



**УСИЛИТЕЛЬ ТИРИСТОРНЫЙ ТРЕХПОЗИЦИОННЫЙ**

**ФЦ-0613**

Техническое описание и инструкция по эксплуатации

СНЦИ.421235.003 ТО

Предприятие-изготовитель - ОАО "СКБ СПА"  
428018, г. Чебоксары, ул. Афанасьева, д. 8  
Отдел продаж: т/ф (8352) 45-89-50, 45-84-93, 45-49-99  
E-mail: [om@skbspa.ru](mailto:om@skbspa.ru)  
[www.skbspa.ru](http://www.skbspa.ru)

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящее техническое описание и инструкция по эксплуатации предназначено для изучения усилителя тиристорного трехпозиционного ФЦ-0613 и содержит описание устройства и принцип его действия, а также технические характеристики и другие сведения, необходимые для правильного транспортирования, хранения и эксплуатации усилителя.

## 2 НАЗНАЧЕНИЕ

2.1 Усилитель тиристорный трехпозиционный ФЦ-0613 (в дальнейшем - усилитель) предназначен для управления электрическими исполнительными механизмами ( в дальнейшем - механизмы), в приводе которых используются трехфазные электродвигатели.

Усилитель соответствует требованиям технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 004/2011 и ТР ТС 020/2011.

2.2 Область применения: автоматизированные системы управления технологическими процессами магистральных нефтепроводов.

2.3 Усилитель обеспечивает:

- отключение асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при перегрузке;
- торможение вала электродвигателя при снятии входного сигнала;
- сигнализацию об исчезновении напряжения питания или несоответствии входных и выходных сигналов.

Уставки защиты и длительности торможения регулируются.

2.4 Усилитель предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- внешние магнитные постоянные и (или) переменные поля сетевой частоты с напряженностью в пределах от 0 до 400 А/м;
- рабочее положение - любое;
- вибрация с частотой до 25 Hz с амплитудой не более 0,1 мм;
- температура окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 50°C;
- относительная влажность 80% при температуре 35°C.

## 3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1 Электрическое питание усилителя - трехфазная сеть переменного тока с номинальным напряжением 220/380V частотой  $(50 \pm 1)$  Hz.

Допустимое отклонение напряжения питания от номинального от минус 15 до плюс 10%.

3.2. Номера входных контактов, входные сигналы приведены в табл.1.

Таблица 1

| Номера контактов разъема | Входные сигналы  | Величина напряжения на контактах (среднее значение) |                | Примечание   |
|--------------------------|--|---|----------------|--|
|                          |  | включено  | отключено      |  |
| 7 – 8<br>9 – 10          | Среднее значение двухполупериодного выпрямленного синусоидального напряжения | $(24 \pm 6) V$                                      | $(0 \div 8) V$ | Амплитуда напряжения на ключах до 50 V, коммутируемый ток до 50 mA |
| 7 – 10<br>9 – 10         | Состояние контактных или бесконтактных ключей                                | $(0 \div 3) V$                                      | $(24 \pm 3) V$ |  |

3.3 Источник питания цепей управления допускает подключение внешней нагрузки с сопротивлением до  $240 \Omega$  между контактами 8 и 10 усилителя. Форма напряжения источника при сопротивлении нагрузки  $240 \Omega$  - двухполупериодное выпрямленное со средним значением  $(24 \pm 2)V$  при номинальном напряжении питания.

3.4 Входное сопротивление усилителя  $(850 + 200)\Omega$ .

3.5 Максимальный коммутируемый усилителем ток - 7А.

Минимальная мощность электродвигателя, защищаемого усилителем при перегрузке, 1,1 kW.

3.6 Динамические характеристики усилителя:

а) быстродействие (время запаздывания коммутации выходных ключей при подаче или снятии управляющего сигнала) не более 50 ms,

б) разница между длительностями входного и выходного сигналов не более 20 ms.

в) максимальная длительность тормозного воздействия, создаваемого усилителем, не более 200 ms.

3.7 Цепи сигнализации усилителя коммутируют нагрузку от 0,01А до 0,1А при напряжении от 6V до 30 V.

3.8 Усилитель допускает работу в повторно-кратковременном реверсивном режиме с частотой включений до 630 в час при ПВ 25%.

3.9 Мощность, потребляемая усилителем при отсутствии сигнала управления, не более 10 W.

3.10 Норма средней наработки на отказ с учетом технического обслуживания, регламентируемого настоящим техническим описанием 100000 h.

Критерием отказа является несоответствие входных и выходных сигналов усилителя.

3.11 Средний срок службы усилителя - 10 лет.

3.12 Масса усилителя не более 7 кг.

3.13 Габаритные и установочные размеры усилителя приведены в приложении 1.

#### 4 СОСТАВ, УСТРОЙСТВО И РАБОТА УСИЛИТЕЛЯ

4.1 Конструктивно усилитель состоит из двух плат, корпуса и крышки. На одной из плат установлены элементы схемы управления, на другой элементы силовой схемы и источника питания. Платы крепятся к корпусу с помощью кронштейнов. На крышке усилителя имеется пластина, закрывающая доступ к ручкам резисторов, регулирующих уставки защиты и длительности торможения.

На корпусе имеются штепсельный разъем для подключения усилителя к внешним цепям, винт заземления.

4.2. Электрическая схема усилителя приведена в приложении 2.

Напряжение управляющего сигнала, поданное на клеммы 7-8 (8-9), заряжает конденсатор С7 через резистор R7, поступает на коллекторы транзисторов V29, V30. Одновременно входной сигнал через стабилитрон V14, резисторы R13, R14 (R15), R18 (R19), R21 (R22) поступает на вход 1 (3) элемента Д4 и устанавливает триггер Д5.1 в состояние 0 (1). Логический элемент Д4 через выводы 11 и 10 (КТ1) управляет генератором, собранным на элементах Д7.1 и Д6.2. Появление сигналов на выводах 10, 11 элемента Д4 синхронизировано с сетью при помощи счетчика Д2. Импульсы генератора о выхода Д6.2 через элементы Д7.3 и Д6.4 (Д6.3) поступают на базу транзистора V30 (V29). Напряжение управляющего сигнала с конденсатора С7 через транзистор V30 (V29) поступает на базу транзистора V33 (V32), усиливается, поступает на импульсный трансформатор Т3 (Т2) и передается на управляющие электроды триаков V42, V43, (V41, V44).

Под воздействием управляющих сигналов триаки открываются в последовательности, обеспечивающей безударный пуск двигателя.

Варисторы R59, R60, R66, R67 защищают триаки от перенапряжения .

Дроссели L1 и L2 ограничивают величину ударного тока при аварийных перегрузках триаков. Резисторы R61, R62, R63, R64 и конденсаторы C21...C24 улучшают условия коммутации триаков. Трансформаторы тока T4 и T5 измеряют потребляемый электродвигателем ток. Выходное напряжение с трансформаторов T4, T5 через выпрямительный мост V40 и диоды V38, V39 подается на конденсатор C20 и резистор R30. При перегрузке триггер Д5.2 сработает и запретит прохождение импульсов с генератора через элемент Д7.3.

Подача управляющих импульсов на триаки прекратится и двигатель обесточится.

При снятии входного сигнала счетчик Д2 устанавливается в нулевое состояние, а у счетчика Д3 снимается сигнал с выхода 4. При появлении сигнала на выходе 6 счетчика Д2 триггер Д5.1 перебрасывается в противоположное состояние, что позволяет для торможения включить другую реверсивную группу триаков в последовательности, обеспечивающей безударное торможение электродвигателя.

Применение безударного пуска и торможения электродвигателя предотвращает удары в шпоночном соединении электродвигателя и механизма и уменьшает износ первых ступеней редуктора.

Длительность торможения определяется параметрами RC цепочки, состоящей из конденсатора С6 и резистора R17 или R16. Резисторы R16 и R17 (установленные на плате усилителя) позволяют регулировать длительность тормозного воздействия в зависимости от мощности электродвигателя и характера нагрузки на выходном валу механизма.

В схеме управления сопротивление R4 определяет входное сопротивление усилителя при малом уровне входного сигнала.

Конденсаторы С4, С5 сглаживают пульсацию управляющего сигнала.

В усилителе предусмотрен источник питания для дистанционного управления, включающий в себя трансформатор Т1 и выпрямительный мост V12.

Сигнализация о сбоях в работе усилителя выполнена на реле К, транзисторе V34 и элементах Д1.4, Д7.2, Д7.4.

В исходном состоянии реле К находится под напряжением. Если отсутствует напряжение питания усилителя, или имеется несоответствие между входными и выходными сигналами, реле К обесточивается, замыкая клеммы 11-12 и размыкая клеммы 12—13.

Несоответствие между входными и выходными сигналами усилителя, т.е. отсутствие тока на выходе усилителя при наличии входного сигнала и наоборот, возможно:

- при срабатывании токовой защиты;
- при пробое одного из триаков;
- при неисправности элементов схемы управления;
- при неисправности на выходе усилителя (обрыв в цепи нагрузки).

На время переходных процессов, когда возможно несоответствие между входными и выходными сигналами, реле К не обесточивается за счет задержки, создаваемой резистором R48 и конденсатором С17.

## **5 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1 Работы по монтажу и эксплуатации усилителя разрешается выполнять лицам, имеющим допуск к эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 V и изучившим данное техническое описание.

5.2 Все работы по монтажу усилителя производить при полностью снятом напряжении питания. При этом на распределительном щите, питающем усилитель, необходимо вывесить табличку с надписью «НЕ ВКЛЮЧАТЬ - РАБОТАЮТ ЛЮДИ».

5.3 Усилитель должен быть заземлен. Заземляющий провод крепится к специальному болту на корпусе.

## 6 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

6.1 При распаковке обратить внимание на состояние усилителя и убедиться в отсутствии механических повреждений корпуса, штепсельного разъема.

При наличии механических повреждений корпуса (вмятин, трещин, коррозии) усилитель следует считать неисправным. Дальнейшей проверке и включению в сеть такой усилитель не подлежит.

6.2 При внесении усилителя с мороза в теплое помещение оставить усилитель в упаковке в помещении на 8 - 10 часов для того, чтобы усилитель постепенно принял температуру окружающего воздуха.

6.3 Перед установкой на объект усилитель необходимо проверить в лаборатории на работоспособность и произвести настройку работы с механизмом.

6.4 Проверку работоспособности усилителя производить по схеме приложения 3. Положения переключателей указанные на схеме принять за исходные. В усилителе перед проверкой снять пластину, закрывающую доступ к регулировочным резисторам и вращением против часовой стрелки довести ручки резисторов до упора.

Включить автомат защиты F. Перевести переключатель S1 в положение 1. Выходной орган механизма должен прийти в движение. Перевести переключатель S1 в положение 3. Выходной орган механизма должен изменить направление движения.

6.5 Настройку уставки токовой защиты в усилителе для защиты асинхронного электродвигателя при перегрузке производить по схеме приложения 3. Перевести переключатель S1 в положение 1 и при выходе выходного органа на упор плавно вращать ручку потенциометра 1 по часовой стрелке до отключения электродвигателя. Перевести переключатель S1 в положение 3, выходной орган механизма должен изменить направление вращения. При выходе выходного органа на другой упор двигатель должен отключиться за время не более 2s.

Отключение двигателя следует контролировать по наличию напряжения, измеренному вольтметром PU, или по шуму механизма. При регулировке уставки токовой защиты электродвигатель под напряжением в заторможенном состоянии должен находиться не более 10 s.

6.6 Проверку работы сигнализации о несоответствии входных и выходных сигналов в усилителе производить после настройки уставки токовой защиты.

Установить переключатель S1 в положение 3. При перемещении выходного органа механизма сигнализатор H1 сигнализирует о наличии тока, а H2 об отсутствии тока. После того как выходной орган механизма выйдет на упор и защита от перегрузки отключит электродвигатель, то сигнализатор H1 сигнализирует об отсутствии тока, а H2 о наличии тока. Установить переключатель S1 в положение 2. Индикатор H1 сигнализирует о наличии тока, а H2 об отсутствии тока.

6.7 Проверку настройки длительности тормозного воздействия в усилителе производить в следующем порядке.

Переводя переключатель S1 в положение 1, а затем через (1—8) s возвращая в положение 2, плавным вращением ручки потенциометра "2" по часовой стрелке добиться того, чтобы выбег электродвигателя при отключении был минимальным. Аналогично переводя переключатель S1 в положение 3, а затем через (1—8) s возвращая в положение 2 вращением ручки потенциометра "3" по часовой стрелке добиться того, чтобы выбег электродвигателя при отключении был минимальным. Установить пластину усилителя на место.

6.8 Цепи питания усилителя необходимо включить через автомат защиты типа АП-50 ЗМТ с током срабатывания соответствующим току электродвигателя.

Если по условиям эксплуатации возможны короткие замыкания цепей, подключенных к выходу усилителя, то необходимо в цепи питания усилителя дополнительно установить плавкие предохранители например, типа ПК45-5А.

Падение напряжения в линии связи между усилителем и исполнительным механизмом не должно превышать  $2V$ .

6.9 Цепи управления усилителем должны быть подключены отдельным кабелем. Кабель управления должен быть пространственно разнесен с кабелем силовых цепей. Схема внешних соединений усилителя приведена в приложении 4.

6.10 После установки усилителя на объект необходимо проверить правильность монтажа цепей, подключенных к усилителю, соответствие тока уставки срабатывания автомата защиты току подключенного электродвигателя, настроить по методике аналогичной изложенной в пп.6.5; 6.6; 6.7.

6.11 Убедиться в том, что усилитель работает при управлении от регулятора и блока ручного управления.

## **7 ПОРЯДОК РАБОТЫ**

7.1 Усилитель предназначен для работы в системах автоматического регулирования технологических процессов и в процессе работы взаимодействия с оператором не требует.

При необходимости оператор может управлять усилителем в "ручном" режиме через блок ручного управления.

7.2 Так как цепь сигнализации усилителя срабатывает при возникновении различных видов неисправностей рекомендуется следующая последовательность действий оператора для уточнения вида неисправности.

7.2.1 По дистанционному указателю положения выходного органа механизма определить перемещается ли выходной орган в соответствии с сигналом регулятора.

7.2.2. В случае перемещения выходного органа при отсутствии управляющего сигнала перейти на ручной режим управления.

Если при этом движение выходного органа механизма не прекратится, это свидетельствует об отказе усилителя (пробое выходных ключей) . Для предотвращения нежелательного перемещения выходного органа механизма в одно из крайних положений необходимо отключить с помощью автомата защиты питание усилителя. Если для этого требуется недопустимо большое время допускается отключить питание аварийным способом. Для этого подать с блока ручного управления сигнал на перемещение выходного органа в противоположную сторону. При этом возникнет короткое замыкание в выходных цепях, сработают предохранители или автомат защиты, отключив питание усилителя и исполнительного механизма.

7.2.3. Если выходной орган механизма находится в рабочей зоне, и механизм не обрабатывает сигналы ручного управления, это свидетельствует либо об отключении питания усилителя и механизма, либо об отказе усилителя, либо о неисправности цепей "усилитель - электродвигатель механизма".

7.2.4. Если выходной орган механизма находится в одном из крайних положений и не перемещается при наличии входного сигнала, то подать противоположный сигнал управления от БРУ и убедиться, что сигнализация о неисправности отключилась, и исполнительный механизм обрабатывает сигнал управления. Это свидетельствует о том, что усилитель отключил исполнительный механизм после выхода выходного органа на упор.

Если исполнительный механизм не обрабатывает сигнал управления и ,не отключается сигнализация, это свидетельствует о неисправностях по п.7. 2.3.

## **8 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

8.1 Специального технического обслуживания усилитель не требует . Для обеспечения нормальной работы рекомендуется выполнять в установленные сроки следующие мероприятия.

### **8.2 Ежедневно**

Проверять правильность действия в составе системы по показаниям контрольно-измерительных

приборов.

### 8.3 Ежемесячно

При выключенном напряжении питания проверить надежность внешних электрических соединений и очистить поверхность усилителя от загрязнения.

8.4 В период капитального ремонта основного оборудования или раз в два года и после ремонта усилителя проводить проверку и настройку по пунктам 6.5; 6.6; 6.7 настоящего ТО.

## 9 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Причинами выхода из строя усилителя могут быть: обрыв цепи питания, нарушения контактов в схеме, выход из строя комплектующих изделий. Отыскание неисправности необходимо проводить в лабораторных условиях.

При поиске неисправности надо тщательно осмотреть усилитель, особенно места паяк. Обрыв проводников, нарушение паяных соединений обнаруживаются с помощью омметра при выключенном напряжении питания. В схеме управления выход элементов из строя, нарушения работы разных цепей определяются путем проверки режимов работы, руководствуясь принципиальной схемой (приложение 2) и табл. 2, при снятых перемычках Х4 и Х5 (при отсутствии напряжения на триаках).

Таблица 2

| Наименование измеряемой величины   | Тип             | Величина   | Обозначение в схеме                      | Измерительный прибор  |
|--|-----------------|--|--|---|
| 1 Напряжение обмоток трансформатора<br>Выводы 1 - 2<br>3 - 4<br>5 - 7                    | Пере-<br>менное | $(380 \pm 7,6) V$<br>$(40 \pm 1) V$<br>$(31 \pm 1) V$                        | T1                                       | Вольтметр переменного тока, класс 2,5; внутреннее сопротивление не менее $5 k\Omega / V$  |
| 2 Напряжение на контрольных точках при отсутствии сигнала управления                     | Постоян-<br>ное | $(0 \div 0,4) V$<br>$(9,5 \pm 0,5) V$<br>$(50 \pm 5) V$<br>$(9,5 \pm 0,5) V$ | КТ1-КТ0<br>КТ2-КТ0<br>КТ3-КТ0<br>КТ4-КТ0 | Вольтметр постоянного тока, класс 2,5; внутреннее сопротивление не менее $10 k\Omega / V$ |
| 3 Амплитуда прямоугольных импульсов на контрольных точках при наличии сигнала управления | Пере-<br>менное | $(9,5 \pm 0,5) V$  | КТ4-КТ0                                  | Осциллограф   |

Перечень возможных неисправностей и способов их устранения приведен в табл.3.

Таблица 3

| Наименование, неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки   | Вероятная причина                           | Способ устранения   | Примечание               |
|---|---|---|--------------------------|
| 1. Не работает электродвигатель исполнительного механизма при замыкании контактов 7,10, либо 9,10 и включенном напряжении питания | Нарушение контакта в силовых цепях          | Проверить цепи и устранить неисправность  | Места паек покрыть лаком |
|   | Неисправность во входных цепях              | Проверить, подается ли сигнал управления на вход генератора. Заменить неисправные элементы                    |                          |
|   | Неисправность генератора                    | Проверить, генерируются ли импульсы управления. Заменить неисправные элементы                                 |                          |
|   | Обрыв в обмотках импульсных трансформаторов | Проверить целостность обмоток и наличие управляющих сигналов на триаках. Устранить обнаруженную неисправность |                          |
|   | Неисправность триаков                       | Проверить исправность и заменить неисправные триаки   |                          |
| 2. Электродвигатель работает при разомкнутых контактах 7,10, либо 9, 10 и включенном напряжении питания                           | Произошел пробой триаков                    | Заменить неисправные элементы   |                          |

## 10 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

10.1. Усилитель должен храниться в сухом отапливаемом помещении при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40°С и относительной влажности до 80 % при 25°С.

Воздух помещения не должен содержать пыль или примеси агрессивных паров и газов.

10.2. Допускается транспортировать усилитель в заводской упаковке любым видом транспорта с защитой от дождя и снега на любое расстояние без ограничения скорости при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 С.

Транспортирование самолетом должно ПРОИЗВОДИТЬСЯ в отапливаемых герметизированных отсеках.

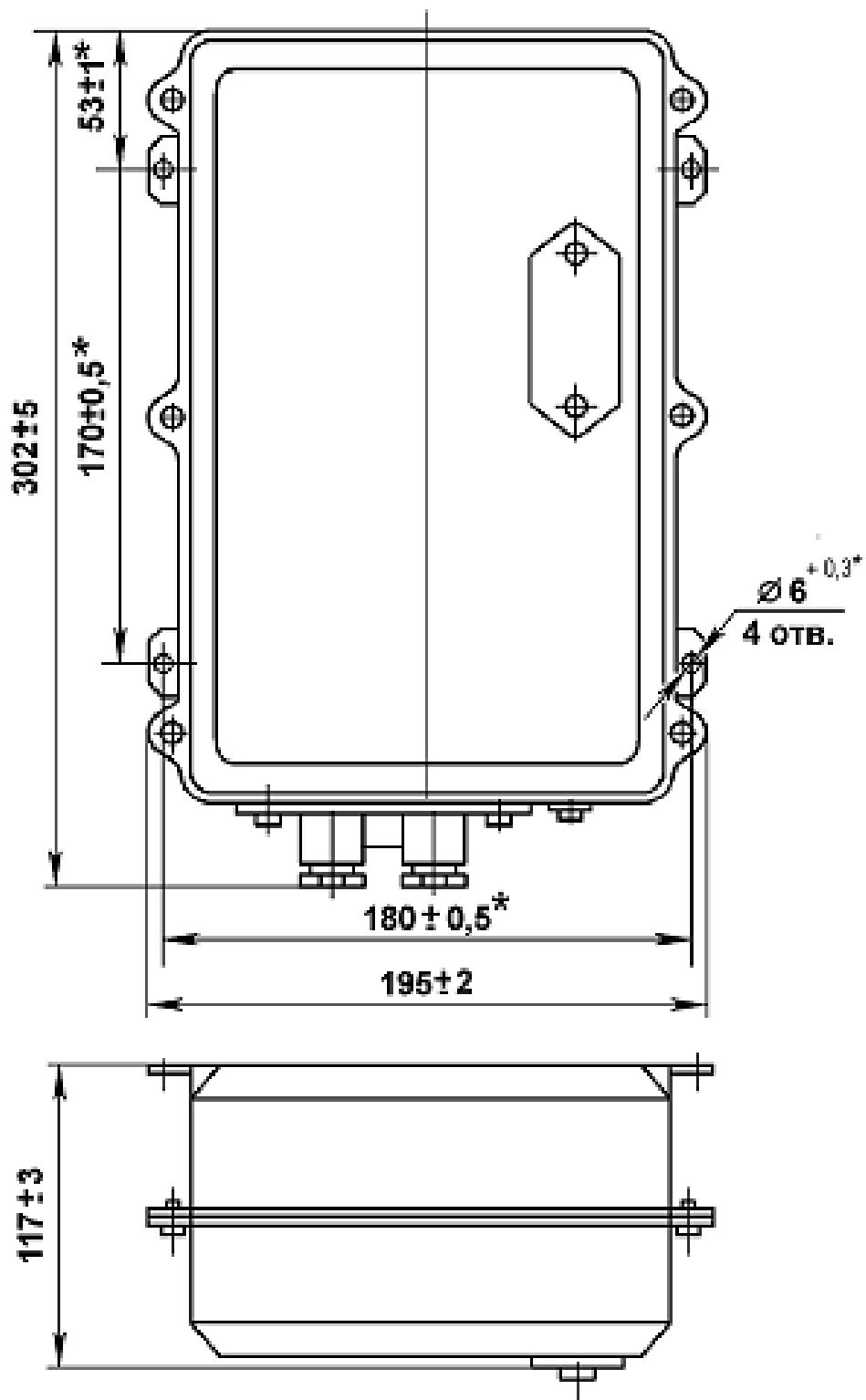


## ПРИЛОЖЕНИЯ

- 1 Габаритные и установочные размеры усилителя.
- 2 Схема электрическая принципиальная усилителя.
- 3 Схема проверки усилителя.
- 4 Схема внешних соединений усилителя.

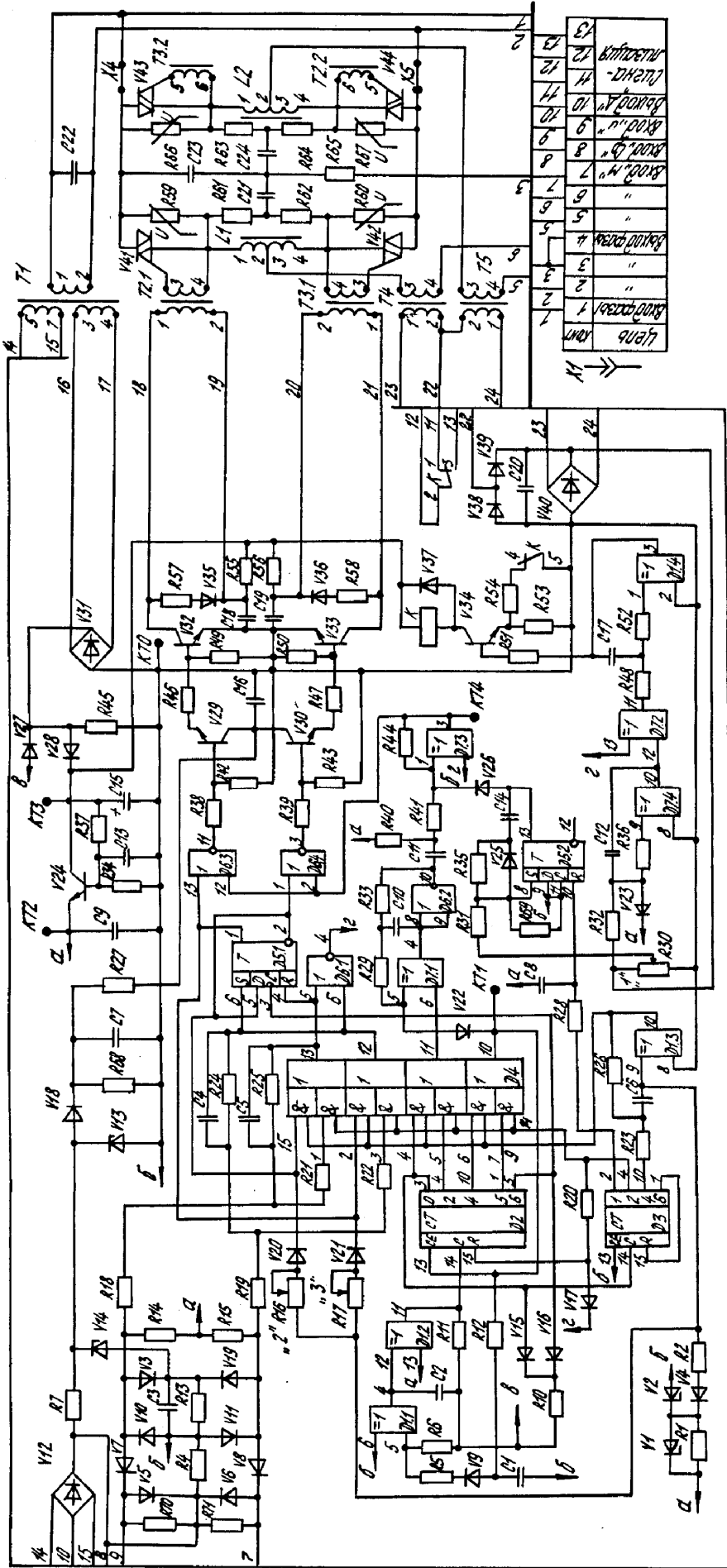
## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Габаритные и установочные размеры усилителя



\* Размеры для справок

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
Схема электрическая принципиальная усилителя



1. Вывод 14 микросхем D1, D5...D7, вывод 16 микросхем D2...D4 соединить с шиной а.
2. Вывод 7 микросхем D1, D5...D7, вывод 8 микросхем D2...D4 соединить с шиной б.

К10...К14 – контрольные точки.

## Перечень элементов

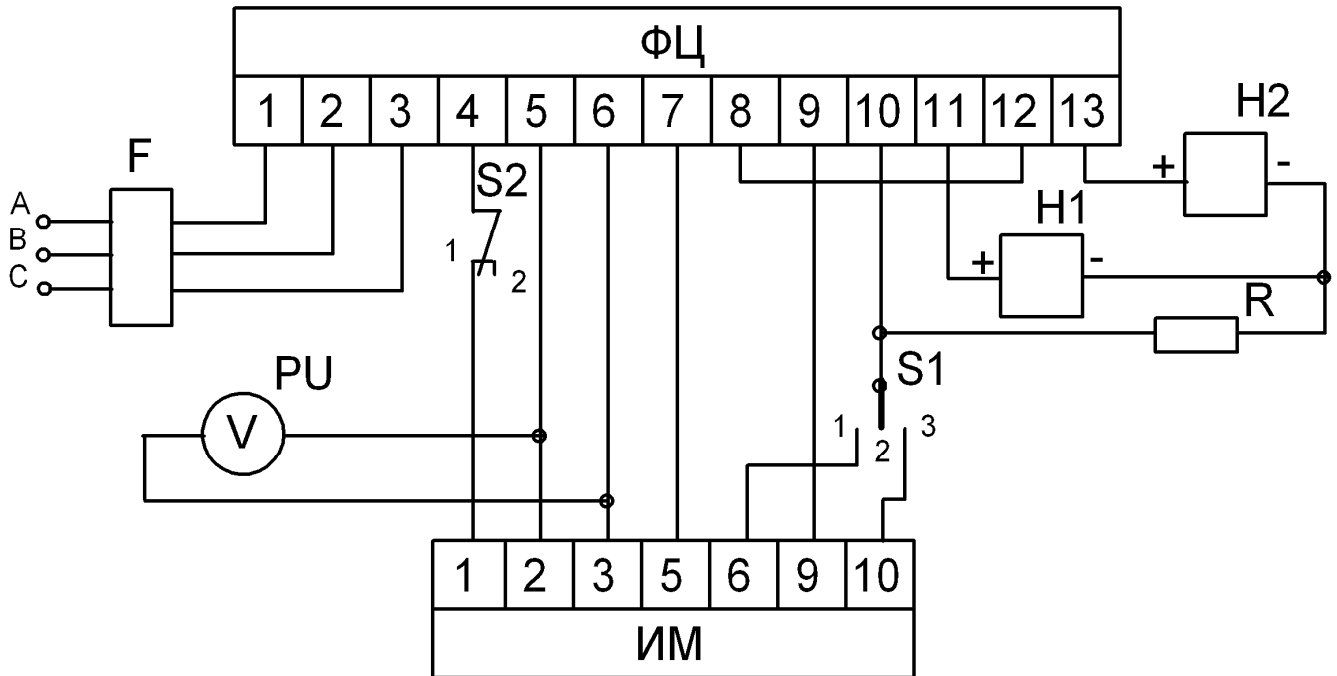
| Поз. обозначение | Наименование                                 | Кол. | Примечание |
|------------------|--|------|------------|
| Конденсаторы     |  |      |            |
| C1               | K73-17-250 V-0,1 $\mu\text{F} \pm 20\%$      | 1    |            |
| C2               | K10-43a-MПО-680 pF $\pm 2\%$                 | 1    |            |
| C3               | K10-7B-H90-0,068 $\mu\text{F}^{+80}_{-20}\%$ | 1    |            |
| C4, C5           | K73-17-250 V-0,047 $\mu\text{F} \pm 10\%$    | 2    |            |
| C6               | K73-17-250 V-0,22 $\mu\text{F} \pm 20\%$     | 1    |            |
| C7               | K73-17-160 V-2,2 $\mu\text{F} \pm 20\%$      | 1    |            |
| C8               | K10-7B-H90-0,068 $\mu\text{F}^{+80}_{-20}\%$ | 1    |            |
| C9               | K73-17-250 V-0,22 $\mu\text{F} \pm 20\%$     | 1    |            |
| C10...C12        | K10-7B-M1500-360 pF $\pm 5\%$                | 3    |            |
| C13              | K73-17-250 V-0,22 $\mu\text{F} \pm 20\%$     | 1    |            |
| C14              | K73-17-160 V-2,2 $\mu\text{F} \pm 20\%$      | 1    |            |
| C15              | K50-68-100 V-47 $\mu\text{F}^{+50}_{-10}\%$  | 1    |            |
| C16              | K10-7B-H90-0,068 $\mu\text{F}^{+80}_{-20}\%$ | 1    |            |
| C17...C19        | K73-17-250 V-0,22 $\mu\text{F} \pm 20\%$     | 3    |            |
| C20              | K73-17-250 V-0,047 $\mu\text{F} \pm 10\%$    | 1    |            |
| C21...C24        | K75-10-500 V-0,22 $\mu\text{F} \pm 20\%$     | 4    |            |
| Микросхемы       |  |      |            |
| D1               | K561ЛП2                                      | 1    |            |
| D2, D3           | K561ИЕ8                                      | 1    |            |
| D4               | K561ЛС2                                      | 1    |            |
| D5               | K561ТМ2                                      | 1    |            |
| D6               | K561ЛЕ5                                      | 1    |            |
| D7               | K561ЛП2                                      | 1    |            |
| K                | Реле РЭС54 ХП4.500.011-01                    | 1    |            |
| L1, L2           | Дроссель                                     | 2    |            |
| Резисторы        |  |      |            |
| R1               | МЛТ-0,25-10 k $\Omega$ $\pm 10\%$ -А-Д1-А    | 1    |            |
| R2               | МЛТ-0,25-20 k $\Omega$ $\pm 10\%$ -Д1-А      | 1    |            |
| R4               | МЛТ-2-820 $\Omega$ $\pm 10\%$ -А-Д1-А        | 1    |            |
| R5, R6           | МЛТ-0,25-150 k $\Omega$ $\pm 10\%$ -А-Д1-А   | 2    |            |
| R7               | МЛТ-0,5-1,3 k $\Omega$ $\pm 10\%$ -А-Д1-А    | 1    |            |

| Поз. обозначение | Наименование                    | Кол. | Примечание |
|------------------|---------------------------------|------|------------|
| R10              | МЛТ-0,25-100 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R11              | С2-29В-0,25-1,26 МΩ±0,5 %-1,0-А | 1    |            |
| R12, R13         | МЛТ-0,25-100 кΩ±10 %-Д1-А       | 2    |            |
| R14, R15         | МЛТ-0,25-240 кΩ±10 %-Д1-А       | 2    |            |
| R16, R17         | СПЗ-44А-0,5-1 МΩ±20 %-А-В       | 2    |            |
| R18, R19         | МЛТ-0,25-150 кΩ±10 %-Д1-А       | 2    |            |
| R20... R22       | МЛТ-0,25-39 кΩ±10 %-Д1-А        | 3    |            |
| R23              | МЛТ-0,25-20 кΩ±10 %-Д1-А        | 1    |            |
| R24, R25         | МЛТ-0,25-1 МΩ±10 %-Д1-А         | 2    |            |
| R26              | МЛТ-0,25-100 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R27              | МЛТ-0,25-1 кΩ±10 %-А-Д1-А       | 1    |            |
| R28              | МЛТ-0,25-100 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R29              | МЛТ-0,25-20 кΩ±10 %-Д1-А        | 1    |            |
| R30              | СПЗ-44А-0,5-1 МΩ±20 %-А-В       | 1    |            |
| R31              | МЛТ-0,25-1 МΩ±10 %-Д1-А         | 1    |            |
| R32              | МЛТ-0,25-3,3 МΩ±10 %-Ж-А        | 1    |            |
| R33              | МЛТ-0,25-510 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R34              | МЛТ-0,25-27 кΩ±10 %-Д1-А        | 1    |            |
| R35              | МЛТ-0,25-3,9 МΩ±10 %-Ж-А        | 1    |            |
| R36              | МЛТ-0,25-20 кΩ±10 %-Д1-А        | 1    |            |
| R37              | МЛТ-0,25-100 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R38, R39         | МЛТ-0,25-20 кΩ±10 %-Д1-А        | 2    |            |
| R40, R41         | МЛТ-0,25-56 кΩ±10 %-Д1-А        | 2    |            |
| R42, R43         | МЛТ-0,25-20 кΩ±10 %-Д1-А        | 2    |            |
| R44              | МЛТ-0,25-510 кΩ±10 %-Д1-А       | 1    |            |
| R45              | МЛТ-0,25-51 кΩ±10 %-Д1-А        | 1    |            |
| R46, R47         | МЛТ-0,25-560 Ω±10 %-А-Д1-А      | 2    |            |
| R48              | МЛТ-0,25-2,2 МΩ±10 %-Ж-А        | 1    |            |
| R49, R50         | МЛТ-0,25-560 Ω±10 %-А-Д1-А      | 2    |            |
| R51, R52         | МЛТ-0,25-10 кΩ±10 %-А-Д1-А      | 2    |            |
| R53, R54         | МЛТ-0,25-2,4 кΩ±10 %-А-Д1-А     | 2    |            |
| R55, R56         | МЛТ-0,25-560 Ω±10 %-А-Д1-А      | 2    |            |
| R57, R58         | МЛТ-0,25-180 Ω±10 %-А-Д1-А      | 2    |            |
| R59, R60         | СН2-1а-820 V ±5%                | 2    |            |
| R61... R64       | МЛТ-2-180 Ω±10 %-А-Д1-А         | 4    |            |
| R65              | МЛТ-2-560 Ω±10 %-А-Д1-А         | 1    |            |
| R66, R67         | СН2-1а-820 V ±5%                | 2    |            |

| Поз. обозначение          | Наименование  | Кол. | Примечание                                    |
|---------------------------|---|------|---|
| R68                       | МЛТ-0,25-5,1 МΩ±10 %-Ж-А                                    | 1    |   |
| R69                       | МЛТ-0,25-1 МΩ±10 %-Д1-А                                     | 1    |   |
| R70, R71                  | МЛТ-0,25-10 кΩ±10 %-А-Д1-А                                  | 2    |   |
| T1                        | Трансформатор   | 1    |   |
| T2, T3                    | Трансформатор   | 2    |   |
| T4, T5                    | Трансформатор тока  | 2    |   |
| Полупроводниковые приборы |   |      |   |
| V1, V2                    | Стабилитрон КС175Ж  | 2    |   |
| V11                       | Диод КД102А   | 1    |   |
| V12                       | Выпрямительный мост КЦ407А                                  | 1    |   |
| V13                       | Стабилитрон КС522А  | 1    |   |
| V14                       | Стабилитрон КС175Ж  | 1    |   |
| V15...V23                 | Диод КД102А   | 9    |   |
| V24                       | Транзистор КТ630Б   | 1    |   |
| V25... V28                | Диод КД102А   | 4    |   |
| V29, V30                  | Транзистор КТ315Г   | 2    |   |
| V31                       | Выпрямительный мост КЦ407А                                  | 1    |   |
| V32...V34                 | Транзистор КТ630Б   | 3    |   |
| V35...V39                 | Диод КД102А   | 5    |   |
| V40                       | Выпрямительный мост КЦ407А                                  | 1    |   |
| V41...V44                 | Триак ТС132-50-9-4-У2 I вар. с комплектом крепежных деталей | 4    |   |
| X1                        | Вилка РП10-22<br>Розетка РП10-22                            | 1    |   |
| X4, X5                    | Перемычка   | 2    | Сечение провода не более 0,75 мм <sup>2</sup> |

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## Схема проверки усилителя



F – автомат защиты типа АП50Б-3М с током отсечки 5А

H1, H2 – индикатор, например, диод световой АЛ102Б

PU – вольтметр Э316. Предел 0-600 В.

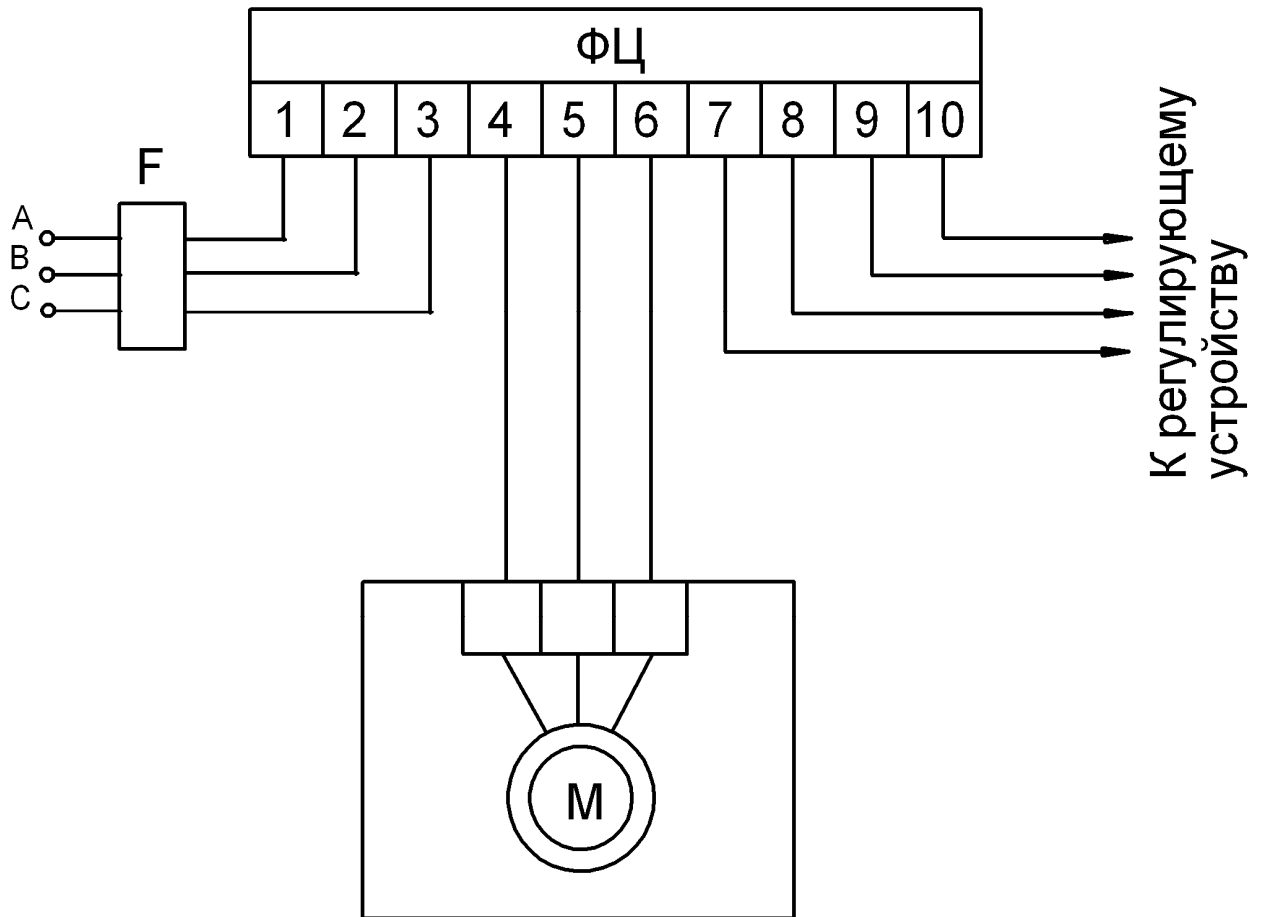
R – резистор МЛТ-0,5-2,4 кОм ±10 %.

S1 – переключатель типа П2Т-1.

S2 – переключатель типа ТВ1-1.

ИМ – исполнительный механизм

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
 Схема внешних соединений усилителя



F – автомат защиты  
 M – электродвигатель механизма