

Тиристорный
преобразователь

КЕМРОН

Техническое
описание



Электроимпэкс

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Тиристорные шестипульсные однокоординатные преобразователи „КЕМРОН” предназначены для электропривода высокомоментных двигателей постоянного тока для движений подачи металлорежущих станков с ЦПУ.

1.1. Комплектность электропривода

В комплект входят следующие основные узлы:

- однокоординатный шестипульсный преобразователь — 1 шт.
- силовой трансформатор — 1 шт.
- уравнильные дроссели — 2 шт.
- двигатель — 1 шт.

1.2. Условия работы

- температура окружающей среды — от $+5^{\circ}$ до $+45^{\circ}\text{C}$
- допустимая влажность — 80% при 30°C
- высота над уровнем моря — до 1000 м
- окружающая среда — взрывобезопасная, не содержащая токопроводимой пыли, агрессивных газов и паров в концентрации, оказывающей разрушающее действие на металлы и изоляцию.

1.3. Технические данные

Таблица 1

Преобразователь тиристорный „КЕМРОН”	Параметр Обозначение Номенсл. №	Значения параметров				
		4АЕВ16	4АЕВ16Г	4АЕВ16К	8АЕВ16М	8АЕВ16
		601023000	601023003	601023002	601030000	601025000
1 %	2	3	4	5	6	7
Номинальный выпрямлен- ный ток	I ср. и /А/		40			80
Максимальный выпрямлен- ный ток	I макс. /А/		250			
Номинальное питающее напряжение	и /шт/В/	6	205/210/			
Допустимые отклонения питающего напряжения	%			от -15 до +10		
Частота питающей сети	/Гц/			50 \pm 2%		
Управляющее напряжение	у/В/			\pm 10		
Режим работы				продолжительный		
Климатическое исполнение				нормальное		
Степень защиты	IP			IP00		
Данные двигателя						
Номинальный вращающий момент			17 и 23	13 и 21	35 и 47	47
Максимальная скорость вращения	-1	1500	1000	1000	1500	1500

1.4. Конструкция

Тиристорные преобразователи представляют собой однокоординатные модули, имеющие блочную конструкцию, обеспечивающую оперативную замену блоков и свободный доступ ко всем контрольным точкам и элементам.

В конструктивном отношении преобразователь состоит из тиристорного блока и блока управления.

Блок управления включает четыре платы: „Питание”, „Фазовое управление”, „Логика” и „Регуляторы”.

Тиристорный блок представляет собой два управляемых выпрямителя, исполненных на шестипульсной схеме со средней точкой. Схема тиристорного блока и связь с силовым трансформатором изображены на рис. 1.

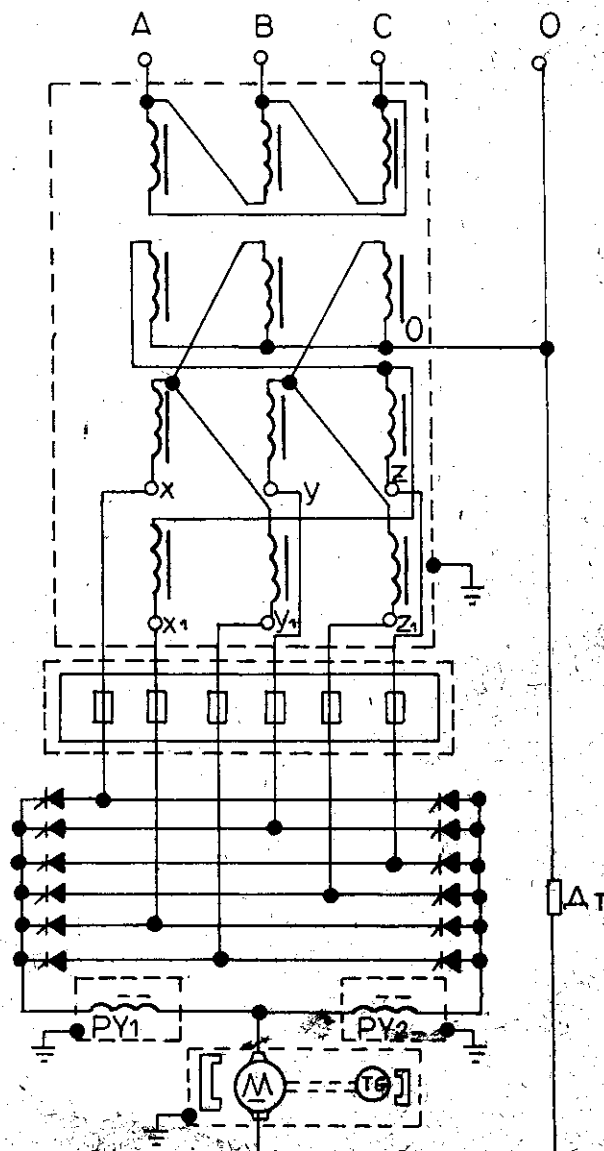
Тип используемых тириستоров Т10-40 для 4АЕВ16; Т10-80 для 8АЕВ16. Для защиты тиристоров от коммутационных перенапряжений параллельно к каждому тиристоры подключены РС-группы.

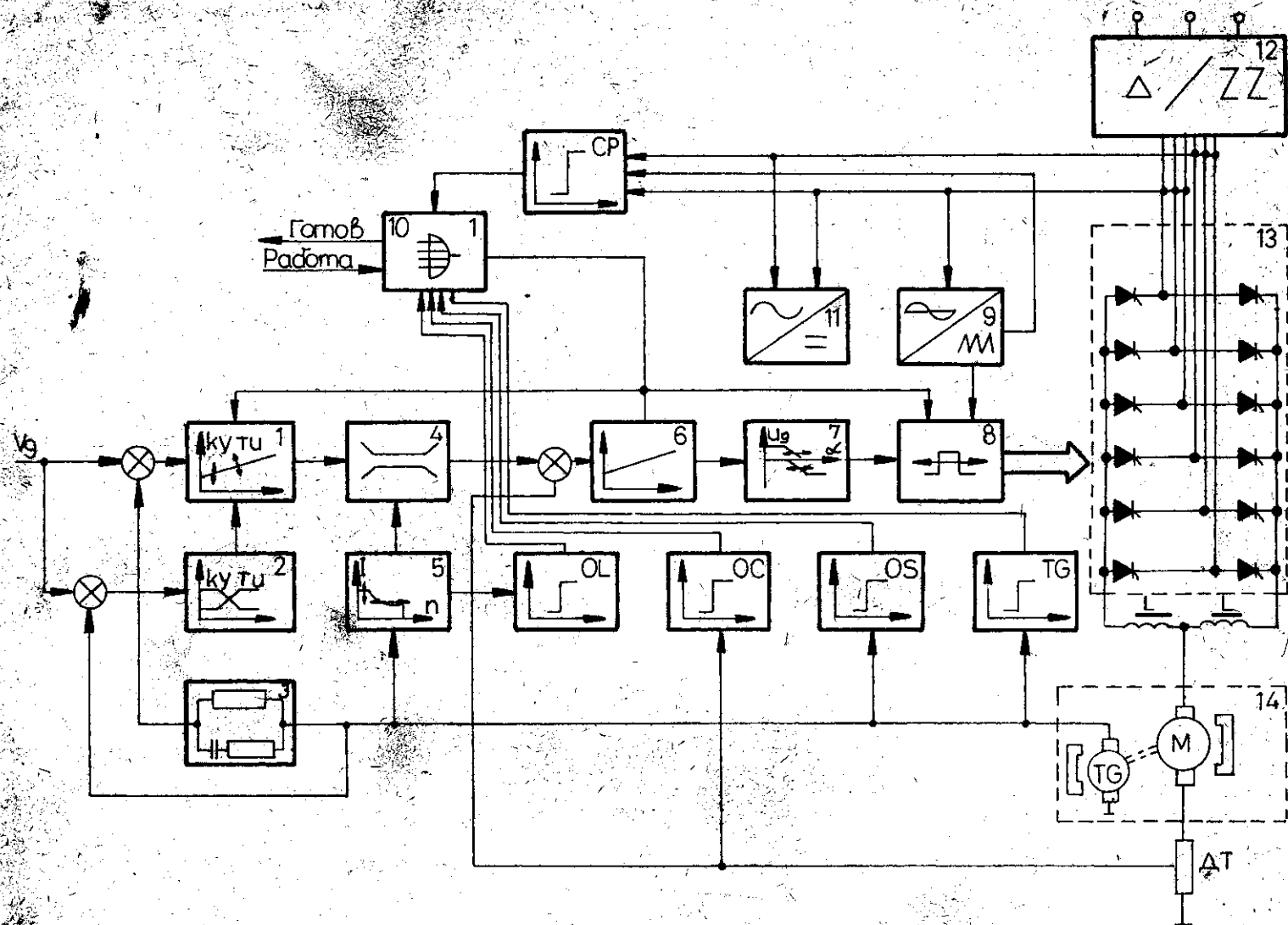
1.5. Устройство и принцип работы.

Электропривод представляет систему автоматического регулирования скорости вращения высокомоментного двигателя, выполненную по двухконтурной схеме с подчиненным регулированием, обеспечивающую высокие статические и динамические показатели.

На рис. 2 изображена структурная схема привода:

1. Регулятор скорости /РС/
2. Адаптация регулятора скорости
3. Корректирующее звено
4. Токоограничение
5. Динамическое токоограничение
6. Регулятор тока /РТ/
7. Узел регулирования уравнивающего тока
8. Блок формирования управляющих импульсов
9. Блок синхронизации
10. Блок логики
11. Блок питания
12. Силовой трансформатор





13. Силовой управляемый выпрямитель

14. Агрегат двигателя:

М — высокомоментный электродвигатель постоянного тока

Т — тахогенератор

уравнительные дроссели

ДТ — датчик тока

СР — защита от падения фазы, неправильного соединения вторичных обмоток силового трансформатора, падения пилообразного напряжения и падения питающего напряжения — 30V.

ОС — защита от превышения максимального тока и спада обратной связи по току.

ОС — защита от превышения максимальной скорости

TG — защита при отсутствии обратной связи по скорости

OL — защита от перегрузки электродвигателя во время работы.

Регулятор скорости пропорционально-интегральный /ПИ/ и состоит из операционных усилителей с независимой настройкой пропорционального и интегрального коэффициента и константы времени регулирования. Предусмотрена возможность плавного изменения параметров регулятора с целью облегчения настройки электропривода.

Обратная связь по скорости осуществляется тахогенератором /TG/. Для изменения коэффициента усиления в зависимости от скорости в узле адаптации используется широтно-импульсная модуляция. Предназначение корректирующих звеньев /З/ — улучшение динамических параметров электропривода.

Ограничение тока осуществляется на выходе регулятора скорости по принципу ограничения напряжения /задания тока/.

Динамическое токоограничение — функция скорости вращения двигателя и осуществляется по принципу ограничения напряжения на выходе регулятора скорости в соответствии с коммутационной кривой электродвигателя.

Регулятор тока также пропорционально-интегральный. Его выход связан с входом узла определения и регулирования уравнительного тока.

Управление тиристорами осуществляется схемой фазового управления, исполненной по вертикальному принципу с линейными опорными напряжениями. Она состоит из трех одинаковых каналов, включающих блок синхронизации и блок формирования управляющих импульсов.

Блок формирования управляющих импульсов одновременно распределяет импульсы для управления тиристорами. При неисправности блок „Логика” подает сигнал, запрещающий работу посредством блокирования импульсов.

Предназначение блока „Логика” — следить за правильной работой электропривода и предотвращать аварии.

Нормальная работа осуществляется по пути блокировки регуляторов одновременно с блокировкой управляющих импульсов.

Защиты реагируют на:

— неправильную группировку фаз на входе преобразователей (СР).

— падение фазы /СР/

— исчезновение линейного опорного напряжения /СР/

— спад обратной связи по току /ОС/ и скорости /TG/

— превышение максимального тока электродвигателя /ОС/

— превышение максимальной скорости /ОС/

— продолжительность работы с максимально допустимым током /OL/.

Уровень срабатывания защит ОС и ОС определяется типом электродвигателя и регулируется заводом, комплектующим электроприводы.

Настройка защиты OL зависит также от типа электродвигателя и выбирается так, чтобы защита срабатывала при реверсе макс. оборотов электродвигателя с дополнительным инерционным моментом:

Таблица 2

Номинальный вращающий момент	Nm	13 и 21	17 и 23	47 и 70	100
Инерционный момент	кгм ²	0,015	0,015	0,030	0,125
Скорость срабатывания	OL _{мин} ⁻¹	800	800	1200	1200

Срабатывание защит и нормальное состояние электропривода регистрируются световой индикацией. Пуск электропривода после срабатывания какой-либо защиты и восстановление нормального состояния возможны лишь после повторной подачи сигнала, разрешающего работу. Питание осуществляется двумя стабилизированными выпрямителями, обеспечивающими выходные напряжения ± 15 В; 24 В; и -30 В. Для стабилизации напряжений ± 15 В используются универсальные интегральные стабилизаторы напряжения типа МАА723. В питающем блоке предусмотрена защита от падения напряжения -15 В. При падении этого напряжения ниже определенного уровня блокируется и подача напряжения $+15$ В. Для питания блока управления и синхронизации используются одни и те же трансформаторы. Данные их обмоток приведены на рис. 3, а на рис. 4 показана их связь.



Трансформатор питания 4 АЕВ 16 8 АЕВ 16, 70 и				
Обмотка	Выводы	Напряжение	Обмот.	данные
	N	V	обмотки Вт	провод, Ø
H1	11-12	120	1580	Ø 0,13
	12-13	160	520	Ø 0,13
H2	21-22	26	342	Ø 0,22
	22-23	26	342	

Рис. 3

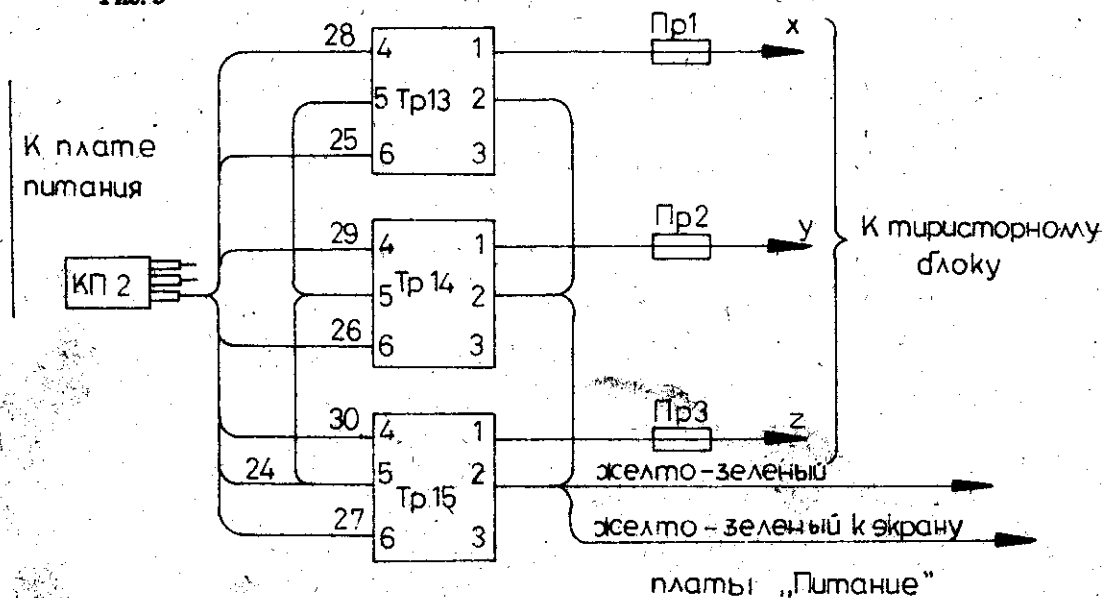


Рис. 4

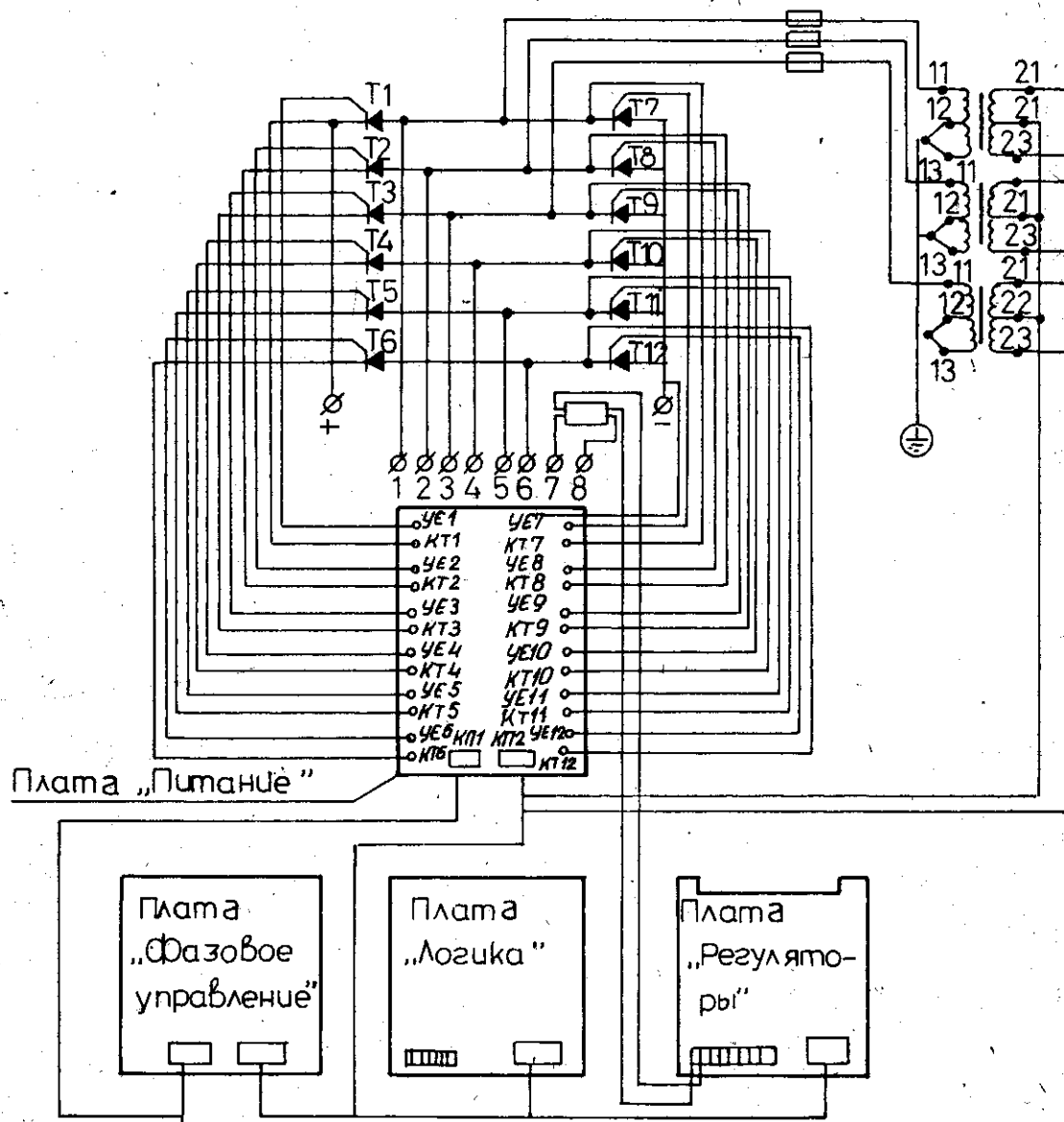


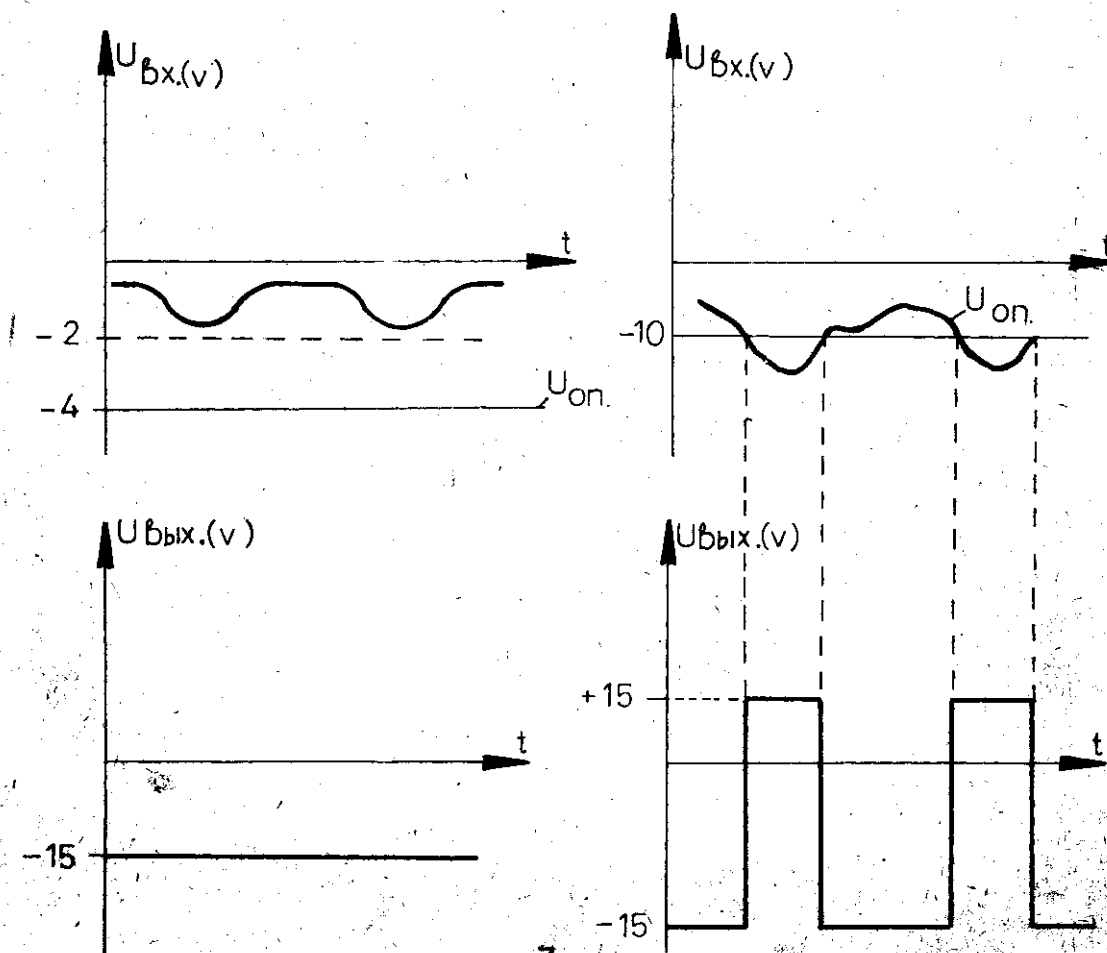
Рис. 5

На осц. 10^а показана осциллограмма суммы пилообразных напряжений, когда три генератора работают нормально, а на осц. 10^б — напряжение базы VT65, которое колеблется приблизительно $-0,7\text{В}$. Видно, что в этом случае VT65 остается насыщенным. На осц. 11 показаны те же самые напряжения, когда один из генераторов вышел из строя. На время, означенное t_3 , потенциал базы VT65 остается положительным и меньшим по модулю, чем $-0,6\text{В}$, вследствие чего VT65 запирается, потенциал коллектора поднимается, и напряжение инвертирующего входа компаратора становится по модулю более опорного напряжения, вследствие которого D41 насыщается в положительном направлении. VT66 насыщается, причем потенциал базы VT67 снижается, вследствие чего он насыщается. Через цепи $+15\text{В}-\text{VH2}-\text{VT67}-\text{R227}$ протекает ток, и VH2 загорается. Потенциал K68 становится приблизительно $+13,5\text{В}$, и VH1-ON гаснет. Так как VT66 насыщен, напряжение базы VT68 становится отрицательным, транзистор запирается, и VH3-RD тоже гаснет.

б/ Защита от падения фазы

Узел защиты и его действие были рассмотрены выше. Сигнал подается на XT5-22 и наблюдается на I 65, через делитель R219-R220 перебрасывается непосредственно к инвертирующему входу компаратора на D41. Если уровень сигнала по модулю превышает опорное напряжение, компаратор насыщается в положительном направлении. Далее действие защиты такое же, как в п. 3а. Процесс можно иллюстрировать осц. 12.

При падении питающего напряжения 30В , компаратор насыщается в положительном направлении вследствие поданных на инвертирующий вход отрицательных напряжений.



Общая схема связи в преобразователях приведена на рис. 5.

Для управления тиристорами используются блокинг-трансформаторы. Их обмотки даны на рис. 6.

Платы соединены ленточным проводом. Кабельная форма дана на рис. 7.

Принципиальные схемы плат даны в приложении 1.

Обмотка	Вывод	Число обмоток	Размер Φ
I	1-2	150	0,125
II	3-4	80	0,125

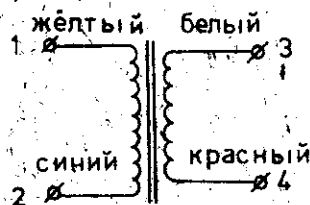


Рис. 6

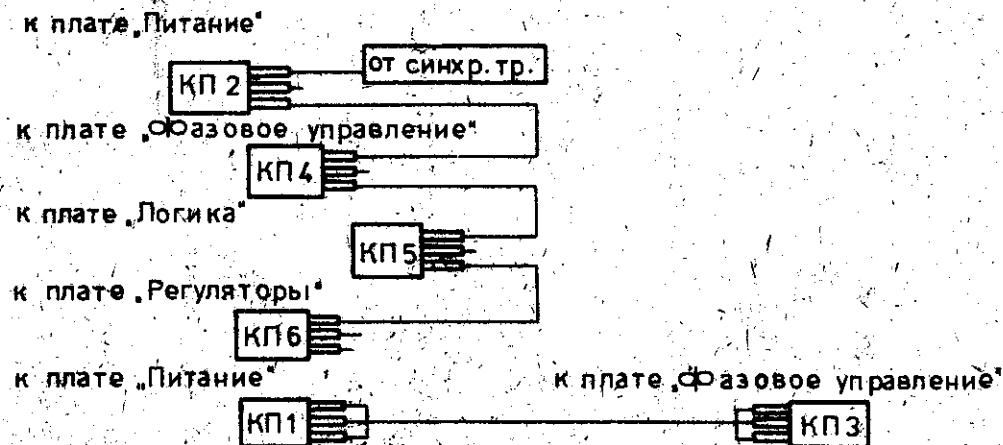


Рис. 7

1.6 Электрический монтаж.

Общая схема электромонтажа показана на рис. 8.

Ряд клемм /кл. 1/, данный пунктиром, находится на плате „Логика”. При выполнении связи необходимо иметь в виду следующее:

- не запитывать провод к клемме 9 /кл./; это нужно произвести при пуске электропривода;
- использовать кабели и провода возможно меньшей длины;
- экранированные провода тахогенератора и управляющего напряжения помещаются отдельно от силовых цепей /в отдельной металлической кабельной оболочке/;
- при выполнении электрического монтажа еще раз проверить спайку и механическую связь.

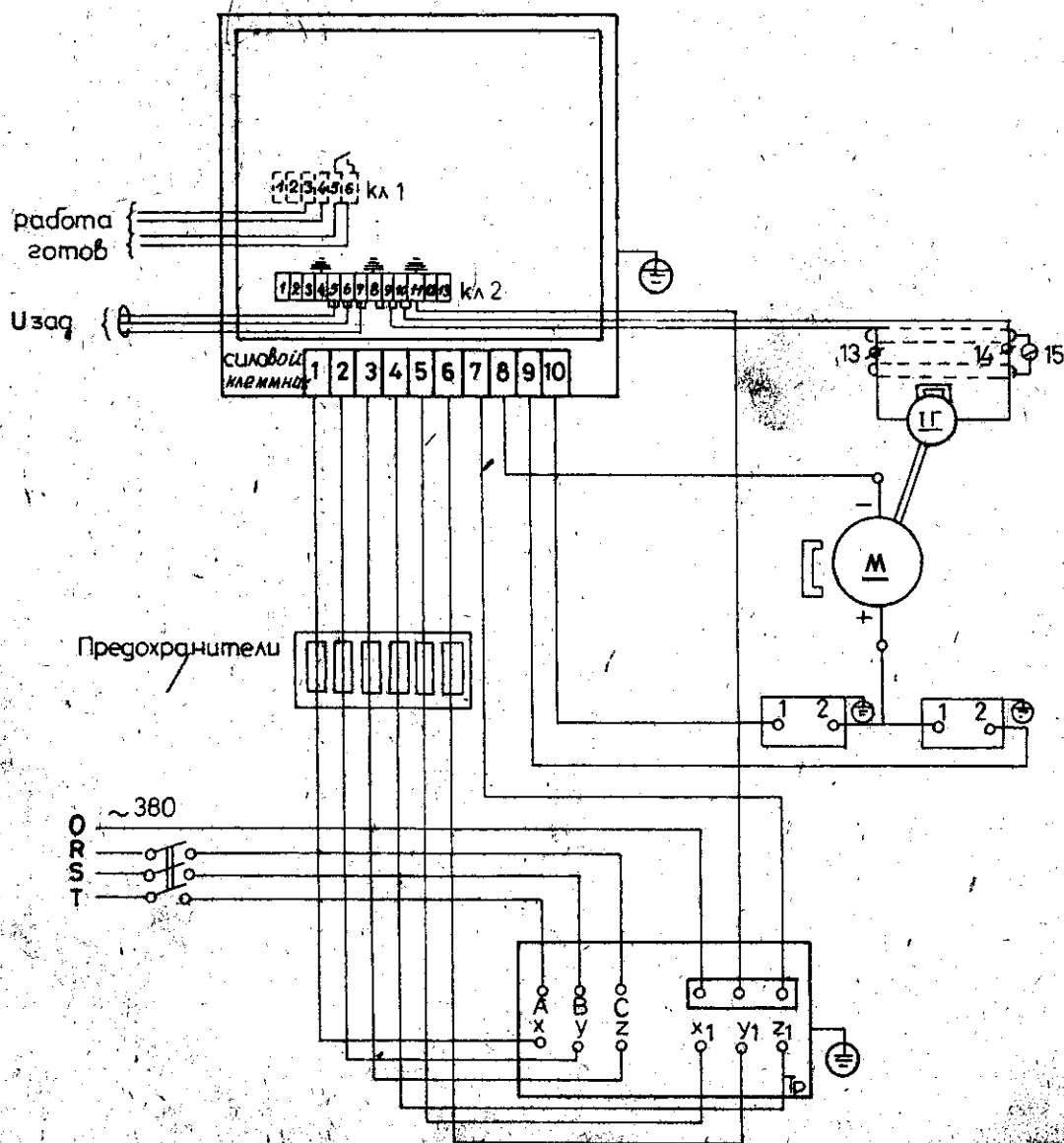


Рис. 8

II. Плата „Питание и управление тиристорами”

Питающий блок обеспечивает необходимые для работы преобразователя напряжения $\pm 15\text{В}$; $+24\text{В}$ и -30В . Они измеряются в отношении контрольной точки 121, которая соединена через ХТ2-24 со средней точкой вторичных обмоток питающих трансформаторов TV13, 14 и 15 с помощью выпрямителей, выполненных на диодах V 17÷28 /КД1113/. Напряжения TV 13, 14 и 15, поступающие на соединитель ХТ2-25, 26, 27, 28, 29, 30, выпрямляются и фильтруются /С15, С16/. Для получения напряжения -30В используется группа VD 29, R59 и С 14. Оно измеряется на П17 и подается ХТ2-6. Напряжение $+24\text{В}$ получается соответственно от группы R41, VD30, VD31 /6NZ70/ С17 и R42, VD32, VD33, С18. Напряжение $+24\text{В}$ подается на ХТ2-7. Для получения $\pm 15\text{В}$ используются два интегральных стабилизатора напряжения МАА723. Напряжения настраиваются в необходимых границах $15\text{В} \pm 0,1\text{В}$ посредством подбора сопротивлений R49 и R59.

В блоке питания имеются следующие защиты:

- защита против короткого замыкания на выходе. Используется встроенная защита интегральной схемы МАА723. Ток срабатывания защиты задается резисторами R47 и R54.

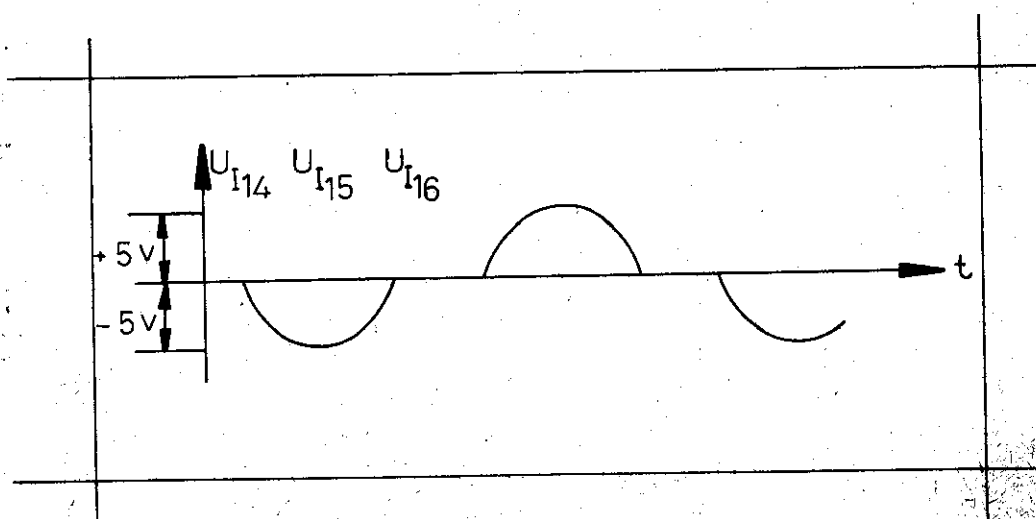
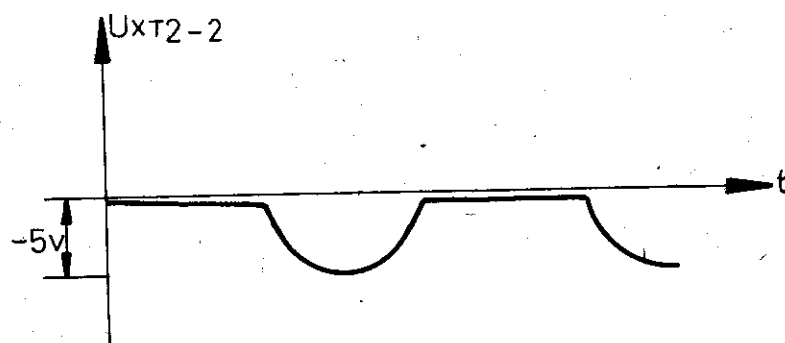
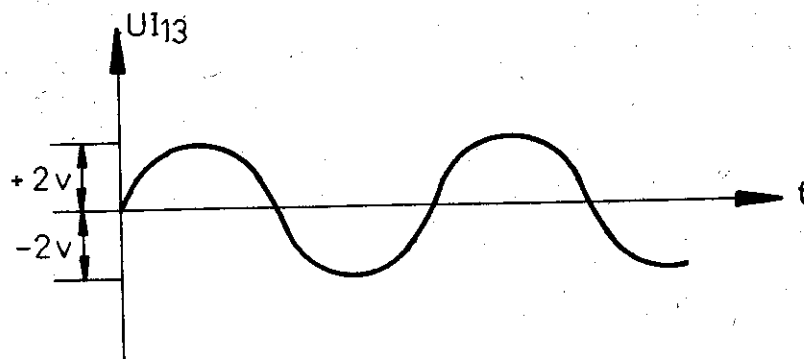
- защита против падения отрицательного источника напряжения. Выполнена на R44 и VT1. При падении отрицательного напряжения на базу VT1 подается положительный потенциал, он насыщается, т.е. укорачивается источник опорного напряжения на положительном стабилизаторе.

- защита от превышения питающих напряжений выше значений, опасных для использования операционных усилителей. Она выполнена на диодах Зенера VD35 и VD36 /KZ 260/18/. При неисправности выходные напряжения ограничиваются 18В.

Для гальванического разделения схемы, формирующей управляющие импульсы от силового управляемого выпрямителя, используются 12 шт. импульсных трансформаторов. Их первичные обмотки включены в коллекторную цепь конечных транзисторных ключей VT25, VT26, VT30, VT31, VT36, VT41, VT42, VT47, VT48, VT52 и VT53 платы „Фазовое управление”, причем посредством них подается $+24\text{В}$ от М2 к транзисторам. Их вторичные обмотки связаны с управляющим электродом и катодом соответствующего тиристора. В каждой вторичной цепи к управляющему электроду подключен диод для пропускания положительных управляющих импульсов и ограничительного сопротивления /VD1÷12 и R1, R2, R5, R6, R9, R10, R13, R14, R17, R18, R21, R22/. Между катодом и анодом каждого тиристора включены R-С группы против самоотпускания тиристоры /C1÷C12 и R3, R4, R7, R8, R11, R12, R15, R16, R19, R20/. На плате находится узел, который дает информацию о правильном построении и наличии силовых и питающих переменных напряжений. Узел реализован с помощью R26÷R40 и VD13÷VD16.

На R28, R33 и R38 подаются три силовых фазы от катодов тиристоры 10, 11 и 12, а на ХТ2-28, ХТ2-29 и ХТ2-30 вторичные напряжения от синхронизирующих трансформаторов 13, 14 и 15.

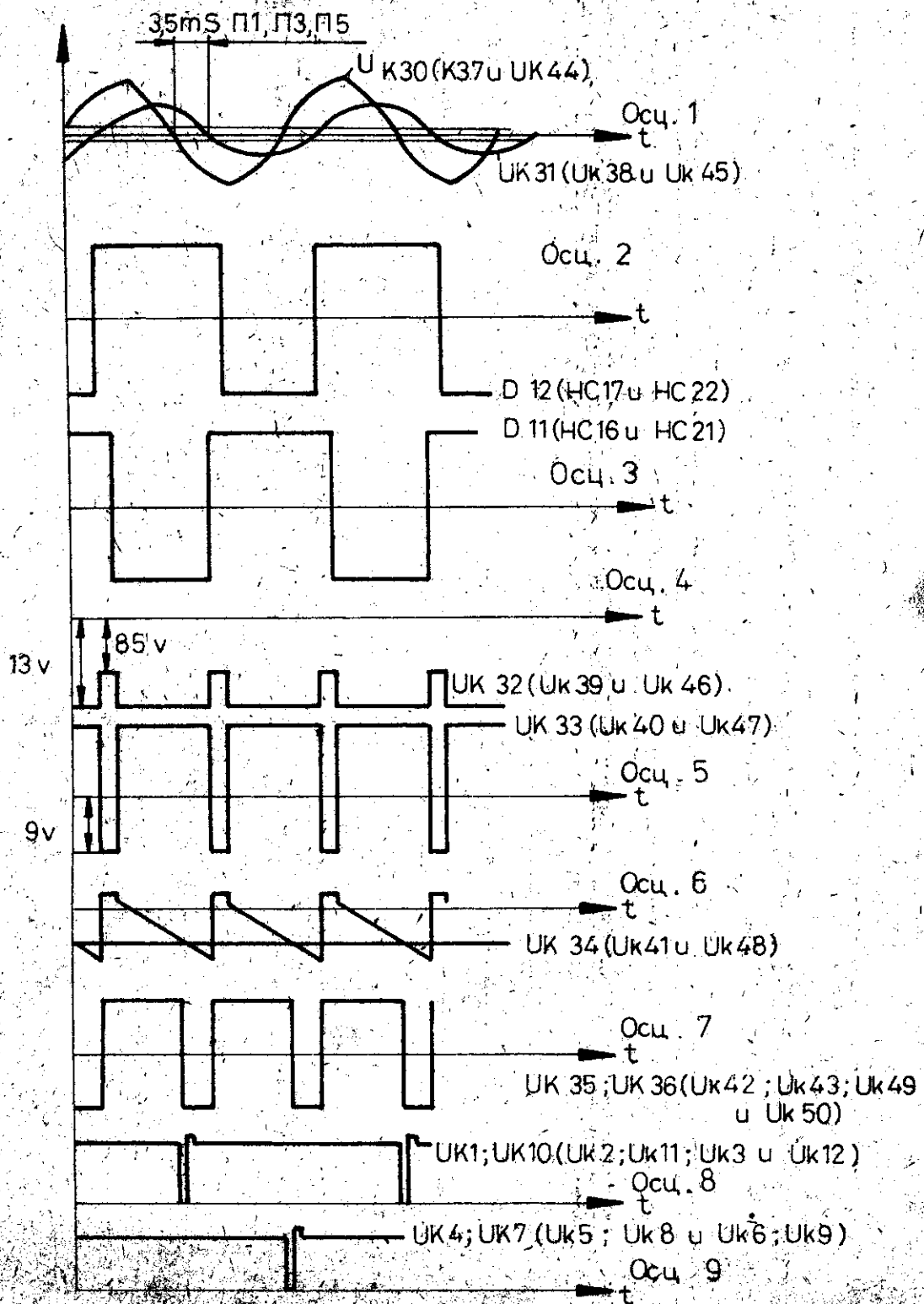
Необходимо, чтобы напряжения ХТ2-28 и V10, ХТ2-29 и П11, ХТ2-30 и П12 находились в противофазе. При наличии всех напряжений в контрольных пунктах наблюдаются следующие осциллограммы:



Узел рассчитан таким образом, что если напряжения не находятся в противофазе, вместо вычета получается суммирование напряжений и соответственно сигнал большей амплитуды. Если недостает какого-либо из напряжений, то аналогично не следует вычета, и соответственно будет получен сигнал большей амплитуды, чем -5В платы „Логика”.

III. Плата „Фазовое управление”

Плата „Фазовое управление” — основная часть блока преобразователя. На ней сосредоточено управление силовым блоком преобразователя. Фазовое управление осуществляется по вертикальному принципу с линейным изменяющимся опорным напряжением. Управление состоит из трех одинаковых каналов, соответствующих фазам напряжения /R, S, T/ от питающего трансформатора. Один канал включает: дефазирующую RC группу, два компаратора, которые приводят в действие генератор линейно изменяющегося напряжения /ГЛИН/, два компаратора с соответствующими транзисторными ключами для формирования управляющих импульсов, поступающих к тиристорному выпрямителю. Ввиду того, что между каналами нет разницы, мы рассмотрим только один-канал фазы R. Он включает интегральные схемы D11÷D15 и транзисторы VT 21÷VT31. От вторичной обмотки Tr 13 подается напряжение с фазы R пера 28 соединителя 4/XT4 -28/. Этот сигнал дефазирруется RP1, R81 и C51 на $66^\circ / 3.5 \text{ м. сек.}$ и подается на входы компараторов D11 и D12. См. осц. 1. Фазовая разница регулируется потенциометром RP1. Постоянное опорное напряжение получается от делителей R169, R170, R171, R172. Для компаратора D11, который приводится в действие положительным полупериодом синусоидального напряжения, оно равно 200 мВ и подается на неинвертирующий вход, а для компаратора отрицательного периода D12 — оно равно -200 мВ и подается на инвертирующий вход. Их выравнивание по абсолютному значению производится посредством потенциометра RP7. На выходах компараторов получается прямоугольное напряжение с амплитудой, близкой к питающему напряжению $\pm 15 \text{ В. осц. 2 и 3/}$. Их отрицательная часть подается посредством диодов VD51 и VD52 к базе транзисторного ключа VT21, в результате чего на коллектор подается импульсное напряжение частотой 100 Гц /осц. 4/. Когда VT21 заперт на инвертирующий входы D13 через RP2 и R86 подается +15В, в результате чего D13 начинает интегрировать с константой времени, определяемой RP2, R86, C60. Перед насыщением операционного усилителя /к минусу/, насыщается VT21, так как эмиттер не укреплен -9В /осц. 5/. Получается посредством вычета от -15 В спада на VD132 — /стабилитрон 5.6 В/. Это напряжение подается на инвертирующий вход D13 через R87 /приблизительно двух порядков меньше, чем RP2, R86 и VD53. D13 начинает интегрировать к плюсу, пока на его выходе не получится напряжение записания VD54 /шунтирующий C60/ и не произойдет включение отрицательной обратной связи R98. Таким образом формируется линейное изменяющееся /пилообразное/ напряжение фазы R-см. осц. 6. Величину его амплитуды можно регулировать через RP2, она приблизительно равна -9В. Пилообразное напряжение подается на инвертирующий вход компараторов D14 и D15 и является опорным для них, на неинвертирующие их входы поступает отрицательное напряжение от выходов соответствующих суммирующих усилителей D27 и D28. Пособством транзистора VT54, соединенного как эмиттерный повторитель, задается постоянный положительный уровень их входов. На их входы подается также и сигнал динамического токоограничения XT4-1 через R181 и R179, которые имеют значение 1 мом. При отсутствии сигнала от регулятора тока /XT4-10/ на выходах D27 и D28 обеспечиваются одинаковые напряжения приблизительно -6В. Их значение регулируется посредством RP8. Они, при сравнении с опорным напряжением, вызывают одновременно переключение компараторов D14 и D15. Так как те же самые процессы осуществляются и в других двух каналах фазового управления, тиристоры анодной и катодной групп силового выпрямителя открываются при одном и том же угле. Это приводит к протеканию начального тока через двигатель. Уменьшение напряжения по модулю на выходах D27 и D28 ведет к раннему отпиранию тиристоров, и затем к большому начальному току. Появление сигнала от регулятора тока /XT4-10/ вызывает противоположные изменения уровня выходов на D27 и D28. Так, например, при положительном сигнале от регулятора тока на выходе суммирующего усилителя D27 получается повышение, а на D28 понижение. Это происходит в результате того, что входной сигнал от регулятора тока D28 инвертируется инвертирующим повторителем, выполненным на D26, т.е. на D27 получается суммирование сигнала от эмиттерного повторителя и регулятора тока, а на D28 — вычет. Это изменение уровня D27, D28 компараторов D14 и D15 является причиной изменения момента их переключения, а именно D14 отстает, а D15 опережает. Аналогичным изменением двух других каналов достигается более раннее отпирание тиристоров катодной группы и опоздание тиристоров



анодной группы. Это изменение состояния равновесия со своей стороны вызывает возрастание положительного и уменьшение отрицательного тока двигателя до его разворота. При сигнале выше определенного значения регулятора тока опоздание D14 и аналогичных двух других каналов таково, что тиристоры анодной группы перестают отпираться, и ток через них не проходит. Отрицательное напряжение XT4-10 /от регулятора тока/ приводит к изменению в обратном порядке: уровень выхода D27 уменьшается, а D28 увеличивается /по абсолютному значению/, компаратор D14 опережает, а D15 отстает, с переключением, тиристоры одной группы открываются раньше, а тиристоры катодной группы позже, т.е. ток посредством якоря двигателя меняет свое направление, соответственно меняется и направление вращения двигателя. Формирование управляющих импульсов производится дифференцирующими цепями после компараторов, причем D14 соответствует 057, R90.

Положительные импульсы через R 91 отпирают транзисторный ключ VT22. Импульсы от коллектора VT22 через R93 и R94 отпирают VT23 и VT24, эмиттер которых укреплен +9В /VD133/, если нет запрещения об этом. Запрещение в отношении импульсов VT23 и VT24 имеет место в следующих случаях:

- когда не подан сигнал о работе платы „Логика” XT1-8 +15В для запираания VT55, в противном случае VT55 насыщен и через VD58 и VD56 запрещается насыщение VT23 и VT24.
- для VT23, когда компаратор D11 имеет на своем выходе положительное напряжение, т.е. при отрицательном полупериоде синхронизирующего напряжения; тогда работает VT24, подавая управляющий импульс тиристорам, связанному в противофазе.
- Для VT24, когда компаратор D12 имеет на своем выходе положительное напряжение, т.е. при положительном полупериоде синхронизирующего напряжения — осц. 7,8 и 9.

Импульсы VT23 и VT24 отпирают транзисторные ключи VT25 и VT26, в коллекторную цепь которых включены первичные обмотки импульсных трансформаторов, находящиеся на плате „Питание и управление тиристорами” — осц. 8, 9. Их вторичные обмотки соединены с управляющими электродами соответствующих тириستоров. Аналогичным способом работают и остальные каналы. О наличии пилообразных опорных напряжений трех фаз сигнализирует плата „Логика”. Сигнал поступает на перо 9 соединителя XT4 /XT4-9/ через диоды VD66, VD93, VD120 от соответствующих генераторов линейно-изменяющегося напряжения D13, D18 и D23.

IV. Плата „Логика”

IV.1. Плату „Логика” можно изобразить структурной схемой /рис. 9/, на которой показаны следующие функциональные узлы: плата „Регуляторы” плата „Фазовое управление” плата „Регуляторы” плата „Питание”, плата „Фазовое управление”

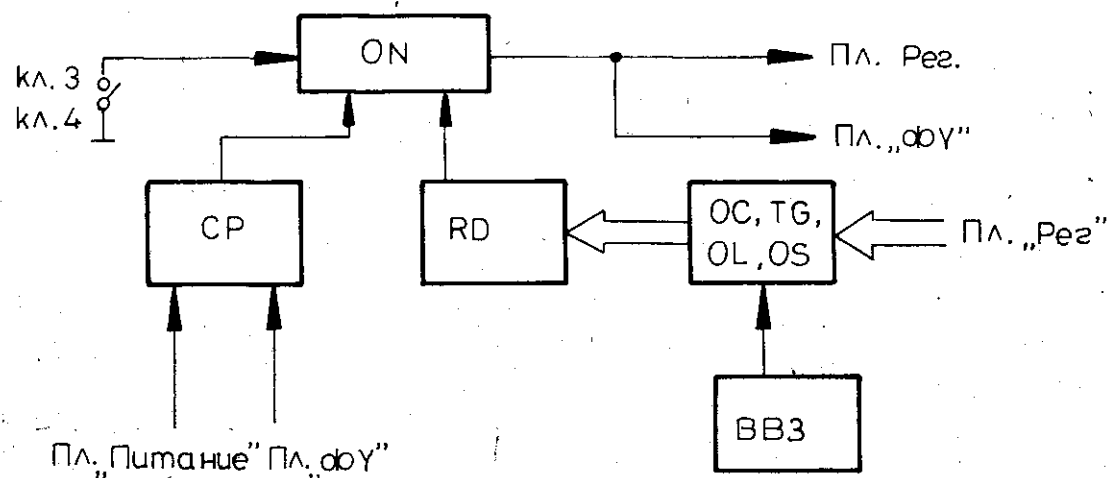


Рис. 9

ON — узел „Работа”

RD — узел „Готовность”

CP — узел защиты от падения пилообразного напряжения, питающих напряжений и неправильной связи.

OC, TG, OL, OS — узел привода защит:

OC — защита от превышения максимального тока и падения обратной связи по току.

OS — защита от превышения максимальной скорости

TG — защита при отсутствии обратной связи по скорости.

OL — защита от перегрузки электродвигателя во время работы

BB3 — узел восстановления защит

IV.2. Действие отдельных функциональных узлов

— Узел „PD”

При включении питающего напряжения начинает работать светодиод VH2-CP, который после 0,5 сек. гаснет, и зажигается светодиод VH3-PD, который показывает, что преобразователь готов к работе. Опоздание 0,5 сек., и включается RD, определяет время заряжения компаратора C153 и дает возможность установления всех напряжений в преобразователе. Светодиод RD следует приработать, если все напряжения — в пределах определенных границ и нет сработавших защит. Схематически это достигается посредством управления VT68. При наличии всех питающих напряжений и отсутствии сработавших защит делитель R232, R231 и R230 рассчитан так, что напряжение базы VT68 такое, что транзистор насыщен, при этом через VH3 и VT68 протекает ток, и светодиод RD зажигается. При этом закрывается контакт рид-реле K1, выведенный на клеммы 5 и 6 кл. 1, что является информацией для управляющего устройства о том, что преобразователь готов к работе.

При срабатывании любого отрицательного выхода, потенциал базы VT68 снижается в достаточной мере для запирания VT68, и VH3 гаснет.

— Узел „ON” — „Работа”

При замыкании связи между клеммами 3 и 4, если преобразователь функционирует нормально, приблизительно через 0,5 сек. зажигается VH1—0.

Узел реализован посредством трехходовой схемы „И” — НЕ”, выполненной на диодах VD204, VD205, VD206 и VT62, которая управляет VT63 и обеспечивает возможность работы. Из схемы видно, что для того, чтобы светилось VH1 и была обеспечена готовность работы плат „Фазовое управление” и „Регуляторы”, VT63 должен быть насыщен. Для этого следует запереть VT62. Делитель напряжения R208-R210-R211 рассчитан так, что напряжение на базе VT63 изменяется приблизительно от -2В /когда VT62 насыщен до + 0,7В, когда VT62 заперт/. В первом случае VT63 заперт, а во втором насыщается. Чтобы отпереть VT62, необходимы следующие три условия:

а/ Клеммы 3 и 4 ряда клеммника X1 соединить с массой.

б/ VH3 должен светиться, т.е. VT 68 должен быть насыщен.

в/ VH2 не должен светиться, т.е. VT67 должен быть насыщен.

Если условия „б” и „в” выполнены, можно сказать, что все узлы преобразователя функционируют нормально. Если три условия выполнены, напряжение анодов VD204, VD205 и VD206 приблизительно равно нулю. Делитель R206—R207 рассчитан таким образом, что напряжение базы VT62 равно приблизительно -4,5В, вследствие чего VT62 заперт. Если одно из трех условий не выполнено, напряжение на входе соответствующего диода поднимается, и он запирается, потенциал базы VT62 поднимается и он насыщается, т.е. реализуется функция „И” — НЕ”. Опоздание 0,5 сек., после чего загорается VH1, определяется временными константами цепи 209—C151. VT63 управляет тиристорным ключом VT64, который со своей стороны управляет транзисторными ключами VT55 платы „Фазовое управление” и VT102 платы „Регуляторы”.

— Узел „CP”

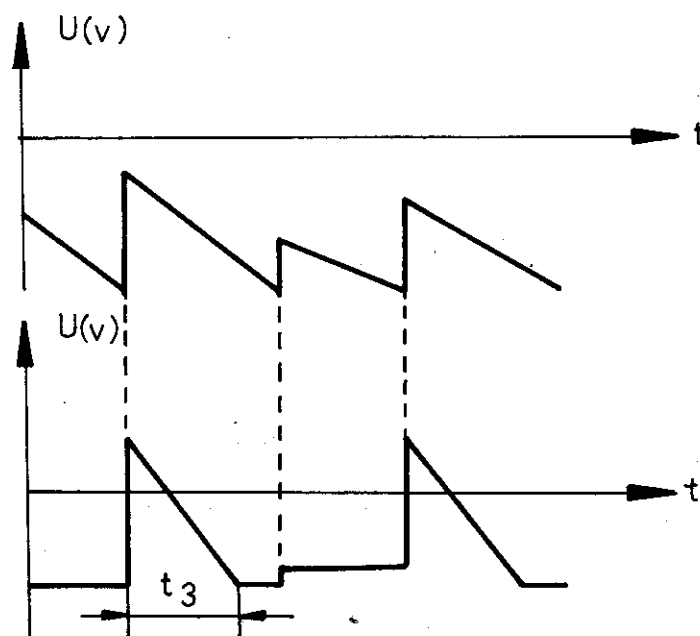
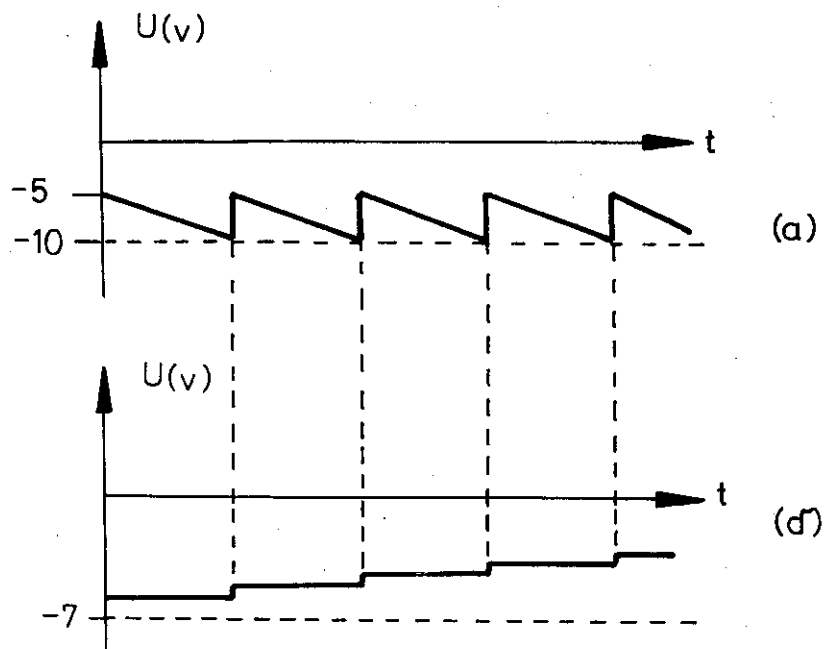
Как было упомянуто выше, этот узел реализует защиты „падение фаз”, „падение пилообразного напряжения” и „неправильная связь”.

а/ Защита от падения питающих фаз пилообразного напряжения.

Причины выхода из строя некоторых генераторов пилообразного напряжения могут быть самые разные, но в результате операционные усилители насыщаются в отрицательном направлении или устанавливаются около нуля вследствие привода ООВ, как было рассмотрено в предшествующей главе.

В первом случае в т. 163 наблюдается это отрицательное напряжение: делитель R217-R216 рас-

считан таким образом, что напряжение базы VT65 равно -0.75В , при котором VT65 насыщается. В этом случае компаратор, реализованный на D41, остается насыщенным в отрицательном направлении, т.е. защиты не действуют. Для выяснения второго случая можно рассмотреть следующие осциллограммы:



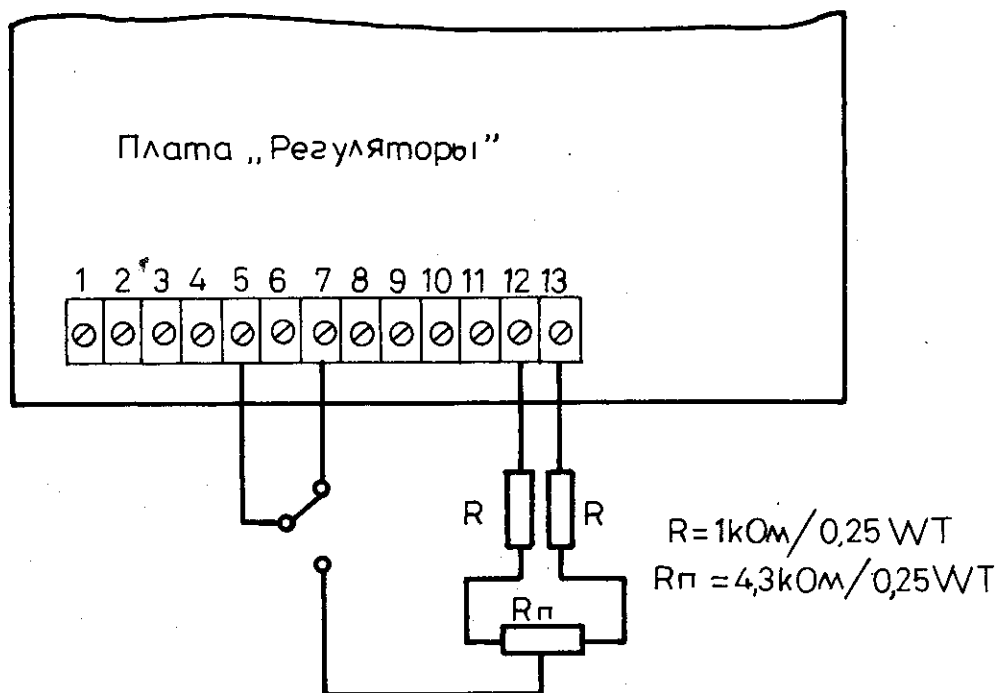


Рис. 12

Проверка может быть произведена при включенной плате „Работа“ при помощи цифрового мультиметра и осциллоскопа. Усилитель настроен заводом-изготовителем, потенциометры RP23 и RP24 пломбированы. Настройку делают только при авариях.

При помощи цифрового мультиметра измеряется напряжение I113 платы „Регуляторы“ при короткозамкнутых клеммах 1,2 и 4X2. Напряжение I113 должно быть равным нулю. Настраивается с помощью RP24.

Проверка затухания синфазного сигнала осуществляется при помощи осциллоскопа и генератора синусоидального напряжения частотой 300 Гц и амплитудой 1В, который соединен с клеммами 1 и 2/X2/.

Короткозамкнутых в отношении клеммы 4/1. С помощью осциллоскопа наблюдают за напряжением I113. С помощью потенциометра RP23 колебания уменьшаются до минимума.

Проверка и настройка ДУ управляющего напряжения.

При работе с дифференциальным входом необходимо проверить настройку входного ДУ. Для этой цели отпаиваются мосты M23 и M25, и запаивается M24. Клеммы 5 и 7 или 6 и 7 короткозамкнуты в отношении массы /X4 или X11/. На ряд клемм 2 подается напряжение +1В, и при помощи цифрового мультиметра измеряется напряжение 0В на мостике M24. При изменении напряжения от +1В до -1В, напряжение на M24 не должно изменяться более чем 0,1В. Настройка производится потенциометром RP15.

— Настройка защиты от превышения максимального тока двигателя — ОС.

— Узел „ОС”

Защита реагирует на превышение максимального тока и прерывание ОВ по току. Сигнал, приводящий в действие защиту, подается непосредственно к инвертирующему входу компаратора, реализованного на D42, от выхода D73 платы „Регуляторы”. На инвертирующий вход подается опорное напряжение, которое посредством потенциометра RP10 настраивается для соответствующего типа тиристорного преобразователя.

Если максимальный ток находится в определенных границах, он не превышает опорного напряжения, и компаратор насыщается в отрицательном направлении. Делитель напряжения R239-R240-R241-R242 рассчитан так, чтобы напряжение базы VT70 приблизительно равнялось — 2В, и при этом он заперт. Если получится максимальный ток выше допустимого, компаратор работает в положительном направлении. Диод VD216 отпирается, и положительный уровень поступает на вход триггера, выполненный на транзисторах VT70 и VT71. Напряжение базы VT70 становится около +0.7В, он насыщается, потенциал базы VT71 снижается, и VT71 также насыщается. Через него и через диод VH4 протекает ток, при котором он загорается. При насыщении VT70 напряжение коллектора становится около 0.25В/V-cesa/t диод V127 отпирается, и потенциал базы VT63 снижается, он запирается, а VH3 гаснет. В результате этого гаснет и VH1- „ОН”.

— Узел восстановления защит.

Выполнен на транзисторе VT69 и диодах VD218, VD220, VD222 и VD224. При открытой связи между X1-3 и X1-4 VD203 заперт. Делитель R203-R233-R234 рассчитан таким образом, что V_{be} транзистора VT69 — приблизительно +0.75В, при котором он насыщен. Если в этом положении сработает защита „ОС”, прерывается ООВ по току, VD218 отпирается и через VT69 протекает ток, а напряжение в точках между R240 и R241 — приблизительно +0.7В. При восстановлении ОВ D42 насыщается в отрицательном направлении, а напряжение базы уменьшается до запирающего VT69, т.е. триггер восстанавливает свое первоначальное состояние. При закрытой связи между X1-3 и X1-4 VT69 заперт, так что нет пада напряжения в цепи VD218-VT69. В этом случае и при устранении неисправности триггер не поворачивается в свое исходное состояние. Чтобы он повернулся, следует разорвать связь между X1 — 3 и X1-4, при этом VT62 насыщается. VD218 отпирается, и напряжение базы VT70 снижается, и он запирается, что ведет к запирающему VT71, а VH4 — гаснет.

— Узел „ТГ”.

Реагирует при прерывании ООВ по скорости, при больших пульсациях тахогенератора и при выпадении щеток тахогенератора. Если такой защиты нет, в первом случае получится насыщение регулятора скорости, а во втором недопустимые пульсации тока. Реализован посредством генератора с мостом Вина /D43/. При прерывании ОВ по скорости, он начинает генерировать с синусоидальным напряжением частотой около 2 кГц. Через VD225 в положительных полупериодах компаратор, выполненный на D44, насыщается в положительном направлении, при этом поворачивается триггер защиты. Процесс аналогичен рассматриваемому в узле „ОС”.

— Узел „ОЛ” и узел „ОС”

Их действие аналогично действию узла „ОС”. Сигналы, приводящие защиты, поступают из платы „Регуляторы”. Их формирование будет рассмотрено в следующих главах.

V. Плата „Регуляторы”.

Плата „Регуляторы” должна выполнять следующие функции:

1. Поддержание и регулировка оборотов вращения электродвигателя в широком диапазоне регулирования: 1:10000 при большой жесткости электромеханической характеристики электродвигателя.
2. Обеспечение высокой твердости электромеханической характеристики при небольших /ползучих/ скоростях вращения двигателя.
3. Недопущение превышения максимально допустимой скорости вращения двигателя.
4. Недопущение работы преобразователя при прерывании ОВ по скорости.
5. Ограничение максимального тока, протекающего через цепи электродвигателя с учетом недопущения выхода из строя тириستоров силового блока.
6. Предохранение двигателя от перегрузки во время работы.

Чтобы выполнить свое предназначение, плата „Регуляторы” включает следующие основные блоки и узлы-рис. 2:

- Регулятор скорости /1/
- Регулятор тока /6/
- Корректирующее звено /3/
- Узел токоограничения /4/

- Блок динамического токоограничения /5/
- Блок обеспечения работы преобразователя в режиме адаптации /2/
- Блок защит, включающий: защиту от превышения максимальных оборотов двигателя; защиту от падения ОВ по скорости /связь с тахогенератором/; защиту от превышения максимального тока; защиту от перегрузки двигателя во время работы.

Мы рассмотрим подробно схемное решение и действие отдельных блоков и узлов и работу платы в целом.

Регулятор скорости /РС/ выполнен с операционными усилителями D62, D63 и D64. Его закон регулирования – пропорционально-интегральный /ПИ/. На его вход /X2–5 и X2–7/ подается управляющее напряжение, что задает необходимую скорость вращения двигателя. В этом случае управляющее напряжение подается на вход по отношению к массе, мостик M23 и M25 должны быть запаяны, а мостик M24 отпаян. Активный конец управляющего напряжения клемма X2–5. Сигнал обратной связи по скорости /тахогенератора/ поступает на клеммы X2–9 и X2–10, при этом активным концом является – X2–9, делитель R349, RP14 и R351 проходит через фильтр R350 и C225; корректирующее звено C226, R353 и R352 поступает на инвертирующий вход 62. Фильтр R350, C225 служит для сглаживания пульсаций тахогенератора. Корректирующее звено C226, R353 /„3” в блочной схеме преобразователя/ форсирует и ускоряет поступление сигнала из тахогенератора к РС и предотвращает ударный разворот и остановку двигателя.

Потенциометром RP14 обеспечивается масштабное регулирование скорости, т.е. выбирается часть напряжения тахогенератора, которая должна быть равна заданию, так как эти два сигнала должны быть равны в установленном режиме. В противном случае пропорционально-интегральный РС стремится к насыщению и изменяет скорость вращения двигателя, так что задание и часть напряжения тахогенератора, определяемого положением ползуна потенциометра RP14, становятся равными. В конечном счете становится ясно, что RP14 может изменить обороты двигателя в установленном режиме в небольших границах.

Управляющее напряжение /задание скорости/ поступает через R362 также на инвертирующий вход D62. Операционный усилитель D62 входит в схему инвертирующего сумматора, суммирующего напряжение задания и сигнала ОВ по скорости. Чтобы осуществить отрицательную стабилизирующую обратную связь по скорости, оба сигнала – задания и тахогенератора должны быть в противоположной полярности /дефазированы на 180°. В таком случае они вычитаются алгебраически, и на выходе D62 получается сигнал, равный разнице задания и напряжения тахогенератора, т.е. получается сигнал рассогласования – разница между заданной скоростью и действительной скоростью вращения электродвигателя. Таким образом операционный усилитель D62 реализует пропорциональность закона регулирования. Далее сигнал рассогласования поступает на вход интегрирующего усилителя D63, формирующего интегральную сущность закона регулирования. Время интегрирования D63 определяется RC – группой C228, R366 и делителем R370, R319 и R369, а коэффициент усиления пропорционального усилителя определяется делителем R365, RP17, R367; резистор обратной связи R363 и R362 – усиление задания, R352 – усиление сигнала ОВ по скорости. Сигнал пропорционального усилителя D62 и интегратора D63 через резисторы R372 и R371 соответственно поступает на дифференциальный усилитель D64. Так как интегратор – инвертирующий, пропорциональный и интегральный компоненты рассогласования находятся в противофазе и в дифференциальном усилителе D64 суммируются алгебраически. На выходе D64 появляется результирующий сигнал рассогласования, который формируется по ПИ-закону. Этот сигнал далее подается к регулятору тока, выполненному с операционным усилителем D65. Если необходимо использовать дифференциальный сигнал задания, к регулятору тока подключается и операционный усилитель D61, работающий как дифференциальный усилитель. В этом случае мостик M23 и M25 отпаяны, а M24 запаян. Дифференциальный входной сигнал поступает на клеммы X2–5 и X2–6. Выходной сигнал D61 является разницей между напряжениями клемм X2–5 и X2–6. Потенциометр RP15 служит для настройки максимума коэффициента давления на синфазные сигналы ступени с D61.

Все рассмотренное до сих пор остается в силе при условии, что R354 отпаян. Если R354 запаян, осуществляется отрицательная обратная связь с входом регулятора скорости, и в этом случае в целом регулятор скорости имеет пропорциональный закон интегрирования. R354 запаявается только при первоначальном пуске преобразователя с учетом защиты преобразователя от повреждений при неисправности и дефектах некоторых плат „Регуляторы” и „Фазовое управление”. В нормальном рабочем состоянии R354 отпаявается.

Регулятор тока /РТ/ имеет операционный усилитель D65. Он непосредственно формирует и

интегральный закон регулирования, так как в его обратную связь входит конденсатор C234, а не активное сопротивление. Его выходной сигнал поступает к плате „Фазовое управление” и смещает управляющие импульсы тиристорного блока в одном или другом направлении/ в зависимости от полярности его выходного напряжения/, причем таким образом он регулирует угол отпирания тиристорov и в конечном счете напряжение якоря двигателя. На его вход поступает сигнал регулятора скорости и обратной связи по току.

Сигнал регулятора скорости поступает через R380, а от ООВ по току через резистор R414. Чтобы осуществить отрицательную обратную связь по току, необходимо, чтобы эти два сигнала были противофазными. В таком случае сигнал от РС является заданием тока двигателя. Так как РТ интегральный, эти два сигнала должны быть одинаковы по модулю и противофазе. При нагрузке двигателя сигнал ООВ по току возрастает и превышает сигнал от РС. Тогда на выходе РТ появляется рассогласование, которое стремится уменьшить ток двигателя, т.е. уменьшить напряжение его якоря. Это со своей стороны вызывает стремление к уменьшению скорости и соответственно к рассогласованию РС, на выходе которого сигнал увеличивается, выравнивается по модулю с сигналом ООВ по току и не допускает уменьшения скорости, т.е. вызывает некоторое увеличение напряжения якоря двигателя, которое должно компенсировать возрастание пада напряжения в обмотке якоря двигателя, вызываемого повышенным током якоря.

Глубина ООВ по току регулируется посредством изменения величины резистора R414 с подъемным монтажом. При увеличении значения R414 уменьшается усиление сигнала ООВ по току и РТ /уменьшается глубина ООВ по току/ и увеличивается величина якорного тока в переходном режиме/ в установленном режиме величина тока определяется нагрузкой электродвигателя/.

При первоначальном пуске преобразователя резистор R379 запаивается. Таким образом закон регулирования регулятора тока становится пропорциональным, и уменьшается возможность аварий преобразователя, а также сгорания тиристорov при неисправности плат „Регуляторы” и „Фазовое управление” в случаях неправильного включения преобразователя. При нормальном рабочем режиме R379 отпаивается.

Делитель R376 и R377 не монтируются на плате. При необходимости, заказчик может смонтировать его в предусмотренных для этой цели отверстиях платы. Он служит для подачи определенного начального якорного тока двигателя при нулевой скорости для компенсации соответствующего сопротивительного момента, который действует на вал электродвигателя и является постоянным во времени и не зависит от скорости вращения двигателя.

Параллельно ОУ D63 и D65 связаны MOS-транзисторы VT103, VT104 и VT105, соответственно VT106. Они служат для шунтирования ОВ — ОУ при выключенном сигнале работы „О”. В этом случае на их гейты подается сигнал +15В, канал насыщается, и его сопротивление становится очень небольшим — порядка 1 ком.

Таким образом усиление ОУ становится приблизительно равным нулю, и выходной сигнал тоже приблизительно равен нулю, т.е. не допускается насыщение этих двух интеграторов. В противном случае, при включении сигнала „Работа” /0/ протекает сильный /недопустимый/ якорный ток, и возможна авария в силовом тиристорном блоке.

В рабочем режиме на гейты этих транзисторов поступает сигнал около — 30В, их канал запирается/ с сопротивлением несколько десятков мегаом/, и они не влияют на работу D63 и D65.

Управляющий сигнал этих транзисторов, работающих в ключевом режиме, формируется узлом работы платы „Регуляторы”, выполненным на транзисторе VT102. Он управляется узлом работы платы „Логика”. При включенном сигнале „Работа” на перо 29 соединителя XT-6 базы VT102 подается напряжение +15В. Транзистор VT102 запирается и к гейтам VT103, VT104, VT105 и VT106 через резистор 350 подается напряжение около 30В.

При выключенном сигнале „Работа” к базе VT 102 поступает сигнал с низким потенциалом, он насыщается, на его коллекторе получается напряжение около +14,4В, которое поступает на гейты MOS-транзисторов и насыщает их. Диод VD263, связанный с эмиттером VT102, служит для более надежного запираения транзистора при сигнале +15В к его базе.

Формирование сигнала из ООВ по току производится операционными усилителями D70 и D71, которые вместе выполняют роль дифференциального усилителя с большим коэффициентом подавления синфазных сигналов. Этот дифференциальный усилитель получает сигнал от датчика якорного тока. Через него проходит ток якоря, который значителен, и для некоторых модификаций КЕМРОН/8АЕВ16 и 14АЕВ16/достигает 500А в переходных режимах. Несмотря на то, что соединительные провода датчика якорного тока имеют значительное сечение, при протекании таких сильных токов получается пад напряжения, который может быть

сравнен с полезным сигналом датчика. Это приводит к необходимости использования дифференциального усилителя с большим коэффициентом подавления синфазного сигнала. Потенциометр RP24 служит для нулирования выхода дифференциального усилителя, когда не протекает якорный ток, т.е. для компенсации несимметрий ОУ D70 и D71, а потенциометр RP23 предназначен для настройки максимального значения коэффициента подавления синфазных сигналов ступени, т.е. для выравнивания усиления дифференциального усилителя по двум входам-клеммы X2-2 и X2-1. Активный конец — это клемма X2-2; клемма X2-1 связана с тем концом токового датчика, который со своей стороны связан с нулем питающего трансформатора.

ОУ D72 и D73 реализуют точный двухполупериодный выпрямитель сигнала от ООВ по току. Выходной сигнал этого выпрямителя всегда положительный, он в три раза больше по модулю, чем сигнал ООВ по току, и поступает к плате „Логика” для привода в действие защиты „ОС”; если будет превышен максимально-допустимый ток преобразователя.

Следующий узел, подлежащий рассмотрению, это узел токоограничения. Он выполнен на ОУ D57 и D58. Они получают сигнал с выхода регулятора скорости-контрольная точка T110 через мостик M22 и с узла динамического токоограничения /контрольная точка T105/.

D57 работает как дифференциальный усилитель /ДУ/. С выхода узла динамического токоограничения поступает на его инвертирующий вход отрицательный сигнал через резистор R353, а через резистор R338 к его неинвертирующему входу поступает сигнал от РС. При положительном или недостаточно большом отрицательном сигнале на выходе РС, на выходе ДУ, выполненном на D57, получается положительное напряжение. Диод VD260 на выходе заперт и не действует на РС. При увеличении якорного тока в одном направлении свыше допустимого значения, сигнал на выходе РС /являющегося заданием для якорного тока, как было упомянуто/ получается довольно отрицательным, и на выходе D57 получается напряжение с отрицательной полярностью. Диод VD260 отпирается, и это напряжение поступает непосредственно на вход РС /D62/, изменяя сигнал на выходе РС в направлении уменьшения /по модулю/. Когда этот сигнал уменьшится, на выходе 5 снова получается положительный сигнал, VD260 запирается и прекращается его действие на РС. Если причина высокого якорного тока не перестает действовать, тогда якорный ток снова стремится к увеличению, выходной сигнал РС возрастает в отрицательном направлении, на выходе D57 снова получается отрицательный сигнал, VD260 снова отпирается и снова действует на РС для уменьшения якорного тока. Получаются генерации на выходе D57 с амплитудой около $-0,6\text{В} \div -0,7\text{В}$ и большая частота /несколько килогерц/, пока не будет устранена причина роста якорного тока или не сработает одна из защит.

При увеличении якорного тока в другом направлении, на выходе РС получается сигнал с положительной полярностью, и токоограничение осуществляется D58, который работает как инвертирующий сумматор. К его неинвертирующему входу поступает отрицательный сигнал от узла динамического токоограничения через резистор R334 и сигнал с выхода РС через резистор R340. Если сигнал на выходе РС /контрольная точка T110/ — отрицательный или недостаточно положительный по значению, на выходе D58 делителя R334, R340 получается отрицательный сигнал, т.е. на выходе D58 также имеется отрицательное напряжение, диод VD259 заперт и не действует на РС. Если на выходе РС появится достаточно сильный положительный сигнал /при недопустимо сильном якорном токе/, то напряжение на выходе D58 становится положительным, VD259 отпирается, и сигнал с выхода D58 поступает через мостик M21 непосредственно к входу РС, стремясь уменьшить выходной сигнал РС, а следовательно, и якорный ток. Здесь тоже получают генерации той же частоты и амплитуды $+0,6 \div +0,7\text{В}$ в режиме токоограничения, пока не будет устранена причина роста якорного тока двигателя. В процессе токоограничения важную роль играет узел динамического токоограничения, который выполнен на ОУ D54, D55, D56. Его функция — формировать сигнал на своем выходе /контрольная точка T105/ с отрицательной полярностью и в фазе зависимости. Это входной сигнал для узла токоограничения, и он определяет, при каком рассогласовании на выходе РС /T110/, т.е. при каком якорном токе начнется токоограничение.

Первый ОУ D54 является точным двухполупериодным выпрямителем напряжения тахогенератора. Он получает сигнал от тахогенератора через делитель R348, R319 /R348 — с приподнятым монтажом для различных модификаций КЕМРОН/ и резистор R318. На его выходе (T103) получается сигнал, пропорциональный скорости вращения электродвигателя с положительной полярностью, не зависящий от направления вращения.

Этот сигнал поступает на вход усилителя с переменным коэффициентом усиления, выполненный на ОУ D55. Реализуется отрезково-линейная аппроксимация коммутационной кривой

двигателя. При нулевой скорости двигателя на выходе D54 сигнал равен нулю. Через резистор R321 (220 ком) поступает напряжение -15В . Усиление D55 менее единицы, и на его выходе I104/ получается положительное напряжение. Диод VD257 заперт, и на ползуне потенциометра RP13 — напряжение ноль. При увеличении напряжения тахогенератора /увеличении скорости вращения электродвигателя/ к входу D55 через резистор R322 поступает сигнал, который стремится изменить полярность выходного сигнала D55 в отрицательном направлении. Это получается и при очень низких скоростях, так как усиление напряжения -15В очень велико /R321 имеет большую величину/. Сначала сигнал D54-небольшой /при низких скоростях двигателя/, все диоды VD254, VD255 и VD256 и усиление на D55 зависят от отношения резисторов R326 и R322. В этом случае оно максимально. С увеличением скорости двигателя увеличивается сигнал на выходе D54, растет и выходное напряжение D55 по модулю /так как при скорости вращения электродвигателя несколько десятков оборотов в минуту — на I104 сигнал уже с отрицательной полярностью, а при увеличении скорости вращения двигателя становится еще более отрицательным/.

Последовательно начинают отпираться диоды VD256, VD255 и VD254. R326 шунтируется последовательно R325, R324 и R323, и коэффициент усиления ступени последовательно уменьшается. Таким образом на выходе D55 получается напряжение, являющееся нелинейной функцией скорости двигателя. Далее сигнал поступает к ОУ D58. На нем выполнен инвертирующий сумматор. При скорости вращения двигателя, равной нулю, выходной сигнал D55 I104 имеет положительную полярность, диод D257 заперт и к инвертирующему входу D58 через R329 не протекает входной ток. С делителя RP12, R327, через R328 поступает напряжение положительной полярности, и на I105 устанавливается напряжение с отрицательной полярностью и максимальным значением по модулю. При увеличении скорости вращения двигателя к R329 поступает уже сигнал с отрицательной полярностью, причем его величина по модулю возрастает с увеличением оборотов двигателя.

Напряжения с RP12 и RP13 через R328 и R329 суммируются /собираются/ ОУ. На его выходе I105 напряжение имеет отрицательную полярность, так как с RP12 подается напряжение с положительной полярностью и потенциалом, который по модулю больше напряжения, поступающего с RP13. Таким образом на I105 напряжение всегда с отрицательным знаком, но при увеличении скорости двигателя /соответственно увеличению по модулю сигнала, снимаемого с ползуна RP13/, оно уменьшается по модулю и при максимальной скорости двигателя приобретает минимальную величину /по модулю/.

Ясно, что при изменении скорости вращения двигателя изменяется и величина тока в переходном режиме, когда действует узел токоограничения — во сколько раз скорость вращения двигателя выше, во столько раз меньше ток в переходном режиме. Выходное напряжение I105 в функции, зависящий от скорости двигателя, указано на рис. 9.

Следующий узел, подлежащий рассмотрению, это защита от перегрузки двигателя во время работы. Он выполнен на ОУ — D59 и D60, диодах VD261, VD262 и VD268, конденсаторе C224 и резисторах — R335, R346 и R347. На D59 и D60 выполнены компараторы напряжения с порогами соответственно $+100\text{мВ}$ и -100мВ . Когда D57 и D58 не работают в режиме токоограничения, их выходные напряжения имеют положительную полярность /D57/ и отрицательную полярность /D58/. На выходах обоих компараторов напряжение имеет положительную полярность. Диоды VD261 и VD262 заперты. В таком случае C224 заряжен через R347 и VD268 до напряжения со сравнительно высоким потенциалом /около $+13\text{В}$ /. Нужно иметь в виду, что R347 намного меньше R335, подключенного к I105 /а следовательно к напряжению с отрицательной полярностью, формирующей кривую токоограничения двигателя/, и не оказывает большого влияния на напряжение, до которого заряжается C224.

Когда двигатель работает в переходном режиме или когда его нагрузка во время работы увеличивается, он работает в режиме токоограничения. В зависимости от направления вращения двигателя /следовательно и от полярности рассогласования PC/, токоограничение осуществляется через D57 и D58. Соответственно, или выходное напряжение D57 в режиме токоограничения устанавливается на уровне около $+0,6\div 0,7\text{В}$, или выходное напряжение D58 устанавливается на уровне $-0,6\div 0,7\text{В}$.

Соответственно, будет переключен или компаратор D59 или компаратор D60. На выходе одного из двух компараторов появляется отрицательный сигнал, равный напряжению компаратора в отрицательном направлении. Отпирается диод VD262 или VD261, и на их общем аноде появляется почти то же напряжение /отрицательное — но по модулю уменьшается с перепадом на VD261 или VD262 — около $0,6\text{В}$ /. В таком случае на аноде VD268 появляется отрицательное по полярности напряжение, а на катоде в начальный момент напряжение имеет положи-

тельную полярность — около 13В от С224. VD268 запирается — R346 очень велико — 1 ком. Следовательно, связь С224 с R347 прерывается, и С224 начинает разряжаться через R335.

Если причина увеличения якорного тока не перестает действовать через время, определенное константой времени РС-группы С224 и R335, С224 разряжается полностью и начинает заряжаться до напряжения с отрицательной полярностью через R335. Оно подается через соединитель ХТ6-перо 30 к плате „Логика“. Когда напряжение на С224 станет более отрицательным, чем — 100мВ, включается компаратор платы „Логика“ и срабатывает защита „0“ — динамическая перегрузка электродвигателя во время работы. Время перезарядки С224 зависит от напряжения I105 — во сколько раз скорость вращения двигателя более высокая, во столько раз якорный ток будет меньшим в режиме токоограничения, во столько раз напряжение I105 будет меньшим по величине по модулю, а время перезарядки больше. Наоборот — при малых оборотах ток якоря сильный, напряжение I105 по модулю большое /с отрицательной полярностью/, и время перезарядки меньше, т.е. время работы двигателя должно быть меньше /короче/ при таком сильном токе.

Последний блок платы „Регуляторы“ — это блок работы преобразователя в режиме адаптации. Предназначение этого блока — изменять параметры РС /коэффициент усиления и время интегрирования/, чтобы достичь необходимой стабильности механической характеристики преобразователя и скорости двигателя.

Изменение КУ и времени интегрирования РС осуществляется с помощью MOS-транзисторов VT107, VT108, VT109, VT110. Они играют роль активного сопротивления переменного значения, которое определяется величиной и полярностью управляющего напряжения на гейтах MOS-транзисторов. При управляющем напряжении с положительной полярностью канал MOS — транзисторов насыщается, и его омическое сопротивление минимально — меньше 1 ком. MOS — транзисторы имеют собственный N-канал. При напряжении — около 30В на гейте MOS — транзистор заперт /на практике при интервале — 10 до — 15В/, и сопротивление канала равно ста мегаом. Как видно из схемы, при насыщении VT107, VT108 они шунтируют RP17/ через RP18. Следовательно, при положительном управляющем сигнале VT107 и VT108 RP18 подключается к массе. Оно параллельно связано с RP17 и R367. Это приводит к увеличению КУ на РС. Таким же способом VT109 и VT110 включают к массе RP20; он шунтирует RP19 и R369. Отсюда уменьшается константа времени интегратора, а следовательно, время интеграции РС. При отрицательном сигнале около — 30В на гейтах MOS-транзисторы запираются, а КУ и время интеграции РС имеют номинальную величину, которая сохраняется при всех скоростях, за исключением ползущих, когда преобразователь работает в режиме адаптации и MOS — транзисторы, опираясь, корректируют эти параметры.

Управление напряжением гейтов осуществляется ОУ-D53: через VT101 подается напряжение гейтов на MOS — транзисторы VT107; VT110. D53 работает как ШИМ/шир.-импульсный модулятор/. Это компаратор, сравнивающий сигнал с I110 и с выхода D68. На ОУ-D51 и D52 выполнен генератор пилообразного напряжения, которое получается на I101 и поступает на инвертирующий вход компаратора D53. Первый ОУ-D51 — триггер с зоной гистерезиса, которая определяется положительной обратной связью R304, R301, а второй — D52-интегратор. Через R302 осуществляется ООБ генератора. Когда сигнал на выходе D68 изменяется, изменяется момент переключения компаратора D53 /рис. 10/, следовательно и коэффициент заполнения выходных импульсов от нуля до единицы. Это со своей стороны изменяет относительно времени включенного насыщенного состояния MOS-транзисторов VT107-VT110. Это относительно время включенного /насыщенного/ состояния MOS-транзисторов определяет среднюю величину их активного сопротивления, которое в зависимости от коэффициента заполнения выходных импульсов D53 /соответственно относительно времени включенного состояния MOS-транзисторных ключей/ изменяется от 1 ком до сотен мегаом. Таким образом изменяется глубина ОБ D62 и D63 /интегратора/, изменяется КУ и время интегрирования РС. На практике сопротивление MOS-ключей изменяется от 1 ком примерно до 1000—2000 мегаом соответственно при включенном и выключенном состоянии VT107÷VT110/, но в зависимости от относительно времени включенного состояния считается, что оно изменяется плавно, так как параллельно MOS-ключам VT107÷VT110 включены С229 и соответственно С230, которые сглаживают /выравнивают/ сигнал на источнике VT107 и VT109. Частота импульсов ШИМ D53 /задается генератором пилообразного напряжения D51 и D52 /достаточно высокой порядка 10—15 кГц. Выходные импульсы D53 не имеют достаточно высокой амплитуды управления MOS-ключами для их запираения, им необходимо отрицательное напряжение, равное пороговому напряжению MOS-ключей — 30В/.



Рис. 10

Поэтому D53 управляет транзисторным ключом, выполненным на VT101, на коллекторе которого получается управляющее напряжение MOS-ключей.

При скорости вращения двигателя менее 15 об/мин. сигнал на выходе D68 имеет положительную полярность и достаточной величины — больше амплитуды пилообразного напряжения, которое поступает на делитель R306, R309 и инвертирующий вход D53. В таком случае D53 насыщен в плюсе до около +14В, и это напряжение через ограничительный резистор R310 поступает на эмиттер VT101. На базе VT101 появляется положительное напряжение от делителя R311, R313, но оно меньше в сравнении с эмиттером VT101. В таком случае VD261 заперт, а транзистор VT101 насыщается. На его коллекторе получается напряжение около +13,5В. VT107-VT110 насыщены, КУ — РС максимально, время интеграции РС-минимально. РС обеспечивает стабильное поддержание этих низких скоростей. Когда скорость вращения двигателя больше 45 об/мин, выходной сигнал D68 имеет отрицательную полярность и больше по модулю, чем амплитуда пилообразного сигнала, поступающего на инвертирующий вход D53. Он со своей стороны насыщен в отрицательном направлении до около -13В (это напряжение поступает на эмиттер VT101). На его базе, однако, получается, как отмечено раньше, положительное напряжение от делителя. Транзистор VT101 запирается. Напряжение эмиттер — база этого транзистора значительно, и чтобы не повредился эмиттерный переход VT101 от обратного напряжения к эмиттер — базе подключен ограничительный диод VD251, который отпирается и ограничивает обратное напряжение V_{BE} примерно на +0,6+0,7В. В этом случае на И02 устанавливается напряжение около -30В, которое подается через R312, клеммы 26 на соединитель XT6. Когда сигнал на выходе D68 изменяется от положительного в отрицательный, причем по модулю остается меньше амплитуды пилы, поступающей на инвертирующий вход D53/И01/, последний генерирует прямоугольные импульсы, которые переключают VT101 и соответственно изменяют КУ и Тн.

Сравнивающий сигнал компаратора D53, который осуществляет широтно-импульсную модуляцию, формируется ОУ-D66, D67, D68. D66 работает как дифференциальный усилитель, усиливающий разницу между частью напряжения тахогенератора, снимаемой с делителя R349, RP14, R351 и поступающей через R384 на неинвертирующий вход ДУ, и напряжением задания, поступающего через R381 на инвертирующий вход ДУ. Коэффициент усиления ДУ по двум входам не одинаков. Усиление по инвертирующему входу гораздо выше и настраивается потенциометром RP21.

Сигналы, поступающие к двум входам ДУ, непосредственно связаны со скоростью двигателя. Напряжение тахогенератора и скорость двигателя находятся в линейной функции задания, т.е. при изменении скорости двигателя изменяются линейно заданию и напряжению тахогенератора. Но часть напряжения тахогенератора, которая поступает через R384, и задание, поступающее через R381 на ДУ, не одинаковы — они дефазированы на 180°. Следовательно они суммируются ДУ. В конечном счете на его выходе получается сигнал, пропорциональный скорости вращения двигателя при установленном режиме работы преобразователя. Этот сигнал выпрямляется точным двухполупериодным выпрямителем, выполненном на D67. На выходе D67 напряжение всегда положительное, независимо от направления вращения двигателя.

D68 работает как инвертирующий сумматор. Делитель RP22 задает начальное положительное выходное напряжение D68. Оно равно амплитуде пилообразного напряжения, которое поступает на инвертирующий вход ШИМ — D53 /I101/ при скорости двигателя 15 об/мин. До этого времени ШИМ насыщен плюсом.

Через RP21 изменяется усиление D66 так, что при скорости вращения двигателя 45 об/мин. сигнал с положительной полярностью на выходе выпрямителя D67 должен вызвать выходной сигнал D68 с отрицательной полярностью и уровнем, равным амплитуде пилообразного напряжения, поступающего на инвертирующий вход D53/I101/. В этом случае ШИМ насыщен минусом.

При скорости двигателя между 15 и 45 об/мин. уровень на выходе D68 имеет положительную или отрицательную полярность, но по модулю — меньше амплитуды пилообразного напряжения I101, и D53 генерирует прямоугольные импульсы с коэффициентом заполнения, зависящим от уровня на выходе D68, а следовательно и от скорости двигателя.

В переходном режиме, независимо от скорости двигателя, существует рассогласование между заданием и напряжением тахогенератора, в связи с чем сигнал на выходе D66 больше по модулю, и преобразователь не работает в режиме адаптации, т.е. работает с меньшим КУ и большим T_u , что обеспечивает его устойчивость и предохраняет от самовозбуждения, что возможно при большом КУ и малом T_u . В этом заключается и смысл — получить сигнал и от задания, и от тахогенератора одновременно. В установленном режиме можно работать только при наличии сигнала тахогенератора.

Величина приподнятых элементов /резисторов и конденсаторов/ дана в табл. 3 для отдельных модификаций КЕМРОН.

Настройка платы „Регуляторы” осуществляется в следующей последовательности:

1. Клеммы X2—1 и X2—2 клеммного ряда 2 платы соединяются с массой, потенциометром RP24, нулируется ДУ, выполненный на D70 и D71. Выходный сигнал этого ДУ — I113.
2. Клеммы X2—1 и X2—2 соединяются с генератором синусоидального напряжения частотой несколько сот герц и амплитудой несколько вольт. Потенциометром RP23 настраивается на максимум задержка синфазного сигнала /синусоидального сигнала генератора/ так, чтобы с I113 был получен сигнал минимальной амплитуды, близкой к нулю.

Таблица 3

Тип электропри- вода	R395*	R349*P414*	R353*	R378*	R363*P397*	R398*	R335*	C226*	C233*C228*
4АЕВ16		5.1к 4.7к	11к	24к	51к		220к	0.22	0.33 1
4АЕВ16Р		2.2к 3.6к	30к	24к	51к		270к	0.1	0.33 1
4АЕВ16Г		2.2к 4.7к	30к	24к	51к		220к	0.1	0.33 1
8АЕВ16М		5.1к 5.1к	30к	39к	91к		270к	0.1	0.47 1
8АЕВ16	200±1к	5.1к 2.7к	30к	24к	51к	51к 82+200к	220к	0.1	0.33 1

3. Запаиваются выводы датчика тока к клеммам X2—1 и X2—2, причем активный конец датчика тока запаивается к клеммы X2—2.

4. Запаивается мостик M24, а отпаиваются M23 и M25. Клеммы X2—6 и X2—7 ряда клемм 2 соединяются накоротко, и на них подается напряжение синусоидального генератора частотой несколько сот герц и амплитудой несколько вольт/этот сигнал является синфазным для ДУ, выполненного на D61/. Потенциометром RP15 настраивается на максимум коэффициент задержки синфазных сигналов ДУ, т.е. на выходе ДУ мостика M24 должен получиться минимальный сигнал с амплитудой, близкой к нулю.

5. Запаиваются мостики M23 и M25, а отпаивается M24 /при задании которое подается по отношению к массе/.

6. Потенциометром RP16 настраивается напряжение I105, которое должно быть равно —11,5В. Остальные настройки платы „Регуляторы” осуществляются при работе преобразователя в реальных условиях и указаны в настройке преобразователя в целом.

VI.1. Общие указания.

После разупаковки преобразователя необходимо осмотреть его с тем, чтобы не было повреждений, связанных с транспортировкой. После этого необходимо соединить преобразователь согласно „Инструкции по монтажу”.

При первоначальном пуске не рекомендуется держать электродвигатель близ механической металлической стансы.

Необходимая аппаратура:

- двухлучевой запоминающий осциллоскоп
- цифровой мультиметр
- амперметр постоянного тока -30А /п. 1.5/
- резистор 150 ом /150Вт/
- устройство подачи управляющего напряжения от нуля до $\pm 10\text{В}$, пульсации менее 2%.

VI.2. Проверка электрического монтажа и исправности электропривода.

Для управления электроприводом использовать устройство подачи управляющего напряжения - рис. 11, или потенциометры, соединенные согласно схеме рис. 12.

Еще раз осмотреть все платы и связь с управляющими электродами и катодами тиристоров. Проверить, прервана ли связь между клеммой 3 и 4X1 платы „Логика” /работа разрешена/. При включении питающего напряжения должен сработать светодиод СР, который через 0,5 сек. угасает и срабатывает светодиод RD, который показывает исправность преобразователя. При готовности преобразователя к работе загорается светодиод RD, и закрывается контакт рид-реле, который выведен на клеммы 5 и 6 X1. Если срабатывает какая-либо из защит, а не вспыхивает RD, это указывает, что имеется неисправность.

Проверить наличие напряжения $\pm 15 \pm 0,5\text{В}$ на клеммах 12 и 13/X2/ платы „Регуляторы” в отношении клеммы 11/I/.

Проверяется, равно ли управляющее напряжение ОВ, и замыкается цепь между клеммами 3 и 4/X1/. Через 0,5 сек. срабатывает светодиод ОН, который показывает, что преобразователь работает. С помощью осциллоскопа наблюдают за напряжением резистора нагрузки при изменении управляющего напряжения от $-10 \div +10\text{В}$. Оно должно иметь форму, изображенную на рис. 13

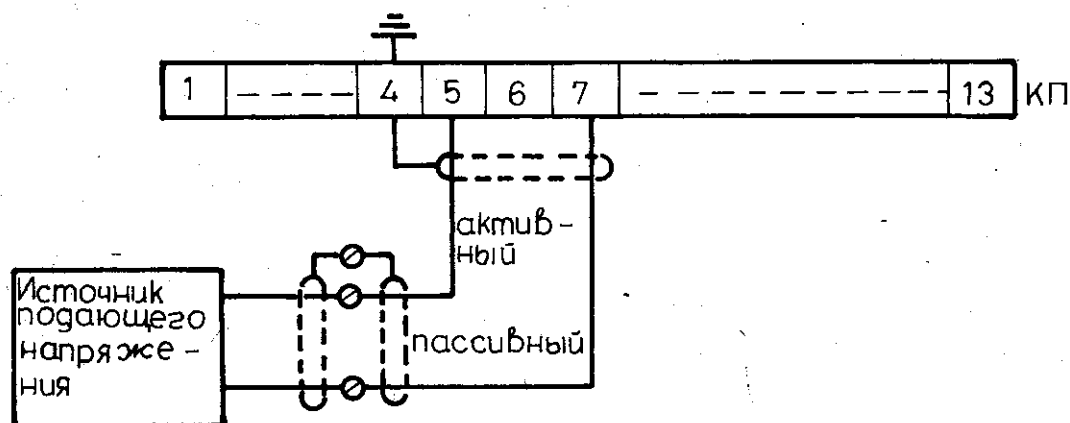


Рис. 11

VI.3. Проверка и настройка „Фазового управления”.

Настройка фазового управления осуществлена заводом-изготовителем. Если необходима дополнительная настройка, она должна быть произведена в следующей последовательности:

- при помощи двухлучевого осциллоскопа проверяется дефазирование между напряжениями 130 и 131, 137 и 138, 144 и 145 платы „Фазовое управление”. Напряжения 131, 138 и 145 должны отставать от напряжений 130, 137 и 144 на 3,5 мсек /63°. Настройка осуществляется потенциометрами RP1, RP3 и RP5.
- проверяется пилообразное напряжение 134, 141 и 148. Его форма изображена на рис. 14. Амплитуда пилообразного напряжения должна быть $9\text{В} \pm 0,2\text{В}$ и настраивается посредством потенциометров RP2, RP4 и RP6. При различии в двух соседних амплитудах за период 20 мсек разница уменьшается до минимума с помощью RP7.
- проверяется напряжение 153 и 154 при управляющем напряжении ОВ. Оно должно быть $-5\text{В} \pm 0,2\text{В}$ для преобразователя 8АЕВ16 и $-5,5\text{В} \pm 0,2\text{В}$ для преобразователя 4АЕВ16 и настраивается с помощью RP8.
- проверка и настройка ДУ тока /D70 и D71 платы „Регуляторы”/.

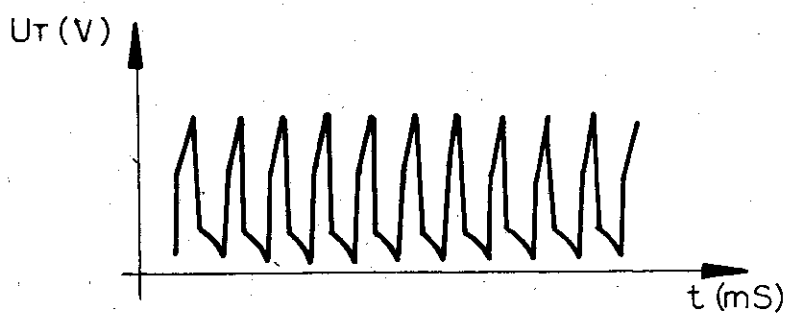


Рис. 13.

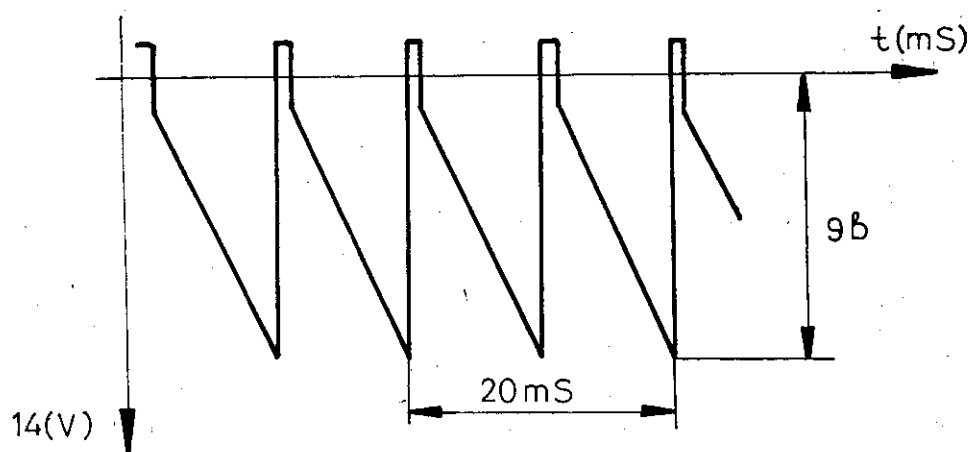


Рис. 14.

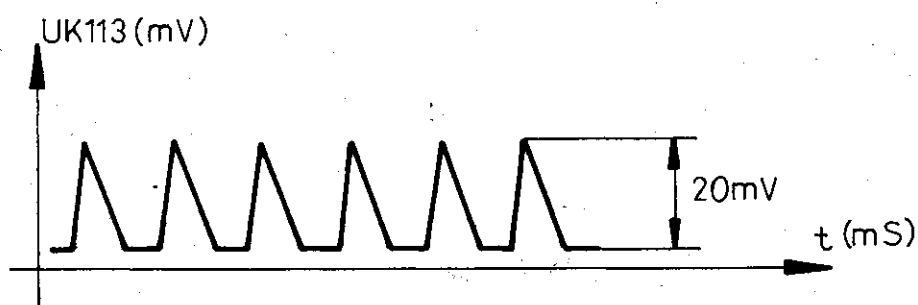


Рис. 15.

Защита настроена заводом-изготовителем, потенциометр RP10 платы „Логика” калиброван. Проверяется напряжение 178 платы „Логика”, которое должно быть $2B \pm 0,1B$ преобразователя 8AEB16M; $4B \pm 0,1B$ преобразователя 4AEBT6. При большем несоответствии он перенастраивается.

Проверка правильной связи тахогенератора.

Осуществляется при включенном напряжении. Двигатель поворачивается рукой в направлении часовой стрелки. Напряжение клеммы 9 в отношении клеммы 10 ряда клемм 2 должно быть отрицательным.

— Разворот двигателя и проверка формы тока.

Перед включением платы „Работа” необходимо установить нулевое напряжение и проверить наличие моста M20 платы „Регуляторы”.

С помощью осциллоскопа наблюдается форма тока I113 платы „Регуляторы”. Форма тока изображена на рис. 15. Управляющее напряжение увеличивается до $+2B$. Двигатель разворачивается по направлению часовой стрелки. При увеличении напряжения $0 \rightarrow -2B$, двигатель поворачивается обратно по часовой стрелке, а ток на экране осциллоскопа меняет свое направление.

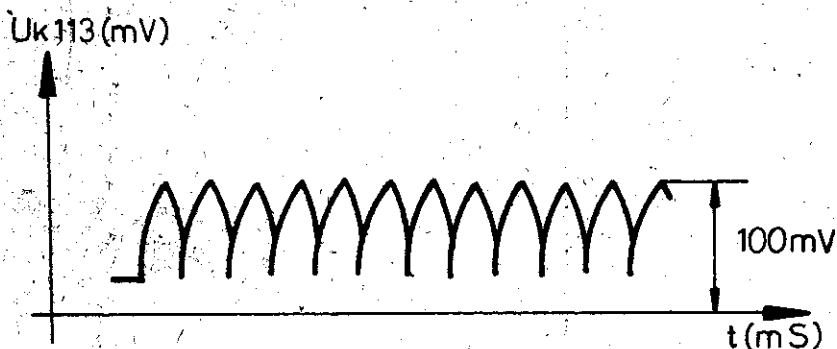
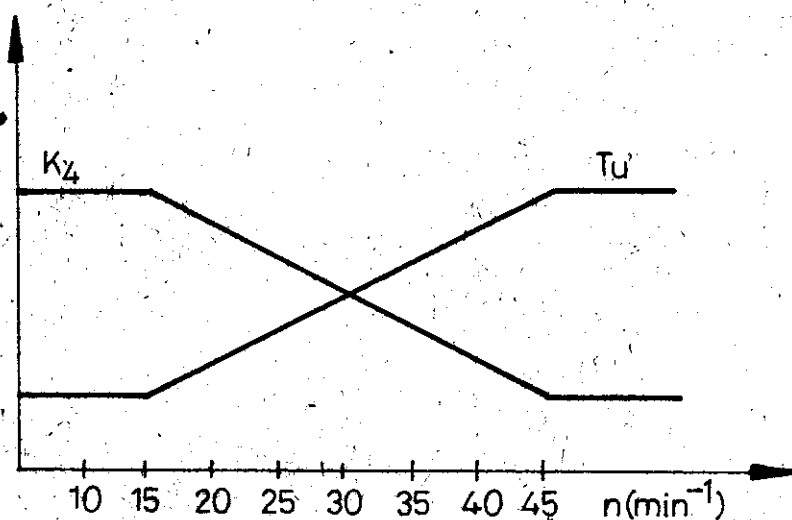


Рис. 16.



Граница адаптации

Рис. 17.

Напряжение тахогенератора должно быть с обратным знаком задания, а датчика тока со знаком заданного управляющего напряжения.

Мост M20 установлен для ограничения скорости на $100 \cdot 1$ во избежание повреждения при начальном пуске платы „Регуляторы”. После проверки исправности M20 расплавается.

Окончательную настройку фазового управления необходимо сделать под нагрузкой. Включается амперметр постоянного тока в цепь электродвигателя. Плавно увеличивается управляющее напряжение, пока ток достигнет 30А. Кривая тока I112 должна иметь изображение, соответствующее рис. 16. Корректируется посредством потенциометров RP2, RP4 и RP6 заводом-изготовителем, после чего они запечатываются.

— Проверка величины уравнивающего тока.

При управляющем напряжении 0В, амперметр должен показывать 9 ± 1 А для преобразователя 8АЕВ16М, 5 ± 1 А для преобразователя 4АЕВ16.

Настраивается потенциометром Р8 платы „Фазовое управление”.

Проверка защит и индикаций.

Проверяется исправность тахогенератора при плавном увеличении скорости электродвигателя до его максимальных оборотов. Посредством осциллоскопа проверяется напряжение тахогенератора /X9/. Пульсации не должны превышать 2% при максимальных оборотах. Проверяется кривая токоограничения посредством напряжения I102. Его величина должна быть $-1,5В \pm 0,2В$ при остановленном двигателе и $5В \pm 0,2В$ при 1000 мин.^{-1} .

Проверяется исправность защит.

СР — при отвинчивании предохранителя /любого/ должен сработать СР, а RD погаснуть.

ОС — запаивается M20 и плавно разворачивается электродвигатель, ОС срабатывает, RD гаснет, после чего мостик расплавается.

TG — расплавается один из концов тахогенератора.

TG — должен сработать, а RD гаснет.

ОС — расплавается один из концов датчика клеммы 2. ОС должен сработать, а RD — гаснет.

— Проверка масштаба работы электропривода.

До этого необходимо проверить значения элементов платы „Регуляторы”, которые даны в табл. 3.

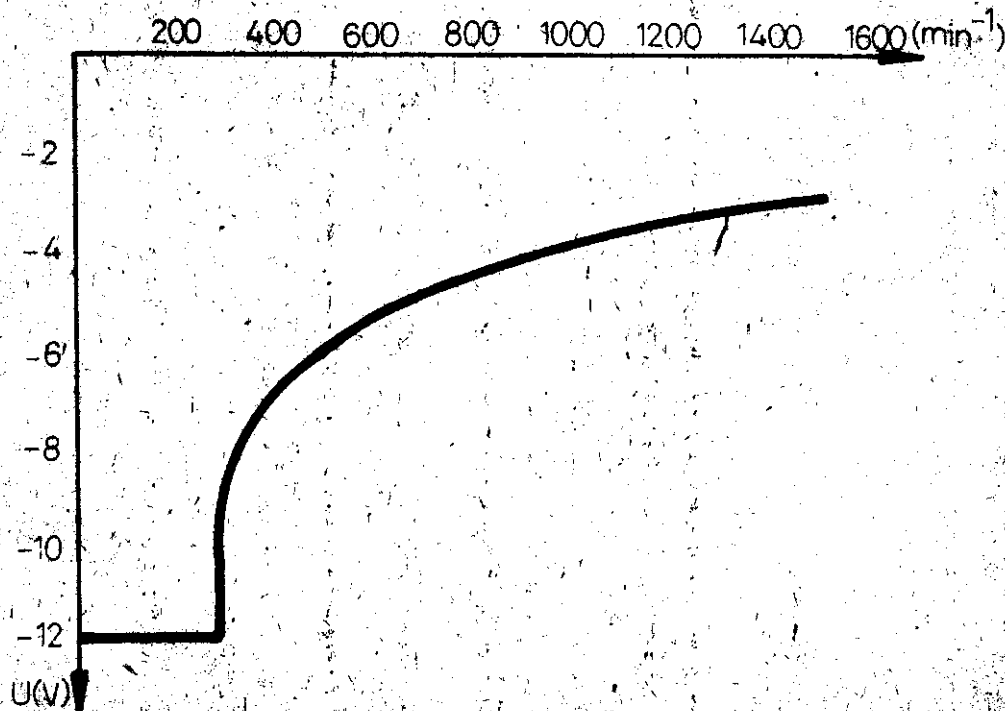


Рис. 19. 29

Распаиваются резисторы R354 и R379. Управляющее напряжение — 0В. Включается питающее напряжение, и после появления сигнала „RD” включается плата „Работа”. Двигатель не разворачивается. При ручном развороте двигатель сопротивляется. Устанавливается управляющее напряжение 10В, и при помощи оборотомера измеряется скорость вращения. Она должна соответствовать указанной в паспорте скорости /2000 мин.⁻¹ или 1500 мин.⁻¹ или 1000 мин.⁻¹ в зависимости от типа двигателя. Допускается разница до 2%. При настройке используется потенциометр RP14. При необходимости переключения на другую максимальную скорость, проверить и скорректировать кривую динамического токоограничения с помощью RP13.

При вращении двигателя с максимальными оборотами в двух направлениях с помощью осциллоскопа проверяется напряжение тахогенератора /на конце R349 и R348/. Пульсации этого напряжения должны быть менее 2% и не иметь спада в амплитуде больше 0,6В, а также иметь продолжительность больше 1 мсек.

— Проверка и настройка динамических параметров электропривода.

Переходные процессы электропривода настраиваются и контролируются заводом-комплектовщиком. При этом настройка осуществляется с дополнительным инерционным моментом, указанным в табл. 2.

Настройка двумя этапами.

А. Настройка при высокой скорости.

Подается управляющее напряжение величиной 5В скачкообразно, и двухлучевым запоминающим осциллоскопом проверяются переходные процессы тока /I113/ и скорости /левый конец R349 и R348/. Они должны соответствовать кривой, указанной на рис. 18.

Оптимальной настройкой считается та, при которой процесс разворота аperiodичен и допускаются регулирование до 5%.

На рис. 18 показаны характерные случаи переходных процессов, при разном соотношении между КУ и константой времени регулятора скорости. Настройка осуществляется потенциометром RP18 и RP20, причем RP18 изменяет КУ, RP20 константу времени регулятора.

Б. Настройка при низкой скорости.

Проверяется узел адаптации регулятора скорости, а его действие приводит к изменению КУ и константы времени регулятора в определенном диапазоне и изменении вращения /скорости/. Границы действия блока адаптации регулятора скорости настраиваются согласно рис. 17. Посредством осциллоскопа проверяется напряжение I102.

— при $V_y = 0 \pm 150В$ напряжение устанавливается $\pm 15В$

— при $V_y = 150 \pm 400В$ напряжение изменяется с +15В до -30В частотой 10 кГц, причем при $V_y = 400В$ управляющее напряжение равно -30В. Низкая граница настраивается с помощью RP23, а высокая с помощью RP22. Между потенциометрами существует связь, и поэтому настройка в новых границах должна быть осуществлена последовательно несколько раз до достижения необходимого результата.

Настройка при низкой скорости вращения осуществляется при управляющем напряжении 100В с помощью потенциометров RP19 и RP21, причем RP19 изменяет КУ, а RP21 константу регулятора.

Типовые диаграммы изображены на рис. 20.

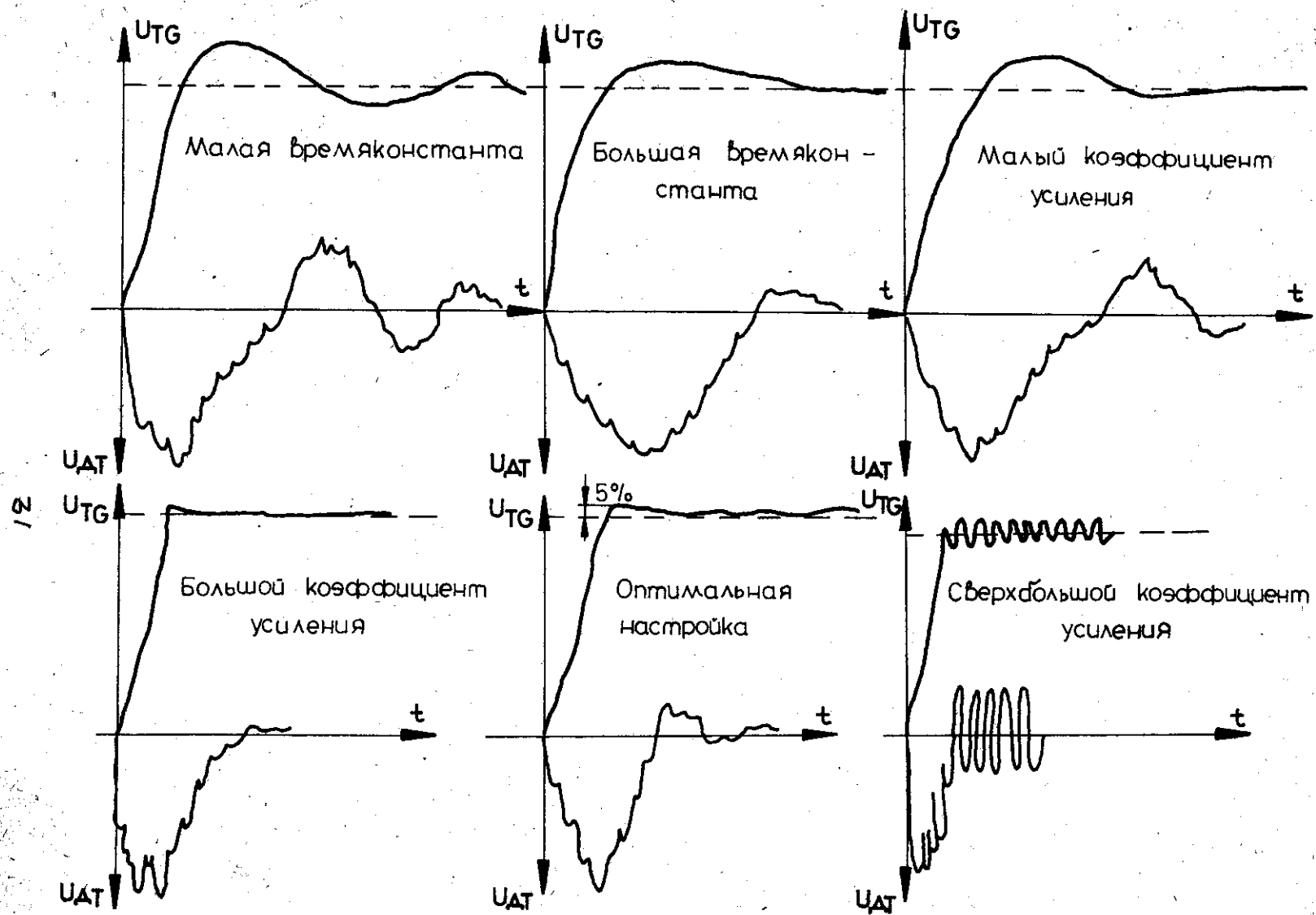
Настройка регулятора тока осуществляется заводом-изготовителем в соответствии с типом электродвигателя, и перенастройка не рекомендуется. Кривая токоограничения настраивается с помощью RP12 и RP13 заводом-изготовителем, перенастройка не рекомендуется. RK13 — пломбированы.

— Проверка и настройка защиты от превышения максимальной скорости OS.

Порог срабатывания защиты изменяется при помощи потенциометра RP11 платы „Регуляторы”. Эта настройка осуществляется заводом-изготовителем, и перенастройка не рекомендуется. Если необходима перенастройка, подается напряжение 11В, и потенциометр RP11 поворачивается против часовой стрелки до срабатывания защиты. Срабатывают светодиоды OS и OL, гаснет RD и ON. Электродвигатель останавливается по инерции. Нулируется управляющее напряжение, включается плата „Работа”, зажигается RD.

— Настройка защиты от перегрузки двигателя во время работы OL.

Защита OL срабатывает при перегрузке двигателя во время работы /время 300 ± 25 сек/. Настройка может быть осуществлена с помощью R335, его увеличение увеличивает время срабатывания защиты. Не рекомендуется увеличение времени срабатывания из-за опасности перегорания двигателя.



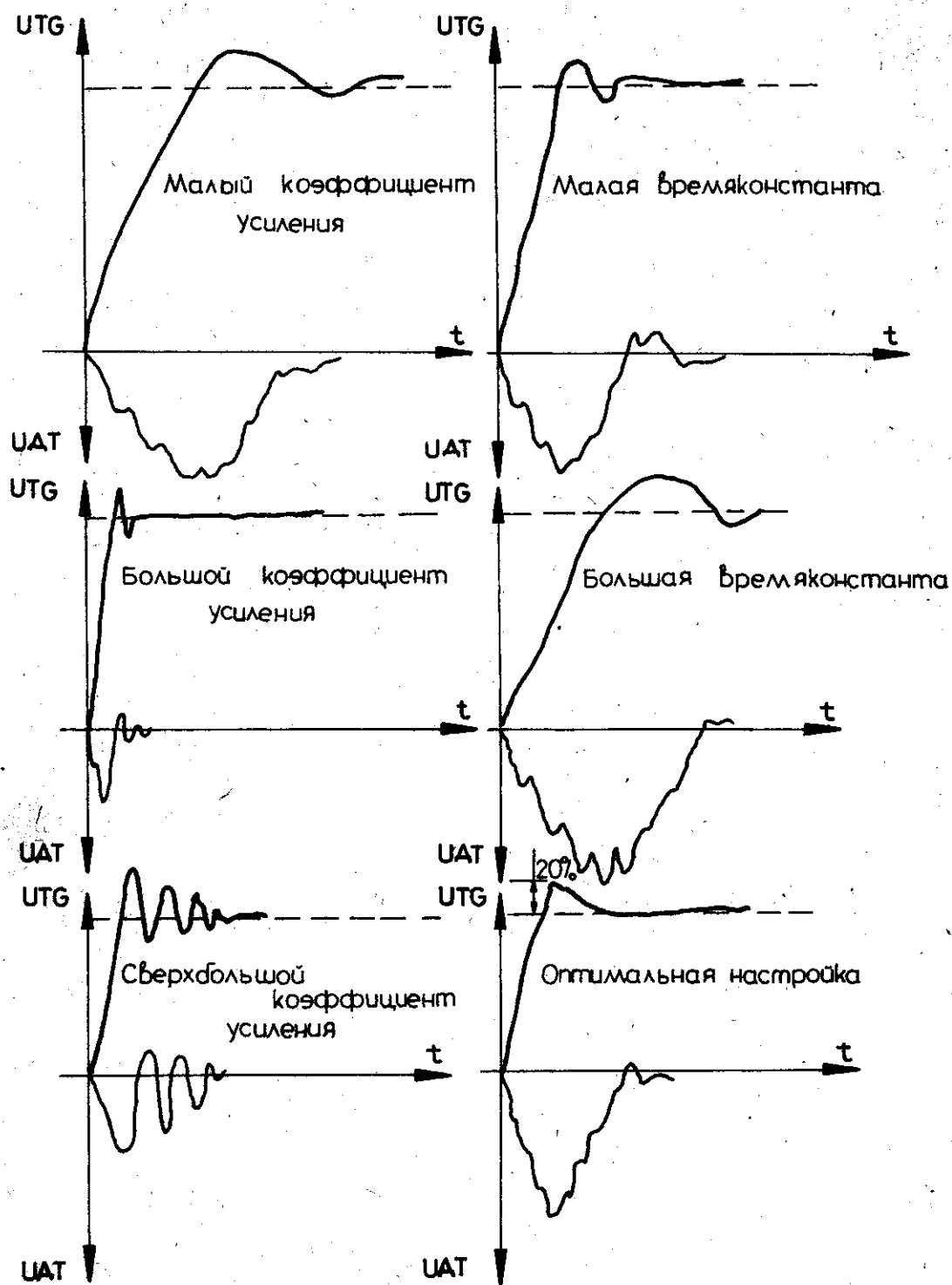


Рис. 20.

Настройка при низкой скорости вращения осуществляется при управляющем напряжении 100В с помощью потенциометров RP19 и RP21, причем RP19 изменяет КУ, а RP21 — константу времени регулятора.

Типовые диаграммы изображены на рис. 20.

Настройка регулятора тока осуществлена заводом-изготовителем в соответствии с типом электродвигателя, и перенастройка не рекомендуется. Кривая токоограничения настраивается с помощью RP12 и RP13 заводом-изготовителем, перенастройка не рекомендуется. RP12 и RP13 — пломбированы.

— Проверка и настройка защиты от превышения максимальной скорости OS.

Порог срабатывания защиты изменяется при помощи потенциометра RP11 платы „Регулятор”. Эта настройка осуществляется заводом-изготовителем, и перенастройка не рекомендуется. Если необходима перенастройка, подается напряжение 11В, и потенциометр RP11 поворачивается против часовой стрелки до срабатывания защиты. Срабатывают светодиоды OS и OL, гаснут RD и ON. Электродвигатель останавливается по инерции. Нулируется управляющее напряжение, выключается плата „Работа”, зажигается RD.

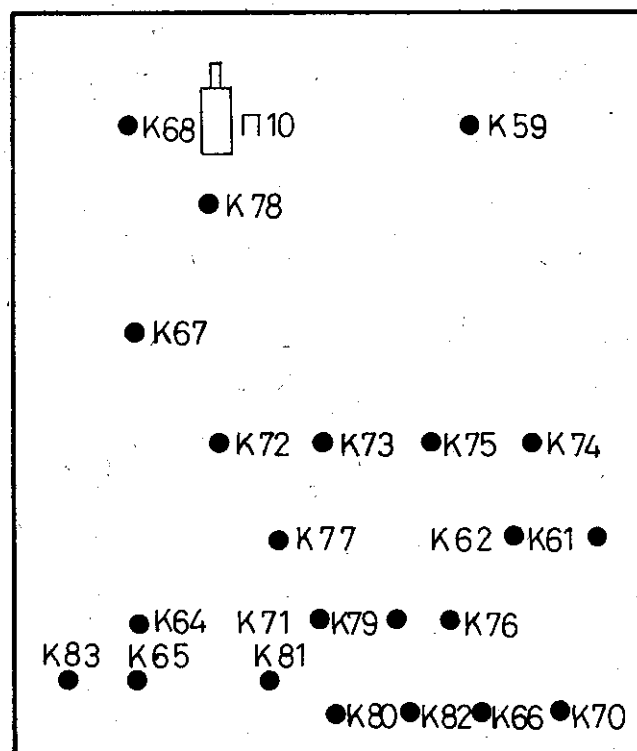
— Настройка защиты от перегрузки двигателя во время работы — OL.

Защита OL срабатывает при перегрузке двигателя во время работы /время 300 ± 25 сек./ Настройка может быть осуществлена с помощью R335, его увеличение увеличивает время срабатывания защиты. Не рекомендуется увеличение времени срабатывания из-за опасности перегорания двигателя.

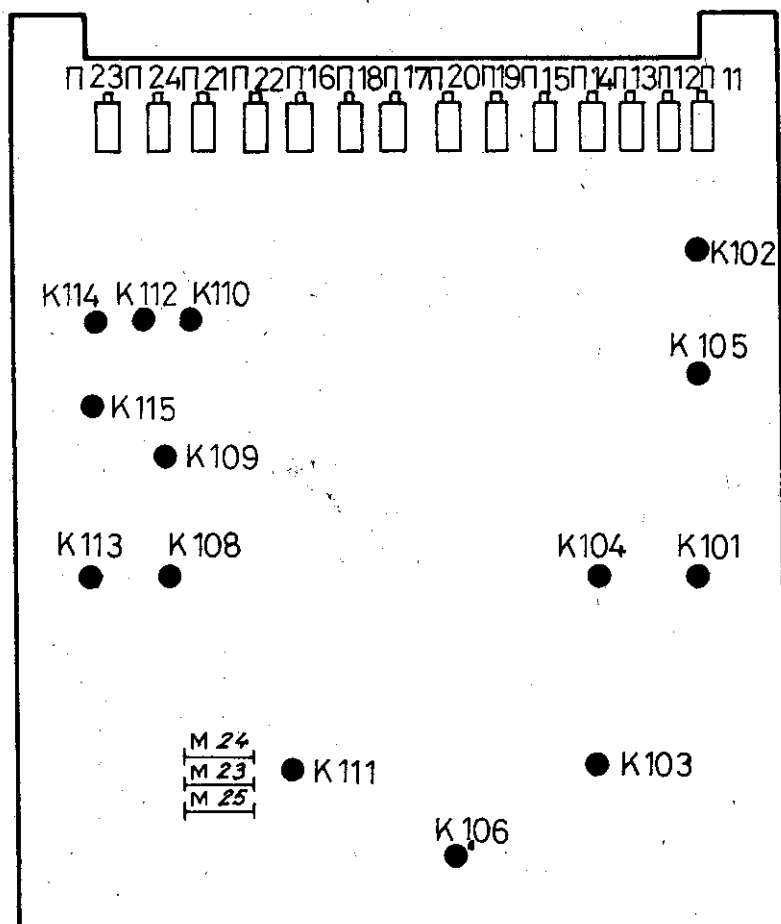
Проверка нулирования двигателя

Проверяется состояние двигателя при нулевом управляющем моменте. Он должен оставаться неподвижным в течение 1 мин. Состояние двигателя проверяется по цифровому вольтметру, связанному с выводом тахогенератора. Нулирование осуществляется при помощи потенциометра RP16.

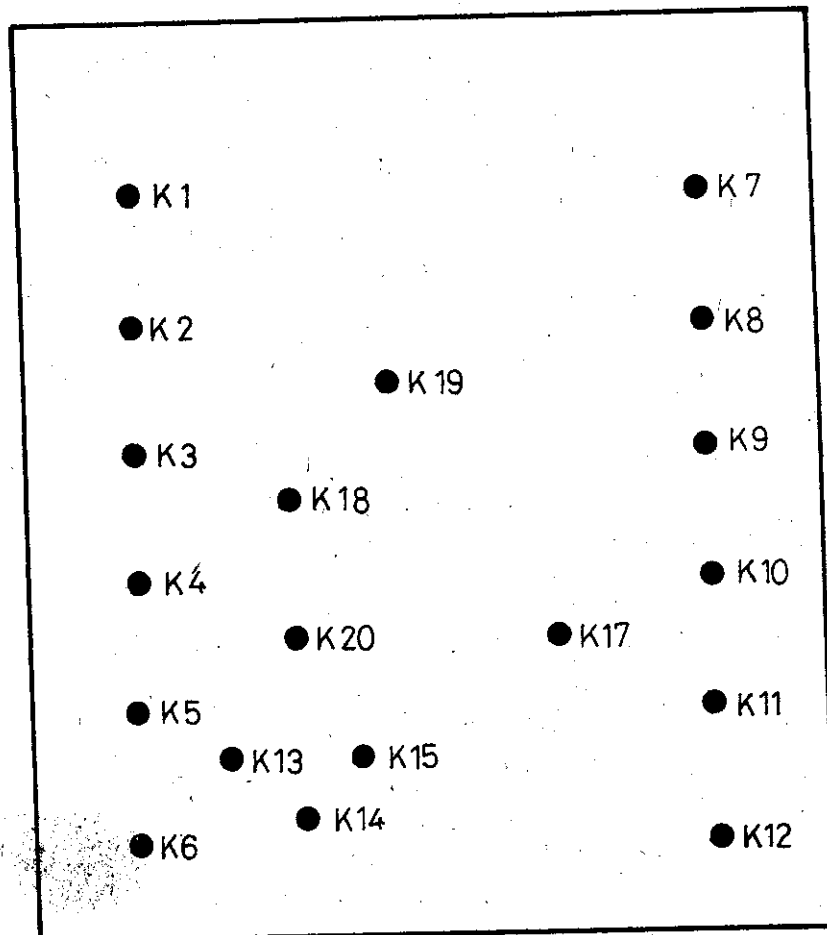
При появлении других неисправностей необходимо обратиться в сервисную мастерскую.



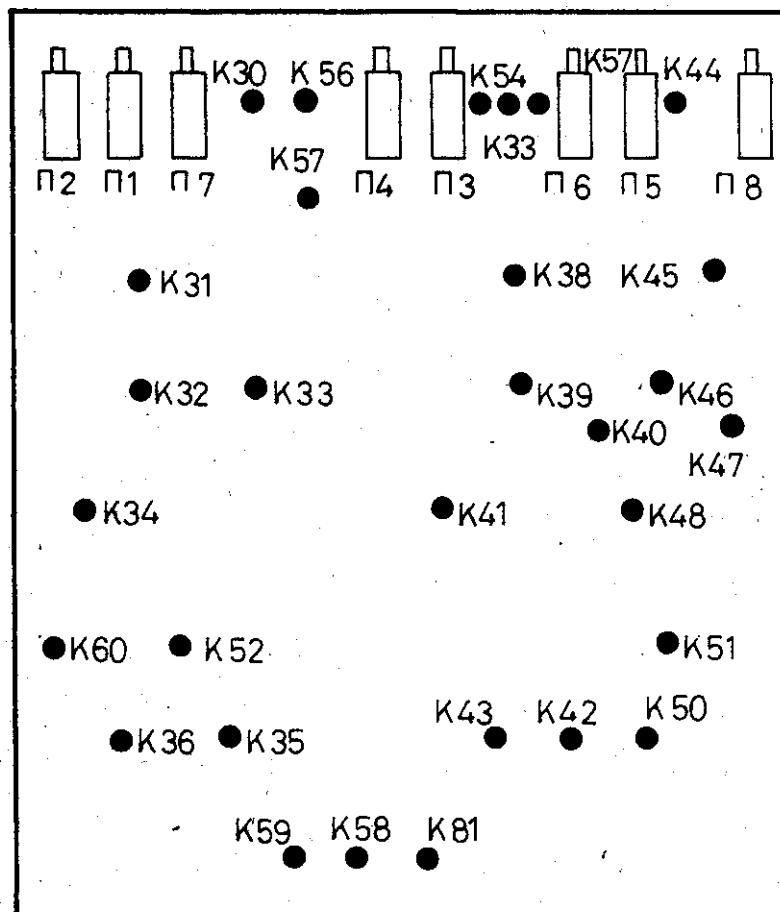
Логика



Регуляторы



Питание и управление
тёриссторы



фазовое управление