

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ КОМПЛЕКТНЫЕ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
СЕРИИ ЭКЗМ
SERIES ЭКЗМ
COMPLETE DC MOTOR DRIVES

Паспорт
Certificate
ЭКЗМ.003-88 ПС

ЭР1023 заводской номер 8049

ЭР1023 Serial No. _____

БИ заводской номер 3613 - 8773 / 8775

БИ Serial No. _____

СТАНКОИМПОРТ
STANKOIMPORT

СССР
USSR

МОСКВА
MOSCOW

В связи с постоянной работой по усовершенствованию электроприводов ЭКЗМ и снижению себестоимости, изменения схемы и конструкции электроприводов ЭКЗМ, не противоречащие требованиям ТУ, в паспорт не вносятся до нового переиздания.



Since efforts are continually made to improve the ЭКЗМ DC motor drives and reduce their cost, minor changes in their design not contradicting the Specifications may be introduced without notice till next publication.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение	3
2. Основные технические данные и характеристики	3
3. Комплект поставки	4
4. Конструкция электропривода	5
5. Устройство и принцип работы	5
6. Указания мер безопасности	10
7. Размещение и монтаж	10
8. Подготовка к работе	11
9. Порядок работы	11
10. Возможные неисправности, методы их устранения	11
11. Техническое обслуживание	12
12. Правила хранения	12
13. Транспортирование	12
14. Свидетельство о приемке	12
15. Свидетельство о консервации	12
16. Свидетельство об упаковке	12
17. Ведомость замененных элементов при изготовлении и эксплуатации	13
Приложение 1. Габаритные и установочные размеры	14
Приложение 2. Рис. 1. Функциональная схема	Вклейка 1
Рис. 2. Принципиальная схема платы E1	Вклейка 2
Рис. 3. Принципиальная схема платы E2	Вклейка 2
Рис. 4. Принципиальная схема электронного регулятора ЭР1023	Вклейка 3
Рис. 5. Принципиальная схема электронного регулятора ЭР1023-12	Вклейка 3
Рис. 6. Функциональная схема СИФУ	15
Рис. 7. Функциональная схема логического устройства с датчиком проводимости вентилей	15
Рис. 8. Зависимость допустимого значения максимального тока электродвигателя от частоты вращения	16
Рис. 9. Диаграмма напряжений	16
Приложение 3. Рекомендуемая схема задатчика частоты вращения ЗЧВ	17
Приложение 4. Методика настройки электропривода, выполненного на базе электронного регулятора ЭР1023	18
Приложение 5. Данные трансформаторов электронного регулятора	19
Приложение 6. Перечень нормативно-технических документов на элементы, применяемые в электронном регуляторе	19
Приложение 7. Диапазон изменения угла регулирования при различных схемах соединения силового трансформатора	20
Приложение 8. Перечень СИП	20

I. НАЗНАЧЕНИЕ

I.1. Электроприводы комплектные постоянного тока ЭКМ предназначены для использования:

в металлообрабатывающем оборудовании, в том числе с числовым программным управлением, для перемещения рабочих органов с высокой динамикой и точностью;

в автоматических манипуляторах с программным управлением (промышленных роботах) и транспортных устройствах с их применением;

в машинах и механизмах, требующих по условиям работы широкого диапазона регулирования скорости и высокой точности позиционирования рабочих органов.

I.2. Электроприводы предназначены для работы в отапливаемых производственных помещениях на высоте до 2000 м и окружающей среде: не взрывоопасной, не содержащей агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенной водяными парами и токопроводящей пылью с содержанием масел и пыли в пределах санитарных норм, при температуре от +5 до +45 °С.

Остальные параметры по ТУ2-024-5567-81.

Расшифровка условного обозначения электроприводов

ЭК	ЭМ	0	0	-	00	-	0000	-	0
Электропривод	комплектный								
Схема силовой части электронного регулятора	3-х фазная, мостовая								
Исполнение по переменному напряжению:									
1 - 220 В									
2 - 230 В									
3 - 380 В									
4 - 400 В									
5 - 415 В									
6 - 440 В									
7 - по специальному заказу									

ЭК ЭМ 0 0 - 00 - 0000 - 0

Диапазон регулирования:

1 - 10000

2 - 1:10000 однозонный оптоэлектронный

3 - 1:1000 однозонный оптоэлектронный

4 - 1:10000 однозонный тиристорный

5 - 1:1000 однозонный тиристорный

6 - 1:1000 однозонный тиристорный

Тип трансформатора:

08 - СТ08

25 - СТ25

14 - СТ14

Условный номер модели и обозначение наличия функциональных элементов двигателя по ТУ2-024-5566-81 (при наличии в заказе)

Климатическое исполнение и категория размещения:
1 - УХЛ.4
2 - 0.4.1

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Питание комплектного электропривода для внутрисетевых поставок осуществляется от трехфазной сети напряжением 380 В частоты 50 Гц. Для поставок на экспорт - 220, 240, 380, 400, 415, 440 В частоты 50 (60) Гц.

При этом силовая часть подключается к сети через согласующий трансформатор. Допустимые колеба-

ния напряжения питающей сети $\pm 10\%$ номинального значения. Допустимые колебания частоты питающей сети $\pm 2\%$ номинального значения.

2.2. Электронный регулятор обеспечивает регулирование выпрямленного напряжения на якоре электродвигателя в диапазоне плюс $U_{\text{макс}}$ - 0 - минус $U_{\text{макс}}$.

2.3. Значения допустимых погрешностей и коэффициента неравномерности частоты вращения не должны превышать значений, указанных в табл. I, где:

$\Delta \Sigma$ - суммарная погрешность частоты вращения;

Δ_n - погрешность частоты вращения при изменении нагрузки от 0,15 до 1,0 M_g от установленной скорости вращения при 0,5 M_g ;

Δ_p - погрешность частоты вращения при изменении направления вращения;

K_n - коэффициент неравномерности вращения.

Таблица I

Частота вращения электродвигателя	Погрешность частоты вращения, %, не более			Коэффициент неравномерности вращения K_n , не более
	Суммарная погрешность, $\Delta \Sigma$	Погрешность при изменении нагрузки, Δ_n	Погрешность при изменении направления, Δ_p	
n_n	1,5	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0,05
$0,1 n_n$	7,5	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	0,1
$0,01 n_n$	10	$\pm 3,0$	$\pm 2,5$	0,1
$0,001 n_n$	15	$\pm 7,5$	$\pm 5,0$	0,15
$0,1 \text{ мин}^{-1}$	-35	± 15	± 15	0,35

Примечание. Измерения по определению погрешностей частоты вращения проводят после прогрева электропривода не менее 15 мин.

2.4. Электропривод обеспечивает полосу пропускания частот в замкнутой системе регулирования частоты вращения не менее 30 Гц.

Примечание. Под полосой пропускания частот понимается диапазон частот гармонического сигнала, в котором сдвиг по фазе первых гармоник сигналов тахогенератора и задатчика скорости не превышает 90 эл. град.

2.5. Электронный регулятор допускает работу в повторно кратковременном режиме с токами, превышающими длительно допустимые при условии, что среднеквадратичное значение тока за время цикла не превысит длительно допустимого. При этом время перегрузки определяется по формуле:

$$t_p \leq \frac{0,8}{K-I}, \text{ где } K = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{gn}}},$$

где I_{max} - максимально допустимый ток, установленный при наладке;

I_{gn} - рабочий ток.

2.6. Электропривод имеет следующие виды защиты:

максимально-токовую - от внешних и внутренних коротких замыканий;

от перегрева двигателя при перегрузках;

от понижения напряжения в сети;

тепловая защита;

от исчезновения напряжения сети;

от обрыва тахогенератора;

от превышения максимальной скорости;

от неправильного чередования фаз.

2.7. Система импульсно-фазового управления тиристорами электронного регулятора обеспечивает работоспособность электропривода при коммутационных провалах напряжения питающей сети до 10 % амплитудного значения и угловой длительностью до 10 эл.град. в любой точке синусоиды.

2.8. Охлаждение электропривода воздушное естественное.

2.9. Температура различных частей электропривода при эксплуатации в режиме номинальной нагрузки не превышает пределов, оговоренных в технических условиях на комплектующие изделия и контактные соединения в соответствии с ГОСТ 17441-78, а также соответствует классу изоляции по нагревостойкости применяемых материалов.

2.10. Электропривод имеет:

сигнализацию состояния "включено" и "отключено";

сигнализацию срабатывания защит;

блокировку, обеспечивающую нормальную работу при любой последовательности включения коммутационной защитной аппаратуры, в том числе при включении электропривода общим коммутационным аппаратом.

2.11. Показатели надежности электропривода:

наработка на отказ - не менее 5000 ч; средний срок службы - 15 лет, с учетом срока хранения.

3. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Номер	Обозначение	Наименование	Количество	Заводской номер	Примечание
1	ЭР1023 8099 374 189	Электронный регулятор панель №1 панель №2	1		Трансформаторы СТ25II и СТ14 поставляются на 2-3 привода
2	СТ. 0811	Трансформатор	1		Размеры и масса эл.двигателя (см. паспорт БИ.003-

Номер	Обозначение	Наименование	Количество	Запасной номер	Примечание
3	БМ. 8773	Электродвигатель (тип)	I		-80ПС- -88ПС)
4	8773	Запасные части	I		Ведомость одиночного комплекта ЗИП (см. приложение 8)
5	ЭКЭМ.003-88ПС	Электропривод постоянного тока комплектный. Паспорт	I		
6	БМ.003-88ПС	Электродвигатель постоянного тока серии БМ. Паспорт			

4. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1. Электропривод ЭКЭМ состоит из электронного регулятора ЭР1023, электродвигателя серии БМ, согласующего трансформатора СТ.

4.2. Электронный регулятор конструктивно представляет устройство, выполненное в открытом исполнении с односторонним обслуживанием и предназначенное для встройки в шкафы или ниши металло-режущих станков и других производственных механизмов (степень защиты IP00).

4.3. Система управления электронного регулятора выполнена на двух внешних печатных платах габаритами 200х340 мм, размещенных в поворотной рамке, открывающей доступ с лицевой стороны к силовым элементам и остальным устройствам. Для наладки и эксплуатации на печатных платах предусмотрены объемные перемычки и контрольные штирты.

Все детали электронного регулятора из черных и цветных металлов имеют антикоррозионные покрытия.

Для подсоединения внешних цепей предусмотрены специальные разъемы типа Р1М.

Габаритные и установочные размеры электронного регулятора ЭР1023 приведены на рис. 1, приложение 1.

5. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

5.1. Электронный регулятор ЭР1023

Электронный регулятор является основным элементом электропривода, служащим для регулирования и стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока с диапазоном регулирования 1:10000. В нем осуществляются все необходимые преобразования по управлению потоком энергии, поступающей на якорь электродвигателя в функциональной зависимости от задатчика частоты вращения или устройства ЧПУ.

Примечание. Электронный регулятор может иметь исполнения для электроприводов с диапазоном регулирования 1:1000.

Функциональная схема электронного регулятора ЭР1023, отражающая также его взаимосвязь с другими элементами электропривода, приведена на рис. 1, приложение 2. Силовая часть устройства, выполненная в виде реверсивного 3-х фазного мостового тиристорного управляемого выпрямителя, выполненного на тиристорах Т161-160 или ТО142-80 (исполнение ЭР1023-10 (рис. 5 прил. 2), работающего по принципу раздельного управления силовыми коллекторами тиристорных КТ "В" и КТ "Н" с запирающим неработающего комплекта (без уравнивающих токов), подключается к питающей сети через согласующий трансформатор Т5, автоматический выключатель Ф4, осуществляющий защиту электронного регулятора от токов короткого замыкания и длительных перегрузок выпрямителя.

Якорь электродвигателя М подключается к зажимам постоянного тока силовых вентиляльных комплектов.

Схема управления выполнена по принципу 2-х контурной системы подчиненного регулирования параметров на двух печатных платах Е1 и Е2.

Первая плата Е1 содержит элементы, необходимые для управления нереверсивным электроприводом, а именно:

1. Систему импульсно-фазового управления СИФУ.
2. Регулятор скорости - РС.
3. Регулятор тока - РТ.
4. Функциональный преобразователь ЭДС двигателя - ФПБ.
5. Нелинейное звено - НЗ.
6. Блок питания - БП.
7. Узел защиты и сигнализации № 1.

Плата Е2 имеет следующие функциональные узлы:

1. Логическое устройство системы раздельного управления - УД, включающее в себя переключатель характеристик - ПХ и датчик проводимости вентилей - ДПВ.
2. Узел зависимого токоограничения - УЗТ.
3. Предварительный усилитель регулятора скорости ПУРС.
4. Узел защиты № 2.

Примечание. В электроприводах с диапазоном регулирования 1:1000 на плате Е2 ПУРС не устанавливается, а вместо него устанавливаются перемычки 52-53 и 54-55, благодаря которым сигнал от задатчика частоты вращения (ЗЧВ), подаваемый на контакты I4 или 7 разъема Х1, поступает непосредственно

на входы усилителя А1 платы Е2. Усилитель А1 в этом случае схватывается корректирующей цепочкой обратной связи R10, C4, конденсатор C3 отключается (перемычки 2-3 снимаются). В цепи обратной связи тахогенератора устанавливаются резисторы R18, R9 (платы Е1).

Задающий сигнал от задатчика частоты вращения поступает на вход предварительного усилителя регулятора скорости ПУРС, выполненного по схеме с двойным преобразованием сигнала (модулятор-усилитель-демодулятор (с коэффициентом усиления около 100 и высокой термостабильностью. ПУРС выполнен на двух неинвертирующих операционных усилителях А4, А5 (рис. 3, прилож. 2). Входной сигнал подается на эти усилители через модуляторы (транзисторы V10, V11).

Усиленный сигнал через демодуляторы (транзисторы V14, V15) подается на входы усилителя постоянного тока А1 платы Е1 (зажимы X1 I7 и X1 I9).

Модулятор и демодулятор работают на частоте 2-3 кГц, вырабатываемой генератором прямоугольных импульсов (А3 платы Е2).

Пропорционально-интегральные регуляторы скорости и тока выполнены соответственно на операционных усилителях А1 и А2 (рис. 2, прилож. 2). Параметры регуляторов определяются величинами сопротивлений, резисторов и емкостей конденсаторов в цепи обратной связи.

Роль корректирующей цепочки обратной связи РС выполняет цепь R18, C1 платы Е2.

Выходной сигнал регулятора скорости (сигнал заданного значения тока) U_{pc} является задающим для внутреннего токового контура, поэтому ограничение максимальной величины U_{pc} с помощью резистора R17 приводит к ограничению максимально возможного тока якоря двигателя в переходных режимах пуска и торможения или при перегрузках.

На суммирующий вход РТ поступают сигнал U_{pc} и сигнал обратной связи по току (от датчиков тока).

Для обеспечения постоянства коэффициента усиления управляемого выпрямителя в режиме непрерывного и прерывистого токов в канал регулирования введено нелинейное звено (НЗ) с характеристикой, обратной регулировочной характеристики управляемого выпрямителя в режиме прерывистого тока.

Нелинейное звено выполнено на операционном усилителе А4 платы Е1 с нелинейной обратной связью.

Управляющее напряжение на входе НЗ представляет сумму сигналов, пропорциональных величине тока и ЭДС электродвигателя:

$$U_y = K_{\Pi} U_{RT} + U_e,$$

где K_{Π} — коэффициент передачи НЗ.

Сигнал, пропорциональный ЭДС электродвигателя U_e , формируется с помощью функционального преобразователя ЭДС (ФЭЗ), имеющего арксинусную характеристику $U_e = \arcsin E$ и выполненного на усилителе А3 платы Е1.

Величина сигнала U_e (единичная положительная связь по ЭДС двигателя) выставляется с помощью ре-

зистора R16 при номинальной частоте вращения двигателя в холостом ходу таким образом, чтобы среднее значение выходного напряжения регулятора тока было равно нулю.

При такой настройке U_{RT} становится пропорциональным только току двигателя, и поэтому ограничение его максимального уровня с помощью резистора R33 обеспечивает также ограничение максимальной величины составляющей выпрямленного напряжения

$U_d - E = I_d R_{\Sigma}$, которая непосредственно определяет ток якоря двигателя. Таким образом осуществляется дополнительное ограничение максимально-возможного тока двигателя (так называемое упреждающее токоограничение). Но так как основное ограничение тока осуществляется путем ограничения величины сигнала задания тока (U_{pc}) с помощью резистора R17 платы Е1, то дополнительное токоограничение, как менее точное, используется лишь для ограничения величины первого выброса тока, которого основное токоограничение не исключает.

Для изменения уставки токоограничения в зависимости от частоты вращения двигателя, в соответствии с характеристикой (рис. 8, прилож. 2) (для высокомоментных двигателей) в системе регулирования предусмотрен узел зависимого токоограничения УЗТ.

Система импульсно-фазового управления (СИФУ) предназначена для преобразования постоянного управляющего напряжения в последовательность прямоугольных управляющих импульсов соответствующей фазы, подаваемых на управляющие переходы тиристорных силовых вентильных комплектов.

СИФУ состоит из трех идентичных каналов фазосмещения и управляющего органа УО (рис. 6, прилож. 2).

Каждый канал СИФУ выполнен по принципу одноканального управления двумя противофазными вентилями выпрямительного моста, что исключает асимметрию противофазных управляющих импульсов. Каналы фазосмещения выполнены по принципу "вертикального" управления с линейно возрастающим опорным напряжением.

В целях обеспечения быстродействия реверсивного управляемого выпрямителя при использовании одного комплекта СИФУ, каждый канал подготавливается к выдаче управляющих импульсов не только к началу полупериода синхронизирующего напряжения, но и в любой другой момент времени от специального сигнала (U_p), формируемого логическим устройством раздельного управления в момент отсчета им бестоковой паузы при переключении силовых комплектов вентилей, причем повторные управляющие импульсы появляются после переключения только в тех каналах, где опорное напряжение превышает новое значение управляющего напряжения.

СИФУ включает в себя следующие узлы (рис. 6, прилож. 2):

источник синхронизирующего напряжения ИСН; три формирователя импульсов ФИ (изображен один формирователь импульсов);

управляющий орган УО;

шесть усилителей импульсов УИ;

12 вводных устройств (УВ) (при использовании тиристоров Т161-160). Формирователь импульсов состоит в свою очередь из следующих узлов: фильтра Ф, двух пороговых элементов ПЭ1, ПЭ2, формирователя синхронизирующих импульсов ФСИ, генератора пилообразного напряжения ГПН, нуля-органа НО, RS - триггера Т, формирователя длительности импульсов ФДИ.

Схема работает следующим образом:

Синхронизирующее фазное напряжение, поступающее из ИСН обмотки 3 трансформатора Т1 сдвигается фильтром Ф на угол 30 эл. градусов. С выхода фильтра напряжение с помощью пороговых элементов ПЭ1, ПЭ2 преобразуется соответственно в противофазные прямоугольные импульсы. Длительность указанных импульсов определяет зону разрешения выдачи управляющих импульсов соответственно для фазы "а" и "х" и составляет для каждой фазы примерно 176 эл. градусов, что исключает одновременную выдачу управляющих импульсов в двух противофазных тиристорах выпрямительного моста.

При сигнале "0" на выходах обоих пороговых элементов, на выходе ФСИ формируется синхримпульс (сигнал "1"), которым осуществляется разряд интегрирующей емкости генератора пилообразного напряжения ГПН до нуля. В момент исчезновения синхримпульса напряжение на выходе ГПН начинает снова линейно нарастать от нуля до 10 В. Момент превышения напряжения ГПН над управляющим напряжением (которое подается от управляющего органа) фиксирует ноль-орган НО, который изменяет свое состояние с "1" на "0". При этом триггер Т переключается, на его выходе появляется сигнал "0", который вызывает появление на выходе ФДИ управляющего импульса длительностью 10-15 эл. градусов. Этот импульс проходит на вход одного из усилителей (УИ "а" или УИ "х") в соответствии с сигналами пороговых элементов ПЭ1 и ПЭ2.

После УИ усиленный импульс поступает на оптронный тиристор или на вводное устройство ВУ комплекта "Вперед" или "Назад", осуществляющее гальваническую развязку цепей управления и силовой цепи. Триггер Т после появления "0" на выходе нуля-органа сохраняет свое состояние до тех пор, пока с ФСИ на другой его вход не поступает синхримпульс, который подготавливает триггер для выдачи очередного управляющего импульса. Триггер может подготовиться к выдаче управляющего импульса, также и сигналом с блока логики (пропадание и последующее появление напряжения разрешения выдачи импульсов U_p).

Усилитель импульсов УИ собран по схеме составного транзистора, нагрузкой которого является вводное устройство ВУ.

Усилитель импульсов имеет два входа: один для "своего" импульса, другой - для "чужого", идущего с другого формирователя импульсов. Это требуется для получения двух удвоенных импульсов, необходимых для управления трехфазной мостовой схемой выпрямле-

ния. Схема удваивания импульсов изображена на рис. 6а, прилож. 2.

Вводное устройство служит для гальванического разделения силовой цепи управления и состоит из разделительного трансформатора, защитных и развязывающих диодов, а также резисторов (рис. 4, приложение 2), один из которых ограничивает ток в первичной обмотке трансформатора и защищает, таким образом, от перегрузки усилители импульсов, а второй шунтирует управляющий переход тиристора, повышая его помехоустойчивость.

Примечание. При использовании оптоотиристоров ТО142-80 вместо Т161-160 вводное устройство не устанавливается.

Управляющий орган УО служит для согласования выхода систем регулирования с входами каналов фазосмещения СИФУ и для установки углов α_{\min} , α_{\max} α_n , (рис. 6б, прилож. 2). Начальный угол регулирования α_n устанавливается 120 эл. град. переменным резистором R41 при нулевых сигналах на входе УО и в контрольной точке 48 (выход триггера защиты).

Угол α_{\min} устанавливается сменным резистором R50, величина которого определяется по формуле:

$$R_{50} = \frac{540 U_{\text{пит}}}{U_n \alpha_{\min}} - 3, \text{ кОм},$$

где $U_{\text{пит}}$ - напряжение питания 15 В;

U_n - амплитуда пилообразного напряжения в ГПН;

α_{\min} - требуемый минимальный угол регулирования, эл. град.

Угол α_{\max} определяется по формуле:

$$\alpha_{\max} = \frac{540 U_{\text{пит}}}{\left(\frac{R_{49} \cdot R_{50}}{R_{49} + R_{50} + 3} \right) U_n}, \text{ эл. град.},$$

где R49, R50 - в кОм.

В состав функциональных узлов одного канала СИФУ входят следующие элементы принципиальной схемы (рис. 2, прилож. 2):

- 1) фильтр (Ф) - элементы R1, R2, R20, C1;
- 2) первый пороговый элемент (ПЭ1) - элемент V1, V3, R3, R5;
- 3) второй пороговый элемент (ПЭ2) - V2, V4, R4, R5;
- 4) формирователь синхронизирующих импульсов (ФСИ) - логические элементы 3, 4 микросхемы Д1, R12;
- 5) генератор пилообразного напряжения (ГПН) - элементы V8, A1, C3...C5, R8, R9, R11, R13, R16;
- 6) ноль-орган - элементы A2, V9, V10, R17... R19;
- 7) формирователь длительности импульсов (ФДИ) - V6, V7, R7, R10, R14, C2;
- 8) усилитель импульсов (УИ) - элементы R81, R82, R93, V57, V58, V69, V75.
- 9) RS- триггер - логические элементы "И-НЕ" 3, 4 микросхемы Д2;
- 10) управляющий орган (УО) - элементы R41... R50, A5, C12, C13, C28, V15, V43.

Резистором R1 устанавливается сдвиг синхронизирующего напряжения по фазе на угол 30 эл. градусов (подбирается требуемая для этого постоянная времени фильтра Ф), а также в процессе наладки устраняется межфазная асимметрия управляющих импульсов при минимальном угле регулирования (α_{\min}).

С помощью сменного резистора R11 обеспечивается изменение наклона "пилы" генератора опорного напряжения с целью устранения возможной "палочки" (участка насыщения) в конце "пилы", а также сведение до минимума межфазной асимметрии управляющих импульсов при максимальном угле регулирования (α_{\max}).

Сдвигание управляющих импульсов осуществляется путем подключения к входам усилителей импульсов через резисторы R81, R82 соответствующих выходов формирователей импульсов.

Для согласования однополярной регулировочной характеристики СИФУ $\alpha = f(U_{\text{вх}})$ с реверсивным сигналом U_y служит переключатель характеристики ПХ на плате Е2, выполненный на операционном усилителе А1 и транзисторных ключах V1.

Сигнал обратной связи по току формируется с помощью датчика тока (ДТ), питающегося от трансформаторов тока Т2...Т4.

Реверсирование сигнала обратной связи по току обеспечивается транзисторными ключами V16 платы Е2.

Управление транзисторными ключами V16, а также подключение выхода СИФУ к необходимому комплекту тиристоров осуществляется логическим устройством раздельного управления ЛУ.

ЛУ выполняет следующие функции:

- выбор нужного направления работы в зависимости от знака входного сигнала;
- включение соответствующих ключей, определяющих требуемое направление тока преобразователя;
- блокировка входа ЛУ сигналов датчика состояния тиристоров и управляющих импульсов;
- создание выдержки времени между снятием импульсов с работающего ранее комплекта и подачей их на вступающий в работу комплект.

Функциональная схема логического устройства включает в себя:

- нуль-орган (НО);
- элементы совпадения "И-НЕ" (1Д1, 2Д1) на входе триггера заданного положения (ТЗП);
- триггер ТЗП (3Д1, 4Д1);
- элементы совпадения "И-НЕ" (1Д1, 2Д2) на входе триггера истинного положения (ТИП);
- триггер ТИП (3Д2, 4Д2);
- элементы отсчета выдержки времени на переключение (3Д3, С8, R22);
- элемент совпадения "И-НЕ" (4Д3);
- общие логические ключи (КН, КВ).

Работа устройства раздельного управления поясняется диаграммами напряжений, представленными на рис. 9 приложения 2.

Регулирующий сигнал $U_{\text{н.з.}}$ поступает на вход НО, при этом отрицательный сигнал устанавливает НО

в положение "1", а положительный - в положение "0". Если на блокирующем входе 4 имеется сигнал "1" датчика проводимости тиристоров (ДП) и нет управляющих импульсов с ФИ, то элементы совпадения 1Д1, 2Д1 разрешают прохождение сигнала НО на триггер заданного положения. Элементы совпадения 1Д2, 2Д2 при наличии на их общем входе сигнала "1" переводят триггер ТИП в положение, соответствующее триггеру ТЗП. Выходы триггеров ТЗП и ТИП подключены на элементы совпадения 1Д3, 2Д3, которые управляют общими транзисторными ключами КН, КВ, а последние в свою очередь управляют тремя парами ключей: Н1, В1, Н2, В2, Н3, В3. Силовые транзисторные ключи Н1, В1 разрешают выдачу управляющих импульсов на комплекты тиристоров "Вперед" или "Назад". Ключи Н2, В2 и Н3, В3 осуществляют переключения на входе управляющего органа СИФУ и в цепи обратной связи по току.

При наличии тока в "силовой" цепи с ДП поступает на блокирующий вход 3 сигнал ("0"), тем самым запрещается прохождение сигнала нуль-органа на вход триггера ТЗП до исчезновения тока. Триггеры ТЗП и ТИП остаются в первоначальном положении, идет режим работы в выбранном направлении.

При реверсировании регулирующего сигнала реверсируется сигнал на выходе нуль-органа НО. Ток в силовой цепи начинает спадать, и как только ток пропадет, с 1Д1 на вход 3 поступает сигнал "1", 2Д1 переводит триггер ТЗП в новое положение. На выходе элементов совпадения 1Д3, 2Д3 наступает соответствие (сигнал "1"), отключается ключ КН, одновременно с элементом 4Д3 снимается сигнал разрешения выдачи импульсов в ФИ и начинается отсчет выдержки времени на приведение триггеров в новое положение.

На выходе 3Д3 появляется сигнал "1", конденсатор С8 начинает заряжаться, и как только напряжение на нем достигает "1", элементы совпадения 1Д2, 2Д2 переводят триггер ТИП в положение, соответствующее триггеру ТЗП. При этом включается ключ КВ. На выходе элемента 4Д3 появится сигнал разрешения выдачи импульсов в ФИ "1" только после включения одного из каналов устройства. Так, после снятия импульсов с ранее работающего канала, для надежности осуществляется кратковременная задержка выдачи управляющих импульсов по каналу нового направления тока, исключающая аварийное включение тиристоров из-за ограниченной (конечной) чувствительности датчика проводимости.

Если же во время отсчета выдержки времени на вход нуль-органа поступает команда на включение в первоначальное положение, то триггер ТЗП возвращается в прежнее состояние, соответствующее триггеру ТИП и сразу разрешается выдача импульсов на тиристоры первоначально выбранного комплекта. Это позволяет уменьшить время регулирования тока нагрузки и способствует более плавной и устойчивой работе электропривода.

Датчик проводимости ДП предназначен для индикации состояния (открыт или закрыт) тиристоров и работает по принципу контроля напряжения на ти-

ристорах. ДП состоит из трех узлов потенциальной развязки, соединенных по схеме "Y" и нуль-органа.

Рассмотрим первый узел потенциальной развязки, состоящий из диодного моста V4 и оптрона V7. Подключение через резисторы R3... R11 параллельно участку анод-катод тиристора, узел потенциальной развязки фиксирует наличие на тиристоре напряжения любой полярности.

При подаче управляющих импульсов два тиристора (один в анодной группе, другой - в катодной) открываются и соответствующий открытому тиристору узел потенциальной развязки срабатывает, разрывая цепь управления нуль-органа: вход нуль-органа расшунтируется и транзисторы VI0, VII открываются. С выхода датчика проводимости поступает сигнал запрета "0" на переключение логического устройства.

Только тогда, когда все три узла потенциальной развязки зафиксируют наличие напряжений на тиристорах, вход нуль-органа шунтируется, транзисторы VI0, VII запираются и с выхода ДП поступает сигнал разрешения "1" на переключение логического устройства.

В устройстве использованы следующие виды защиты:

- максимально-токовая;
- время-токовая защита (от перегрева двигателя при перегрузках);
- защита от пропадания фаз;
- узел блокировки регуляторов;
- узел блокировки управляющих импульсов;
- защита от неправильного чередования фаз;
- защита от обрыва тахогенератора;
- защита от превышения максимальной скорости;
- тепловая защита электродвигателя.

Максимально-токовая защита выполнена на тиристоре V47 и триггере, образованном двумя элементами микросхемы Д2 (рис. 2, прилож. 2).

Через резистор R60 на базу V47 подается отрицательное запирающее напряжение (уставка срабатывания защиты). От датчика тока (диоды V39 - V40) через резистор на базу транзистора V47 подается положительное напряжение, пропорциональное току якоря, при превышении уставки срабатывания транзистор V47 открывается и на вход триггера на элементах Д2 подается "0", триггер переключается в положение "1" и воздействием на управляющий орган СМВ (через резистор R44) переводит управляющие импульсы в положение I, а при помощи транзисторов V48, V49 подается сигнализация "авария". Кроме того после задержки (R99, C30) на выходе элемента ДД1 появляется сигнал запрета "0" выдачи импульсов в СМ.

Время-токовую защиту осуществляет интегратор, собранный на усилителе А6. Напряжение выхода усилителя А6 пропорционально $U = \int (I \cdot I_{уст}) dt$, где U - выходное напряжение; $I_{уст}$ - задающий ток устройства (устанавливается резистором R72) - может быть равен или меньше номинального тока устройства; I - текущее значение тока; t - время.

Подбор резистора R73 и установка R72 осуществляется по формуле:

$$\frac{U_t}{R73} = \frac{U}{270 \cdot 10^3} \cdot \frac{16 \cdot C23}{t},$$

где U_t - напряжение, пропорциональное току устройства при условии, что $U_t = 2,1 B$, при $I = I_{ном}$;

U - напряжение, устанавливаемое на потенциометре R72;

t - время срабатывания защиты;

C23 - конденсатор интегратора А6.

Устройство используется для защиты двигателей и исполнительных механизмов от перегрузок. Величина допустимого тока и время срабатывания устанавливаются исходя из конкретных условий работы.

При снижении питающего напряжения всех или одной из фаз более чем на 50 % на выходе порогового элемента ПЗ4 (элемент микросхемы Д1, а также элементы C21, R66, R67) появляется нулевой сигнал, конденсатор C21 быстро разряжается, что приводит к снятию управляющих импульсов и прекращению тока в нагрузке.

После восстановления напряжения происходит повторный отсчет выдержки времени, после которой привод может продолжать работу.

Узел блокировки регуляторов предназначен для исключения ползучей скорости двигателя при снятии задающего напряжения. Узел состоит из микросхемы Д1 (входы 9-13), герконного реле К, время задающей цепочки на элементах C20, R57, R58.

Замыкающие контакты введены в цепи обратной связи регуляторов тока и скорости. При срабатывании реле К выходное напряжение указанных регуляторов равно нулю.

На входы элемента Д1 поступают три сигнала: первый через "Вход 2УЗ" и на "Вход 9Д1", второй - с конденсатора C21 на "Вход 10Д1", третий - от триггера защиты на "Вход 12Д1".

При снятии задающего напряжения на "Вход 2УЗ" подается нуль, напряжение реле К срабатывает и шунтирует регуляторы. При появлении задающего напряжения на "Вход 2УЗ" поступает сигнал логический "1". Сигнал по входу 10Д1 запрещает расшунтирование указанных регуляторов на время переходных процессов в системе управления.

При снятии задающего напряжения за счет цепи R41, R42, C9 (E2) происходит относительно медленное спадание напряжения на конденсаторе C9, что обеспечивает выдержку времени для торможения двигателя. Недостаточная выдержка времени или ее исключение привели бы к быстрому шунтированию регуляторов и отсутствию электрического торможения двигателя.

Узел блокировки управляющих импульсов необходим для исключения бросков тока во время переходного процесса при включении напряжения. Данное устройство состоит из микросхемы Д1 (входы 1-5) и элементов выдержки времени (C21, R66, R67).

При подаче сигнала "1" с делителя напряжений R51, R52 (от источника питания без фильтра) на

микросхему Д1 на выходе также появляется "1", однако, в первый момент напряжение на конденсаторе С21 равно нулю, что запрещает прохождение импульсов. Конденсатор С21 медленно заряжается и при достижении напряжения порядка 8 В на ФМ поступает сигнал "1", разрешающий прохождение управляющих импульсов.

Защита от неправильного чередования фаз выполнена на элементах V1...V31 и микросхемах Д1...Д4, Д5 на плате Е2 и микросхеме ДД1 на плате Е1. Тут же и осуществляется защита от пропадания любой из фаз, включая и силовую цепь.

Защита от обрыва тахогенератора выполнена на микросхемах А1, А2 и ДД5 на плате Е2.

Защита от превышения максимальной скорости на микросхемах А3, А4 и ДД5.

Тепловая защита электродвигателя - на транзисторе V39.

В устройстве имеются две сигнальные лампы:
лампа наличия напряжения;
лампа срабатывания защиты.

Питание системы управления осуществляется блоком питания с выходными напряжениями +24, -24, -12 В.

5.2. Трансформаторы согласующие трехфазные СТ

Согласующие трансформаторы, входящие в состав комплектного электропривода серии ЭКЗМ, рассчитаны на питание нескольких (не более 3-х) электроприводов, но при этом следует оговорить, что при реверсе или пуске одного из двигателей с большим (в 3...6 и более раз превышающим номинальный) током у других электродвигателей могут наблюдаться кратковременные (соответствующие началу и окончанию пуска или реверса) провалы и выбросы в тахограмме частоты вращения, вызванные соответственно понижением и подъемом напряжения на вентильных обмотках общего трансформатора. Величина этих выбросов уменьшается с уменьшением нагрузки двигателей и при работе холостую практически незаметна.

Однако, если вышесказанное нежелательно, то используется более маломощный трансформатор СТ08 с расчетом на один комплект один трансформатор.

Габаритные размеры трансформаторов даны на рис. 2 в приложении I.

6. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. К обслуживанию электропривода допускаются лица высокой квалификации, прошедшие специальный технический инструктаж и изучившие данный паспорт.

6.2. Каркас электронного регулятора, силовой трансформатор, электродвигатель должны быть надежно заземлены путем подключения болта заземления к цеховому контуру заземления в одной точке медным проводом с сечением не менее 2,5 мм².

6.3. Осмотр, чистка, ремонт аппаратуры, замена вентиля и других элементов должны проводиться только после отключения электропривода от питающей сети, не ранее, чем через 5 минут.

6.4. Категорически запрещается вставлять и вынимать панели управления под напряжением.

7. РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ

7.1. Перед установкой и монтажом комплектных устройств необходимо произвести тщательный осмотр, обратив особое внимание на прочность болтовых соединений токоведущих частей и вентиля, на пайку монтажных проводов цепей управления.

7.2. Электронный регулятор монтируется в электрошкафу в вертикальном положении с отклонением не более 5° в любую сторону. Температура в шкафу не более 45 °C и не менее 5 °C.

7.3. Электродвигатель устанавливается и монтируется в соответствии с инструкцией по эксплуатации электродвигателя.

7.4. При подключении электронного регулятора к сети строго соблюдать правильность чередования фаз.

7.5. При монтаже электропривода следует обратить особое внимание на надежность заземления корпусов электродвигателя, электронного регулятора и согласующего трансформатора.

7.6. Подсоединение кабелей внешнего монтажа производить в полном соответствии со схемой электрических соединений, приведенной в табл. 2 (на разъем Х1, Х1 и Х6).

Таблица 2

Наименование зажимов	Назначение
А3, В3, С3	Подключение вторичной обмотки силового трансформатора через автоматический выключатель
8, I3	Подключение двигателя
А1, В1, С1	Подключение системы управления к питающей сети
I4, I6	Подключение внешней нагрузки, величиной не более 50 мА к источнику питания +24 В
I5, I8, 22, I7	Подключение датчика частоты вращения с сопротивлением не менее 2 кОм к источникам питания ± 15 В. Допустимый ток нагрузки I2 мА
I9, I6	Подключение внешней нагрузки величиной не более 50 мА к источнику питания -24 В
II, I2	Подключение амперметра
I2, I3	Подключение вольтметра
I5, 20	Подключение контакта реле для снятия блокировки с регуляторов тока и скорости
29, 22	Подключение дополнительного сигнала задания частоты вращения (0±10 В)
22, 23	Подключение тахогенератора
I4, 26	Подключение лампы сигнали-

Наименование зажимов	Назначение
27, 16	защиты срабатывания защиты, установленной вне комплектного устройства
35, 22	Подключение дополнительного резистора для снижения уставки токоограничения
32, 75	Подключение дополнительного резистора в цепь обратной связи по скорости
31, 22	Подключение команды "Быстрый ход"
	Подключение термодатчика

8. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

По окончании монтажа необходимо провести следующие мероприятия:

проверить правильность монтажа согласно монтажным схемам;

проверить надежность заземления всех аппаратов, входящих в электропривод;

произвести внешний осмотр;

растормозить электродвигатель, убедиться в свободном вращении вала;

проверить правильность чередования фаз питающей сети.

При отключенном силовом автомате F4 произвести следующие операции:

а) подключить вход осциллографа к контрольным штырям 52, 34 платы Е1 и убедиться в наличии управляющих импульсов при установлении задатчика частоты вращения (ЗЧВ) в одно из положений "Вперед" или "Назад", и в исчезновении их с выдержкой при установке ЗЧВ в нейтральное положение ("Стоп"), в случае отсутствия управляющих импульсов необходимо заблокировать датчик проводимости клапанов (кратковременно замкнуть контрольный штырь 23 с базой транзистора V10 платы Е2);

б) подключить вход осциллографа к контрольным штырям 8, 34 Ф1 и зафиксировать на экране осциллографа изображение как показано в таблице на рис. 2, прилож. 2. При этом при реверсе сигнала задания частоты вращения должно наблюдаться изменение угла регулирования;

в) вернуть ЗЧВ в положение "Стоп";

г) включить автоматический выключатель F4;

д) установить ЗЧВ в любую сторону в положение, соответствующее минимальной скорости.

В случае правильного включения тахогенератора привод должен работать с заданной скоростью, а при неправильном включении тахогенератора частота вращения будет бесконтрольно возрастать. При этом следует срочно отключить выключатель F4 и поменять соединение тахогенератора.

10. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ, МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Неисправность	Причина неисправности	Методы устранения
1. При включении электронного регулятора отключается автомат	1. Короткое замыкание в цепи постоянного тока, пробой тиристора 2. Не настроен регулятор тока	1. Проверить исправность тириستоров, устранить короткое замыкание 2. Установить необходимые параметры коррекции Установить резистором R41 платы Е1 требуемый угол
2. При отсутствии управляющего сигнала напряжение на выходе электронного регулятора не равно нулю - двигатель вращается	Неправильно установлен начальный угол регулирования	Установить требуемую величину резистором R50 платы Е1
3. При номинальной величине управляющего напряжения напряжение на выходе электронного регулятора не достигает номинального значения	Неправильно установлен минимальный угол регулирования	Установить требуемую величину резистором R50 платы Е1
4. При любой величине управляющего напряжения двигатель идет "вразнос"	Обрыв щеточного контакта или обмотки якоря тахогенератора	Проверить щеточные контакты и устранить обрыв
5. Двигатель работает рывками	1. Выход из строя одного из тиристоров 2. Не настроен регулятор скорости	1. Заменить неисправный тиристор 2. Настроить коррекцию
6. Наличие асимметрии управляющих импульсов "неровный" ток	Не настроена СИФУ	При углах регулирования α_{min} устраняется с помощью подбора резисторов R1, ФИ2, ФИ3 при

Неисправность	Причина неисправности	Методы устранения
7. При наличии управляющего сигнала двигатель не вращается, а лампа срабатывания защиты не горит	1. Отсутствие одной из фаз в цепях управления или в силовых цепях 2. Неправильное чередование фаз 3. Несоответствие фаз в цепях управления с силовыми цепями	α max - с помощью подбора резисторов R11 ФИ2, ФИ3 1. Проверить наличие всех фаз 2. Проверить чередование фаз 3. Проверить монтаж соответствующих цепей
8. Сразу после включения питания электронного регулятора горит сигнальная лампа срабатывания защиты	1. Обрыв тахогенератора 2. Обрыв в цепи термодатчика	1. Прозвонить цепь обратной связи и устранить обрыв 2. Проверить и устранить обрыв

II. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

II.1. В процессе эксплуатации не реже одного раза в 4 месяца производить очистку поверхностей коллекторов двигателя и тахогенератора.

II.2. Износившиеся щетки электрических машин заменить новыми той же марки.

II.3. Осмотр подшипников электрических машин необходимо производить после 2500-3000 часов работы, но не реже 1 раза в год.

II.4. Не реже 1 раза в 4 месяца производить осмотр задатчика частоты вращения.

Нагар с контактов удалить.

Возможность работы электроприводов на основе электронного регулятора ЭР1023, отличных от указанных в данном техническом описании, должна согласовываться с предприятием-изготовителем.

12. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

Электропривод хранить в вентилируемом помещении при температуре воздуха не ниже 5 °C и относительной влажности не более 80 %, воздух не должен содержать газов, угольной пыли, кислотных и других паров, вредно действующих на материалы, из которых изготовлен электропривод.

13. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Электродвигатель, электронный регулятор и согласующий трансформатор электропривода упаковываются в деревянные ящики и закрепляются болтами. Для предохранения электропривода от проникновения влаги деревянные ящики внутри выстилаются влаго-непроницаемой бумагой.

Вся техническая и специальная документация вкладывается в специальный конверт из влаго-непроницаемой бумаги, в каждый ящик укладывается упаковочный лист. На ящике, кроме транспортных надписей, должны быть надписи: "Электроаппарат", "Не бросать", "Не кантовать".

Электропривод, упакованный в ящик, предназначен для транспортирования в закрытом транспорте (железнодорожные вагоны, контейнеры и т.п.), кроме воздушного.

14. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Электропривод комплектный ЭКЗМ, заводской номер 605, соответствует стандарту (техническим условиям) и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска 2 08 91

Подпись лиц ответственных за приемку _____

Примечание. Форму заполняет предприятие-изготовитель изделия.

15. СВИДЕТЕЛЬСТВО О КОНСЕРВАЦИИ

Электропривод комплектный ЭКЗМ, заводской номер _____, подвергнут консервации согласно требованиям, предусмотренным инструкцией по эксплуатации.

Дата консервации _____

Срок консервации _____

Консервацию произвел _____

Изделие после консервации

принял _____

Примечание. Форму заполняет предприятие-изготовитель изделия.

16. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ УПАКОВКЕ

Электропривод комплектный ЭКЗМ, заводской номер _____, упакован согласно требованиям, предусмотренным конструкторской документацией.

Дата упаковки _____

Упаковку произвел _____

Изделие после упаковки

принял _____

Примечание. Форму заполняют на предприятии, производившем упаковку изделия.

17. ВЕДОМОСТЬ ЗАМЕНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Номер листа	Наименование элементов по ГОСТ, ТУ	Требуется по паспорту		Установлен фактически		Примечание
		Обозначение ГОСТ, ТУ	Номер чертежа, ГОСТ, ТУ	Обозначение ГОСТ, ТУ	Номер чертежа, ГОСТ, ТУ	

ГАБАРИТНЫЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ

Тип регулятора	Исполнение	A	Масса, кг, не более
ЭР1023-12	Оптотиристорный однозонный	235	14
ЭР1023-20	Тиристорный однозонный	280	18

Тип трансформатора	A	Б	В	Масса, кг
СТ25II	308	293	253	170
СТ08II	196	182	142	80
СТ14II	242	228	188	120

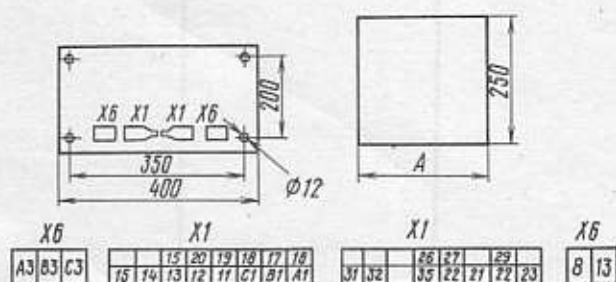


Рис. 1. Габаритные и установочные размеры электронных регуляторов

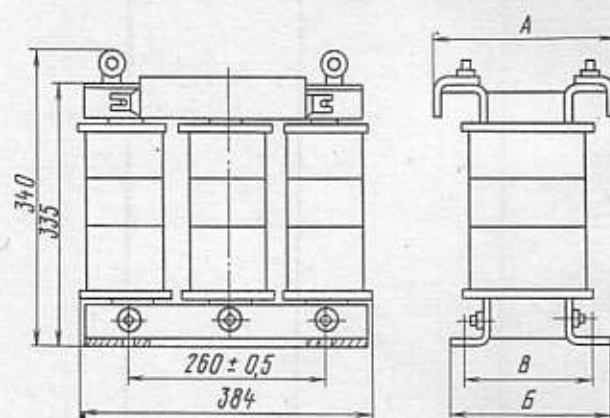


Рис. 2. Габаритные и установочные размеры трансформаторов

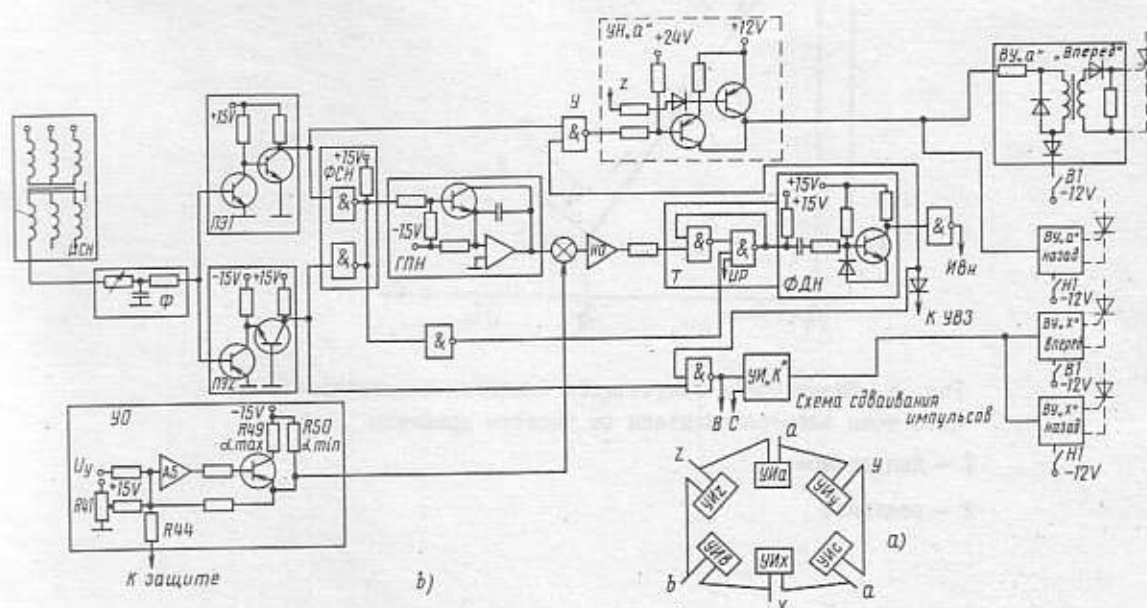


Рис. 6. Функциональная схема СИФУ

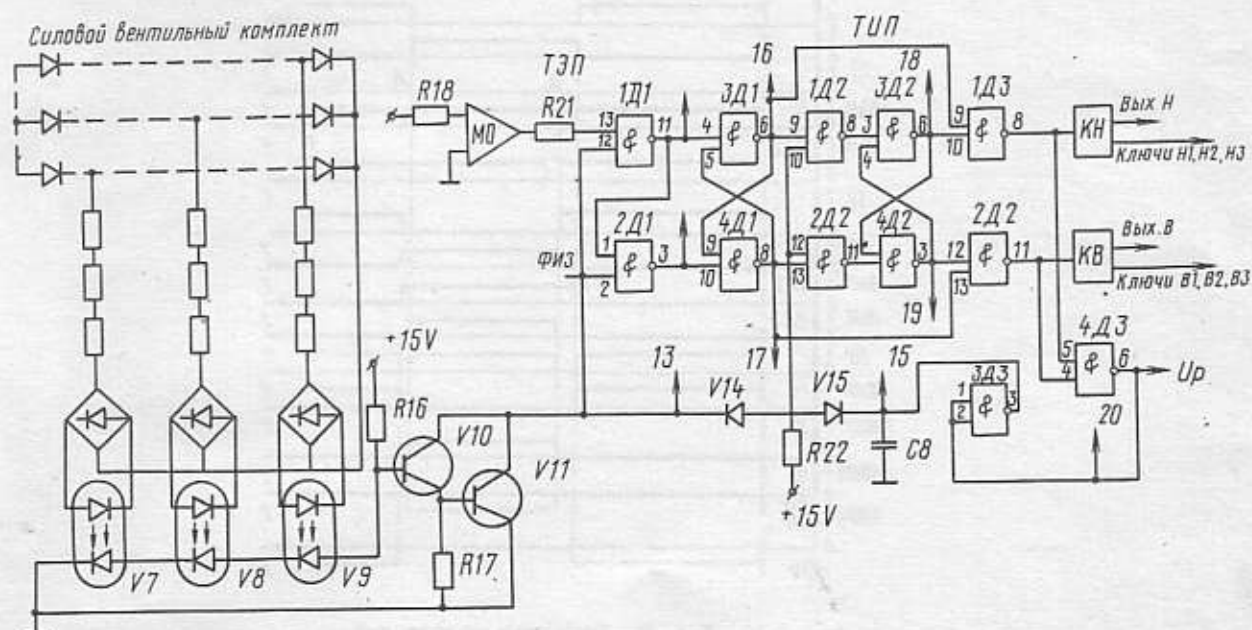


Рис. 7. Функциональная схема логического устройства с датчиком проводимости вентиля

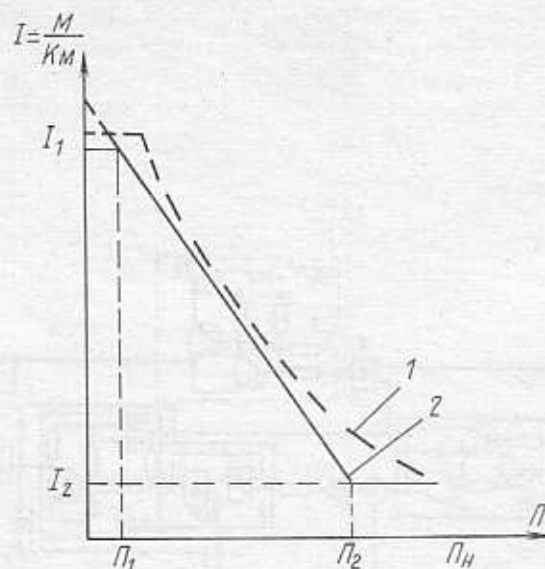


Рис. 8. Зависимость допустимого значения максимального тока электродвигателя от частоты вращения

1 – допустимое;

2 – реальное

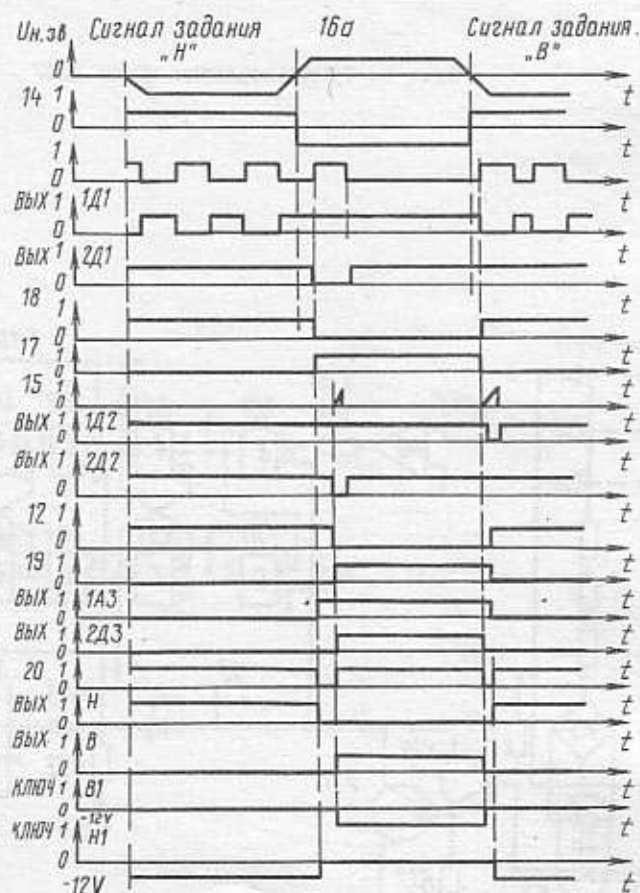


Рис. 9. Диаграмма напряжения

ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА

Наименование и позиционное обозначение	Тип сердечника	Номер обмотки	Марка провода и диаметр	Число витков	Напряжение, В	Номинальный ток устройства управления
Трансформатор питания системы управления Т1	Ш9х18	Н1-К1	ПЭВ-2 ϕ 0,1	4400	220	
		Н3-К3	ПЭВ-2 ϕ 0,08	781	36	
		Н4-К4	ПЭВ-2 ϕ 0,355	235	10,8	
		Н5-К5	ПЭВ-2 ϕ 0,355	235	10,8	
Трансформаторы тока Т2-Т4	Ш12х12	Н1-К1	ПЭВ-2 ϕ 0,19	1000		
		Н2-К2	2хППВ10	1		
Трансформаторы вводных устройств УВ, Т1, Т2	Чашка М2000Нм 15-Б36	Н1-К1	ПЭВ-2 ϕ 0,224	250		
		Н2-К2	ПЭВ-2 ϕ 0,224	250		

ПЕРЕЧЕНЬ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
НА ЭЛЕМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОННОМ
РЕГУЛЯТОРЕ

Наименование элемента	Обозначение документа	Наименование элемента	Обозначение документа
Резисторы: МЛТ	ГОСТ 7113-77	Транзисторы:	
ПЭВ	ГОСТ 6513-75	КТ315	ЭК3.365.200ТУ
СПЗ-16	ОЖО.468.08ТУ	КП301	ЭК3.365.220ТУ
Конденсаторы: К10-7В	ОЖО.460.058ТУ	КП301	ЭК3.365.233ТУ
К50-6	ОЖО.464.031ТУ	КТ-814	а.А0.336.184ТУ
К73-17	ОЖО.464.104ТУ	КТ-815	а.А0.336.185ТУ
МБГЧ	ОЖО.462.049ТУ	Микросхемы:	
Диады полупроводниковые:		К553УД1А	с.КО.348.260ТУ
КД521	ЭР3.362.035ТУ	К511ЛА5	с.КО.348.149ТУ
КД205	УФ3.362.004ТУ	К511ЛМ1	
Прибор выпрямительный		Лампа коммутаторная	
КЦ 407	3.362.146ТУ	КМ24	ГОСТ 6940-74
Стабилитроны полупроводниковые:		Предохранитель ПК-45	ГОСТ 5010-75
КС515	А0.336.002ТУ	Реле РПП-2	ТУ16-523.413-73
Д818	СМ3.362.045ТУ	Шунты 75ШС	ГОСТ 8042-78
Тиристоры: Т161-160	ТУ16.729.105-81	Ферритовая чашка	
ТО142-80	ТУ16.729.367-82	М2000Нм	ПЯ0.707.090ТУ
Оптрон АОД101	А0.336.070ТУ	Вилки: РМ2Н-2-16	ОЖО.364.007ТУ
Транзисторы:		РМ2Н-1-30	ОЖО.364.002ТУ
КТ118	ЭК3.365.238ТУ	Розетка РГ1Н-2-27	ОЖО.364.002ТУ
КТ203	10.336.001ТУ		

ДИАПАЗОН ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ СОЕДИНЕНИЯ СИЛОВОГО ТРАНС-
ФОРМАТОРА

Схема соединения силового транс- форматора Т5	Сигнал в контроль- ных точках 8-34	Характеристика контро- лируемого параметра
<p style="text-align: center;"><i>Y/Y T5 X6</i></p>		<p>α - угол регулирова- ния</p> <p>$\alpha_{min.}$ - не менее 5 эл. град.</p> <p>$\alpha_{max.}$ - не более 150 эл.град.</p>
<p style="text-align: center;"><i>Y/\Delta-1 T5 X6</i></p>		<p>φ - угол сдвига по фазе 30 эл. град.</p> <p>$\alpha_{min.}$ - не менее 0 эл. град.</p>
<p style="text-align: center;"><i>\Delta/Y-1 T5 X6</i></p>		<p>$\alpha_{max.}$ - не более 145 эл. град.</p>

ПЕРЕЧЕНЬ ЗИП

Микросхемы:

K511Л41	I
K511Л45	I
K553УД1А,	2
K553УД2	
Тиристор Т161-160 (для ЭР1023-20)	I
Оптотиристор ТО142-80 (для ЭР1023-121)	I

Транзисторы:

КТ203А	I
КТ203Б	I
КТ315Б	I
КТ315В	2
КТ814Б	I

Транзисторы:

КТ815Б	I
КТ816Б	I
КТ817Б	I
Прибор выпрямитель	
КЦ407А	I

Диоды:

КД521Г	2
КД205Д	I
Оптрон АОД101А	I
Чашка М2000НМ-15-Е36 (для ЭР1023-20)	2
Предохранитель ВПТ-6-27	2
Лампа коммутаторная	
КМ24х35	2