразователей частоты тока.
5. Какие электродвигатели применяются для электропривода стригальных машинок?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. — М.: Колос, 1984.-288 с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. — М.: Энергоатомиздат, 1981.-576 с.
3. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. — М.: Энергоатомиздат, 1986. —416 с.
4. Мусин А.М. Электропривод сельскохозяйственных машин и агрегатов. — М.: Энергопромиздат, 1985.-239 с.
5. Фокин В.В. Практикум по электрооборудованию сельскохозяйственного производства. — М.: Агропромиздат, 1991.-160 с.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ  
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
**«ЭЛЕКТРОПРИВОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА»**  
для студентов очной формы обучения направления подготовки 35.03.06 –  
Агроинженерия, профиль – Электрооборудование и электротехнологии в  
сельском хозяйстве

*Публикуется в авторской редакции*

Подписано в печать 09.09.2020  
Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 4,76. Тираж 100 экз. Заказ №198.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета  
В типографии «Седьмое небо»  
Г. Ставрополь, ул. Мира, 455 А, оф. 4  
Тел. (8652) 528-777  
[www.типография7.рф](http://www.типография7.рф)