



---

ЗАО "СИЭЛ" Санкт-Петербург тел. (812) 369-1213, факс (812) 369-6197

---

## **БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ 1823**

*Руководство по эксплуатации*  
**ТПКЦ.654632.003 РЭ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ.....	4
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	4
2.1 Условия эксплуатации .....	4
2.2 Структура условного обозначения изделия .....	4
2.3 Электрические характеристики силовой схемы .....	4
2.4 Электрические характеристики схемы управления .....	5
2.5 Характеристики системы регулирования .....	5
2.6 Режимы работы .....	5
2.7 Защитные блокировки .....	5
2.8 Светодиодная индикация .....	5
2.9 Габариты и масса .....	5
2.10 Степень защиты .....	5
3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА .....	6
3.1 Система регулирования .....	6
3.2 Конструкция .....	7
3.3 Питание .....	8
3.4 Дифференциальный усилитель задающего напряжения (ДУ) .....	8
3.5 Задатчик интенсивности разгона (торможения) (ЗИ) .....	8
3.6 Фильтр напряжения тахогенератора .....	8
3.7 Регулятор скорости (РС) .....	13
3.8 Устройство ограничения тока (УОТ) .....	15
3.9 Регулятор тока (РТ) .....	15
3.10 Датчик тока (ДТ) .....	16
3.11 Широтно-импульсный преобразователь (ШИП) .....	16
3.12 Защита от КЗ .....	18
3.13 Максимально-токовая защита (МТЗ) .....	19
3.14 Время-токовая защита (ВТЗ) .....	20
3.15 Защита от нарушений цепи тахогенератора (ТГЗ) .....	20
3.16 Тепловая защита блока (ТЗ) .....	21
3.17 Команда РР .....	21
3.18 Команда ПРС .....	22
3.19 Реле ГОТ .....	22
3.20 Источники +10В, –10В .....	22
3.21 Обратная связь по ЭДС .....	22
3.22 Регулирование тока (момента) двигателя .....	23
3.23 Светодиодные индикаторы .....	24
3.24 Регулировки на передней панели .....	24
4. ПРАВИЛА МОНТАЖА .....	25
4.1 Размещение .....	25
4.2 Место монтажа .....	25
4.3 Присоединительные провода .....	25
4.4 Клеммник ХТ1 .....	26
4.5 Клеммник ХТ2 .....	26
4.6 Клеммник ХТ3 .....	27
4.7 Схема электрическая подключения .....	27
5. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ .....	28



6. ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	29
6.1 Действия при получения блока.....	29
6.2 Согласование задающего напряжения .....	29
6.3 Переключение главной обратной связи .....	29
6.4 Согласование напряжения тахогенератора .....	29
6.5 Подключение задатчика интенсивности .....	29
6.6 Переключение в схеме ограничения тока .....	29
7. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ .....	29
8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ .....	30
9. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	32
10. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ .....	32
11. ПРИЛОЖЕНИЯ.....	33
Приложение 1. Расчет мощности силового трансформатора .....	33
Приложение 2. Модуль управления. Сборочный чертеж .....	35
Приложение 3. Модуль управления. Перечень элементов .....	36
Приложение 4. Модуль драйверов. Сборочный чертеж.....	40
Приложение 5. Модуль драйверов. Перечень элементов.....	41
Приложение 6. Модуль силовой. Сборочный чертеж .....	42
Приложение 7. Модуль силовой. Перечень элементов .....	43

Руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для изучения блока управления двигателем **1823**, именуемого в дальнейшем “блок”, обеспечения его правильной эксплуатации и рассчитано на обслуживающий персонал, прошедший специальную подготовку по техническому использованию и обслуживанию полупроводниковой техники.

Надежность и долговечность работы блока обеспечивается не только качеством самого изделия, но и правильной его эксплуатацией, поэтому соблюдение всех требований, изложенных в настоящем документе обязательно.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

- 1.1. Блок предназначен для использования в электроприводах подачи металлообрабатывающих станков (в том числе с ЧПУ), станков лазерной резки, промышленных роботов и других машин различного назначения.
- 1.2. Блок предназначен для регулирования угловой скорости коллекторных двигателей постоянного тока с независимым возбуждением изменением напряжения на обмотке якоря.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### 2.1. Условия эксплуатации

- 2.1.1. Климатическое исполнение блока – УХЛ категория 4 по ГОСТ 15150-69 за исключением температуры, значение которой устанавливается от 5°С до 45°С; от 45°С до 55°С со снижением номинального тока двигателя на 10% при повышении температуры на каждые 5°С;
- 2.1.2. Установка в электрошкафах, защищающих блок от прямого попадания воды, масла, эмульсии, пыли и инородных предметов;
- 2.1.3. Высота установки над уровнем моря до 1000 м;
- 2.1.4. Максимальная относительная влажность воздуха 80% при температуре 30°С;
- 2.1.5. Окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию;
- 2.1.6. Помещения закрытые стационарные при отсутствии непосредственного воздействия солнечной радиации;
- 2.1.7. Рабочее положение блока – вертикальное;
- 2.1.8. Допустимые вибрации с частотой от 1 до 35 Гц при ускорении не более 4,9 м/с<sup>2</sup>.

### 2.2. Структура условного обозначения изделия

#### **СИЭЛ – 18 2 3 – ХХ / ХХХ**

- |   |             |   |   |   |   |  |
|---|-------------|---|---|---|---|--|
| 1 | 2           | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| 1 | <b>СИЭЛ</b> |   |   |   |   | – название предприятия-изготовителя;         |
| 2 | <b>18</b>   |   |   |   |   | – шифр изделия – блок управления двигателем; |
| 3 | <b>2</b>    |   |   |   |   | – мощность на выходе блока до 500 Вт;        |
| 4 | <b>3</b>    |   |   |   |   | – порядковый номер разработки.               |
| 5 |             |   |   |   |   | длительный средний ток в обмотке якоря.      |
| 6 |             |   |   |   |   | максимальное напряжение на обмотке якоря.    |

### 2.3. Электрические характеристики силовой схемы

Таблица 1.

№	Параметр	СИЭЛ–1823–	
		7,5/60	5/110
1	Максимальное напряжение силового питания, В =	80	130
2	Максимальное напряжение на обмотке якоря, В =	60	110
3	Длительный средний ток в обмотке якоря, не более, А =	7,5	5
4	Максимальный ток в обмотке якоря, не более, А =	22,5	12

*Примечание.* Длительность максимального тока ограничена временем срабатывания максимально-токовой защиты.



## 2.4. Электрические характеристики схемы управления

- 2.4.1. Напряжение питания схемы управления  $E_{\text{пит}}$  :  
переменного тока, В ..... от 12,7 до 22,7  
или  
постоянного тока, В ..... от 19 до 33.
- 2.4.2. Мощность, потребляемая схемой управления, Вт, не более ..... 5.
- 2.4.3. Диапазон входного задающего напряжения  $U_{\text{вх}}$ , В ..... от минус 10 до 10.
- 2.4.4. Сопротивление дифференциальных входов управления  $[U_{\text{вх}}(+), U_{\text{вх}}(-)]$ , кОм ..... 100.
- 2.4.5. Напряжение на входе подключения тахогенератора,  $U_{\text{тг}}$ , В ..... от 0 до 100.
- 2.4.6. Частота широтно-импульсной модуляции, кГц .....  $18 \pm 1$ .
- 2.4.7. Напряжение дискретных команд РР и ПРС, В ..... от 19 до 32.
- 2.4.8. Нагрузочная способность контактов реле ГОТ:  
– максимальный коммутируемый ток, А ..... 0,5.  
– максимальная коммутируемая мощность, Вт ..... 10.

## 2.5. Характеристики системы регулирования

- 2.5.1. Диапазон регулирования скорости двигателя с тахогенератором ( $n_{\text{MAX}} / n_{\text{MIN}}$ ), не менее ..... 1:10 000.
- 2.5.2. Погрешность регулирования скорости при  $n = n_{\text{НОМ}}$ , %, не более ..... 0,5.

*Примечание.* Крутизна характеристики тахогенератора должна быть не менее 15 мВ/(об/мин), пульсации напряжения не более 2 %.

- 2.5.3. Полоса пропускания частот замкнутой системы регулирования скорости при работе двигателя холостую, Гц, не менее ..... 100.

*Примечание.* Полоса пропускания частот определяется в линейной зоне работы регулятора скорости при  $U_{\text{вх}} = 0, 1 \text{ В}$ .

- 2.5.4. Диапазон регулирования скорости двигателя в системе с обратной связью по ЭДС без тахогенератора ( $n_{\text{MAX}} / n_{\text{MIN}}$ ), не более ..... 1:20.
- 2.5.5. Погрешность регулирования скорости в системе с обратной связью по ЭДС при  $n = n_{\text{НОМ}}$ , %, не более ..... 5.

## 2.6. Режимы работы

- 2.6.1. Блок обеспечивает работу электропривода в 4-х квадрантах плоскости механических характеристик.
- 2.6.2. Блок обеспечивает работу электропривода в длительном (S1), кратковременном (S2), повторно-кратковременном (S3), повторно-кратковременном с частыми реверсами и электрическим торможением (S5) и перемежающимися с различной продолжительностью нагрузками (S6, S7) режимах по ГОСТ 183-74, при условии, что среднеквадратичный ток не превышает значение номинального тока якоря.

## 2.7. Защитные блокировки

- максимально-токовая (МТЗ);
- время-токовая (ВТЗ);
- тепловая – от перегрева силовых транзисторов (ТЗ);
- от нарушения цепи тахогенератора (ТГЗ);
- от коротких замыканий в силовой схеме.

## 2.8. Светодиодная индикация

- питания;
- готовности к работе;
- запрещения работы;
- максимального тока;
- защитных блокировок.

## 2.9. Габариты и масса

- 2.9.1. Габаритные размеры (высота×ширина×глубина), мм ..... 180×92×150.
- 2.9.2. Масса, кг, не более ..... 1,3.

- 2.10. Степень защиты ..... IP20.



### 3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

#### 3.1. Система регулирования

3.1.1. Система регулирования скорости двухконтурная (см. рис. 1):

- внутренний контур регулирования тока (момента) двигателя (КРТ),
- внешний контур регулирования скорости.

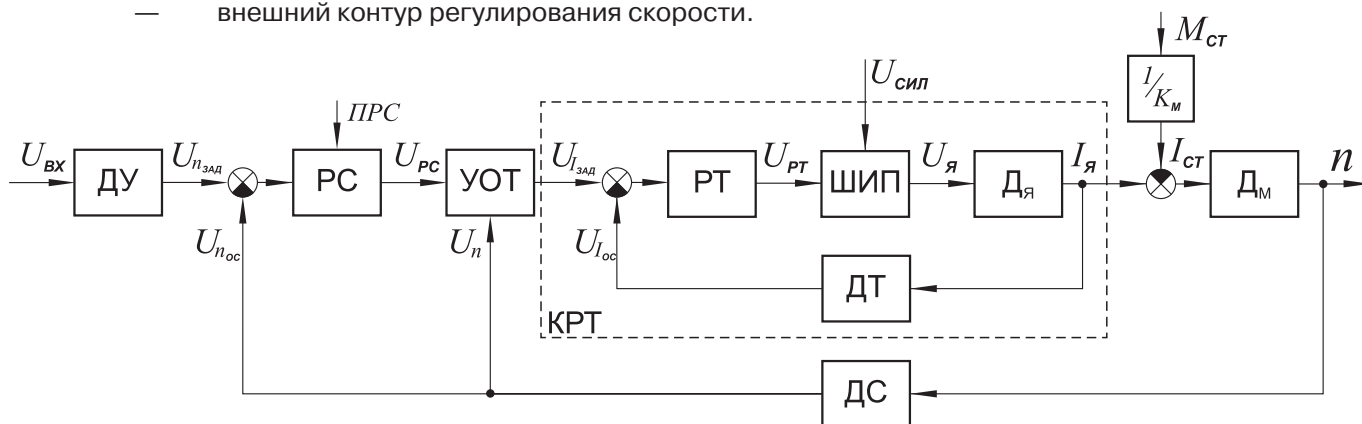


Рис. 1

3.1.2. Контур регулирования тока:

- РТ — регулятор тока;
- ШИП — широтно-импульсный преобразователь;
- Д\_Я — двигатель (якорная цепь);
- ДТ — датчик тока.

3.1.3. Контур регулирования скорости:

- РС — регулятор скорости;
- УОТ — устройство ограничения тока якоря;
- КРТ — контур регулирования тока;
- Д\_М — двигатель (механическая составляющая);
- ДС — датчик скорости.

3.1.4. Входное аналоговое напряжение  $U_{ВХ}$ , задающее скорость двигателя, поступает на дифференциальный усилитель. ДУ служит для подавления синфазной помехи, наведенной на проводах связи с устройством ЧПУ, нормирования уровня и фильтрации сигнала. На выходе ДУ формируется напряжение  $U_{nЗад}$ .

3.1.5. На входы РС поступают напряжение задания скорости  $U_{nЗад}$  и напряжение отрицательной обратной связи по скорости  $U_{nОс}$  с выхода ДС - тахогенератора с фильтром нижних частот. РС преобразует рассогласование сигналов  $U_{nЗад}$  и  $U_{nОс}$  в напряжение  $U_{РС}$  в соответствии с функцией ПИ-(пропорционально-интегрального) или П-(пропорционального) регулятора. Структура П-регулятора устанавливается дискретной командой ПРС.

3.1.6. При изменении статического момента нагрузки на валу двигателя ( $M_{СТ}$ ), статическая ошибка регулирования скорости  $\Delta n_{СТ} = n_{Зад} - n_{УСТ}$ , где:  $n_{Зад}$  - заданное значение скорости,  $n_{УСТ}$  - установившееся значение скорости: равна нулю, при ПИ-регуляторе скорости; растет с ростом  $M_{СТ}$ , при П-регуляторе скорости.

3.1.7. УОТ обеспечивает ограничение максимальной величины тока якоря на заданном уровне. Кроме того, ограничение максимального тока производится в функции текущего значения скорости в соответствии с установленной в блоке характеристикой.

3.1.8. На входы РТ поступают напряжение задания тока  $U_{IЗад}$  и напряжение отрицательной обратной связи по току  $U_{IОс}$  с выхода ДТ - гальванически изолированного от цепи якоря преобразователя тока в аналоговое напряжение. РТ преобразует рассогласование сигналов  $U_{IЗад}$  и  $U_{IОс}$  в напряжение  $U_{РТ}$  в соответствии с функцией ПИ-регулятора.

3.1.9. Напряжение  $U_{РТ}$  является задающим для ШИП - транзисторного широтно-импульсного преобразователя, преобразующего энергию источника питания  $U_{Сил}$  в напряжение на обмотке якоря двигателя.

### 3.2. Конструкция

3.2.1. Габаритный чертеж блока представлен на рис.2.

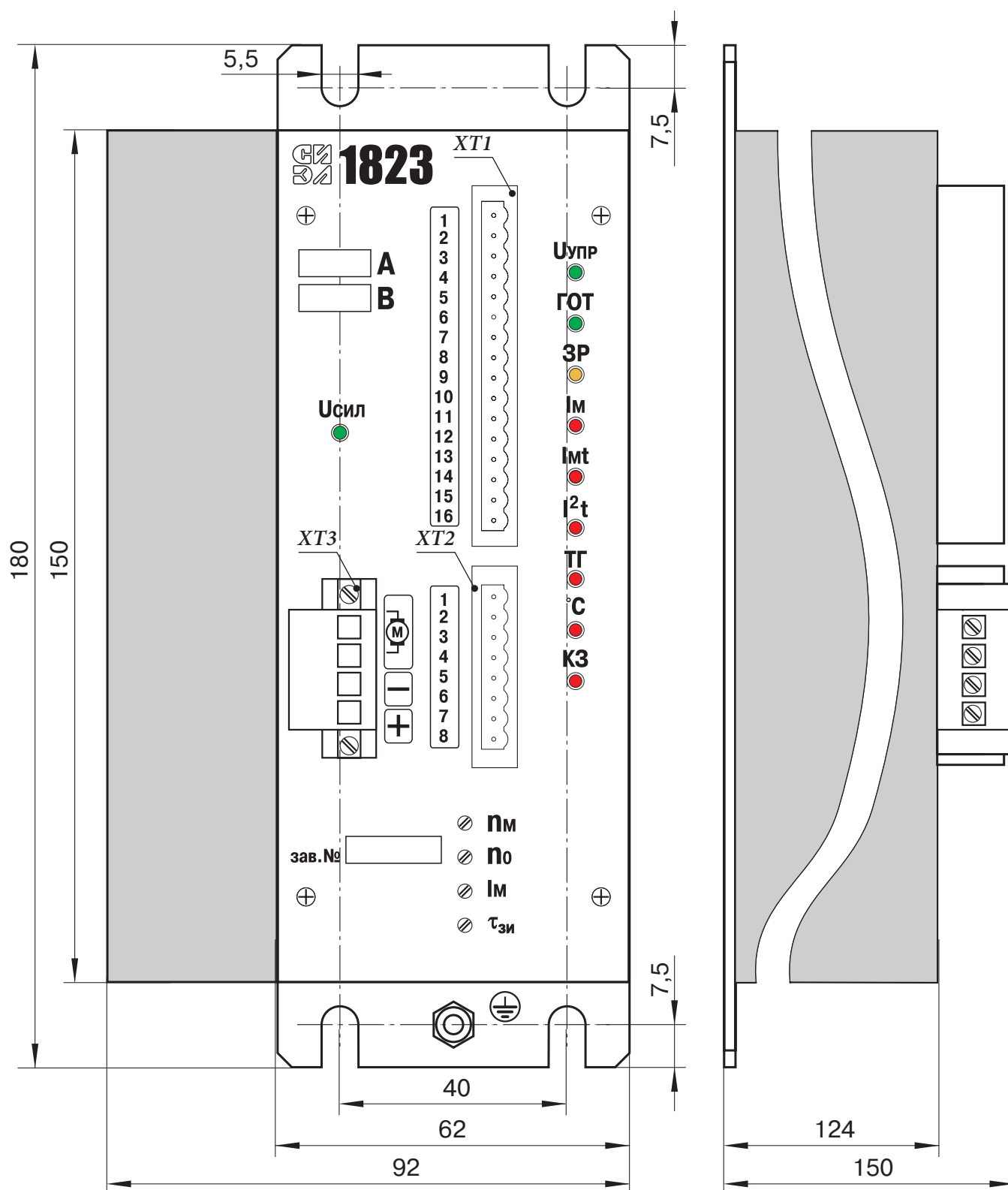


Рис. 2

3.2.2. Блок представляет собой металлическую конструкцию с лицевой и задней панелями. С левой стороны блока расположен радиатор охлаждения силовых транзисторов. С правой стороны блок закрывается съемной П-образной крышкой.

3.2.3. Со стороны лицевой панели блока расположены:

- клеммники *XT1*, *XT2* для подключения цепей управления;
- клеммник *XT3* для подключения силового напряжения питания и якорной обмотки двигателя;
- светодиоды индикации;
- регулировочные резисторы.

- 3.2.4. Внутри блока установлены электронные модули, принципиальные схемы которых приведены на рисунках:
- модуль управления ..... рис. 3;
  - модуль драйверов ..... рис. 4;
  - модуль силовой ..... рис. 5.
- 3.2.5. Принципиальная схема блока приведена на рисунке 6.
- 3.2.6. Крепление блока производится за заднюю панель четырьмя винтами М5.
- 3.2.7. В нижней части задней панели блока расположен винт заземления М5.

### 3.3. Питание

- 3.3.1. Напряжение питания схемы управления  $E_{\text{пит}}$  подается от внешнего источника на контакты 14, 15 клеммника  $XT1$  (рис. 6) и поступает на модуль управления (рис. 3). Наличие выпрямительного моста  $VD40$  (рис. 3) позволяет подключать переменное (от 12,7 В до 22,7 В) или постоянное (от 19 В до 33 В) напряжение питания.
- 3.3.2. Выпрямленное напряжение  $E$  с моста  $VD40$  поступает на DC/DC преобразователь напряжения  $UI$ , который формирует стабилизированные напряжения +15В, –15В ( $\pm 2\%$  max), гальванически изолированные от напряжения  $E_{\text{пит}}$ . Преобразователь  $UI$  обеспечивает электрическую прочность изоляции 1500 В постоянного тока и имеет продолжительную защиту от короткого замыкания с автоматическим восстановлением.
- 3.3.3. Наличие напряжений +15В, –15В индицируется светодиодом  $HL7$  “ $U_{\text{упр}}$ ”.
- 3.3.4. Силовое напряжение питания  $U_{\text{сил}}$  подается на блок через контакты 4(+) и 3(–) клеммника  $XT3$  (см. рис. 6).
- 3.3.5. Напряжение  $U_{\text{сил}}$  предназначено для питания силового транзисторного моста ШИП  $VT1...VT4$  (рис. 5). Наличие силового питания индицируется светодиодом  $HL1$  “ $U_{\text{сил}}$ ” (рис.5).

### 3.4. Дифференциальный усилитель задающего напряжения (ДУ)

- 3.4.1. Напряжение задания скорости подается на блок через контакты 1, 2 клеммника  $XT1$  (рис. 6) и поступает на входы ДУ (контакты 1, 2 разъема  $XP1$  модуля управления, рис. 3).
- 3.4.2. ДУ выполнен на операционных усилителях (ОУ)  $DA1.1$ ,  $DA1.2$  и элементах  $C1$ ,  $R1...R5$  (рис.3).
- 3.4.3. Коэффициент передачи дифференциального усилителя  $K_{\text{ду}} = 1$ .
- 3.4.4. При подключении источника задающего напряжения (аналоговый выход ЧПУ) необходимо соединить его точку нулевого потенциала (GND) с контактом “Общий” блока (контакт 3  $XT1$  на рис. 6) отдельным проводом, как показано на схеме подключения блока (рис. 18).

### 3.5. Задатчик интенсивности разгона (торможения) (ЗИ)

- 3.5.1. ЗИ предназначен для обеспечения плавного пуска/торможения электродвигателя в системах стабилизации скорости.
- 3.5.2. ЗИ выполнен на ОУ  $DA2.1$ ,  $DA2.2$  и элементах  $C2$ ,  $C3$ ,  $R7...R10$ ,  $VD1$  (рис.3).
- 3.5.3. Интенсивность разгона (торможения) двигателя устанавливается переменным резистором  $R9$  (регулировка “ $\tau_{\text{зи}}$ ”) и сменными элементами  $R7$ ,  $C3$ .  
Изготовителем установлены номиналы  $R7 = R8 = 1 \text{ МОм}$ ;  $C3 = 1 \text{ мкФ}$ , обеспечивающие одинаковые интенсивности разгона и торможения ( $R7 = R8$ ) и регулировку времени изменения скорости от 0 до  $n_{\text{MAX}}$  в пределах от 0 до 1 с.
- 3.5.4. Включение ЗИ в систему регулирования скорости производится установкой джампера  $J4$  на модуле управления в левое положение ( $J4$  расположен в нижнем левом углу платы модуля управления, см. Приложение 2). В правом положении джампера  $J4$  – ЗИ отключен.
- 3.5.5. При использовании блока в быстродействующих следящих приводах (например в станках с ЧПУ) ЗИ следует отключить установкой джампера  $J4$  на модуле управления в правое положение.

### 3.6. Фильтр напряжения тахогенератора

- 3.6.1. Напряжение тахогенератора  $U_{\text{тг}}$  подается на блок через контакты 4, 5  $XT1$  (рис. 6) и поступает на контакты 4, 5  $XP1$  модуля управления (рис. 3).
- 3.6.2. Напряжение  $U_{\text{тг}}$  поступает на пассивный фильтр нижних частот, собранный на элементах  $C4$ ,  $R11$ ,  $C5$ , с которого напряжение  $U_{\text{noc}}$  поступает на вход отрицательной обратной связи РС ( $R12$ ).
- 3.6.3. Сопротивление резистора  $R12$  обеспечивает согласование напряжения тахогенератора с входом РС. Номинал сменного резистора  $R12$  устанавливается согласно таблице 2.

Таблица 2.

$n_{\text{MAX}}$ , об/мин	750	1000	1500	2000	2500	3000
$R12$ , кОм	10	20	43	62	82	100





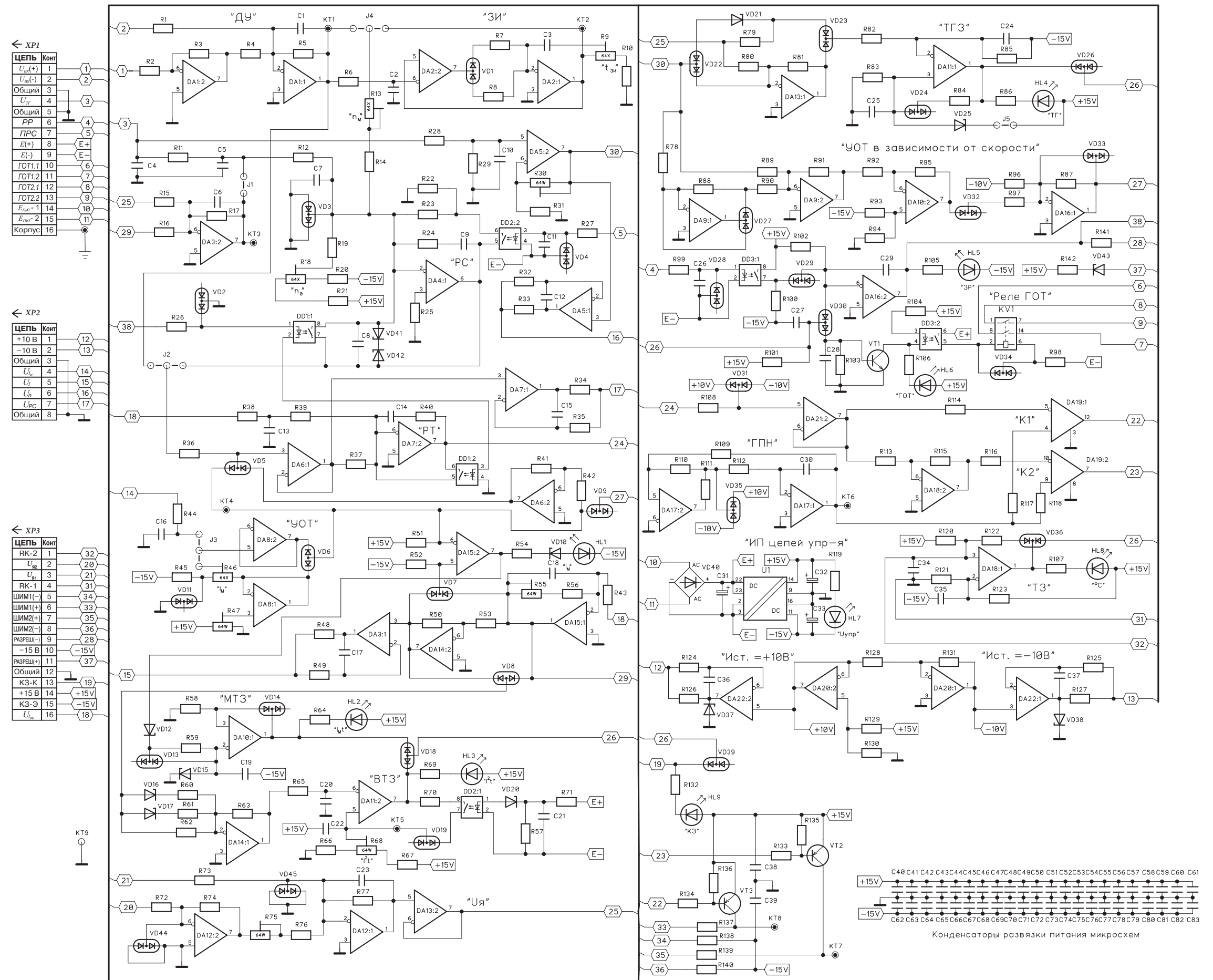


Рис. 3. Модуль управления. Схема электрическая принципиальная.

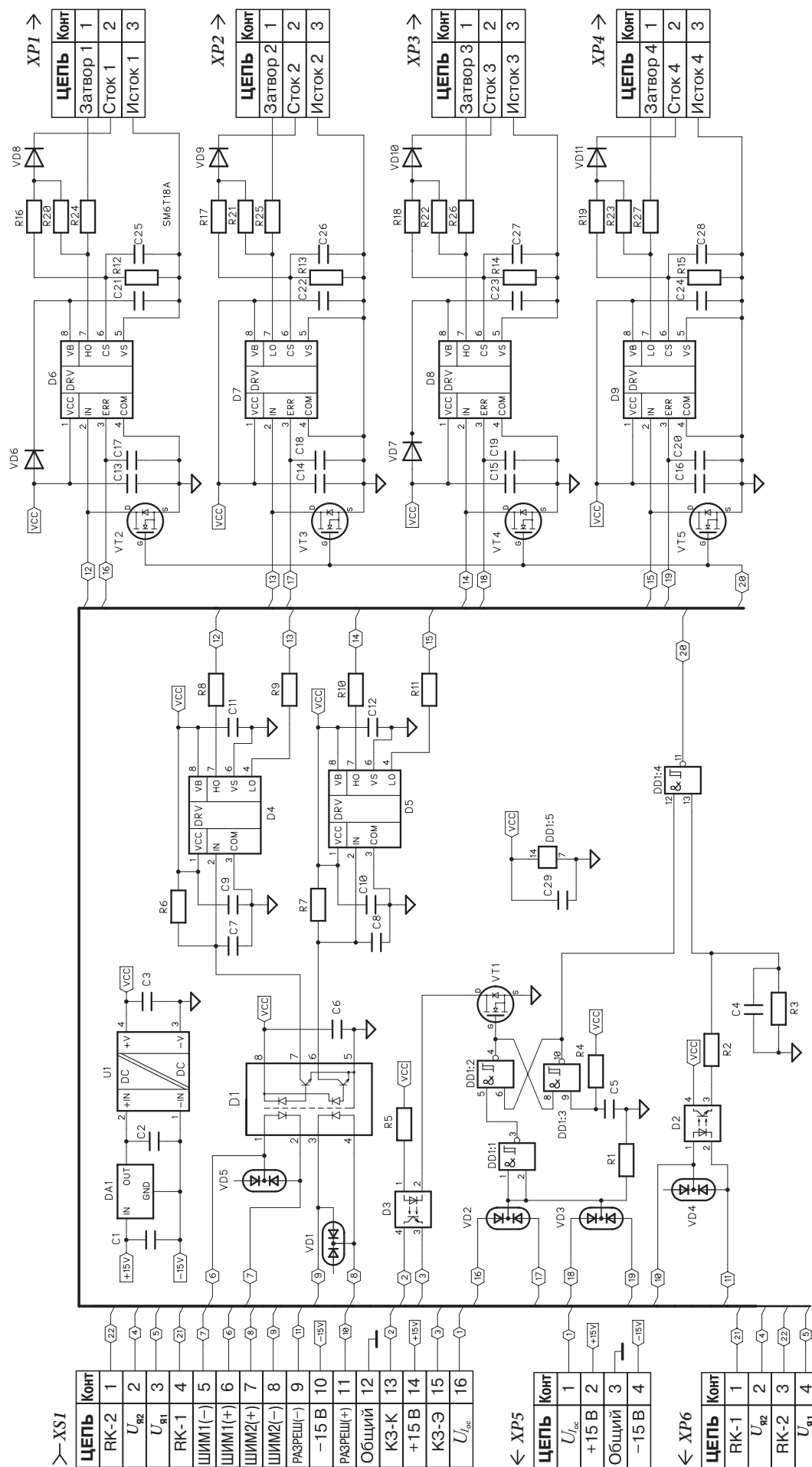


Рис.4. Модуль драйверов. Схема электрическая принципиальная

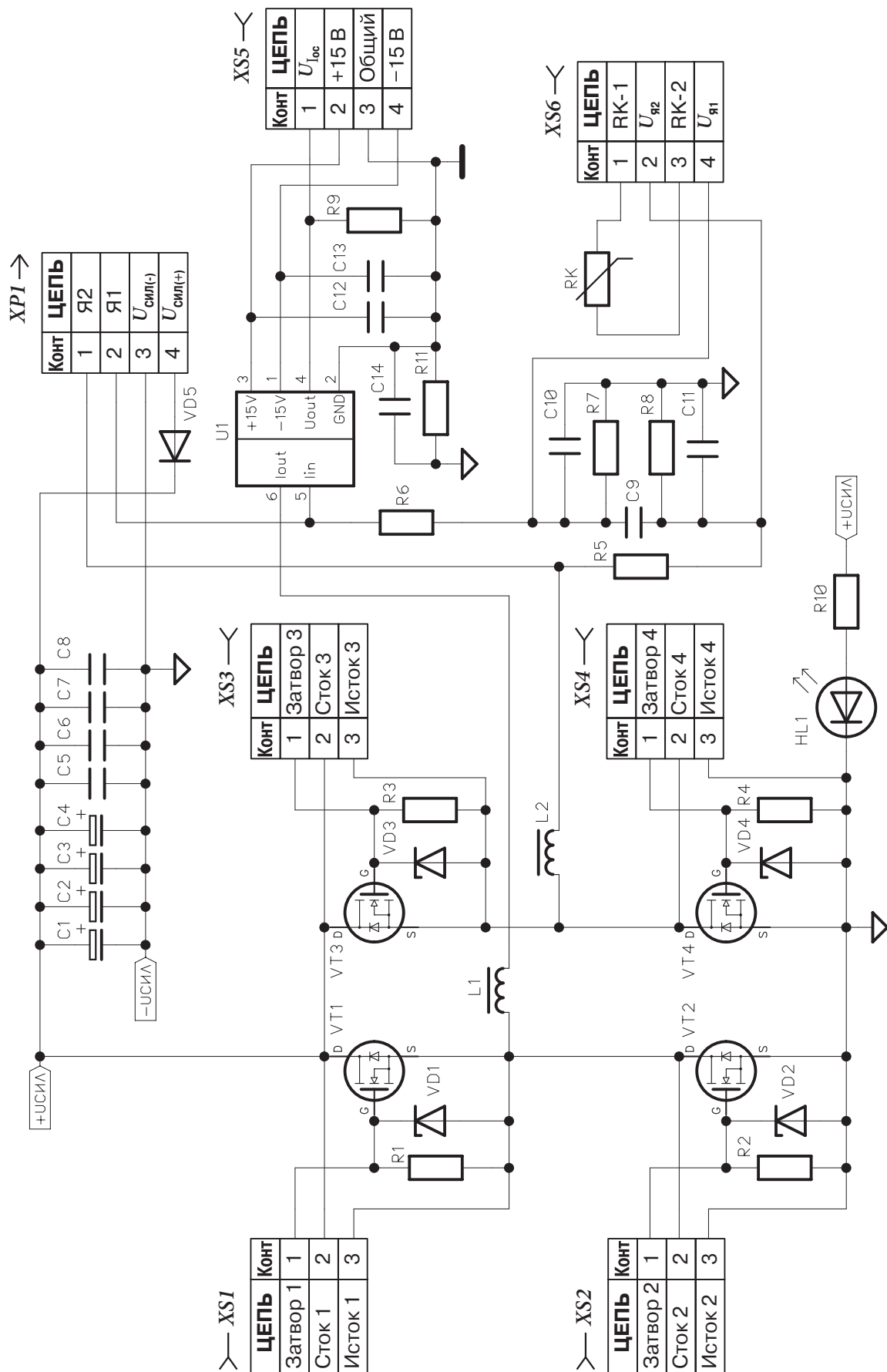


Рис.5. Модуль силовой. Схема электрическая принципиальная

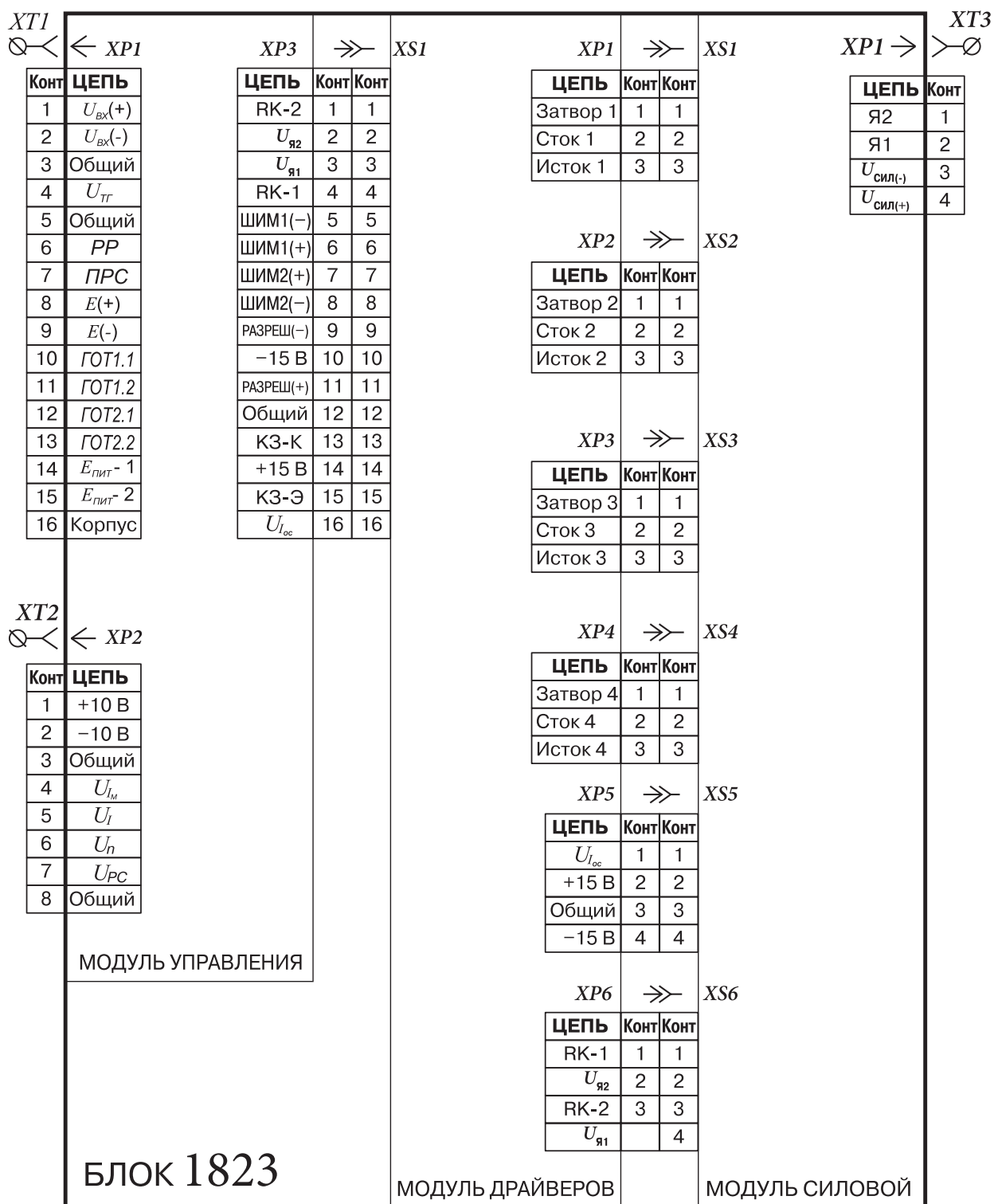


Рис.6. Блок управления двигателем. Схема электрическая принципиальная

**Примечание.** Значения сопротивления  $R12$  рассчитаны для применения тахогенератора с крутизной 20 мВ/(об/мин).

В общем случае  $R12$  рассчитывается по формуле:

$$R12 = 2 \cdot K_{\text{ТГ}} n_{\text{МАХ}} - 20 [\text{кОм}],$$

где  $K_{\text{ТГ}}$  – крутизна характеристики тахогенератора, мВ/(об/мин);

$n_{\text{МАХ}}$  – максимальная скорость, об/мин.

3.6.4. Напряжение пропорциональное скорости ( $U_n$ ) формируется на выходе ОУ  $DA5.2$ . Переменным резистором  $R30$  устанавливается нормированное напряжение  $U_n = 10 \text{ В}$  при  $n = n_{\text{МАХ}}$ .

3.6.5. Напряжение  $U_n$  поступает на буферный повторитель на ОУ  $DA5.1$ , выход которого используется для контроля текущего значения скорости (контакт 6  $XT2$  на рис. 6).

### 3.7. Регулятор скорости (РС)

3.7.1. РС выполнен на ОУ  $DA4$  (рис. 3) и элементах:  $R12...R14$ ,  $R18...R25$ ,  $C8$ ,  $C9$ ,  $DD1.1$ ,  $DD2.1$ ,  $VD3$ .

3.7.2. Напряжение  $U_{n\text{Зад}}$  поступает на задающий вход РС ( $R13$ ).

3.7.3. Если команда ПРС не подана (см. п. 3.18), ключ  $DD2.1$  разомкнут, РС имеет структуру ПИ-регулятора, передаточная функция которого имеет вид:

$$W_{\text{РС}}(p) = K_{\text{РС}} + \frac{1}{T_{\text{ИРС}} \cdot p} = \frac{1 + T_1 \cdot p}{T_{\text{ИРС}} \cdot p}$$

где  $K_{\text{РС}} = R24 / (R13 + R14)$  – коэффициент передачи пропорциональной составляющей РС;

$T_{\text{ИРС}} = C9 / (R13 + R14)$  – постоянная времени интегральной составляющей РС;

$T_1 = K_{\text{РС}} \cdot T_{\text{ИРС}}$ ;

$p$  – оператор Лапласа.

При расчетах принимается  $(R13 + R14) = 20 \text{ кОм}$

3.7.4. Установка параметра  $K_{\text{РС}}$  производится сменным резистором  $R24$  (100 кОм ÷ 1 МОм).

3.7.5. Параметром  $K_{\text{РС}}$  устанавливаются требуемая "жесткость" привода и перерегулирование в переходном процессе по скорости при ступенчатом изменении напряжения задания. В быстродействующих системах величина  $K_{\text{РС}}$  обычно устанавливается в пределах от 10 до 50.

3.7.6. Параметр  $T_{\text{ИРС}}$  устанавливается конденсатором  $C9$  (10 нФ ÷ 100 нФ).

Настройкой параметра  $T_{\text{ИРС}}$  устанавливается время восстановления заданной скорости привода после приложения нагрузки. Постоянная времени  $T_{\text{ИРС}}$  для быстродействующих систем устанавливается в пределах  $(2 \div 10) \cdot 10^{-4} \text{ с}$ .

Интегральная составляющая в передаточной функции РС придает системе регулирования скорости астатизм 2-го порядка, свойствами которой являются:

- колебательный характер переходного процесса по скорости при ступенчатом изменении задающего напряжения;
- нулевое значение статической ошибки регулирования скорости  $\Delta n_{\text{СТ}}$ .

3.7.7. На рис. 7 представлены кривые переходных процессов по скорости при пуске и при ступенчатом изменении момента нагрузки привода.

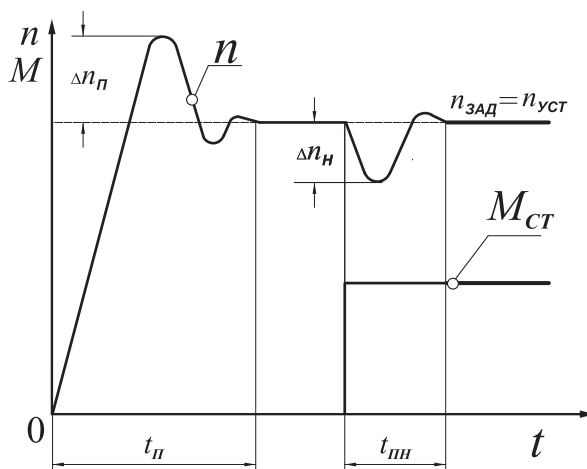


Рис. 7.

Следующие параметры:  $\Delta n_{\text{п}}$  – перерегулирование при пуске;  
 $\Delta n_{\text{н}}$  – перерегулирование при приеме нагрузки;  
 $t_{\text{п}}$  – время переходного процесса при пуске;  
 $t_{\text{пн}}$  – время переходного процесса при приеме нагрузки,  
 оптимизируются настройками величин  $K_{\text{РС}}$  и  $T_{\text{и}}$ .

Уменьшение постоянной времени  $T_{\text{и}}$  приводит к уменьшению времени  $t_{\text{пн}}$ .

Увеличение  $K_{\text{РС}}$  приводит к уменьшению  $t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{пн}}$  и увеличивает “жесткость” привода. Следует учитывать, что чрезмерное увеличение  $K_{\text{РС}}$  или уменьшение  $T_{\text{и}}$  может привести к нарушению устойчивости системы регулирования.

- 3.7.8. Критериями оптимальной настройки параметров РС являются:
- максимальное быстродействие при обработке системой регулирования ступенчатого задающего напряжения при перерегулировании, не превышающем 20 % установленного значения скорости;
  - максимальное быстродействие при обработке системой регулирования возмущающего воздействия - ступенчатого изменения статического момента нагрузки.

- 3.7.9. При подаче команды ПРС замыкается ключ **DD2.2** и РС приобретает структуру П-регулятора, передаточная функция которого имеет вид:

$$W_{\text{РС}}(p) \approx K_{\text{РС}},$$

$$\text{где } K_{\text{РС}} = R23 / (R13 + R14).$$

- 3.7.10. Применение П-регулятора скорости целесообразно в следующих случаях:
- в следящей системе (с обратной связью по положению) требуется быстрое позиционирование привода при отсутствии перерегулирования (П-регулятор) с последующим обеспечением “жесткости” привода на рабочих скоростях (переключение на ПИ-регулятор);
  - в системе стабилизации скорости требуется исключить дрейф заданного нулевого значения скорости, присущий системе с ПИ-регулятором, при отсутствии момента нагрузки (режим стоянки без нагрузки).

- 3.7.11. На рис. 8 представлены кривые переходных процессов в системе регулирования скорости с П-регулятором (команда ПРС подана).

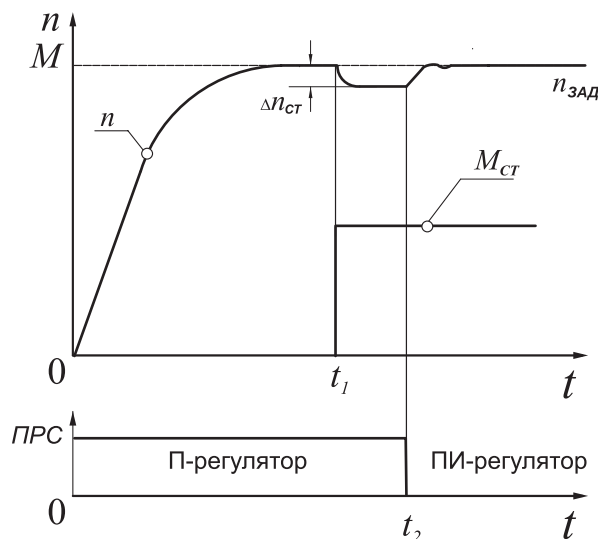


Рис. 8.

После пуска двигателя и установления заданной скорости в момент времени  $t_1$  к двигателю прикладывается момент нагрузки  $M_{\text{ст}}$ , при этом скорость изменяется на величину ошибки  $\Delta n_{\text{ст}}$ .

В момент времени  $t_2$  происходит снятие команды ПРС (переключение структуры РС с П- на ПИ- регулятор), при этом величина ошибки  $\Delta n_{\text{ст}}$  компенсируется действием ПИ-регулятора.

- 3.7.12. Регулировочным резистором **R13** (" $n_{\text{м}}$ ") устанавливается значение максимальной скорости при  $U_{\text{ВХ}} = 10 \text{ В}$ . Пределы регулировки:  $(0,75 \div 1,25) n_{\text{МАХ}}$ .
- 3.7.13. Регулировочным резистором **R18** (" $n_0$ ") устанавливается нуль скорости ( $n_0$  при  $U_{\text{ВХ}} = 0$ ). Точная настройка нуля скорости производится установкой нуля напряжения  $U_{\text{РС}}$ , которое измеряется на контактах 7, 8 клеммника **XT2** блока (рис. 6).
- 3.7.14. При срабатывании любой защиты в блоке или при отсутствии на входе блока команды **PP**, ключ **DD1.1** замыкается и производится обнуление выходного напряжения РС ( $U_{\text{РС}} = 0$ ).
- 3.7.15. Напряжение  $U_{\text{РС}}$  через джампер **J2** поступает на вход устройства ограничения тока (УОТ), с выхода которого через буферный повторитель на **ОУДА7.1** поступает на контакт 7 **XT2** (рис. 6) для использования при организации связанных систем электропривода и для измерения напряжения  $U_{\text{РС}}$ . Джампер **J2** должен быть установлен в левое положение (**J2** расположен в нижнем правом углу платы модуля управления, см. Приложение 2).

### 3.8. Устройство ограничения тока (УОТ)

- 3.8.1. Ограничение максимального тока якоря в блоке производится путем ограничения напряжения задания тока  $U_{I_{\text{ЗАД}}}$  одним из следующих способов:
- внутреннее ограничение тока;
  - внешнее ограничение тока.
- Способ ограничения максимального тока назначается соответствующей установкой джампера  $J3$ . Кроме того, в блоке постоянно действует ограничение тока, зависящее от скорости.
- 3.8.2. Внутреннее ограничение тока в пределах от 0 до  $I_{\text{ЯМАХ}}$  производится регулировочным резистором  $R46$  (“ $I_M$ ”). Джампер  $J3$  должен быть установлен в левое положение ( $J3$  расположен в нижнем левом углу платы модуля управления, см. Приложение 2).
- 3.8.3. Внешнее ограничение  $I_{\text{Я}}$  производится напряжением  $U_{I_M}$  ( $0 \div +10$ ) В, подводимым к блоку от устройства ЧПУ (контакты 4, 8 ХТ2 на рис. 6). Джампер  $J3$  должен быть установлен в правое положение.
- 3.8.4. Для оптимального режима коммутации тока под щетками в коллекторном двигателе необходимо ограничивать ток якоря (момент двигателя) по мере возрастания скорости в соответствии с кривой допустимых моментов  $M = f(n)$  (коммутационная кривая), приводимой для конкретного типа электродвигателя. Коммутационная кривая имеет гиперболический характер.
- 3.8.5. На рис. 9 изображена линеаризованная характеристика ABCD, при которой:
- кратность перегрузки по току  $I_{\text{МАХ}} / I_{\text{НОМ}} = 3$ ;
  - ограничение тока (момента) при возрастании скорости начинается с  $n = 0,5n_{\text{НОМ}}$ ;
  - максимальный ток (момент) при  $n = n_{\text{НОМ}}$  не превышает номинального значения.

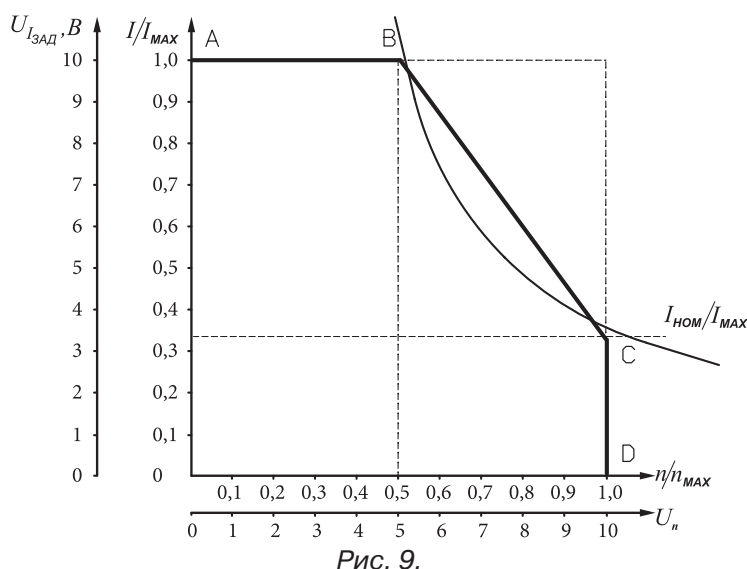


Рис. 9.

- 3.8.6. Реализация характеристики ABCD производится установкой соответствующих номиналов резисторов  $R94$  и  $R97$ . Длина участка AB характеристики устанавливается сопротивлением резистора  $R94$ , увеличение которого увеличивает длину участка AB. Крутизна участка BC устанавливается сопротивлением резистора  $R97$ , уменьшение которого увеличивает крутизну характеристики. Изготовителем установлены номиналы резисторов  $R94$  и  $R97$ , обеспечивающие характеристику, изображенную на рис. 9.

### 3.9. Регулятор тока (РТ)

- 3.9.1. РТ имеет структуру ПИ-регулятора и собран на элементах:  $DA7.2$ ,  $R37 \dots R40$ ,  $C13$ ,  $C14$ ,  $DD1.2$  (рис.3).

- 3.9.2. Передаточная функция РТ имеет вид:

$$W_{\text{РТ}}(p) = K_{\text{РТ}} + \frac{1}{T_{\text{ИРТ}} \cdot p} = \frac{1 + T_2 \cdot p}{T_{\text{ИРТ}} \cdot p}$$

где  $K_{\text{РТ}} = R40 / R37$ ;

$$T_{\text{ИРТ}} = R37 \cdot C14$$

$$T_2 = K_{\text{РТ}} \cdot T_{\text{ИРТ}}$$

- 3.9.3. Оптимизация параметров  $K_{\text{РТ}}$  и  $T_{\text{ИРТ}}$  производится установкой сменных элементов:  $C14$  : ( $3,3 \div 33$ ) нФ;  $R40$  : ( $39 \div 100$ ) кОм.



- 3.9.4. Постоянная времени  $T_{\text{ИРТ}}$  определяет полосу пропускания контура тока и выбирается из диапазона значений  $T_{\text{ИРТ}} = (1,5 \div 3,0) \cdot 10^{-4}$  с, соответствующих диапазону частот от 1000 до 500 Гц.
- 3.9.5. Критерием оптимальной настройки параметров РТ является максимальное быстродействие при обработке контуром тока ступенчатого задающего напряжения при перерегулировании, не превышающем 5 % установившегося значения.
- 3.9.6. Параметром  $T_2$  компенсируется инерционность, вносимая в систему постоянной времени цепи якоря  $T_{\text{я}}$ . Постоянная времени  $T_2$  определяется выражением:  

$$T_2 = T_{\text{я}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}};$$
где  $L_{\text{я}}$  – индуктивность цепи якоря;  
 $R_{\text{я}}$  – активное сопротивление цепи якоря.
- Пример расчета.  
Пусть  $L_{\text{я}} = 3$  мГн,  $R_{\text{я}} = 4$  Ом, тогда  $T_{\text{я}} = T_2 = L_{\text{я}} / R_{\text{я}} = 3 \cdot 10^{-3} / 4 = 0,00075$  с.  
Задаемся величиной  $T_{\text{ИРТ}} = 0,00025$  с;  $K_{\text{РТ}} = T_2 / T_{\text{ИРТ}} = 3$ ,  
тогда  $R40 = R37 \cdot K_{\text{РТ}} = 20 \cdot 10^3 \cdot 3 = 60$  кОм;  
 $C14 = T_{\text{ИРТ}} / R37 = 0,00025 / 20 \cdot 10^3 = 12,5$  нФ.
- 3.9.7. Напряжение  $U_{\text{IЗАД}}$  с выхода *DA6.1* подается на задающий вход РТ (*R37*). Напряжение  $U_{\text{IОС}}$  с выхода ДТ, установленного в модуле силовом (*U1*, рис. 5), поступает на RC-фильтр нижних частот (*R38*, *C13*) (рис. 3), с которого подается на вход отрицательной обратной связи РТ (резистор *R39*).
- 3.9.8. При снятии команды РР или при срабатывании любой защиты в блоке, замыкается ключ *DD1.2*, на выходе РТ устанавливается напряжение  $U_{\text{РТ}} = 0$ .

### 3.10. Датчик тока (ДТ)

- 3.10.1. ДТ (*U1*, рис. 5) предназначен для формирования гальванически изолированного от силовой цепи напряжения  $U_{\text{IОС}}$ , пропорционального текущему значению тока  $I_{\text{я}}$ .
- 3.10.2. Тип ДТ: НХ15-Р.

Технические характеристики:

- первичный ток, эффективное значение ( $I_{\text{РН}}$ ), А ..... 15.
- диапазон преобразования, А .....  $\pm 45$ .
- выходное напряжение при  $I_{\text{РН}}$ , В .....  $\pm 4$ .
- частотный диапазон, кГц ..... от 0 до 50.
- точность преобразования, % от  $I_{\text{РН}}$ , не более .....  $\pm 1$ .

- 3.10.3. Напряжение  $U_{\text{IОС}}$  поступает на вход инвертирующего усилителя на *ОУ DA15.1* (рис. 3), на выходе которого регулировочным резистором *R55* точно устанавливается нормированное значение напряжения  $U_{\text{I}}$ , равное 10 В при  $I_{\text{я}} = I_{\text{МАХ}}$ .
- 3.10.4. Напряжение  $U_{\text{I}}$  выведено на контакт 5 клеммника *XT2* (рис. 6) для контроля текущего значения тока якоря.

### 3.11. Широтно-импульсный преобразователь (ШИП)

- 3.11.1. ШИП представляет собой импульсный мостовой транзисторный усилитель, предназначенный для питания якорной обмотки двигателя.
- 3.11.2. ШИП состоит из следующих функциональных элементов (см. рис. 10):
- генератор пилообразного напряжения (ГПН) — *DA17.1*, *DA17.2*, *C30*, *R109...R112*, *VD35* (рис. 3);
  - инвертирующий усилитель (ИУ) — *DA18.2*, *R113*, *R115* (рис. 3);
  - компараторы (*K1*, *K2*) — *DA19.1*, *DA19.2* (рис. 3);
  - драйверы силовых транзисторов (*ДР1*) — *D4*, *D6*, *D7* и (*ДР2*) — *D5*, *D8*, *D9* (рис. 4);
  - транзисторный мост (*T1...T4*) — *VT1...VT4* (рис. 5);
  - конденсатор (*C*) — *C1...C8* (рис. 5).



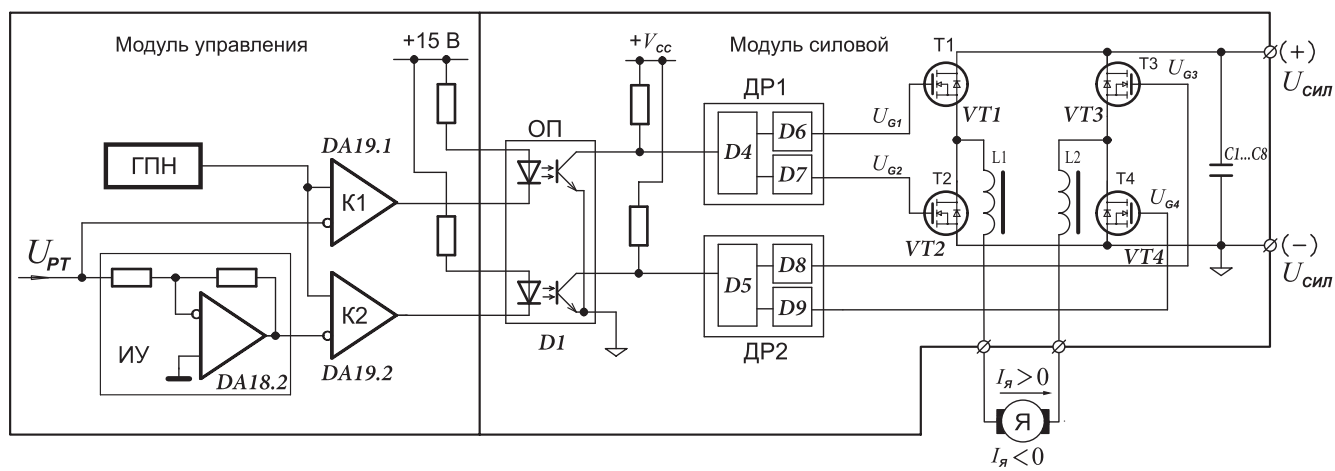


Рис. 10

- 3.11.3. На вход ШИП ( $R108$ ) поступает напряжение с выхода РТ  $U_{РТ}$ , которое ограничивается на уровне  $\pm(10\text{ В} + U_{\text{д}})$  схемой ограничения ( $VD31, DA21.2$ ), где  $U_{\text{д}}$  - прямое падение напряжения на диоде ( $\sim 0,7\text{ В}$ ).
- 3.11.4. Выходные импульсы компараторов  $DA19.1$  и  $DA19.2$  усиливаются по мощности транзисторными каскадами  $VT3$  и  $VT2$  соответственно и через оптронную развязку  $D1$  (рис. 4), управляют полумостовыми драйверы  $D4$  и  $D5$ , формирующими противофазные импульсы управления транзисторами полумостов с задержками на включение длительностью  $0,7\text{ мкс}$  для предотвращения сквозных токов.
- 3.11.5. Импульсы с выходов драйвера  $D4$  поступают на драйвер верхнего транзистора ( $VT1$ )  $D6$  и драйвер нижнего транзистора ( $VT2$ )  $D7$ . Аналогично, импульсы с выходов  $D5$  поступают на  $D8$  и  $D9$ .
- 3.11.6. Драйверы  $D6...D9$  (рис. 4) усиливают импульсы управления по току и обеспечивают защиту  $VT1...VT4$  от недопустимо высоких токов.
- 3.11.7. Драйверы получают питание изолированным от цепей модуля управления напряжением  $V_{\text{CC}}$  ( $15\text{ В}$ ) с выхода DC/DC - преобразователя  $U1$  (рис. 4).

- 3.11.8. На рис. 11 представлены эпюры напряжений на затворах силовых ключей  $VT1...VT4$  и тока якоря при  $U_{\text{Зад}} > 0$  ( $U_{\text{РТ}} < 0$ ).

На эпюре тока якоря показаны интервалы нарастания (1) и спада (2), (3), (4) тока при переключении силовых ключей, которые происходят в следующих контурах (см. рис. 10):

- (1)  $+U_{\text{сил}}, T1, L1, Я, L2, T4, -U_{\text{сил}}$ .
- (2)  $Я, L2, D3, C, D2, L1, Я$ .
- (3)  $Я, L2, D3, T1, L1, Я$ .
- (4)  $Я, L2, T4, D2, L1, Я$ .

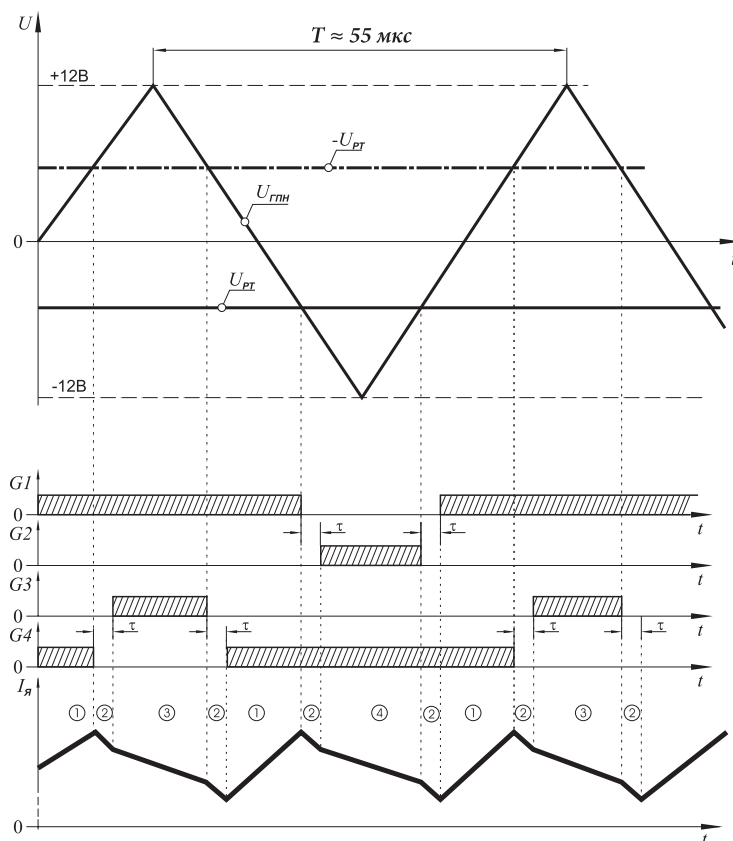


Рис. 11

3.11.9. На рис. 12 представлены эпюры при  $U_{I_{\text{зад}}} < 0$  ( $U_{\text{РТ}} > 0$ ). Нарастание и убывание тока при переключении силовых ключей происходит в следующих контурах (см. рис. 10):

- (1)  $+U_{\text{Сил}}, T3, L2, Я, L1, T2, -U_{\text{Сил}}$ .
- (2) Я,  $L1, Д1, С, Д4, L2, Я$ .
- (3) Я,  $L1, T2, Д4, L2, Я$ .
- (4) Я,  $L1, Д1, T3, L2, Я$ .

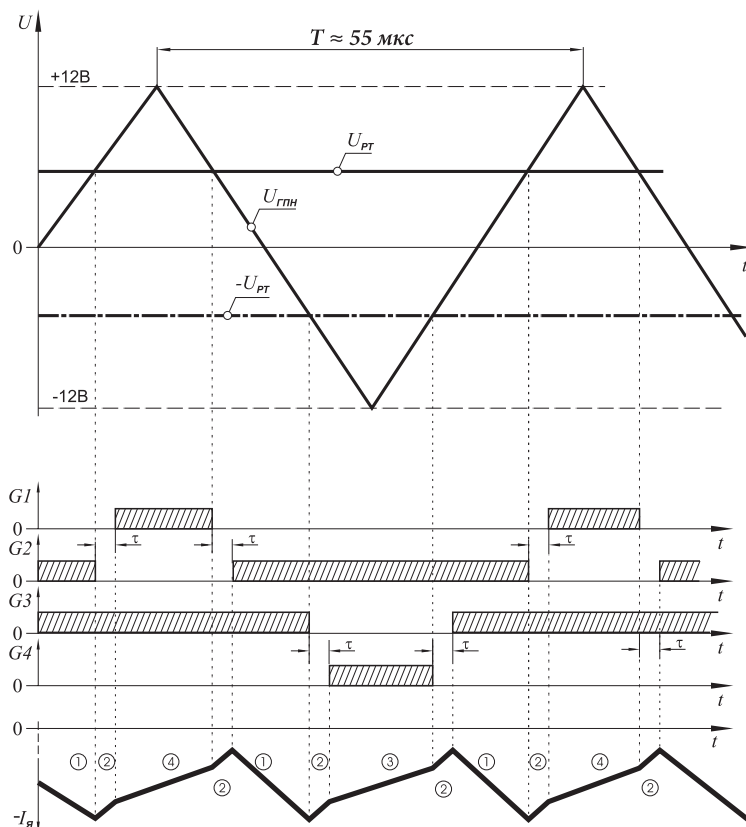


Рис. 12

3.11.10. На интервале (1) происходит нарастание тока в режиме потребления электроэнергии от источника питания  $U_{\text{Сил}}$ . На интервале (2) происходит спад тока в режиме обмена электроэнергией, запасенной индуктивностью якорной обмотки, с конденсатором С.

На интервалах (3) и (4) происходит спад тока в режиме разряда электроэнергии, запасенной индуктивностью якорной обмотки, на собственное активное сопротивление.

**Примечание.** Амплитуда пульсаций тока якоря на рис. 11 и 12 представлена в сильно увеличенном масштабе с целью наглядности при изучении принципа действия ШИП. Реальная форма тока якоря вследствие высокой частоты коммутации и фильтрующего действия индуктивности обмотки якоря - практически гладкая.

3.11.11. Дроссели  $L1, L2$  обеспечивают ограничение скорости нарастания тока в нагрузке блока с целью обеспечения безопасного для силовых транзисторов значения тока в момент срабатывания защиты от КЗ.

### 3.12. Защита от КЗ

3.12.1. Работа схемы защиты от КЗ рассматривается на примере защиты силового транзистора  $VT1$  (рис. 5). Остальные транзисторы защищены аналогично.

3.12.2. При возрастании тока через открытый транзистор возрастает напряжение на его переходе сток-исток. Когда  $VT1$  находится в открытом состоянии, диод  $VD8$  (рис. 4) открыт напряжением с выхода НО драйвера  $D6$ . Образуется контур тока:  $D6$  (НО) –  $R20$  –  $VD8$  –  $VT1$  (рис. 5) –  $D6$  (VS). На вход CS драйвера с делителя напряжения на резисторах  $R16, R12$  поступает напряжение  $U_{\text{CS}} = U_{\text{VD8}} + U_{\text{VT1}}$ , где  $U_{\text{VD8}}$  – падение напряжения на открытом диоде  $VD8$ ;  $U_{\text{VT1}}$  – напряжение между стоком и истоком на открытом транзисторе  $VT1$ .

3.12.3. При нарастании тока через  $VT1$  в момент достижения напряжением на входе CS величины  $U_{\text{CS}} = 230$  мВ в драйвере  $D6$  начинается отсчет временного интервала длительностью 0,5 мкс. Если через 0,5 мкс ток через  $VT1$  и, следовательно, значение  $U_{\text{CS}}$  не снизились, то есть выброс тока не носил случайный характер, то на выходе ERR драйвера появляется ток 100 мкА, заряжающий конденсатор  $C17$ . Напряжение на выходе драйвера принудительно ограничивается, транзистор  $VT1$  переходит из режима насыщения в активный режим, ток через транзистор уменьшается до безопасного значения.

3.12.4. При достижении напряжением на конденсаторе  $C17$  уровня 1,8 В, срабатывает встроенный в драйвер компаратор, ток заряда конденсатора  $C17$  становится равным 15 мА, напряжение на выводе ERR резко изменяется до уровня логической единицы. Длительность процесса нарастания напряжения на конденсаторе до уровня 1,8 В и, следовательно, длительность пребывания  $VT1$  в активном режиме, устанавливается емкостью конденсатора  $C17$  и определяется выражением  $dt = C \cdot 1,8 \text{ В} / 100 \text{ мкА} \approx 4 \text{ мкс}$ .

- 3.12.5. Высокий логический уровень на выходе ERR вызывает срабатывание триггера защиты на элементах DD1.2, DD1.3. Открываются ключи VT2...VT5 (рис. 4), которые обнуляют входы драйверов, происходит блокировка переключения силовых транзисторов VT1...VT4 (рис. 5). Открывается ключ VT1 и оптронный ключ D3 (рис. 4), подключенный к контактам 13, 15 XP3 модуля управления. Через ключ D3 и диоды VD39, VD30 (рис. 3) напряжение –15 В прикладывается к инвертирующему входу компаратора на ОУ DA16.2, что вызывает запрещение работы блока (см. п. 3.17), гаснет светодиод HL6 “ГОТ”, загораются светодиоды HL5 “ЗР” и HL9 “КЗ”.

**Примечание.** Срабатывание защиты от КЗ происходит только при неправильном обращении с блоком или при нарушении правил подключения проводов к силовому клеммнику XT3. Данная защита является аварийной. После ее срабатывания необходимо выяснить причину отказа и только после этого производить повторное включение блока.

- 3.12.6. Восстановление рабочего состояния блока после срабатывания защиты от КЗ производится отключением и повторным включением напряжения питания блока  $E_{\text{пит}}$ . Предварительно следует устранить причину срабатывания защиты.

### 3.13. Максимально-токовая защита (МТЗ)

- 3.13.1. Данная защита срабатывает, если в нагрузке блока присутствует ток  $I_{\text{MAX}}$  в течение времени  $t = t_{\text{МТЗ}}$ . Чтобы защита не срабатывала при пуске или торможении привода, а в случае работы двигателя на упор не произошло перегрева якорной обмотки, время  $t_{\text{МТЗ}}$  устанавливается в пределах  $t_{\text{МТЗ}} = (1 \div 3)$  с.

- 3.13.2. Схема МТЗ выполнена на следующих элементах: DA15.2, R51, R52, R54, VD10, HL1, DA10.1, R58, R59, C19, VD12...VD15, R64, HL2 (рис. 3).

- 3.13.3. С выхода ОУ DA15.1 нормированное напряжение, пропорциональное  $I_{\text{я}}$ , детектируется схемой на инверторе DA14.2 и диодной сборке VD7 и поступает на неинвертирующий вход компаратора DA15.2, на инвертирующем входе которого резистором R46 (“ $I_{\text{М}}$ ”) установлено напряжение  $U_{I_{\text{MAX}}}$ , соответствующее величине  $I_{\text{MAX}}$ . Величина тока  $I_{\text{я}} = I_{\text{MAX}}$  вызывает срабатывание компаратора DA15.2, на выходе которого появляется положительное напряжение насыщения ОУ ( $+U_{\text{HAC}}$ ), загорается красный светодиод HL1 “ $I_{\text{М}}$ ”. Через стабилитрон VD12 и резистор R59 происходит заряд конденсатора C19. Начальное напряжение  $U_{\text{C}}$  на C19 отрицательное, величина его установлена стабилитронами VD12, VD15.

- 3.13.4. Когда напряжение  $U_{\text{C}}$  достигает уровня  $U_{\text{C}} = 0$  В срабатывает компаратор DA10.1, на выходе которого устанавливается напряжение ( $-U_{\text{HAC}}$ ), которое через диод VD14 прикладывается к неинвертирующему входу DA10.1, блокируя переключение компаратора. Через диоды VD18, VD30 напряжение  $-U_{\text{HAC}}$  прикладывается к инвертирующему входу компаратора на ОУ DA16.2, что вызывает запрещение работы блока (см. п. 3.17), гаснет светодиод HL6 “ГОТ”, загораются светодиоды HL5 “ЗР” и HL2 “ $I_{\text{М}}t$ ”.

- 3.13.5. На рис. 13 изображены эпюры напряжений, поясняющие работу схемы.

- 3.13.6. Время заряда конденсатора C19 и, следовательно, длительность перегрузки блока  $t_{\text{МТЗ}}$  устанавливается резистором R59. Изготовителем установлено значение  $t_{\text{МТЗ}} \approx 1$  с.

- 3.13.7. Восстановление рабочего состояния блока после срабатывания защиты производится отключением и повторным включением напряжения питания блока  $E_{\text{пит}}$ .

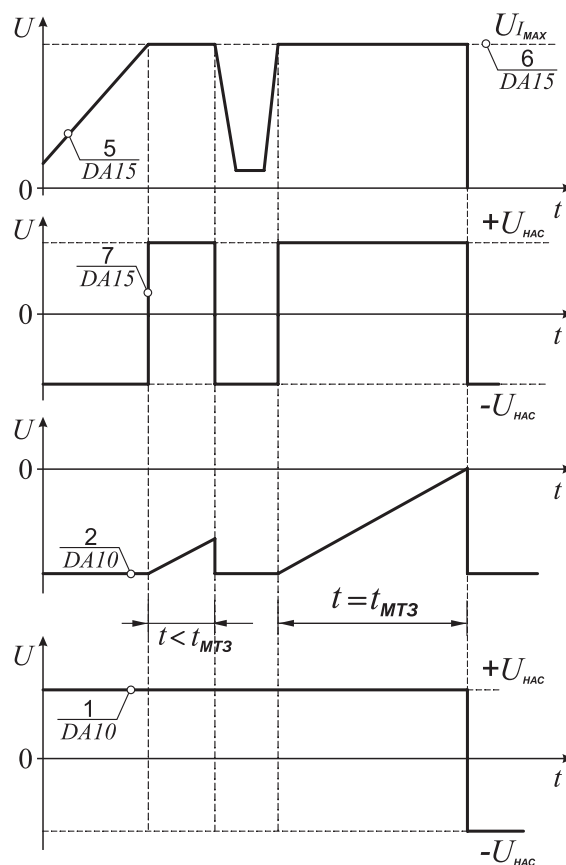


Рис. 13

### 3.14. Время-токовая защита (ВТЗ)

- 3.14.1. ВТЗ предназначена для защиты двигателя от перегрева током, длительно превышающим значение  $I_{\text{ном}}$ .
- 3.14.2. Схема ВТЗ выполнена на следующих элементах: *DA14.1, DA11.2, R60...R63, R65...R70, C20, C22, VD16...VD19, DD2.1, R57, R71, C21, VD20, HL3* (рис. 3).
- 3.14.3. Отрицательное напряжение, пропорциональное величине  $I_{\text{я}}$ , поступает с выхода детектора, выполненного на элементах *DA14.2, R50, R53, VD8*, на вход усилителя с изменяющимся коэффициентом усиления, зависящим от величины входного напряжения, выполненного на ОУ *DA14.1*. Изменение коэффициента усиления происходит за счет отпирающихся при возрастании тока якоря стабилитронов *VD16, VD17*, установленных во входных цепях ОУ. Выходное напряжение *DA14.1* через резистор *R65* заряжает конденсатор *C20*. Установившееся напряжение на *C20* ( $U_{\text{с}}$ ) пропорционально эквивалентному току якоря.
- 3.14.4. Срабатывание ВТЗ происходит при достижении напряжением  $U_{\text{с}}$  значения напряжения уставки  $U_{\text{уст}}$ , которое устанавливается регулировочным резистором *R68* (" $I^2t$ ") и прикладывается к неинвертирующему входу компаратора на ОУ *DA11.2*. Длительность заряда *C20* до уровня напряжения  $U_{\text{уст}}$  и, следовательно, длительность перегрузки двигателя током  $I_{\text{я}} > I_{\text{ном}}$  устанавливается резистором *R65*.
- 3.14.5. При срабатывании ВТЗ на выходе компаратора *DA11.2* устанавливается отрицательное напряжение насыщения ОУ ( $-U_{\text{нас}}$ ), которое через *R70*, замкнутый ключ *DD2.1* и диод сборки *VD19* прикладывается к неинвертирующему входу *DA11.2*, блокируя повторное переключение компаратора после исчезновения тока в нагрузке блока. Через диоды *VD18, VD30* напряжение  $-U_{\text{нас}}$  прикладывается к инвертирующему входу компаратора на ОУ *DA16.2*, что вызывает запрещение работы блока (см. п. 3.17), гаснет светодиод *HL6* "ГОТ", загораются светодиоды *HL5* "ЗР" и *HL3* " $I^2t$ ".
- 3.14.6. Восстановление рабочего состояния блока после срабатывания защиты производится отключением и повторным включением питания блока  $E_{\text{пит}}$ , при котором на время  $\Delta t \approx 0,5$  с, заданное параметрами RC-цепи *R57, R71, C21*, размыкается ключ *DD2.1*, напряжение  $U_{\text{с}}$  становится меньше напряжения  $U_{\text{уст}}$ , выходное напряжение компаратора *DA11.2* устанавливается в исходное состояние ( $+U_{\text{нас}}$ ).

### 3.15. Защита от нарушений цепи тахогенератора (ТГЗ)

- 3.15.1. Данная защита срабатывает, если имеется любой из следующих дефектов:
- не подключен ТГ;
  - оборвана или замкнута накоротко цепь подключения ТГ;
  - отсутствует контакт под щетками ТГ;
  - не соблюдена полярность подключения ТГ.

*Примечание.* Срабатывание данной защиты может произойти при затормаживании двигателя внешним моментом нагрузки, существенно превышающим номинальное значение (например заклинивание в механической передаче).

- 3.15.2. Схема защиты выполнена на следующих элементах: *DA13.1, DA11.1, R79...R86, C24, C25, VD21...VD26, J5, HL4* (рис. 3).
- 3.15.3. Если есть нарушение в цепи ТГ, то стабилизирующая отрицательная обратная связь по скорости отсутствует. В этом случае по команде РР на выходе РС появляется напряжение насыщения ОУ, к якорной обмотке двигателя прикладывается напряжение  $U_{\text{ямакс}}$ , двигатель стремится разогнаться до максимальной скорости независимо от уровня входного задающего напряжения. Нормированное значение  $U_{\text{я}}$  снимается с выхода *DA13.2* и прикладывается к цепи *R82, R85, C24* через резистор *R79* и диод сборки *VD23* при положительной полярности напряжения  $U_{\text{я}}$ , или с выхода инвертора *DA13.1* через диод сборки *VD23* при отрицательной полярности  $U_{\text{я}}$ . Возрастает напряжение  $U_{\text{с24}}$  на инвертирующем входе компаратора *DA11.1*. В момент наступления равенства  $U_{\text{с24}} = 0$  В срабатывает компаратор *DA11.1*, на выходе которого устанавливается отрицательное напряжение насыщения ОУ ( $-U_{\text{нас}}$ ). Через диоды *VD26, VD30* напряжение  $-U_{\text{нас}}$  прикладывается к инвертирующему входу компаратора на ОУ *DA16.2*, что вызывает запрещение работы блока (см. п. 3.17), гаснет светодиод *HL6* "ГОТ", загораются светодиоды *HL5* "ЗР" и *HL4* "ТГ". Двигатель останавливается.
- 3.15.4. Если цепь ТГ не нарушена, то воздействие напряжения  $U_{\text{я}}$  на цепь *R82, R85, C24* компенсируется противоположным по знаку напряжением  $U_{\text{н}}$ , поступающим через диоды сборки *VD22*. Напряжение на инвертирующем входе компаратора *DA11.1* остается отрицательным как в установившемся, так и в переходных режимах работы привода.

- 3.15.5. Сменным резистором  $R82$  устанавливается напряжение  $U_{C24} = U_{НАЧ}$ , от величины которого зависит интенсивность срабатывания защиты (число оборотов при пуске двигателя до срабатывания защиты). Увеличение сопротивления  $R82$  приводит к более отрицательному значению  $U_{НАЧ}$ , то есть к снижению интенсивности срабатывания защиты.
- 3.15.6. Восстановление рабочего состояния блока после срабатывания защиты производится отключением и повторным включением питания блока  $E_{ПИТ}$ .
- 3.15.7. Дампер  $J5$  (расположен в верхнем правом углу платы модуля управления, см. Приложение 2) устанавливается для исключения срабатывания ТГЗ при наладке схемы, при работе привода с отрицательной обратной связью по ЭДС двигателя (без ТГ) (см. п. 3.21) и при регулирования момента двигателя (см. п. 3.22).

### 3.16. Тепловая защита (ТЗ)

- 3.16.1. ТЗ силовых ключей блока осуществляется схемой, собранной на элементах:  $RK$  – термистор (рис. 5),  $DA18.1$ ,  $R120...R123$ ,  $C34$ ,  $C35$ ,  $VD36$ ,  $R107$ ,  $HL8$  (рис. 3).
- 3.16.2. Термистор  $RK$  встроен в радиатор силовых транзисторов  $VT1...VT4$  (рис. 5).
- 3.16.3. С ростом температуры радиатора уменьшается сопротивление термистора  $RK$  (10 кОм при 20 °С). При достижении значения  $R_{RK} = 1$  кОм, соответствующем температуре радиатора  $t^\circ \approx 90$  °С, на выходе компаратора  $DA18.1$  устанавливается отрицательное напряжение насыщения ОУ ( $-U_{НАС}$ ), которое через диоды  $VD36$ ,  $VD30$  прикладывается к инвертирующему входу компаратора на ОУ  $DA16.2$ , что вызывает запрещение работы блока (см. п. 3.17), гаснет светодиод  $HL6$  "ГОТ", загораются светодиоды  $HL5$  "ЗР" и  $HL8$  "°С".
- 3.16.4. Восстановление рабочего состояния блока после срабатывания защиты производится выключением и повторным включением напряжения питания  $E_{ПИТ}$ , при котором на время  $\tau \approx 0,3$  с инвертирующему входу компаратора  $DA18.1$  прикладывается импульс отрицательной полярности, формируемый дифференцирующей цепью  $C35$ ,  $R121$ , устанавливающий выходное напряжение компаратора в исходное состояние ( $+U_{НАС}$ ).

### 3.17. Команда РР

- 3.17.1. Команда РР (Разрешение работы) может подаваться на блок двумя способами:
- “сухим” контактом реле (выключателя) (см. рис. 14);
  - гальванически изолированным напряжением (от 18 до 32) В (см. рис. 15).

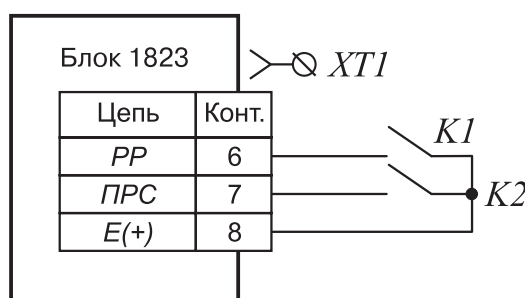


Рис. 14

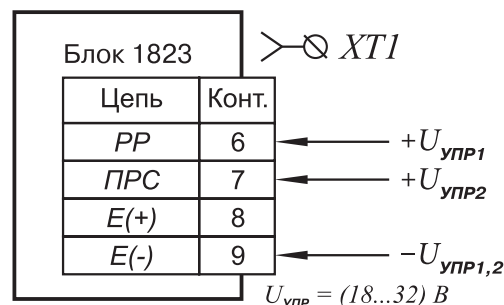


Рис. 15

- 3.17.2. Напряжением команды РР открывается ключ  $DD3.1$  в модуле управления (рис. 3). При отсутствии на входе блока команды РР ключ разомкнут, на инвертирующем входе  $DA16.2$  присутствует отрицательный потенциал, создаваемый делителем  $R102$ ,  $VD29$ ,  $R100$ . На выходе  $DA16.2$  установлено положительное напряжение насыщения ОУ ( $+U_{НАС}$ ). На лицевой панели блока горит желтый светодиод  $HL5$  "ЗР" (Запрещение работы), замкнуты ключи  $DD1.1$  и  $DD1.2$ , выходы РС и РТ обнулены, ток в обмотке якоря равен нулю.
- 3.17.3. При подаче команды РР открывается ключ  $DD3.1$ , диод  $VD29$  запирается, на инвертирующем входе  $DA16.2$  устанавливается потенциал +15В, на выходе  $DA16.2$  устанавливается напряжение  $-U_{НАС}$ , светодиод  $HL5$  "ЗР" гаснет, ключи  $DD1.1$  и  $DD1.2$  в цепях обратной связи РС и РТ размыкаются, блок обрабатывает входное задающее напряжение  $U_{ВХ}$ .
- 3.17.4. При включении питания блока  $E_{ПИТ}$  на инвертирующий вход  $DA16.2$  поступает импульс отрицательной полярности длительностью  $\tau \approx 0,3$  с, формируемый дифференцирующей цепью  $C27$ ,  $R101$ . Таким образом, производится кратковременное запрещение работы блока при включении питания.



3.17.5. При срабатывании любой защиты на инвертирующем входе *DA16.2* устанавливается отрицательное напряжение, поступающее через соответствующий диод:

*VD18.1* — МТЗ; *VD18.2* — ВТЗ; *VD26* — ТГЗ;

*VD36.1* — ТЗ; *VD39* — защита от КЗ,

на выходе *DA16.2* устанавливается напряжение  $+U_{\text{НАС}}$ , происходит запрещение работы блока, загорается светодиод *HL5* "ЗР" и светодиод соответствующей защиты.

### 3.18. Команда ПРС

3.18.1. Команда ПРС может подаваться на блок двумя способами, аналогично команде РР (см. п. 3.17.1).

3.18.2. При отсутствии на входе блока команды ПРС устанавливается ПИ-регулятор скорости, при поданной команде ПРС – П-регулятор скорости (см. п. 3.7).

### 3.19. Реле ГОТ

3.19.1. Контакты реле ГОТ (Готовность) размыкаются при срабатывании любого вида защиты в блоке. В рабочем состоянии блока контакты замкнуты.

3.19.2. Контакты ГОТ1 и ГОТ2 реле *KV1* (рис. 3) выведены на клеммник блока *XT1*. В рабочем состоянии блока обмотка реле *KV1* запитана напряжением *E* через замкнутый контакт ключа *DD3.2*. При этом на лицевой панели блока горит зеленый светодиод *HL6* "ГОТ".

3.19.3. При срабатывании любой защиты в блоке на анод диода *VD30.2* поступает отрицательное напряжение насыщения ОУ ( $-U_{\text{НАС}}$ ) (см. п. 3.17.5), транзистор *VT1* закрывается, ключ *DD3.2* размыкается и обесточивает обмотку реле *KV1*, контакты реле размыкаются, светодиод *HL6* "ГОТ" гаснет.

3.19.4. Контакты ГОТ1, ГОТ2 используются во внешних цепях (см. схему подключения блока на рис. 18).

### 3.20. Источники +10В, –10В

3.20.1. Напряжения +10В, –10В вырабатываются на выходах ОУ *DA20.2* (+10 В), *DA20.1* (–10 В) (см. рис 3) и используются в модуле управления в качестве опорных напряжений.

3.20.2. Напряжения +10 В, –10 В с выходов буферных усилителей на ОУ *DA22.2* (+10 В), *DA22.1* (–10 В) поступают на контакты 1, 2 клеммника *XT2* и используются для питания внешнего потенциометрического задатчика (см. рис. 16).

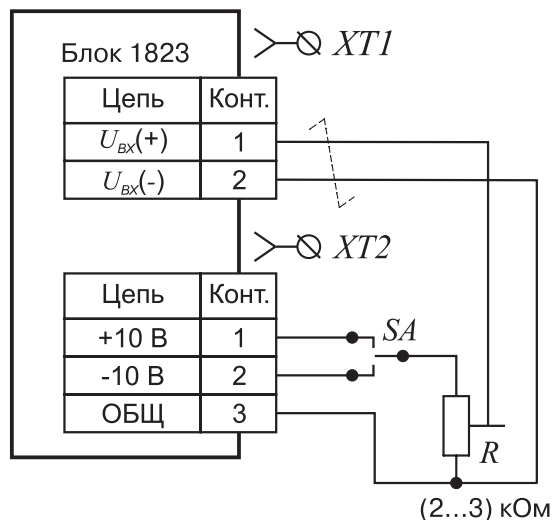


Рис. 16

3.20.3. Нагрузочная способность источников +10 В, –10 В.....не более 5 мА.

3.20.4. Рекомендуемое сопротивление потенциометрического задатчика ..... 4,7 кОм.

### 3.21. Обратная связь по ЭДС

- 3.21.1. При отсутствии тахогенератора, в качестве напряжения отрицательной обратной связи в системе регулирования скорости используется напряжение пропорциональное ЭДС вращения двигателя.
- 3.21.2. Схема измерения ЭДС функционирует в соответствии с уравнением для ЭДС в статическом режиме:

$$E_{\text{дв}} = K_E \cdot \omega = U_{\text{я}} - I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}},$$

где  $E_{\text{дв}}$  – ЭДС вращения двигателя;  
 $K_E$  – конструктивная постоянная двигателя;  
 $\omega$  – частота вращения двигателя;  
 $U_{\text{я}}$  – напряжение на якоре;  
 $I_{\text{я}}$  – ток в цепи якоря;  
 $R_{\text{я}}$  – сопротивление цепи якоря.

- 3.21.3. Напряжение  $U_{\text{я}}$  формируется на выходе дифференциального усилителя (ДУ), собранного на элементах *DA12.2*, *DA12.1*, *DA13.2*, *R72...R77*, *C23*, *VD44*, *VD45* (рис. 3). Входы ДУ соединены с фильтрами-делителями напряжения *R6*, *R7*, *C10* и *R5*, *R8*, *C11* в силовом модуле (рис. 5), подключенными к нагрузке блока (Я1, Я2).
- 3.21.4. Нормированное значение  $U_{\text{я}} = 10$  В соответствует максимальному напряжению на якоре (см. п. 2.3, таблица 1). Балансировка нуля дифференциального усилителя производится переменным резистором *R75*.
- 3.21.5. Напряжение  $E_{\text{дв}}$  формируется на выходе ОУ *DA3.2*, на входы которого поступают:
- напряжение  $U_{\text{я}}$  (*R15*);
  - напряжение  $U_{\text{I}}$  (*R16*).
- 3.21.6. Величина  $I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}}$  (*IR* – компенсация) устанавливается номиналом сменного резистора *R16*. Критерием оптимальности *IR* – компенсации является устойчивая работа электропривода во всех режимах работы при обеспечении требуемого диапазона регулирования (1:20).
- 3.21.7. Для работы блока с обратной связью по ЭДС необходимо:
- установить джамперы *J1*, *J5* (расположены соответственно в верхнем левом и верхнем правом углах платы модуля управления, см. Приложение 2);
  - откорректировать параметры  $K_{\text{РС}}$  и  $T_{\text{и}}$  регулятора скорости (см. п. 3.7).

Рекомендуемые номиналы сменных элементов: *R24* – (51 ÷ 100) кОм, *C9* – (0,1 ÷ 0,33) мкФ.

### 3.22. Регулирование тока (момента) двигателя

- 3.22.1. Блок может быть использован как регулятор тока (момента) двигателя. При этом работает только контур регулирования тока (см. п. 3.1).
- 3.22.2. Напряжение задания тока (момента) подается на контакты 1,2 клеммника *XT1* ( $U_{\text{ВХ}}$ ).
- 3.22.3. Выход ДУ входного сигнала должен быть подключен к устройству ограничения тока (*R36*) установкой джампера *J2* в правое положение (*J2* расположен в нижнем правом углу платы модуля управления, см. Приложение 2). Кроме того, для исключения срабатывания защиты ТГЗ необходимо установить джампер *J5* (см. п. 3.15.7).
- 3.22.4. Диапазон изменения напряжения задания (0...±10) В.  
Диапазон регулирования тока (момента) 0...± $I_{\text{MAX}}$  (0...± $M_{\text{MAX}}$ ).

### 3.23. Светодиодные индикаторы

Таблица 3.

Обозначение на лицевой панели	Поз. обозначение	Цвет	Функция
<b>Усил</b>	<i>HL1</i> рис. 5	зеленый	Наличие напряжения питания $U_{\text{сил}}$
<b>Im</b>	<i>HL1</i> рис. 3	красный	Наличие максимального тока в цепи якоря. Горит только во время действия максимального тока
<b>Imt</b>	<i>HL2</i> рис. 3	красный	Блокировка максимально-токовой защитой
<b>I<sup>2</sup>t</b>	<i>HL3</i> рис. 3	красный	Блокировка время-токовой защитой
<b>ТГ</b>	<i>HL4</i> рис. 3	красный	Блокировка защитой от нарушения цепи тахогенератора
<b>ЗР</b>	<i>HL5</i> рис. 3	желтый	Запрет работы блока. Горит при снятой команде РР или при блокировке любой защитой
<b>ГОТ</b>	<i>HL6</i> рис. 3	зеленый	Готовность блока к работе. Загорается через 0,3 с после включения питания $E_{\text{пит}}$ . Гаснет при срабатывании любой защиты
<b>Уупр</b>	<i>HL7</i> рис. 3	зеленый	Наличие напряжения питания цепей управления
<b>°C</b>	<i>HL8</i> рис. 3	красный	Блокировка тепловой защитой
<b>КЗ</b>	<i>HL9</i> рис. 3	красный	Блокировка защитой от коротких замыканий в силовой схеме

### 3.24. Регулировки на передней панели

Таблица 4

Поз. обозначение	Обозначение на лицевой панели	Регулируемый параметр
<i>R13</i>	<b>Пм</b>	Максимальная скорость ( $U_{\text{вх}} = \pm 10 \text{ В}$ )
<i>R18</i>	<b>По</b>	Нулевая скорость ( $U_{\text{вх}} = 0 \text{ В}$ )
<i>R46</i>	<b>Im</b>	Максимальный ток якоря
<i>R9</i>	<b><math>\tau_{\text{зи}}</math></b>	Интенсивность разгона (торможения)



## 4. ПРАВИЛА МОНТАЖА

### 4.1. Размещение

Блоки следует монтировать в вертикальном положении четырьмя винтами или болтами (размер М5) на ровной поверхности. Присоединительные отверстия для крепления блоков выполняются согласно чертежу на рис. 17.

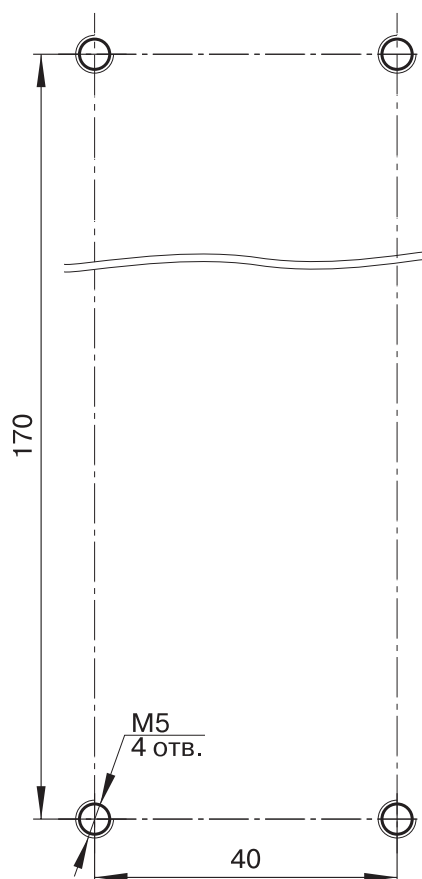


Рис. 17.

### 4.2. Место монтажа

- 4.2.1. Встройка блоков допускается только в электрошкафах со степенью защиты IP54 (с пылеулавливающим фильтром перед отверстиями для приточного и отводного воздуха).
- 4.2.2. Поток охлаждающего воздуха, который направляется снизу вверх сквозь блоки, не должны препятствовать другие элементы или части электрошкафа. Для этого необходимо наличие минимальных свободных пространств по 100 мм над и под блоками.
- 4.2.3. Соблюдение определенного минимального бокового расстояния между блоками не требуется.

### 4.3. Присоединительные провода

- 4.3.1. Провода, которые присоединяются к клеммнику *ХТ3* и к точке заземления следует прокладывать в общем кабельном жгуте.
- 4.3.2. Провода, которые присоединяются к клеммникам *ХТ1*, *ХТ2* можно вести вертикально вниз в кабельном канале.
- 4.3.3. Поперечное сечение присоединительных проводов, подходящих к клеммнику *ХТ3* и точке заземления должно быть не менее значения, указанного в таблице 5. Как материал проводников и присоединений допускается только медь.

Таблица 5.

Эквивалентное значение тока, А	Поперечное сечение проводника, мм <sup>2</sup>
5	1,0
10	1,5

- 4.3.4. Номинальное напряжение изоляции проводов и кабелей должно быть не менее 500 В.
- 4.3.5. Подключение тахогенератора следует вести витой парой проводов.
- 4.3.6. Провода, соединяющие клеммники *ХТ1*, *ХТ2* с устройством ЧПУ, поместить в экранную оплетку, заземленную на корпус со стороны блока.
- 4.3.7. Присоединительные провода должны быть снабжены обжимными наконечниками соответствующего размера.

#### 4.4. Клеммник XT1

XT1.1	$U_{BX}(+)$	Задающее напряжение положительное.
XT1.2	$U_{BX}(-)$	Задающее напряжение отрицательное. Вход задающего напряжения выполнен дифференциальным; аналоговое напряжение $0... \pm 10$ В управляет скоростью привода от нуля до максимального значения; полярность задающего напряжения определяет направление вращения двигателя.
XT1.3	Общий	Нулевой потенциал для $U_{BX}$ .
XT1.4	$U_{ТГ}$	Напряжение тахогенератора Напряжение тахогенератора ( $0... \pm 100$ В) используется как напряжение отрицательной обратной связи по скорости двигателя.
XT1.5	Общий	Нулевой потенциал для $U_{ТГ}$ .
XT1.6	РР	Напряжение команды "Разрешение Работы". Приложением положительного напряжения от 18 В до 32 В разрешается работа силового выхода блока. На лицевой панели гаснет желтый светодиод. При отсутствии команды выход блока обесточен, горит желтый светодиод.
XT1.7	ПРС	Напряжение команды "Пропорциональный Регулятор Скорости". Приложением положительного напряжения от 18 В до 32 В устанавливается пропорциональный характер регулятора скорости (П-регулятор). При отсутствии команды, регулятор скорости пропорционально-интегральный (ПИ-регулятор).
XT1.8	$E(+)$	Напряжение от 18 В до 32 В положительное Служит для формирования команд РР и ПРС.
XT1.9	$E(-)$	Напряжение от 18 В до 32 В отрицательное Нулевой потенциал для команд РР и ПРС.
XT1.10	ГОТ 1.1	Контакт реле, полюс 1.
XT1.11	ГОТ 1.2	Контакт реле, полюс 2. Беспотенциальный нормально разомкнутый контакт встроенного в блок реле, размыкающийся при срабатывании любой защиты в блоке.
XT1.12	ГОТ 2.1	Контакт реле, полюс 1.
XT1.13	ГОТ 2.2	Контакт реле, полюс 2. Беспотенциальный нормально разомкнутый контакт встроенного в блок реле, размыкающийся при срабатывании любой защиты в блоке.
XT1.14	$E_{пит}$	Напряжение питания цепей управления блока, полюс 1.
XT1.15	$E_{пит}$	Напряжение питания цепей управления блока, полюс 2. Переменное (от 12,7 В до 22,7 В) или постоянное (от 19 В до 33 В) напряжение питания встроенного в блок DC/DC-преобразователя, обеспечивающего стабилизированное питание схемы управления блока напряжениями $\pm 15$ В.
XT1.16	Корпус	Потенциал корпуса блока. Контакт используется для подключения экранированных оплеток кабелей управления.

#### 4.5. Клеммник XT2

XT2.1	+10 В	Напряжение питания внешнего потенциометра-задатчика положительное.
XT2.2	-10 В	Напряжение питания внешнего потенциометра-задатчика отрицательное.
XT2.3	Общий	Нулевой потенциал для +10 В и -10 В.
XT2.4	$U_{IМ}$	Напряжение внешнего ограничения тока якоря. Входное аналоговое напряжение $0... +10$ В, ограничивает величину тока (момента) привода на уровне от нуля до максимального значения.
XT2.5	$U_I$	Напряжение пропорциональное току (моменту). Выходное аналоговое напряжение $0... \pm 10$ В, пропорциональное текущему значению тока (момента) привода, изменяющемуся от нуля до максимального значения.
XT2.6	$U_n$	Напряжение пропорциональное скорости. Выходное аналоговое напряжение $0... \pm 10$ В, пропорциональное текущему значению скорости, изменяющемуся от нуля до максимального значения.
XT2.7	$U_{PC}$	Напряжение выхода регулятора скорости. Выходное аналоговое напряжение $0... \pm 10$ В.
XT2.8	Общий	Нулевой потенциал для $U_{IМ}$ , $U_I$ , $U_n$ , $U_{PC}$ .

## 4.6. Клеммник ХТЗ

ХТЗ.1 Я2 Выходное напряжение, полюс 2.

ХТЗ.2 Я1 Выходное напряжение, полюс 1.

На полюсах Я1 и Я2 формируется напряжение питания якорной обмотки двигателя, величина и полярность которого изменяются от 0 до  $\pm U_{\text{ЯМАКС}}$  в зависимости от величины и полярности задающего напряжения  $U_{\text{ВХ}}$ , величины и знака нагрузки привода.

ХТЗ.3  $U_{\text{СИЛ}}(-)$  Силовое напряжение питания, полюс отрицательный

ХТЗ.4  $U_{\text{СИЛ}}(+)$  Силовое напряжение питания, полюс положительный

Силовое напряжение питания формируется вне блока, как правило, трехфазной мостовой схемой выпрямления, подключенной к вторичным обмоткам силового трехфазного трансформатора. Применение однофазной схемы выпрямления допускается при установке конденсатора фильтра на выходе выпрямителя, обеспечивающего величину пульсаций выпрямленного напряжения при максимальной нагрузке не более 5 %.

## 4.7. Схема электрическая подключения

4.7.1. На рис. 18 представлена типовая схема подключения одного или нескольких блоков.

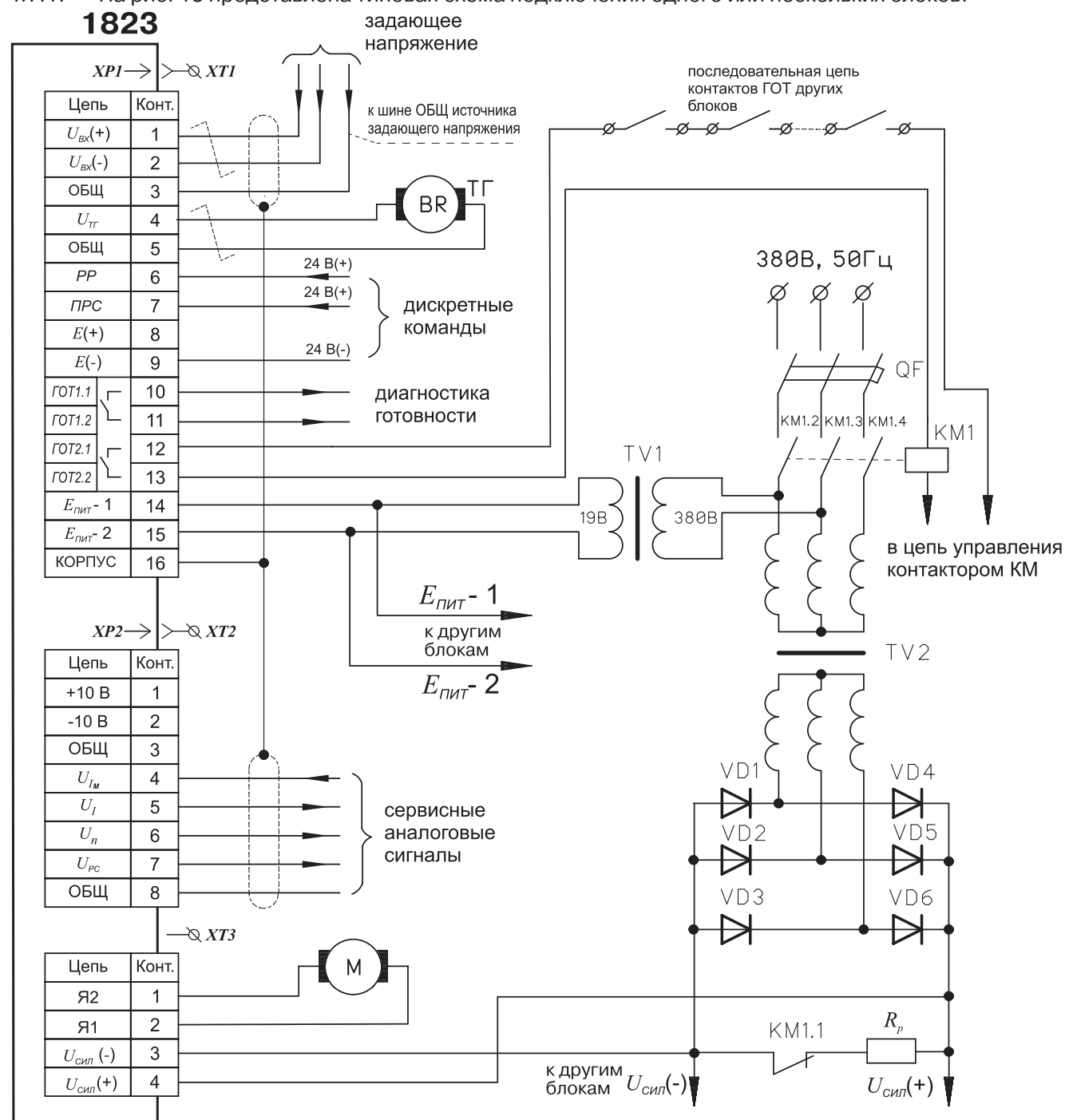


Рис. 18.

4.7.2. Мощность вторичной обмотки трансформатора  $TV1$  должна быть не менее величины:

$$P_{TV1} = n \cdot P_{упр},$$

где  $n$  – число блоков, подключенных к  $TV1$ ;

$P_{упр} = 5$  Вт – мощность, потребляемая одним блоком от источника напряжения  $E_{пит}$ .

*Рекомендуется применять трансформатор ОСМ-1 - 0,063 кВА – 380В – 24/5В.*

4.7.3. Автоматический выключатель  $QF$  и контактор  $KM$  выбираются потребителем в соответствии с эквивалентной мощностью потребления электроприводами.

4.7.4. Мощность силового трансформатора  $TV2$  рассчитывается по методике, приведенной в Приложении 1.

4.7.5. Выбор диодов  $VD1...VD6$  производится из расчета среднего тока через диод ( $I_{ср}$ ) и максимального обратного напряжения на диоде ( $U_{обр.макс}$ ):

$$I_{ср} \geq \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n I_{эквi}$$

$$U_{обр.макс} \geq 2U_{сил}$$

где:  $n$  – число приводов, подключенных к одному силовому источнику напряжения;

$I_{эквi}$  – эквивалентный ток  $i$ -го привода (см. Приложение 1);

$U_{сил}$  – напряжение силового источника питания.

4.7.6. Резистор  $R_p$  предназначен для разряда конденсаторов, установленных в блоках и подключенных к контактам 3,4 клеммника  $XT3$ . Номинал резистора определяется по формуле:

$$R_p = U_{сил} / I_p$$

где  $I_p$  – ток разряда – (3÷5) А.

Мощность рассеивания резистора не менее 10 Вт.

4.7.7. Подключение тахогенератора производить витой парой проводов с шагом скрутки (15 ÷ 20) мм. Сечение провода (0,35 ÷ 0,5) мм<sup>2</sup>. При применении экранированного кабеля, экранирующую оплетку со стороны блока соединить с контактом 5 клеммника  $XT1$  (Общий).

4.7.8. Кабель, соединяющий блок с устройством ЧПУ, должен быть экранирован. Экранная оплетка заземляется на корпус со стороны блока подключением к контакту 16 клеммника  $XT1$ .

4.7.9. Подключение задающего напряжения (контакты 1, 2, 3 клеммника  $XT1$ ) производить тремя проводами:

– два провода - витая пара с шагом скрутки (15 ÷ 20) мм:  $U_{вх} (+)$ ,  $U_{вх} (-)$ ;

– один провод (Общий) соединить с контактом 0 В (Общий) устройства ЧПУ.

Сечение проводов (0,2 ÷ 0,5) мм<sup>2</sup>.

## 5. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Блок должен быть надежно заземлен подключением точки заземления к цеховому контуру заземления. Винт заземления блока находится в его нижней части на задней панели. Поперечное сечение заземляющего проводника должно быть не менее поперечного сечения проводника якорной цепи (см. табл. 6).

5.2. Монтаж блока производить при снятом напряжении питания.

5.3. При проведении необходимых измерений и регулировок следует соблюдать меры предосторожности, предусмотренные правилами безопасности для производства работ под напряжением.

Особое внимание обращать на открытые контакты клеммника  $XT3$  с тем, чтобы не допустить случайного прикосновения к ним.

*Примечание.* Если не предусмотрены меры для разряда встроенных в блок конденсаторов (см п. 4.7.6), то после отключения от блока силового напряжения питания на контактах 1,2 клеммника  $XT3$  некоторое время сохраняется напряжение, которое индицируется светодиодом " $U_{сил}$ ".

5.4. Особое внимание уделять качеству оформления наконечников подводящих проводов и правильности подключения полярности напряжения  $U_{сил}$ .

## 6. ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 6.1. Действия при получении блока

При получении блока следует провести его внешний осмотр, проверить целостность корпусных деталей и крепежных соединений. При необходимости удалить с блока загрязнение. Снять боковую крышку блока и осмотреть электронные модули - силовой и управления.

### 6.2. Переключение главной обратной связи

Блок может работать с тахогенератором или без тахогенератора (см.п. 3.21).

В системе регулирования с тахогенератором переключки *J1* и *J5* (см.п. 3.21.7) на модуле управления - удалить, без тахогенератора - установить.

### 6.3. Согласование напряжения тахогенератора

По методике п. 3.6 рассчитать и установить резистор *R12* в модуле управления.

### 6.4. Подключение задатчика интенсивности

По методике п. 3.5.4 установить джампер *J4* в нужное положение.

### 6.5. Переключение в схеме ограничения тока

По методике п. 3.8.2 установить джампер *J3* в нужное положение..

## 7. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

7.1. Установить блок в электрошкаф и произвести его подключение согласно п.4, не подключая устройство ЧПУ к контактам *XT1*, *XT2* (см.рис. 18).

**ВНИМАНИЕ!** При подключении к клеммнику *XT3*, особое внимание обратить на:

- исправность силового выпрямительного моста;
- полярность подключения напряжения  $U_{\text{сил}}$ ;
- отсутствие замыкания контактов *Я1*, *Я2* на контакты  $U_{\text{сил}}$ .

7.2. Подключить к блоку потенциометрический задатчик скорости (см. рис. 16), переключатель *SA* разомкнуть ( $U_{\text{вх}} = 0$ ).

7.3. Подключить к блоку переключатели команд *PP* и *ПРС* (см. рис. 14), контакты *K1*, *K2* разомкнуть.

*Примечание.* Потенциометрический задатчик скорости и переключатели команд в комплект поставки не входят.

7.4. Подать на блок напряжение питания  $E_{\text{пит}}$ . На блоке загораются светодиоды " $U_{\text{упр}}$ ", "*ЗР*" и через промежуток времени (0,3 ÷ 0,5) с – "*ГОТ*".

7.5. Подать на блок напряжение  $U_{\text{сил}}$ . Загорается светодиод " $U_{\text{сил}}$ ".

7.6. Потенциометрическим задатчиком скорости подать на вход блока напряжение  $U_{\text{вх}} \approx 1$  В. Напряжение  $U_{\text{вх}}$  измерять на контактах 1,2 *XT1* мультиметром.

7.7. Подать команду *PP* (замкнуть контакт *K1*). Гаснет светодиод "*ЗР*", электродвигатель вращается с заданной скоростью. В случае неправильной полярности подключения тахогенератора или разрыва в его цепи срабатывает защита ТГЗ и загораются светодиоды "*ТГ*" и "*ЗР*", светодиод "*ГОТ*" гаснет.

В этом случае следует:

- снять команду *PP*;
- отключить напряжения питания  $E_{\text{пит}}$  и  $U_{\text{сил}}$ ;
- изменить полярность подключения тахогенератора на контактах 3, 4 *XT1* или устранить разрыв в цепи тахогенератора;
- подать на блок напряжения питания  $E_{\text{пит}}$  и  $U_{\text{сил}}$ ;
- подать команду *PP*.

Если после изменения полярности подключения ТГ продолжает срабатывать защита ТГЗ, следует проверить настройки в схеме защиты согласно п. 3. 15, заблокировав действие защиты установкой джампера *J5*.

7.8. Плавно изменяя положение потенциометра-задатчика, убедиться в плавном регулировании скорости.

7.9. Изменяя полярность задающего напряжения  $U_{\text{вх}}$  переключателем *SA*, подключенным к потенциометру-задатчику, проверить реверсивность движения двигателя.

7.10. Переключатель *SA* задатчика скорости установить в среднее положение ( $U_{\text{вх}} = 0$ ). Регулировкой "*n<sub>о</sub>*" установить скорость *n* = 0. Точная установка производится по нулевому показанию милливольтметра, подключенного к контактам 7, 8 *XT2* ( $U_{\text{РС}}$ , Общий).

- 7.11.** Подать на вход блока напряжение  $U_{\text{ВХ.МАХ}} = 10 \text{ В}$  (задание максимальной скорости) любой полярности и регулировкой " $n_{\text{М}}$ " настроить требуемое значение максимальной скорости, измеряя напряжение тахогенератора на контактах 3,4  $XT1$ .
- 7.12.** Если используется задатчик интенсивности, то, подавая переключателем SA напряжение  $U_{\text{ВХ.МАХ}}$ , регулировкой " $t_{\text{ЗИ}}$ " установить требуемую интенсивность разгона/торможения.  
Измерение длительности изменения скорости производить осциллографом на контактах 3,4  $XT1$ .
- 7.13.** При необходимости регулировкой " $I_{\text{М}}$ " ограничить значение максимального тока двигателя на требуемом уровне, измеряя напряжение на контактах 5,8  $XT2$  ( $U_I$ , Общий) (напряжению 10 В соответствует величина максимального тока, указанная в паспорте блока).  
Настройку производить в режиме пуска или реверса привода. Напряжение  $U_I$  контролировать осциллографом. Интенсивность разгона/торможения должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить наличие максимального тока при пуске (реверсе), что индицируется светодиодом " $I_{\text{М}}$ ".
- Примечание. Допускается производить измерение тока осциллографом, подключенным к калиброванному шунту, включенному в цепь якоря.*
- 7.14.** Подключить осциллограф к контактам 3,4  $XT1$  и рассмотреть переходные процессы по скорости в режимах пуска (торможения) привода. При необходимости, изменить параметры ПИ-регулятора скорости (см. п. 3.7).
- 7.15.** Снять команду РР.
- 7.16.** Отключить от блока питающие напряжения  $E_{\text{ПИТ}}$  и  $U_{\text{СИЛ}}$ .
- 7.17.** Отключить от блока потенциометрический задатчик и переключатели команд РР и ПРС.
- 7.18.** Подключить к блоку устройство ЧПУ (см. п. 4.6).

## 8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Таблица 7.

Вид неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
При подключении напряжения $E_{\text{ПИТ}}$ не горит светодиод " $U_{\text{УПР}}$ "	Неисправен источник напряжения $E_{\text{ПИТ}}$	Измерить напряжение $E_{\text{ПИТ}}$ на клеммах блока (14, 15 $XT1$ ), проверить соответствие напряжения требуемому значению, при необходимости заменить или отремонтировать источник $E_{\text{ПИТ}}$
	Неисправна внешняя цепь подключения $E_{\text{ПИТ}}$	Проверить целостность цепи от источника $E_{\text{ПИТ}}$ до блока, устранить разрыв в цепи
При подключении напряжения $U_{\text{СИЛ}}$ не горит светодиод " $U_{\text{СИЛ}}$ "	Неисправен источник напряжения $U_{\text{СИЛ}}$	Измерить напряжение $U_{\text{СИЛ}}$ на клеммах блока (1, 2 $XT3$ ), проверить соответствие напряжения требуемому значению, при необходимости заменить или отремонтировать источник $E_{\text{ПИТ}}$
	Неисправна внешняя цепь подключения $U_{\text{СИЛ}}$	Проверить целостность цепи от источника $E_{\text{ПИТ}}$ до блока, устранить разрыв в цепи
При подключении напряжения $U_{\text{СИЛ}}$ загораются светодиоды "КЗ" и "ЗР", гаснет светодиод "ГОТ"	Пробой в схеме силового транзисторного моста	Проверить целостность силовых транзисторов. При обнаружении пробитых транзисторов, заменить блок; неисправный блок направить на предприятие-изготовитель для восстановления
	Короткое замыкание между клеммами Я1, Я2 и $U_{\text{СИЛ}}$ на клеммнике $XT3$ блока	Проверить правильность подключения клеммника $XT3$ блока, устранить короткое замыкание
Загораются светодиоды "ТГ" и "ЗР", гаснет светодиод "ГОТ", двигатель останавливается	Неправильная полярность подключения тахогенератора	Изменить полярность подключения тахогенератора на клеммах блока (4, 5 $XT1$ )
	Разрыв в цепи подключения тахогенератора	Проверить целостность цепи от тахогенератора до блока, устранить разрыв в цепи



Вид неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
Загораются светодиоды " $I_M$ " и "ЗР", гаснет светодиод "ГОТ", двигатель останавливается	Перегрузка двигателя заклиниванием в механизме	Обнаружить и устранить заклинивание в механизме
	Установлено слишком низкое значение максимального тока регулировкой " $I_M$ "	Измерить ток якоря, регулировкой " $I_M$ " установить требуемое значение максимального тока
Загораются светодиоды " $I^2t$ " и "ЗР", гаснет светодиод "ГОТ", двигатель останавливается	Перегрузка двигателя током, длительно превышающим номинальное значение	Измерить ток двигателя в процессе работы, проверить качество механизма, наличие смазки, масла в редукторах
	Установлено слишком низкое значение среднеквадратического тока регулировкой " $I^2t$ "	Измерить ток якоря, регулировкой " $I^2t$ " установить требуемое значение среднеквадратического тока
Загораются светодиоды " $^{\circ}C$ " и "ЗР", гаснет светодиод "ГОТ", двигатель останавливается	Перегрев радиатора блока	Проверить работу вентиляции внутри электрошкафа, устранить неисправность
Двигатель не вращается, горят светодиоды " $U_{\text{сил}}$ " и " $U_{\text{упр}}$ ", "ГОТ", светодиоды защиты не горят, прохождение команды РР в норме (гаснет светодиод "ЗР")	Нарушение в цепи питания двигателя	Проверить целостность цепи питания якоря от контактов 3, 4 клеммника ХТЗ до контактов двигателя, устранить обрыв цепи
	Отсутствует контакт под щетками	Проверить щеточные контакты двигателя, заменить щетки
При подключении напряжения $E_{\text{пит}}$ загораются светодиоды защиты блока	Выход из строя схемы модуля управления в блоке	Заменить блок; неисправный блок направить на предприятие-изготовитель для восстановления
Двигатель не регулируется, при снятой команде РР вращается с максимальной скоростью	Выход из строя схемы модуля силового в блоке	Заменить блок; неисправный блок направить на предприятие-изготовитель для восстановления

## 9. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

- 9.1. С целью контроля за техническим состоянием изделия необходимо проводить планово-предупредительные осмотры. Техническое обслуживание производить специалистами, изучившими данное руководство по эксплуатации, имеющими соответствующую квалификацию.
- 9.2. Не реже одного раза в неделю производить внешний осмотр, удалять пыль, грязь и посторонние предметы.
- 9.3. Не реже одного раза в 3 месяца проверять надежность крепления изделия, фиксацию проводов в клеммниках, проверять отсутствие гальванических связей между цепями внешних соединений изделия и корпусом конструкции, в которую встроен блок.
- 9.4. Все работы по техническому обслуживанию производить при отключенных напряжениях питания. В исключительных случаях, разрешается, с целью выяснения неисправностей, делать необходимые измерения, при включенном питании. При этом следует соблюдать меры предосторожности, предусмотренные правилами электробезопасности.
- 9.5. При выходе изделия из строя следует заменить его исправным изделием, предварительно проведя работы по п.7, а вышедшее из строя направить на предприятие-изготовитель для проведения гарантийного или послегарантийного ремонта.
- 9.6. Изготовитель: *ЗАО "СИЭЛ", 196084, Санкт-Петербург, ул. Варшавская д. 5А (завод "Техприбор"), тел. (812) 369-12-13, факс (812) 369-61-97.*

## 10. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

- 10.1. Транспортирование изделия в упаковке изготовителя может производиться при температуре от -50 °С до +50 °С любым видом транспорта.
- 10.2. Упакованное изделие должно храниться в сухом отапливаемом помещении при температуре воздуха от 0 °С до +50 °С и относительной влажности до 80% при 35°С. В помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, вызывающих коррозию



## 11. ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Расчет мощности силового трансформатора

1. Выбор силового трансформатора производится на основании расчета мощности и фазного напряжения его вторичной обмотки.
2. Исходными данными для расчета являются:
  - количество приводов, получающих силовое питание  $U_{\text{сил}}$  от общего источника напряжения;
  - типы двигателей и их технические данные;
  - нагрузочные диаграммы работы приводов в процессе технологического цикла.

3. Мощность вторичной обмотки силового трансформатора равна:

$$P_2 = P_{\text{дл}} + P_{\text{пк}},$$

где:  $P_{\text{дл}}$  – мощность, потребляемая приводами с длительным режимом работы;

$P_{\text{пк}}$  – мощность, потребляемая приводами с повторно-кратковременным режимом работы.

$$P_{\text{дл}} = 1,1 \sum_{i=1}^m U_{\text{ямакс}i} \cdot I_{\text{экв}i}$$

где:  $m$  – число двигателей с длительным режимом работы;

$U_{\text{ямакс}i}$  – максимальное напряжение на якоре  $i$ -го двигателя в процессе технологического цикла.

$$P_{\text{пк}} = 1,1 \cdot K_{\text{одн}} \sum_{i=1}^n U_{\text{ямакс}i} \cdot I_{\text{экв}i}$$

где:  $n$  – число двигателей с повторно-кратковременным режимом работы;

$U_{\text{ямакс}i}$  – максимальное напряжение на якоре  $i$ -го двигателя в процессе технологического цикла.

$K_{\text{одн}}$  – коэффициент одновременности работы приводов, определяемый по таблице 1

Таблица 1.

$n$	1	2	3	4
$K_{\text{одн}}$	1	0,7	0,65	0,6

4. Значение  $U_{\text{ямакс}}$  определяется по формуле:

$$U_{\text{ямакс}} = K_E \cdot \omega_{\text{макс}} - I_{\text{ном}} \cdot R_{\text{я}},$$

где:  $K_E$  – конструктивная постоянная двигателя, В·с;

$\omega_{\text{макс}} = \pi \cdot n_{\text{макс}} / 30$  – максимальная частота вращения, рад/с ( $n_{\text{макс}}$  [об/мин]);

$I_{\text{ном}}$  – номинальный ток двигателя, А;

$R_{\text{я}}$  – активное сопротивление якорной обмотки, Ом.

5. Значение  $I_{\text{экв}}$  определяется по формуле:

$$I_{\text{экв}} = \frac{1}{K_M} \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots + M_K^2 \cdot t_K}{t_1 + t_2 + \dots + t_K}}$$

где:  $K_M = M_{\text{ном}} / I_{\text{ном}}$  – постоянный коэффициент, (Н·м)/А;

$M_{\text{ном}}$  – номинальный момент двигателя, Н·м;

$M_1 \dots M_K$  – моменты нагрузки двигателя на 1-ом...  $k$ -ом участках нагрузочной диаграммы, Н·м;

$t_1 \dots t_K$  – длительности участков нагрузочной диаграммы, с.

6. Напряжение на вторичной обмотке силового трансформатора определяется следующими выражениями:

$$U_{2\Phi} = 0,43U_{\text{СИЛ}} \quad - \text{ для схемы на рис. 1;}$$

$$U_{2\Phi} = 0,74U_{\text{СИЛ}} \quad - \text{ для схемы на рис. 2, рис. 3;}$$

$$U_{\text{СИЛ}} = 1,4 U_{\text{ЯМАХ}}$$

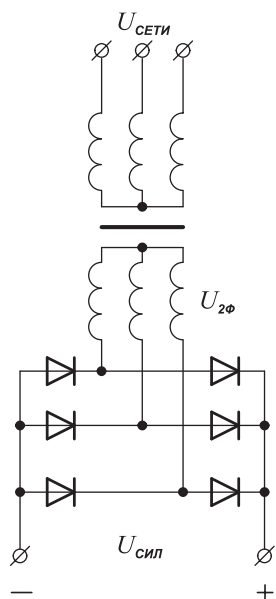


Рис. 1

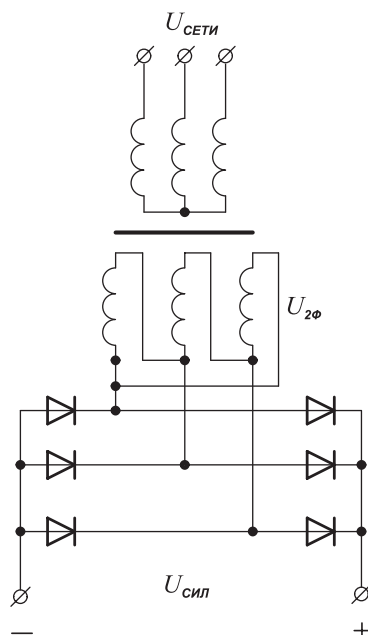


Рис. 2

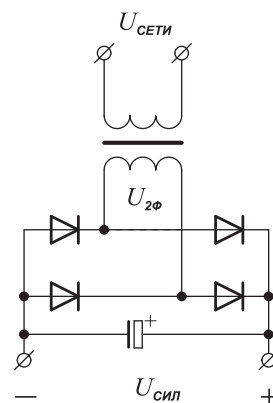
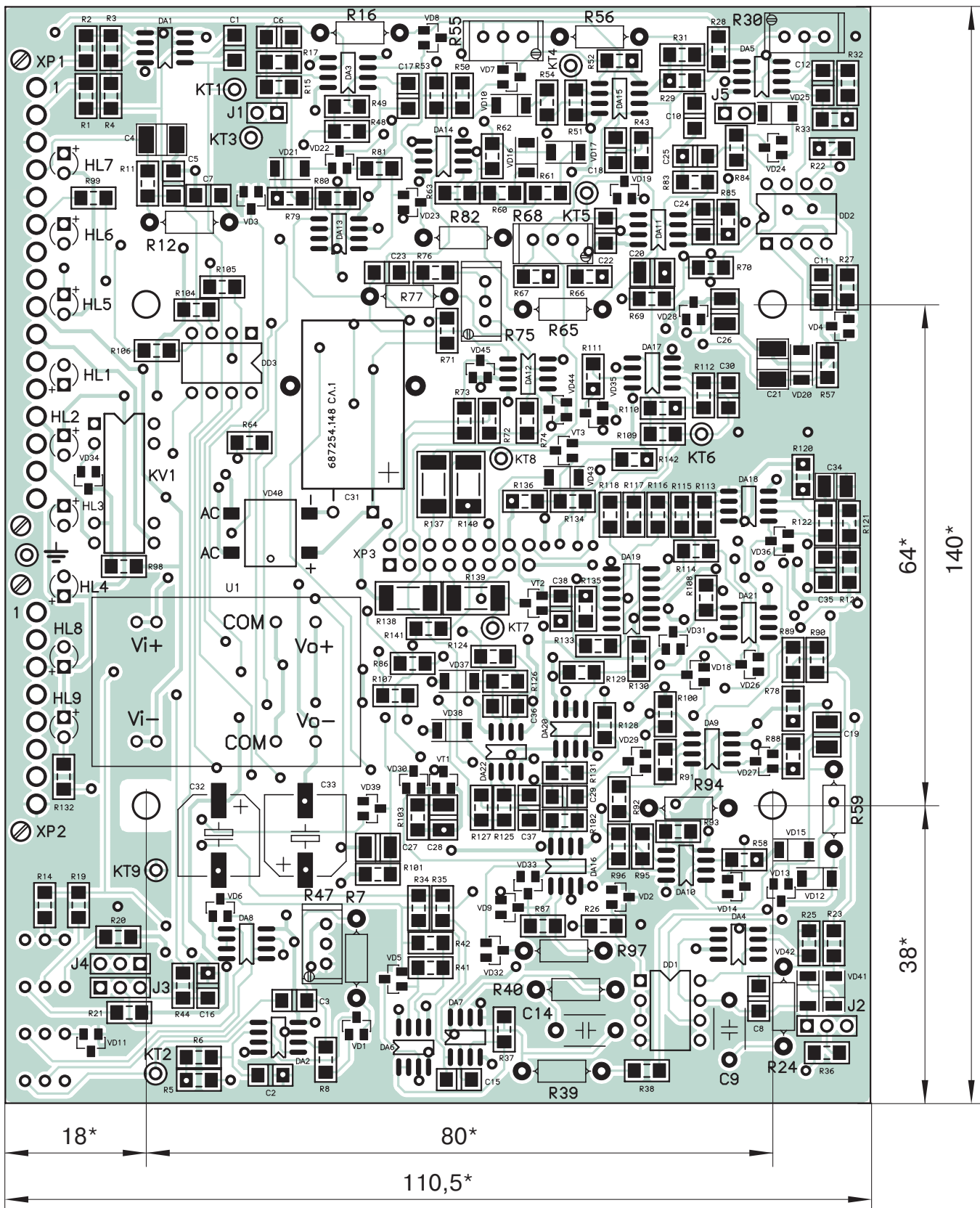


Рис. 3

- Примечание.**
1. В международной системе единиц СИ коэффициенты  $K_E$  и  $K_M$  численно равны.
  2. Схемы на рис. 1 и рис. 2 являются предпочтительными, поскольку обеспечивают минимальные пульсации выпрямленного напряжения  $U_{\text{СИЛ}}$ .
  3. Применение схемы на рис. 3 требует установки конденсатора фильтра, обеспечивающего амплитуду пульсаций  $U_{\text{СИЛ}}$  не более 5 %.

## Модуль управления. Сборочный чертеж



### Приложение 3. Модуль управления. Перечень элементов

ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
КОНДЕНСАТОРЫ			
C1	CHIP1206 X7R 50 В 1 нФ 10%	1	
C2	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
C3	CHIP1206 X7R 50 В 1 мкФ 10%	1	уст. параметр $T_{3и}$
C4	GRM43DR72E474KW01L (1812 X7R 0,47 мкФ 250 В)	1	
C5	CHIP1206 X7R 100 В 10 нФ 10%	1	
C6	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	1	
C7, C8	CHIP1206 X7R 50 В 1 нФ 10%	2	
C9	MCC X7R 1206 50 В 47 нФ 10% (K10-17Б имп.)	1	уст. параметр $T_{ирс}$
C10	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	1	
C11	CHIP1206 X7R 10 В 10 мкФ 10%	1	
C12	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	1	
C13	CHIP1206 NP0 50 В 510 пФ 5%	1	
C14	MCC NP0 1206 100 В 1 нФ 10% (K10-17Б имп.)	1	уст. параметр $T_{ирт}$
C15	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	1	
C16	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
C17	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	1	
C18	CHIP1206 NP0 50 В 510 пФ 5%	1	
C19, C20	CHIP1210 X7R 25 В 10 мкФ 10%	2	
C21	CHIP1812 Y5V 10 В 100 мкФ +80% / -20%	1	
C22	CHIP1206 X7R 50 В 0,47 мкФ 10%	1	
C23	CHIP1206 NP0 50 В 160 пФ 5%	1	
C24	CHIP1206 X7R 50 В 0,22 мкФ 10%	1	
C25	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
C26...C28	CHIP1206 X7R 25 В 10 мкФ 10%	3	
C29	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
C30	CHIP1206 NP0 50 В 510 пФ 5%	1	
C31	ECR (13x21) 50 В 470 мкФ 20%	1	
C32, C33	ELV, корпус F 25 В 220 мкФ 20%	2	
C34, C35	CHIP1210 X7R 25 В 10 мкФ 10%	2	
C36, C37	CHIP1206 X7R 50 В 10 нФ 10%	2	
C38, C39	CHIP1206 X7R 50 В 0,47 мкФ 10%	2	
C40...C83	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	44	
МИКРОСХЕМЫ			
DA1...DA3	LM258D	3	
DA4	OP177AR	1	
DA5...DA16	LM258D	12	
DA17	TL072ID	1	
DA18	LM258D	1	
DA19	LM219D	1	
DA20...DA22	LM258D	3	
DD1...DD3	PVT322 (Int. Rect.)	3	
СВЕТОДИОДЫ			
HL1...HL4	L-934 LSRD (красный)	4	
HL5	L-934 LYD (желтый)	1	
HL6, HL7	L-934 LGD (зеленый)	2	
HL8, HL9	L-934 LSRD (красный)	2	
J1, J5	Вилка на плату PLS-2	2	джампер MJ-G
J2...J4	Вилка на плату PLS-3	3	джампер MJ-G
KV1	Реле D2A24 0 D 00	1	
KT1...KT8	Гнездо контрольное RS кат.№ 262-2185 - красный	8	
KT9	Гнездо контрольное RS кат.№ 262-2191 - зеленый	1	

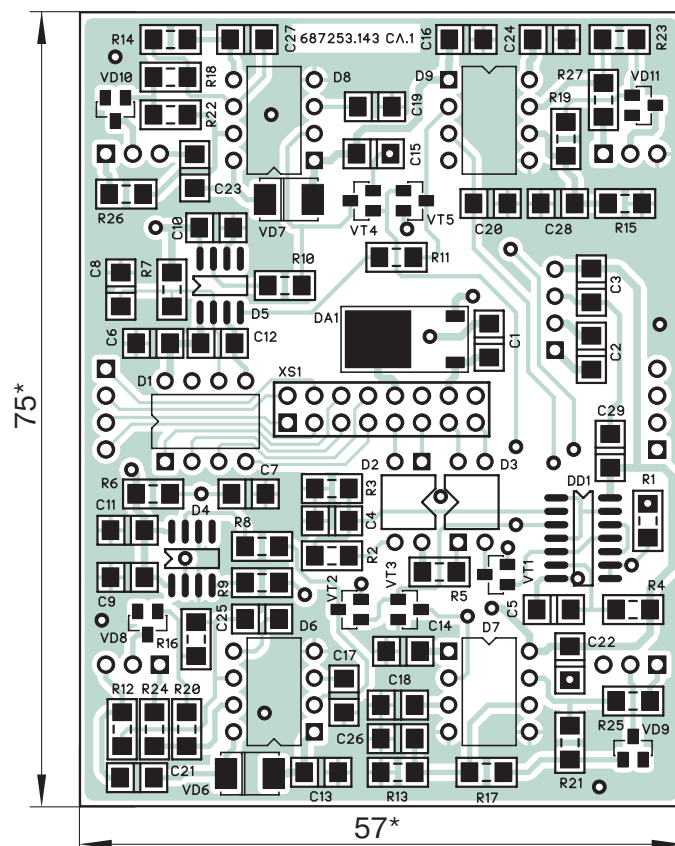


ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ			КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
	РЕЗИСТОРЫ				
R1, R2	CHIP1206	100 кОм	1%	2	
R3, R4	CHIP1206	10 кОм	1%	2	
R5	CHIP1206	100 кОм	1%	1	
R6	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R7	MF-25	1 МОм	5%	1	уст. $T_{зи}$ в одном из напр. движения
R8	CHIP1206	1 МОм	5%	1	
R9	3296X	5 кОм		1	
R10	CHIP1206	300 Ом	5%	1	
R11	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R12	MF-25	27 кОм	5%	1	уст. величину $n_{MAX}$
R13	3296X	10 кОм		1	
R14	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R15	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R16	MF-25	200 кОм	5%	1	уст. IR-компенсации
R17	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R18	3296X	50 кОм		1	
R19	CHIP1206	1 МОм	5%	1	
R20, R21	CHIP1206	100 кОм	5%	2	
R22	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R23	CHIP1206	200 кОм	5%	1	
R24	MF-25	100 кОм	5%	1	уст. параметра $K_{PC}$
R25	CHIP1206	18 кОм	5%	1	
R26	CHIP1206	4,7 кОм	5%	1	
R27	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R28	CHIP1206	200 кОм	5%	1	
R29	CHIP1206	27 кОм	5%	1	
R30	3296W	50 кОм		1	
R31	CHIP1206	8,2 кОм	5%	1	
R32	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R33, R34	CHIP1206	1 кОм	5%	2	
R35, R36	CHIP1206	10 кОм	5%	2	
R37	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R38	CHIP1206	3 кОм	5%	1	
R39	MF-25	3,9 кОм	5%	1	1823-5/110
	MF-25	15 кОм	5%		1823-7,5/60
R40	MF-25	62 кОм	5%		уст. параметра $K_{PT}$
R41, R42	CHIP1206	100 кОм	1%	2	
R43...R45	CHIP1206	20 кОм	5%	3	
R46	3296X	50 кОм		1	
R47	3296W	50 кОм		1	
R48	CHIP1206	1 кОм	5%	1	
R49	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R50	CHIP1206	20 кОм	1%	1	
R51, R52	CHIP1206	10 кОм	5%	2	
R53	CHIP1206	20 кОм	1%	1	
R54	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R55	3296W	5 кОм		1	
R56	MF-25	62 кОм	5%	1	1823-5/110
	MF-25	27 кОм	5%		1823-7,5/60
R57	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R58	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R59	MF-25	330 кОм	5%	1	время срабатывания МТЗ
R60, R61	CHIP1206	15 кОм	5%	2	
R62	CHIP1206	100 кОм	5%	1	
R63	CHIP1206	30 кОм	5%	1	

ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ			КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
R64	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R65	MF-25	750 кОм	5%	1	время срабатывания ВТЗ
R66	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R67	CHIP1206	30 кОм	5%	1	
R68	3296W	50 кОм		1	
R69	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R70	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R71	CHIP1206	6,2 кОм	5%	1	
R72, R73	CHIP1206	1 МОм	1%	2	
R74	CHIP1206	100 кОм	1%	1	
R75	3296W	20 кОм		1	
R76	CHIP1206	91 кОм	5%	1	
R77	MF-25	430 кОм	5%	1	1823-5/110
	MF-25	220 кОм	5%		1823-7,5/60
R78	CHIP1206	20 кОм	1%	1	
R79	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R80, R81	CHIP1206	20 кОм	1%	2	
R82	MF-25	130 кОм	5%	1	уст. интенсивн. сраб. ТГЗ
R83	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R84	CHIP1206	2 кОм	5%	1	
R85	CHIP1206	1 МОм	5%	1	
R86	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R87	CHIP1206	100 кОм	1%	1	
R88, R89	CHIP1206	20 кОм	1%	2	
R90	CHIP1206	10 кОм	1%	1	
R91, R92	CHIP1206	20 кОм	1%	2	
R93	CHIP1206	10 кОм	1%	1	
R94	MF-25	1,8 кОм	5%	1	
R95	CHIP1206	20 кОм	1%	1	
R96	CHIP1206	100 кОм	1%	1	
R97	MF-25	82 кОм	5%	1	
R98	CHIP1206	470 Ом	5%	1	
R99	CHIP1206	10 кОм	5%	1	
R100, R101	CHIP1206	30 кОм	5%	2	
R102	CHIP1206	100 кОм	5%	1	
R103	CHIP1206	3,9 кОм	5%	1	
R104	CHIP1206	6,2 кОм	5%	1	
R105	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R106	CHIP1206	7,5 кОм	5%	1	
R107	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R108	CHIP1206	4,7 кОм	5%	1	
R109	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R110	CHIP1206	16 кОм	5%	1	
R111	CHIP1206	4,7 кОм	5%	1	
R112	CHIP1206	20 кОм	5%	1	
R113...R118	CHIP1206	20 кОм	1%	6	
R119	CHIP1206	15 кОм	5%	1	
R120	CHIP1206	30 кОм	1%	1	
R121	CHIP1206	1 кОм	1%	1	
R122	CHIP1206	2 кОм	5%	1	
R123	CHIP1206	30 кОм	1%	1	
R124, R125	CHIP1206	10 кОм	5%	2	
R126, R127	CHIP1206	1 кОм	5%	2	
R128	CHIP1206	20 кОм	1%	1	
R129	CHIP1206	100 кОм	1%	1	
R130	CHIP1206	200 кОм	1%	1	

ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
R131	CHIP1206 20 кОм 1%	1	
R132	CHIP1206 15 кОм 5%	1	
R133, R134	CHIP1206 3 кОм 5%	2	
R135, R136	CHIP1206 510 Ом 5%	2	
R137...R140	CHIP2512 510 Ом 5%	4	
R141, R142	CHIP1206 3 кОм 5%	2	
U1	Преобразователь DC/DC EA7,5-26 (FranMar)	1	RP08-2415DA (RECOM)
	ДИОДЫ, СТАБИЛИТРОНЫ		
VD1...VD5	BAV99	5	
VD6	BAW56	1	
VD7	BAV70	1	
VD8	BAW56	1	
VD9	BAV99	1	
VD10	BZV55-C3V3	1	
VD11	BAV99	1	
VD12	BZV55-C5V6	1	
VD13, VD14	BAV99	2	
VD15	BZV55-C5V6	1	
VD16	BZV55-C3V9	1	
VD17	BZV55-C6V2	1	
VD18	BAW56	1	
VD19	BAV99	1	
VD20	BZV55-C3V9	1	
VD21	BZV55-C3V3	1	
VD22	BAV99	1	
VD23	BAV70	1	
VD24	BAV99	1	
VD25	BZV55-C3V9	1	
VD26...VD35	BAV99	10	
VD36	BAV70	1	
VD37, VD38	BZV55-C12V	2	
VD39	BAV99	1	
VD40	Диодный мост DF 04 SMD	1	
VD41, VD42	BZV55-C10V	2	
VD43	BZV55-C4V7	1	
VD44, VD45	BAV99	2	
VT1	Транзистор BC 847 B GEG SMD	1	SOT23
VT2, VT3	Транзистор BC 857 B GEG SMD	2	SOT23
XP1	Вилка на плату SL 3,5/16/90F	1	
XP2	Вилка на плату SL 3,5/8/90F	1	
XP3	Вилка на плату PLD16-G	1	

## Приложение 4. Модуль драйверов. Сборочный чертеж

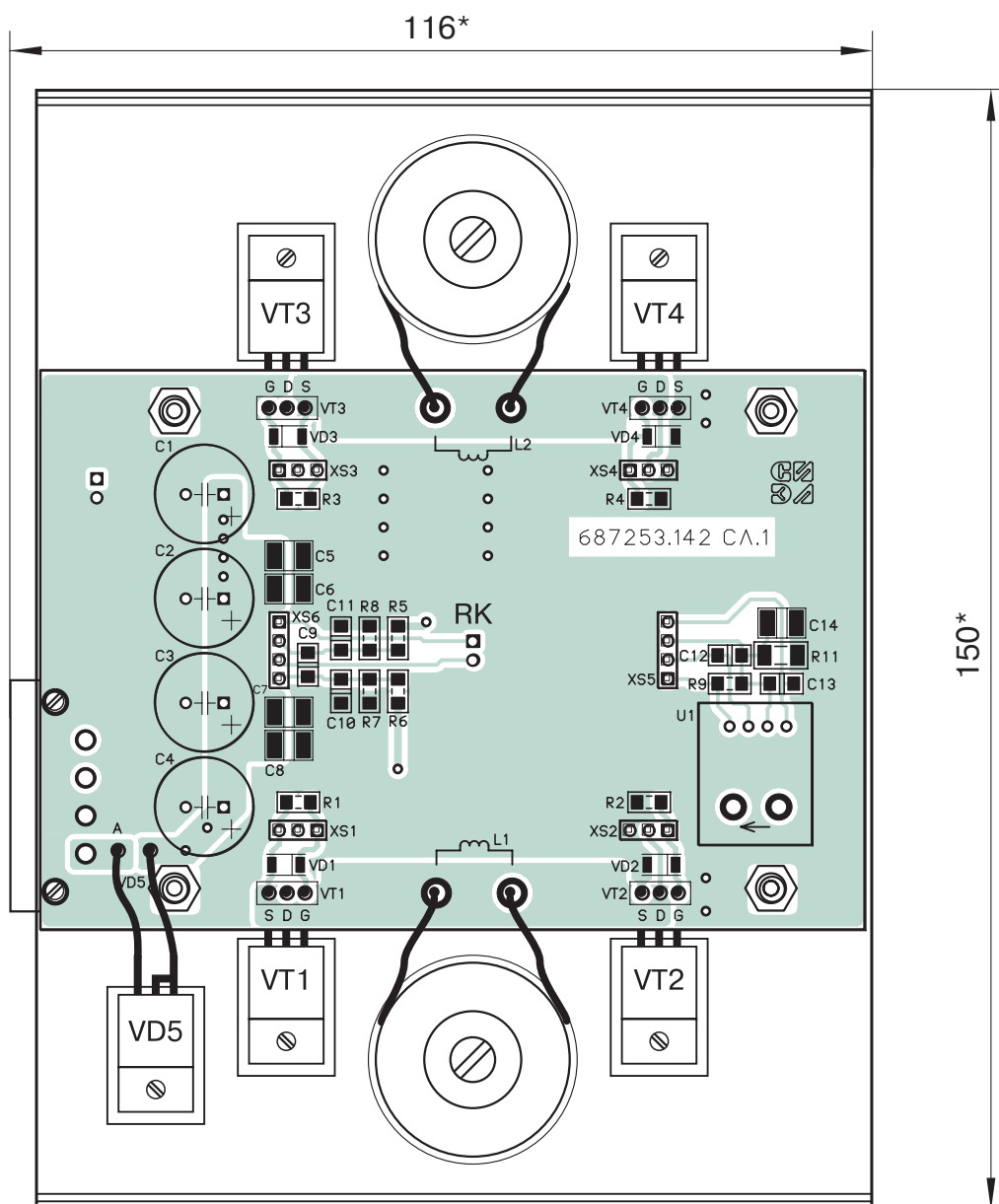




## Приложение 5. Модуль драйверов. Перечень элементов

ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
КОНДЕНСАТОРЫ			
C1, C2	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	2	
C3	CHIP1206 X7R 25 В 4,7 мкФ 10%	1	
C4	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
C5, C6	CHIP1206 X7R 50 В 1 мкФ 10%	2	
C7, C8	CHIP1206 NP0 50 В 100 пФ 5%	2	
C9...C12	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	4	
C13...C16	CHIP1206 X7R 50 В 0,47 мкФ 10%	4	
C17...C20	CHIP1206 NP0 50 В 220 пФ 5%	4	
C21...C24	CHIP1206 X7R 50 В 0,47 мкФ 10%	4	
C25...C28	CHIP1206 NP0 50 В 1000 пФ 5%	4	
C29	CHIP1206 X7R 50 В 0,1 мкФ 10%	1	
МИКРОСХЕМЫ			
D1	Оптопара HCPL2531	1	DIP-8
D2, D3	Оптопара TLP621	2	DIP-4
D4, D5	IR2111S	2	SOIC-8
D6	IR2125	1	DIP-8
D7	IR2121	1	DIP-8
D8	IR2125	1	DIP-8
D9	IR2121	1	DIP-8
DA1	Стабилизатор напряжения L78M24CDT	1	DPAK
DD1	HCF4093BM1	1	SOIC-14
РЕЗИСТОРЫ			
R1	CHIP1206 15 кОм 5%	1	
R2	CHIP1206 3 кОм 5%	1	
R3, R4	CHIP1206 30 кОм 5%	2	
R5	CHIP1206 3 кОм 5%	1	
R6...R11	CHIP1206 2 кОм 5%	6	
R12...R15	CHIP1206 825 Ом 1%	4	
R16...R19	CHIP1206 30 кОм 1%	4	1823-5/110
	CHIP1206 10 кОм 1%		1823-7,5/60
R20...R23	CHIP1206 30 кОм 5%	4	
R24...R27	CHIP1206 20 Ом 5%	4	1823-5/110
	CHIP1206 12 Ом 5%		1823-7,5/60
U1	Преобразователь DC/DC TME2415S (TRACO)	1	P6AU-2415E (PEAK)
VD1...VD5	Диодная сборка BAV70	5	
VD6, VD7	Диод 10BF40 (60, 80) (Int.Rect.)	2	MURS160T3 (Motorola)
VD8...VD11	Диод BAS21	4	
VT1...VT5	Транзистор IRLML2803	5	Int. Rect.
XP1...XP4	Вилка на плату PLS3-G	4	
XP5, XP6	Вилка на плату PLS4-G	2	
XS1	Розетка на плату PLDF-16G1	1	

## Приложение 6. Модуль силовой. Сборочный чертеж



## Приложение 7. Модуль силовой. Перечень элементов

ПОЗ.ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
C1...C4	Конденсатор ESG 200 В 47 мкФ 20%	4	13x20, RM5
C5...C8	Конденсатор GRM43QR72E154KW01L	4	1812 X7R 0,15 мкФ 250 В
C9	Конденсатор CHIP1206 X7R 100 В 5,6 нФ 5%	1	
C10, C11	Конденсатор CHIP1206 X7R 100 В 27 нФ 5%	2	
C12, C13	Конденсатор CHIP1206 X7R 25 В 1 мкФ 10%	2	
C14	Конденсатор CHIP1812 X7R 500 В 47 нФ 10%	1	
HL1	Светодиод L-934 LGD	1	зеленый
L1, L2	<u>Дроссель</u>	2	Обмотка: 4 скрученных провода; 17 витков
	Кольцо МП140 (24x13x7)	4	
	Провод ПЭТВ-2 Ø 0,71 мм	4 м	
R1...R4	Резистор CHIP1206 3,9 кОм 5%	4	
R5, R6	Резистор CHIP1206 30,1 кОм 1%	2	
R7, R8	Резистор CHIP1206 20 кОм 1%	2	
R9	Резистор CHIP1206 10 кОм 5%	1	
R10	Резистор CHIP2512 30 кОм 5%	1	
R11	Резистор CHIP2010 1 МОм 5%	1	
RK	Термистор 640-10K	1	
U1	Преобразователь тока НХ-15Р	1	Твелем
VD1...VD4	Стабилитрон BZV55C18V GEG	4	
VD5	Диод 10ETS08	1	TO220AC
VT1...VT4	Транзистор IRF644	4	TO220AB
XP1	Вилка на плату SL-SMT 5,08/4/90F Box	1	
XS1...XS4	Розетка на плату PBS3-G1	4	
XS5, XS6	Розетка на плату PBS4-G1	2	