

## Электропривод «ЭПОС» для швейной машины «Чайка».

### Техническое описание.

Электропривод *ЭНП-40-5 «ЭПОС»* (в дальнейшем тексте – привод) – *электропривод со стабилизацией скорости вращения двигателя*, способен поддерживать работу швейной машинки на малых скоростях при изменении механического сопротивления (в частности, предотвращается остановка на препятствии при шитье). Это способствует более удобной работе оператора при шитье на материале неравномерной толщины, при прохождении поперечных швов – обе руки всегда свободны.

**Примечание** – не путать с электроприводом ЭПОС-А, который является упрощенной модификацией, в нем более простой электронный регулятор БЕЗ свойства стабилизации скорости.

Особенность конструкции привода «*ЭПОС*» в отсутствии отдельного датчика скорости, обычно применяемого для реализации обратной связи. Роль датчика здесь выполняет сам двигатель. Используется напряжение, выдаваемое на клеммы двигателя в режиме генерации, когда силовая цепь разомкнута закрытым симистором при фазо-импульсном управлении. Для обеспечения магнитного потока в эти интервалы времени, параллельно обмоткам двигателя установлены диоды, замыкающие через себя ток самоиндукции.

Преимущества обратной связи по скорости наиболее ощутимы на малых скоростях при переменных (скачущих) нагрузках на валу. Однако режим малых скоростей, тем более, с большой нагрузкой, является наиболее тяжелым для двигателя – КПД при этом минимален, вентиляционное охлаждение практически отсутствует, двигатель сильно греется. Поэтому такой режим работы не может рассматриваться как номинальный и не должен быть длительным.

Для правильной работы привода необходима достаточно тщательная регулировка, электронной схемы, проводимая на предприятии изготовителе и требуется также после ремонта электронного устройства привода.

У правильно отрегулированного привода при вращении двигателя *без нагрузки на валу* происходят ощутимые на слух толчки, что не является браковочным признаком. При попытке придержать вращение за вал – он как бы «вырывается» из-под пальцев, что говорит о достаточно жесткой обратной связи. При наличии равномерной нагрузки на вал, его вращение делается равномерным.

Не отрегулированный привод создает впечатление полного отказа устройства (вращается рывками, не изменяет скорость при движении педали и т.п.). Неправильно отрегулированный привод может наоборот, вращаться равномерно, но функция обратной связи при этом не реализуется, создается впечатление «слабого» двигателя.

В настоящем описании приведена вся информация, необходимая для понимания принципа работы привода и ремонта – схема соединений, электрическая принципиальная схема с указанными типами ЭРЭ и зарубежными аналогами, поблочное рассмотрение работы регулятора, методика регулировки и чертежи печатных плат двух вариантов, применяемых при производстве.

Рекомендации по поиску неисправностей здесь не приводятся – представляется, что у каждого мастера есть свои приемы исследования.

## 1 История.

1.1 В настоящем описании подробно рассматривается *только электропривод ЭНП-40-5 «ЭПОС»* (в дальнейшем тексте - **привод**), выпускаемый в 90-е годы на предприятии «Мичуринский завод «Прогресс»



Привод ЭНП-40-5 «ЭПОС»



Блок двигателя разобранный

[Клуб радиолюбителей \(electronic-club.ru\)](http://electronic-club.ru)

[Заметки радиолюбителя \(ucoz.ru\)](http://ucoz.ru)



Педаль с платой вар.1 (двухсторонняя металлизация)



Плата вар.2 (односторонняя металлизация)

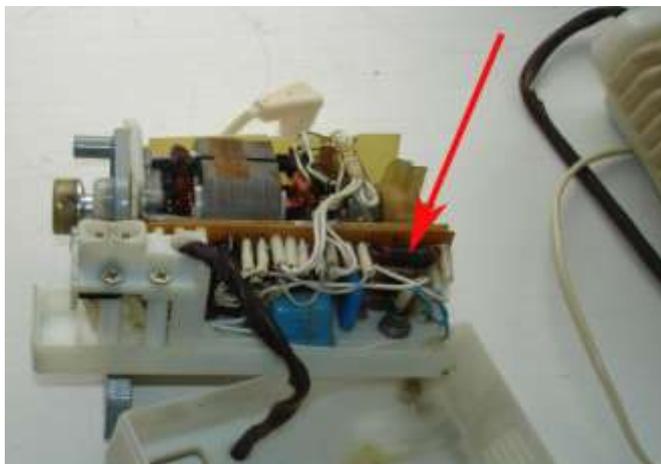
Характерные особенности:

- сетевой шнур интегрирован в общем шнуре, соединяющем педаль с блоком двигателя через 5- контактный разъем-соединитель;
- на двигателе установлены два диода КД226Е, параллельные обмоткам возбуждения;
- В блоке двигателя установлен переменный резистор, с помощью которого возможна установка желаемой максимальной скорости при эксплуатации (в некоторых партиях приводов этот резистор-регулятор отсутствует, в его окне – заглушка).
- электронный регулятор выполнен на базе компаратора К1401СА1 и симисторного ключа
- оптронный задатчик скорости
- в поздних партиях – 2-х ваттный резистор на плате заменен перемычкой, предохранитель также заменен тонкой проволокой, что видно на фото платы верс.2;
- в педали имеется дроссель на кольцевом сердечнике (дроссель отсутствует только у приводов самых первых партий).

Схема регулятора была разработана на одном из предприятий подмосковного г. Ногинск. На самом деле, они ее разрабатывали тоже не с нуля, а заимствовали, как говорили тогда, с какой-то немецкой схемы.

1.2 Сначала на том же предприятии (г. Мичуринск) были выпущены несколько партий электроприводов на базе аналогичных изделий предприятия г. Могилев (Беларусь), с той же принципиальной схемой регулятора, что последующий «ЭПОС», но в могилевском корпусе (эти изделия еще не назывались «ЭПОС»):

[www.data-chip.ru/viewtopic.php?t=8887](http://www.data-chip.ru/viewtopic.php?t=8887)



Плата регулятора находится в корпусе блока двигателя на рамке. Индуктивный датчик скорости отсутствует (в отличие от могилевского прототипа).

Педали привода (здесь не видна) – небольших размеров, изящная, в ней находится только оптронный задатчик.

Сетевой шнур – отдельно от педали.

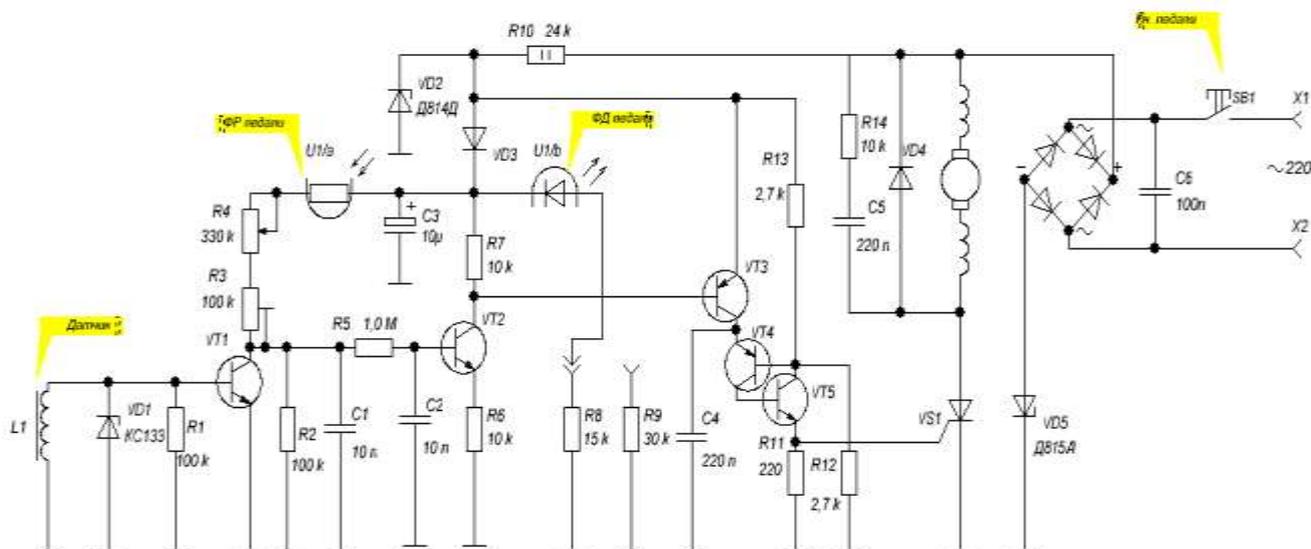
На фотографии показан сгоревший 2-х ваттный резистор, который впоследствии был выведен из схемы (заменен перемычкой)

В приводе применялся симистор (триак) ТС112-10 в металлическом корпусе, который крепится на общей рамке с платой, очевидно, из-за конструктивных соображений (пластмассовый было бы труднее расположить). Он же был механически перенесен в привод ЭПОС, где расположен на плате – на металлическом уголке. Впоследствии ТС112 был заменен на ТС106, но из-за расположения отверстий под выводы, его пришлось устанавливать «металлом» вверх. Симисторы КУ208 как правило, работоспособны, но успех не гарантирован.

Смысл применения резистора 2Вт 7,5Ом неясен. Его подгорание при работе неизбежно, и он был выведен (заменен перемычкой).

1.3 Прототипом этих устройств был электропривод могилевского завода, который имеет внешний вид, как на предыдущей фотографии, но с другой платой регулятора. Он тоже имеет обратную связь по скорости, но на другом принципе. В нем имеется индуктивный датчик скорости, включающий в себя кольцевой магнит на крыльчатке вентилятора и небольшую катушку с сердечником. Схема этого регулятора, скорее всего, следующая:

[attachment.php \(1063×413\) \(tehnari.ru\)](#)



Подробности об этом приводе отсутствуют

1.4 Кроме того, впоследствии на мичуринском предприятии было выпущено достаточно большое количество приводов «ЭПОС-А» с тем же двигателем, но с электронным регулятором, в котором отсутствует функция обратной связи. В схеме имеется биполярный транзистор, однопереходный транзистор и тиристор КУ202. Принципиальная схема регулятора не сохранилась. Из-за особенностей оптронного задатчика, она все равно достаточно сложная.

[www.youtube.com/watch?v=9FOLPHcm61k](http://www.youtube.com/watch?v=9FOLPHcm61k)



По внешнему виду отличия «ЭПОС-А» от «ЭПОС» только в том, что разъем на блоке двигателя 3-х контактный (а не 5-и контактный).

Эксплуатационные свойства хоть и удовлетворительные, но хуже, чем у «ЭПОС» и, теоретически, даже хуже, чем у других моделей с угольной педалью или с простыми электронными регуляторами (из-за особенностей двигателя, разработанного специально для привода с обратной связью). Преимущества только в оптронном задатчике, ресурс которого значительно выше, чем у угольного реостата или переменного проволочного резистора (в принципе, ресурс неограничен, если не сжечь ФР или СД, подав на них полное напряжение сети).

***Оптронные задатчики от приводов ЭПОС и ЭПОС-А не взаимозаменяемы из-за разного профиля кулисы.***

Картинки взяты из сети Интернет. Автор настоящего описания благодарен всем, кто их выкладывал.

## 2 Состав устройства и принцип работы.

### 2.1 Конструктивный и функциональный состав устройства. Термины и сокращения.

**Привод** – электропривод швейной машинки ЭНП-40-5 «ЭПОС»

**ОС** – обратная связь по скорости вращения двигателя

**СП** – сопротивление переменное (регулируемое)

#### *Составные части привода*

**БДВ** – блок электродвигателя привода

**Педаля** – ножная педаля привода

**Шнур** – специальный шнур, соединяющий педаля с БДВ через 5-контактный соединитель. Не разъемен с педаляю. Провод сетевого питания с вилкой одно целое со спец. шнуром (не разъемен).

#### *Составные части блока двигателя*

**ДВ** – электродвигатель коллекторный последовательного возбуждения с элементами помехоподавления и двумя диодами, параллельными обмоткам возбуждения (**ОВ**)

**СП БДВ** – сопротивление переменное 2.2 МОм в блоке двигателя (с «барашком», для установки желаемой максимальной скорости при эксплуатации).

**Кобра** – короткий шнур с гнездовым соединителем для питания лампы ШМ

**Панель БДВ** – панель крепления двигателя с 5-и штырьковым гнездом под **Шнур**

**Крыльчатка** – на валу двигателя для вентиляции

**Кожух БДВ** – пластмассовый кожух с «окнами» для вентиляции

#### *Составные части педали*

**ОПЗ** – оптронный задатчик с дискретными фоторезистором, светодиодом и **кулисой**

**Коромысло** – подвижная деталь, связанная с **кулисой ОПЗ** и крышкой педали

**МП** – микропереключатель (используются нормально замкнутые контакты)

**Др** – дроссель на сердечнике из пермаллоя или стали индуктивность около 1мГн

**Плата** – плата с радиоэлементами электронного регулятора

#### *Составные части оптронного задатчика*

**Корпус** - состоит из двух разъемных половинок – для платы ФР и платы СД

**СД** – светодиод на плате СД

**ФР** – фоторезистор на плате ФР

**Кулиса** - или **шторка**, подвижная пластина между СД и ФР

#### *Функциональные блоки электронного регулятора*

**СЧ** – силовая часть схемы - диодный мост, **триак**. К СЧ также относятся **МП** и **Др** педали.

**Триак** (англ. термин) – симметричный тиристор (симистор), трехквadrантный.

**ФПИТ** – Формирователь питания схемы регулятора.

**ФЗС** – формирователь задающего сигнала

**ПНДВ** – преобразователь напряжения двигателя

**СС** – схема сравнения

**ФИТ** – формирователь импульса тока управления (**триаком**)

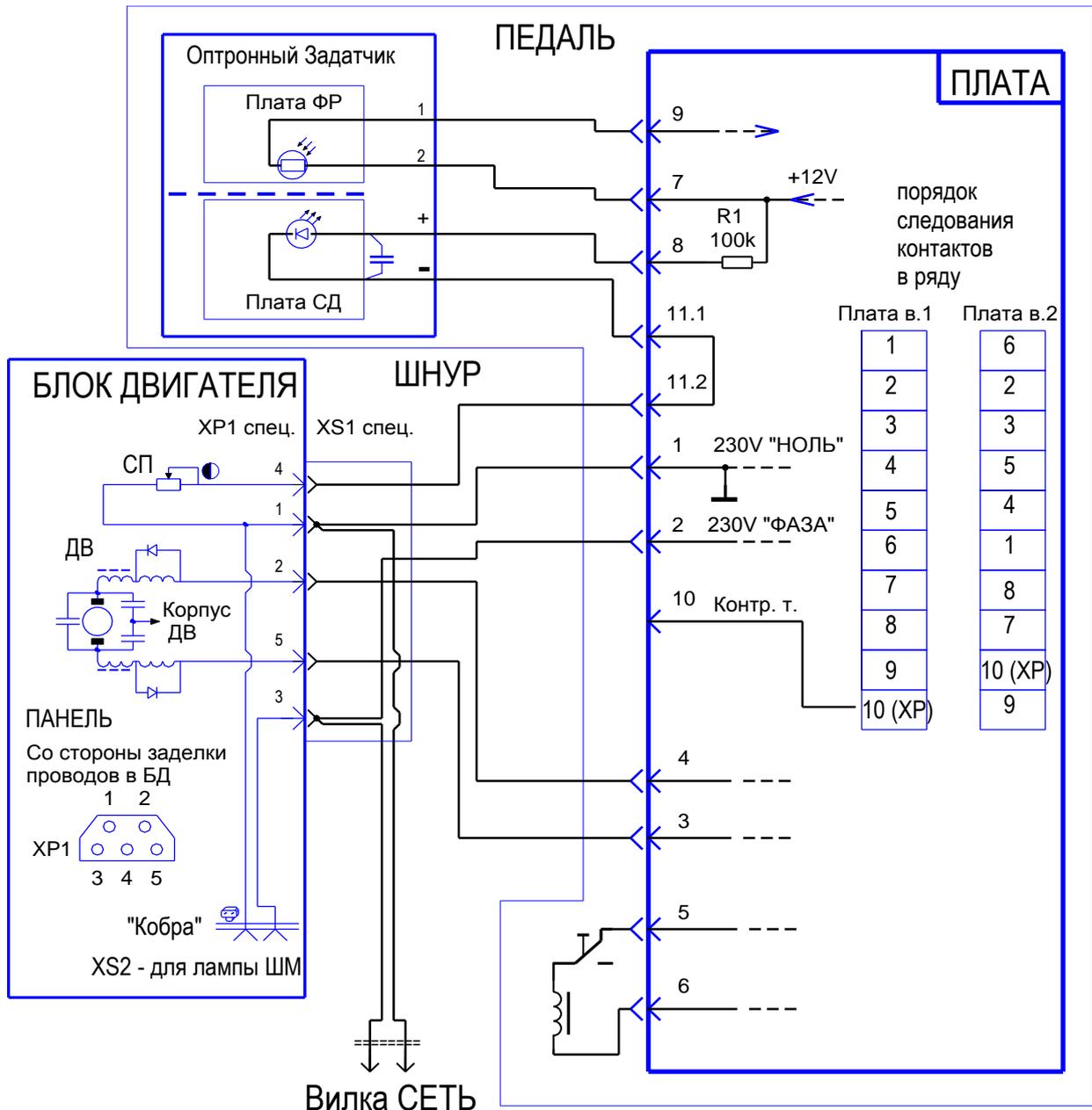
## 2.2 Принцип работы привода

2.2.1 Схема электрических соединений привода приведена на **рисунке 1**; Схема электрическая принципиальная - на **рисунке 2**; чертежи плат – на **рисунках 3, 4**

Схемная нумерация ЭРЭ на схеме рис.2 *внутри платы* – сквозная (не поблочная), совпадает с нумерацией на чертежах плат.

**Схемные номера ЭРЭ** не совпадают с исходными чертежными, поскольку чертежная схема не сохранилась, восстанавливалась по платам.

Координаты отверстий и расположение ЭРЭ на платах не точно совпадают с истинными. Некоторые конденсаторы могут быть других типов (меньших размеров).



**Рисунок 1 – Схема электрических соединений**

Применялись платы двух видов: вар.1 – с двухсторонней металлизацией и вар.2 – более поздний вариант, с односторонней металлизацией. Электрическая принципиальная схема при этом не изменялась, за исключением дополнительного резистора R2 на плате вар.2 (на схеме рис.2).

Обозначение цепи "корпус" ( $\perp$  220V «ноль») на рис.1 и рис.2 условно. Это одна из линий сети 220В (по новому стандарту – 230В) и не имеет связи с физическим корпусом.

ОДНАКО, это общая точка схемы, а при замерах (как правило) – общая точка измерительного прибора. Поэтому, если нет разделительного трансформатора, то при регулировке или ремонте включайте вилку СЕТЬ в розетку 220В так, чтобы здесь был "ноль" сети.

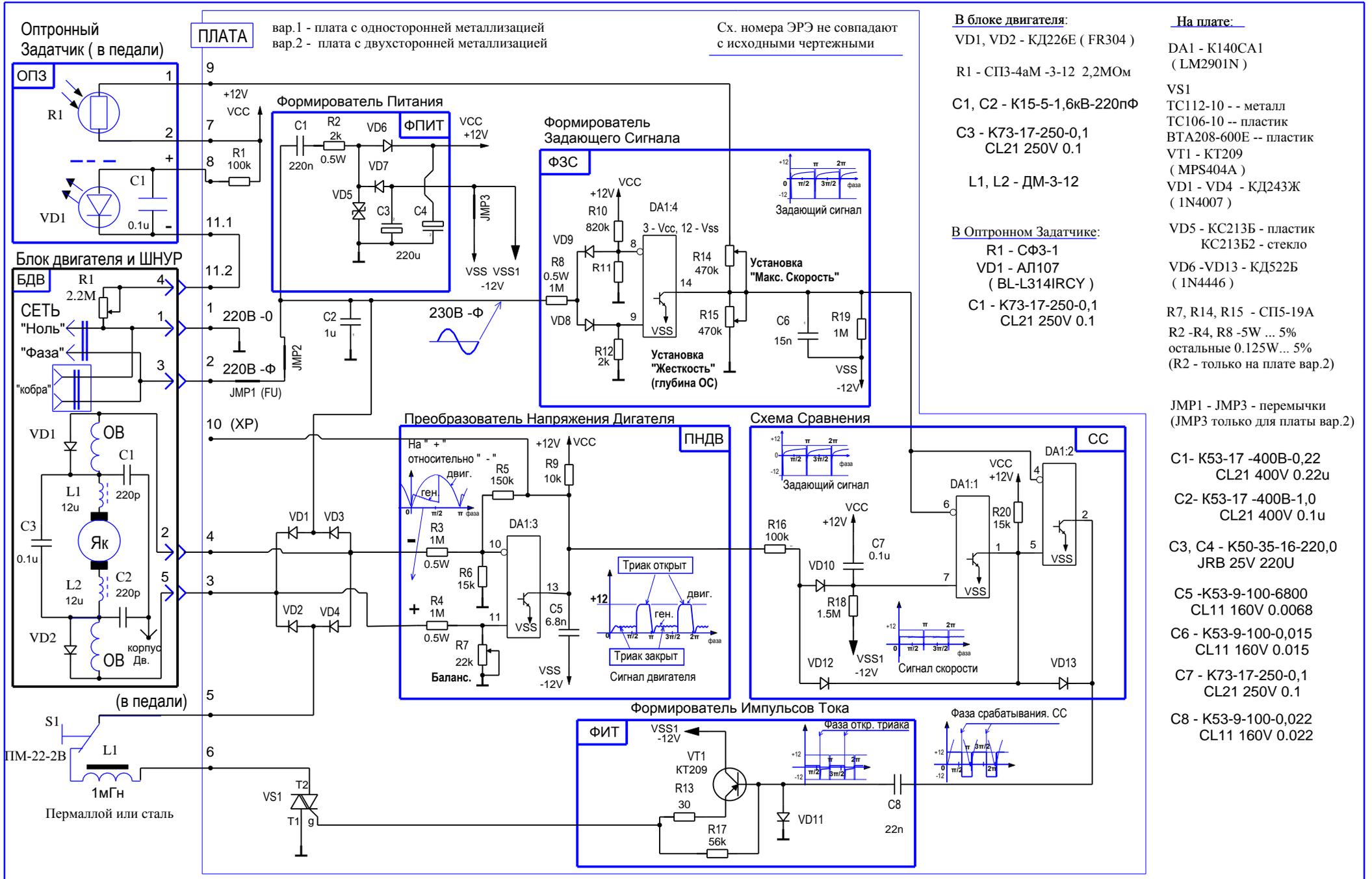
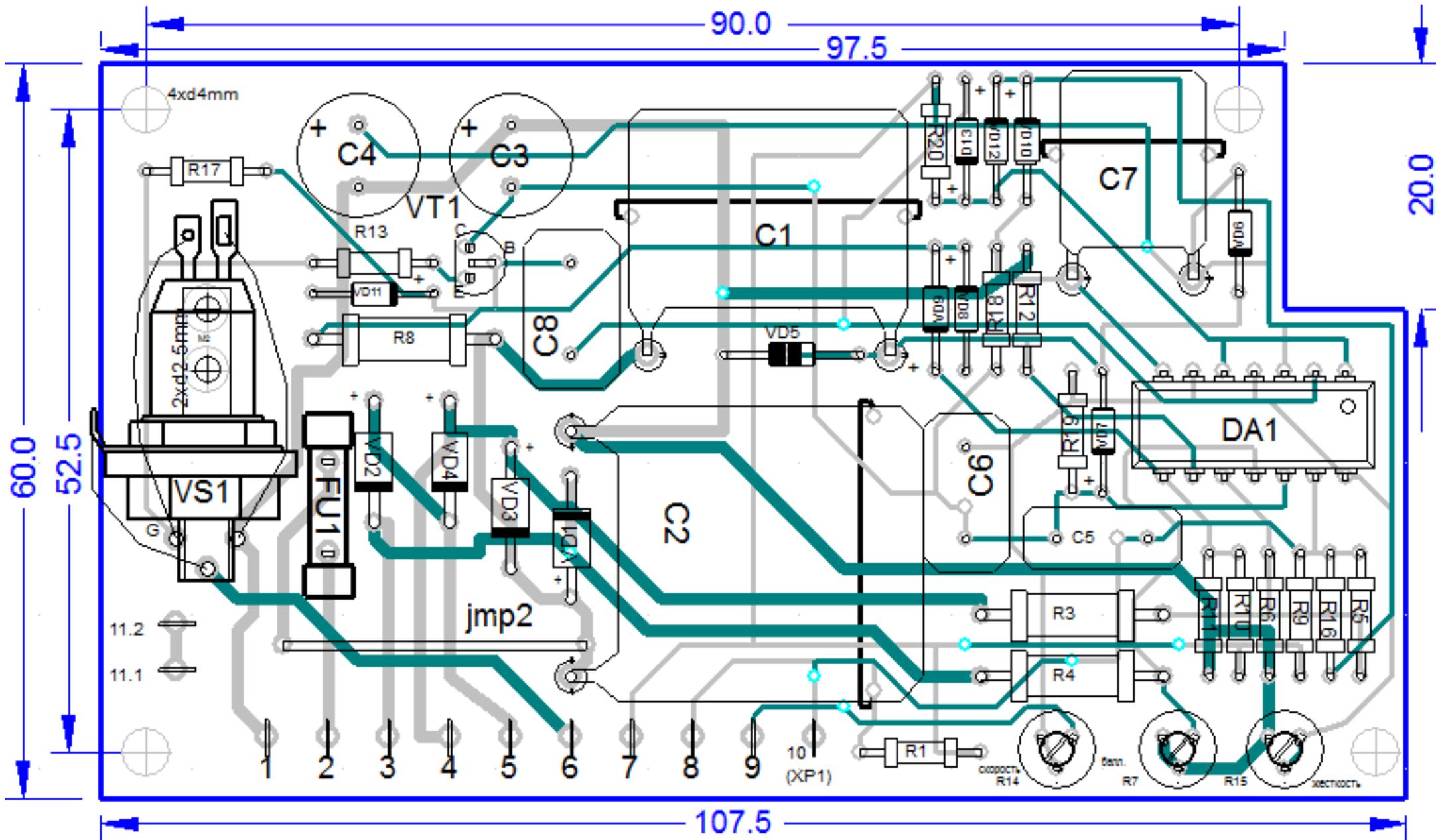


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная



Вид со стороны установки ЭРЭ, более светлые дорожки (в цвете – серые) – показаны «на просвет»

Рисунок 3 – Плата вариант 1 (двусторонняя металлизация)



Триак VS1 может быть обоих типов как на плате вар.1, так и на плате вар.2.

Вместо перемычки JMP2 может быть резистор 2 Вт 7,5 Ом. Впоследствии он был исключен из схемы.

Предохранитель FU1, имеющийся на чертеже платы вар.1, может отсутствовать, вместо него распаяна тонкая проволока (на плате вар.2 – перемычка JMP1).

### 2.2.2 Блок двигателя (БДВ)

Двигатель привода – коллекторный последовательного возбуждения. Номинальная механическая мощность на валу 40Вт. На двигателе установлены дроссели и конденсаторы помехозащиты, а также диоды, параллельные обмоткам возбуждения, необходимые для получения напряжения генерации при вращении якоря на выбеге. В БДВ имеется переменный резистор, с барашком, выведенным в разрез корпуса – для регулировки скорости посредством изменения тока светодиода в оптронном задатчике (ОПЗ). В некоторых партиях приводов этого резистора нет, его цепь может быть замкнута в БДВ, но может быть и в педали – на плате. Разрез корпуса в этом случае закрыт заглушкой. Двигатель крепится на панели, в которой имеется 5-и штырьковое гнездо для соединения БДВ с педалью через шнур.

Следует иметь в виду, что параметры двигателя рассчитаны именно для регулятора с обратной связью по скорости. Свойства привода с этим двигателем, но с регулятором без обратной связи, будут посредственными. Номинальным режимом для двигателя, работающего автономно, без регулятора, от синусоидального напряжения, считается:

$U_{ном}=130V$  (Эффективное);  $n_{ном}=5000$  об/мин при моменте на валу  $M_{ном}=0,076$  Н\*м.

(скорость и момент согласованы с требованиями к подольской швейной машинке). Примерно такое эффективное напряжение поступает на двигатель и при работе с регулятором в номинальном режиме. Только при значительном увеличении момента нагрузки на валу выше номинальной, эффективное напряжение может приближаться к сетевому. Поэтому применение такого двигателя с угольной педалью или электронным регулятором без обратной связи нежелательно. Во-первых, при подаче полного напряжения сети, скорость будет слишком большой, напряжение придется каким-либо способом ограничивать. Во-вторых, даже если это ограничение возможно, эксплуатационные свойства привода будут хоть и удовлетворительными, но заведомо хуже, чем у привода без обратной связи, но с «родным» двигателем.

Не смотря на это, было выпущено значительное количество приводов (ЭПОС-А) с таким двигателем и с более простым электронным регулятором без обратной связи. Нареканий со стороны подольского завода не было.

### 2.2.3 Силовая часть (СЧ)

В СЧ входят диодный мост VD1-VD4, триак VS1, а также микропереключатель и дроссель L1 педали. Сетевой конденсатор C1 платы тоже можно отнести к силовой части схемы.

Дроссель в первых образцах приводов не применялся, был введен для подавления сетевых помех, создаваемых при работе симисторного ключа. Только с его помощью, совместно с сетевым конденсатором, удалось привести привод в соответствие требованиям стандартов по электромагнитной совместимости.

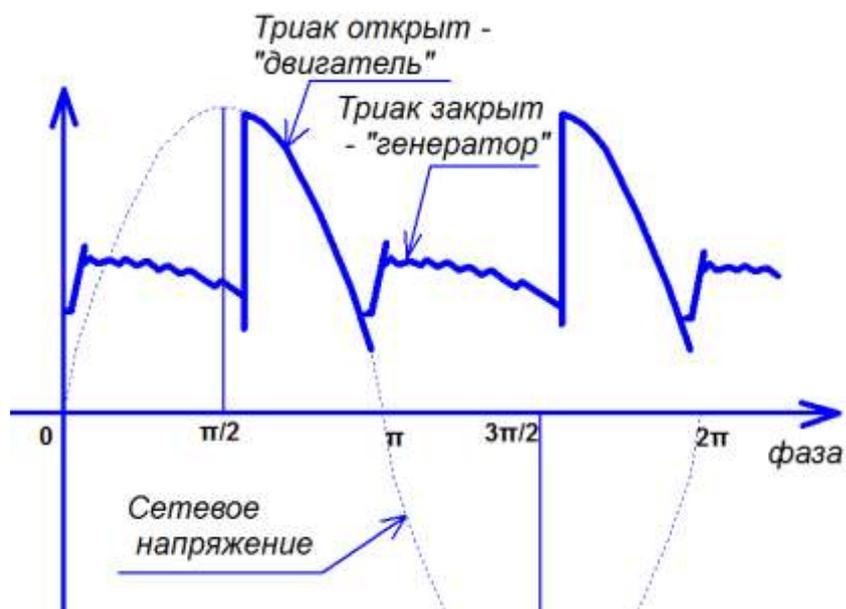
Микропереключатель в схеме использует нормально замкнутые контакты. Когда педаль не нажата – кнопка МП нажата подпружиненным коромыслом педали и контакты МП разомкнуты. При нажатии педали контакты замыкаются. Таким образом, коммутируется только силовая часть, низкочастотная часть схемы запитана постоянно.

Регулирование эффективной величины напряжения на двигателе происходит симистором (триаком) традиционным фазоимпульсным способом.

Двигатель включен в выпрямляющую диагональ диодного моста, симистор (триак) последовательно с диагональю переменного тока и открывается отрицательными импульсами тока затвора при каждом полупериоде (положительном и отрицательным).

Наличие диодов, параллельных обмоткам возбуждения двигателя, обеспечивает прохождение тока через ОВ и наличие магнитного потока в «железе» двигателя в течение всего полупериода напряжения на клеммах. При закрытом триаке якорь двигателя, поворачиваясь по инерции, в режиме генерации выдает ЭДС, пропорциональную скорости. Эта ЭДС генерации поступает как разность потенциалов на клеммы двигателя через те же диоды.

В конечном счете, форма напряжения между клеммами двигателя (при средней установившейся скорости) выглядит примерно как на следующей диаграмме:



#### 2.2.4 Оптранный задатчик (ОПЗ)

ОПЗ состоит из дискретных фоторезистора (ФР) и светодиода (СД), каждый на своей плате малых размеров и в своей «половинке» корпуса.

Между ФР и СД имеется подвижная кулиса специальной формы, которая, будучи механически связанная с подпружиненным коромыслом педали, плавно приоткрывает просвет между ФР и СД при нажатии крышки педали.

Поскольку СД VD1 ОПЗ питается от основной платы регулятора через переменный резистор в блоке двигателя, конденсатор С1 ОПЗ необходим для снятия помех длинного провода.

СД имеет максимум спектра излучения в ближней ИК области и на глаз свет не виден.

Некоторых удивляет большие значения сопротивлений R1 платы и СП R1 в БДВ (задающих ток СД)

Однако ИК СД достаточно излучают при таких микротоках. Многие знают, что даже красные диоды АЛ307 заметно светятся при  $V=12V$  через  $R=100\text{ кОм}$

Темновое сопротивление применяемого фоторезистора СФ3-1 составляет 30 Мом, что, вообще-то, слишком много. Рекомендуется шунтировать его постоянным резистором на 2 Мом.

Возможна замена СФ-3-1 на другой тип ФР с темновым сопротивлением не менее 2 Мом, например ФР-764, ФР-765 с доработкой корпуса ОПЗ путем рассверловки окна под ФР в корпусе, что не повлияет негативно на функционирование.

2.2.5 **Основой** схемы регулятора является микросхема – аналоговый компаратор (DA1) 1401CA1, аналог LM2901N имеющая 4 секции. На выходе компараторов открытый коллектор п-р-п-транзистора. Транзистор открывается, когда разность потенциалов между неинвертирующим и инвертирующим входами компаратора меньше нуля.

В схеме регулятора три ячейки работают как классический компаратор, а одна (DA1.3) – при малом сигнале в линейном режиме, с отрицательной обратной связью. Двухполярное питание компаратора и слаботочной части схемы обеспечивается формирователем питания ФПИТ.

### 2.2.6 Формирователь питания для слаботочной части схемы (ФПИТ)

ФПИТ - формирователь двухполярного напряжения  $V_{cc}$  (+12В) и  $V_{ss}$  (-12В) относительно одного из проводов сетевого питания, который условно принят за нулевой (второй провод сети – условная Фаза). На схеме рис.2 цепь отрицательного питания разделяется на две ветви  $V_{ss}$  и  $V_{ss1}$ , поскольку на плате вар. 2 имеется перемычка (JMP3), введенная для удобства трассировки. На самом деле это *эквипотенциальные цепи*. На плате вар. 1 этой перемычки нет и цепь  $V_{ss}$  одна общая.

Резистор R2 добавили на плате вар.2 для ограничения возможных бросков тока через стабилитрон при включении вилки в сеть.

Неполярный стабилитрон можно заменить двумя любыми полярными 12-и вольтовыми стабилитронами, включенными встречно-последовательно.

### 2.2.7 Формирователь задающего сигнала (ФЗС)

ФЗС работает на компараторе DA1.4

Форму задающего сигнала на его выходе определяет соотношение установленных значений сопротивления СП R14, R15 и величиной сопротивления ФР в ОПЗ.

Входные цепи ячейки компаратора DA1.4 устроены таким образом, что *выходной транзистор этой ячейки* открыт только в короткие интервалы времени – при прохождении сетевого напряжения через ноль при каждом полупериоде (вблизи фазы  $0 - \pi - 2\pi$  и т.д.). В эти интервалы на выходе компаратора – полный «минус», а конденсатор С6 успевает разрядиться. Далее, при закрытом выходном транзисторе, происходит медленный заряд конденсатора С6, в результате чего отрицательный потенциал на выходе уменьшается. Если сопротивление ФР ОПЗ велико (кулиса перекрывает световой поток), то напряжение на выходе не может превысить нулевой потенциал.

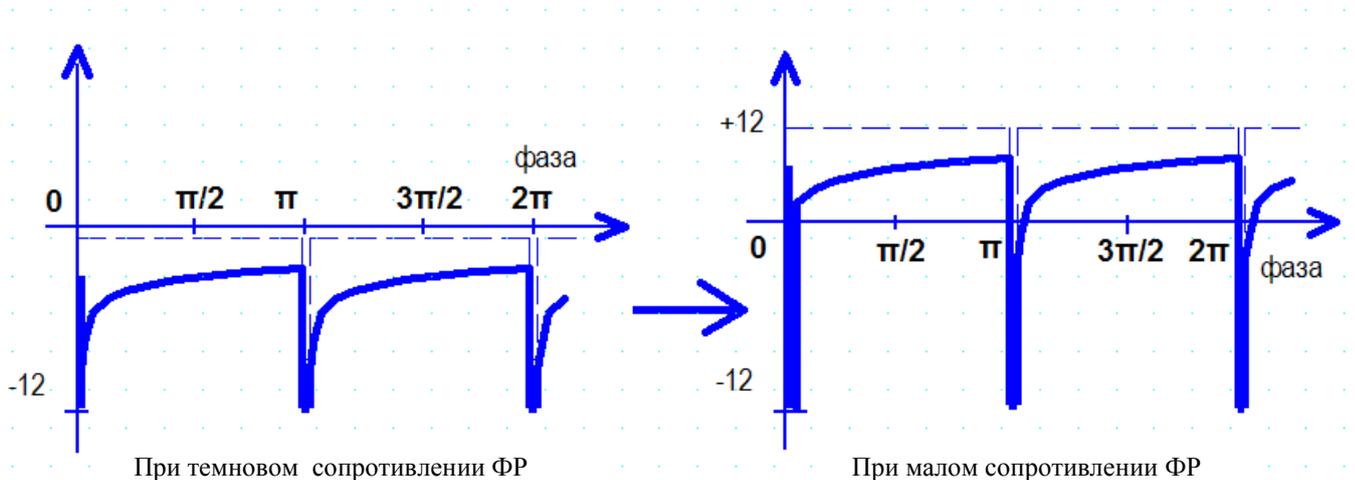
*Чем меньше установленное сопротивление СП R15, тем ближе к нулевому уровню стремится подойти сигнал, и тем положе верхние участки кривой, и тем большая будет «жесткость» обратной связи.*

При нажатии педали или на коромысло ОПЗ – окно для светового потока открывается – сопротивление ФР уменьшается. Уровень сигнала на выходе при этом может превышать нулевое значение.

*Чем меньше установленное сопротивление СП R14, тем круче начальный участок кривой и выше подъем над нулевым уровнем.*

Влияние сопротивления R14 на крутизну верхних участков кривой незначительное.

Форма задающего сигнала на выходе ФЗС показана на диаграмме:



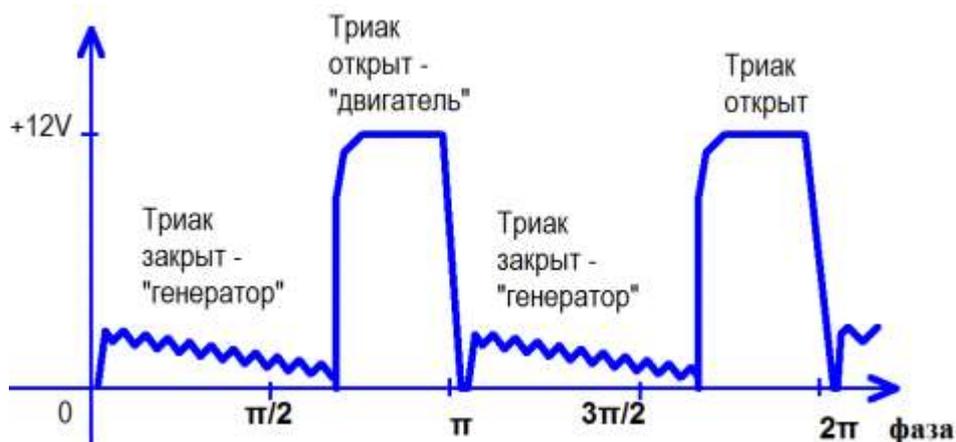
Пунктиром обозначено, что было бы на выходе без конденсатора С6

### 2.2.8 Преобразователь напряжения двигателя (ПНДВ)

**ПНДВ** преобразует напряжение между клеммами двигателя в сигнал относительно условной общей точки двухполярного питания ( $\perp 230V-0$ ).

При малых сигналах ячейка DA1.3 работает в линейном режиме с коэффициентом передачи 0,15 (имеется отрицательная обратная связь через резистор R5). Такой режим не свойственен микросхеме-компаратору, но возможен на низких частотах. Конденсатор C5 необходим для предотвращения возбуждения схемы.

Если силовая цепь двигателя разомкнута, то на входы поступает синфазно напряжение сети через диоды силового моста и низкое сопротивление двигателя, поэтому на выходе, *при правильной балансировке* (с помощью СП R7 «баланс»), имеется нулевой уровень. При работе двигателя в режиме фазоимпульсного управления, при установившейся средней скорости двигателя, форма напряжения на выходе относительно общей точки выглядят примерно, как показано на диаграмме:



Импульсы (с насыщением усилителя), имеющиеся в выходном сигнале, соответствуют рабочему напряжению на двигателе в интервалы времени, когда триак открыт (в дальнейшем они будут «отфильтрованы» в схеме сравнения), а между ними присутствует сигнал скорости (ОС).

### 2.2.9 Схема сравнения (СС) и формирователь импульса тока (ФИТ)

На входы СС поступают задающий сигнал с ФЗС и сигнал двигателя с ПНДВ, который содержит «сигнал открытого триака», то есть рабочего напряжения двигателя и сигнал обратной связи (ОС), пропорциональный скорости двигателя. Первый из них отсекается схемой, а сигнал ОС сравнивается с задающим сигналом.

Работу СС иллюстрируют приведенные ниже диаграммы I, II, III

Диаграммы (а) – упрощенно показывают процессы «на грани начала вращения» - при большом сопротивлении ФР (двигатель не вращается).

Диаграммы (б) – демонстрируют установившийся режим вращения со средней скоростью.

При включении в сеть, пока педаль не нажата, на входе DA1.1 /7 устанавливается отрицательный уровень напряжения около 1.2V, обеспечиваемый резистором R18. На инвертирующий вход DA1.1 /6 подается сигнал с ФЗС. При правильно установленной величине СП R15, верхние участки его также в отрицательной области и «чуть не доходят» до уровня, присутствующего на DA1.1 /7, поэтому выходной транзистор DA1.1 закрыт, на выходе DA1.1 /1 – уровень «плюс 12V». Выходной транзистор DA1.2 тоже закрыт и на выходе DA1.2 /2 также почти полный плюс 12V через резистор R20 и диод VD13.

При нажатии на **педаль** (или на **коромысло ОПЗ** внутри педали), силовая цепь замкнется контактами МП. При дальнейшем нажатии сопротивление **ФР** уменьшится, пологая часть задающего сигнала приподнимется и на очередном полупериоде превысит уровень на DA1.1/7

(диаграмма I-а).

На выходе DA1.1/1, а следом и на выходе DA1.2/2 (то есть на выходе СС) скачком появится «минус 12V» (диаграмма II-а) и поступает на вход **ФИТ**, который формирует короткий импульс тока, открывающий триак.

*Назовем это моментом **срабатывания** схемы сравнения.*

Фаза сетевого напряжения, при которой срабатывает СС – есть фаза открывания триака. Открывшийся триак пропускает напряжение питания на двигатель.

Рабочее напряжение питания между клеммами двигателя преобразуется ПНДВ в сигнал «открытого триака» величиной +12V относительно общей точки, поступающий на вход СС (диаграмма III-а).

*Однако, поскольку выходной транзистор компаратора DA1.1 открыт, это напряжение не доходит до его неинвертирующего входа 7, а гасится на минус через диод VD12.*

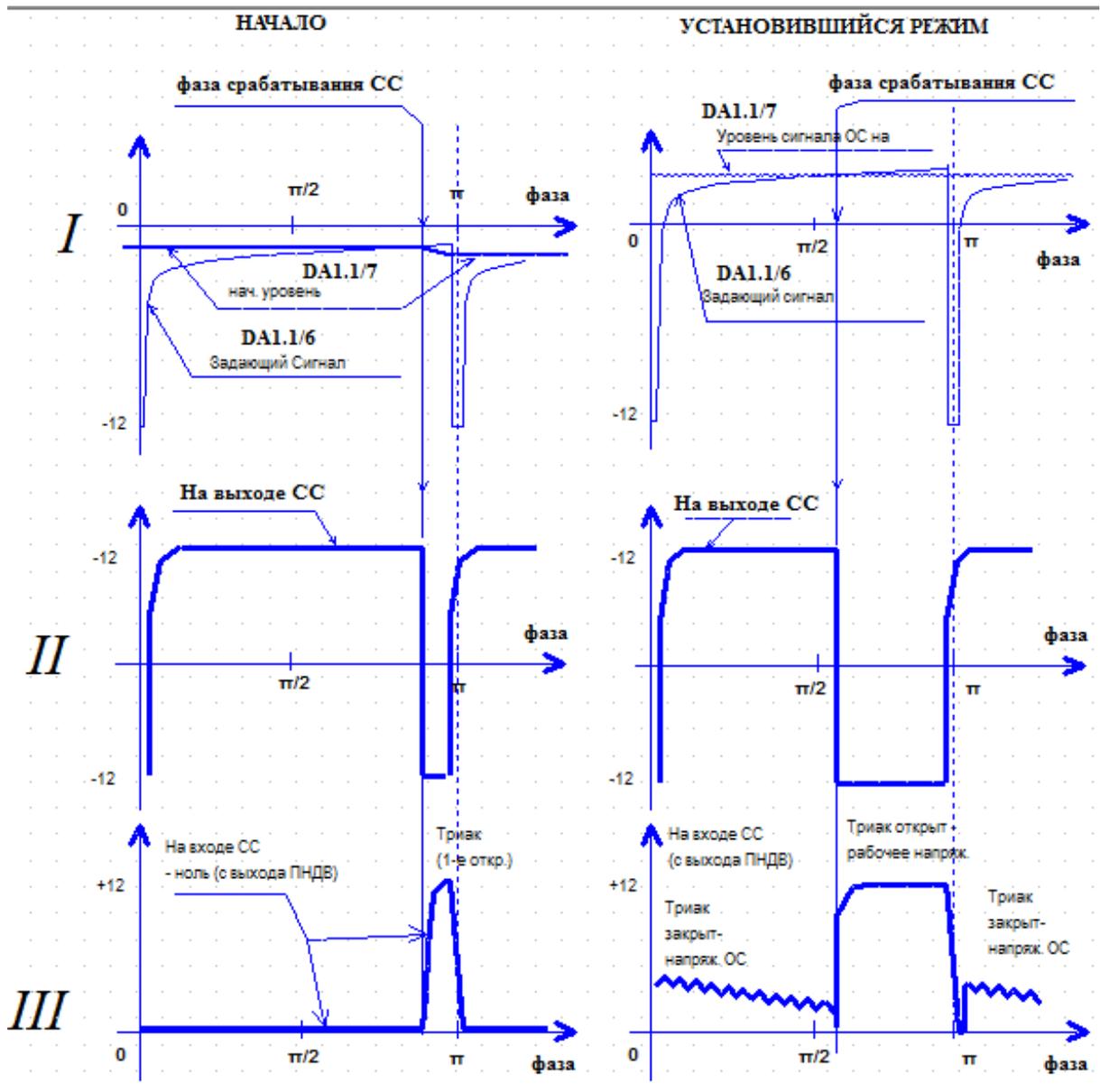
Очевидно, что вал двигателя при прохождении первого короткого импульса (диаграмма I-а) не успеет начать вращение. Возможно, что при такой длительности импульса питания он и не будет вращаться, тогда не будет и сигнала ОС на DA1.1 /7.

В самом конце полупериода, при фазе, близкой к  $\pi$ , задающий сигнал с ФЗС на DA1.1 /6 резко меняется на «минус 12V». На выходе СС восстанавливается «плюс 12V» (диаграмма II-а) и конденсатор С8 ФИТ перезаряжается через диод VD11 (триак закрывается еще раньше, что связано с прямым падением напряжения на диодах силового моста, которое имеет пороговый характер).

Схема имеет внутреннюю *положительную* обратную связь. При открытом выходном транзисторе DA1.1, «минус 12V» поступает через VD12 на анод диода VD10 и запирает его, что препятствует прохождению части тока от R18 через VD10, R16. Поэтому отрицательный потенциал на неинвертирующем входе DA1.1 /7 достигнет тем большей величины, чем раньше транзистор открылся, следовательно, в следующем полупериоде, срабатывание произойдет еще раньше по фазе. Поэтому, если не будет сигнала скорости, напряжение на двигателе будет нарастать резко.

При дальнейшем уменьшении сопротивления ФР, задающий сигнал на DA1.1 /6 достигнет уровня напряжения на DA1.1 /7 при меньшей фазе питающего напряжения и эффективное напряжение на двигателе увеличится, двигатель начнет вращение.

С момента закрывания триака в конце полупериода и до следующего срабатывания СС, якорь двигателя проворачивается по инерции, выдавая напряжение генерации, пропорциональное достигнутой в данный момент скорости (напряжение ОС), которое поступает на клеммы двигателя, преобразуется ПНДВ и проходит на вход DA1.1 /7. Поскольку задающий сигнал на инвертирующем входе DA1.1 /6 к этому моменту изменился на «минус 12V», выходной транзистор компаратора DA1.1 закрыт. Поэтому напряжение ОС накапливается на конденсаторе С7. В следующий полупериод сетевого напряжения, СС работает уже при большем значении фазы сетевого напряжения – и триак откроется позже – таким образом, действует отрицательная обратная связь по скорости. Работу схемы при установившемся режиме средней скорости двигателя иллюстрируют диаграммы I, II, III (б)



а) При большом сопротивлении ФР – первое срабатывание СС

б) При средней скорости вращения двигателя в установившемся режиме

Если ротор вращается на холостом ходу, то из-за задержки разряда Сб, срабатывание может происходить не в каждый полупериод, что приводит к ощутимым на слух толчкам при вращении двигателя без нагрузки на валу.

При изменении скорости вращения двигателя, уровень сигнала на DA1.1 /7 меняется. Чем больше скорость, тем больше его уровень и наоборот. Если двигатель застыл – этот сигнал резко уменьшится – в следующий полупериод срабатывание СС произойдет при малом значении фазы – эффективное напряжение на двигателе возрастет.

*Чем выше верхние участки кривой задающего сигнала, тем большая чувствительность к изменению уровня сигнала скорости – большая жесткость обратной связи (диаграмма 2-б).*

С другой стороны, если больше приоткрыть кулису ОПЗ – сопротивление ФР уменьшится и кривая задающего сигнала пойдет круче вверх – фаза, при которой она достигнет уровня сигнала скорости, уменьшится – срабатывание СС произойдет раньше по фазе – напряжение на двигателе возрастет, скорость его увеличится (диаграмма 2-б). Но возрастет и уровень сигнала скорости – установится равновесие в другой точке, при большем уровне сигнала скорости.

Два компаратора схемы сравнения работают синхронно, но с разделением функций: DA1.1 – отсекает «импульсы открытого триака», а DA1.2 подает сигнал на ФИТ. Это обеспечивает более мощный импульс управления, чем было бы при совмещении функций в одной ячейке.

Причина нестандартного соединения ячеек компаратора в схеме сравнения, выбранная разработчиком, до конца не ясна. В свое время проверялись другие способы включения (например, как в *справочном приложении А*), но при серийном производстве что-либо изменить можно только при крайней необходимости, а ее (необходимости) не было.

#### 2.2.10 Формирователь импульсов тока управления триаком (ФИТ)

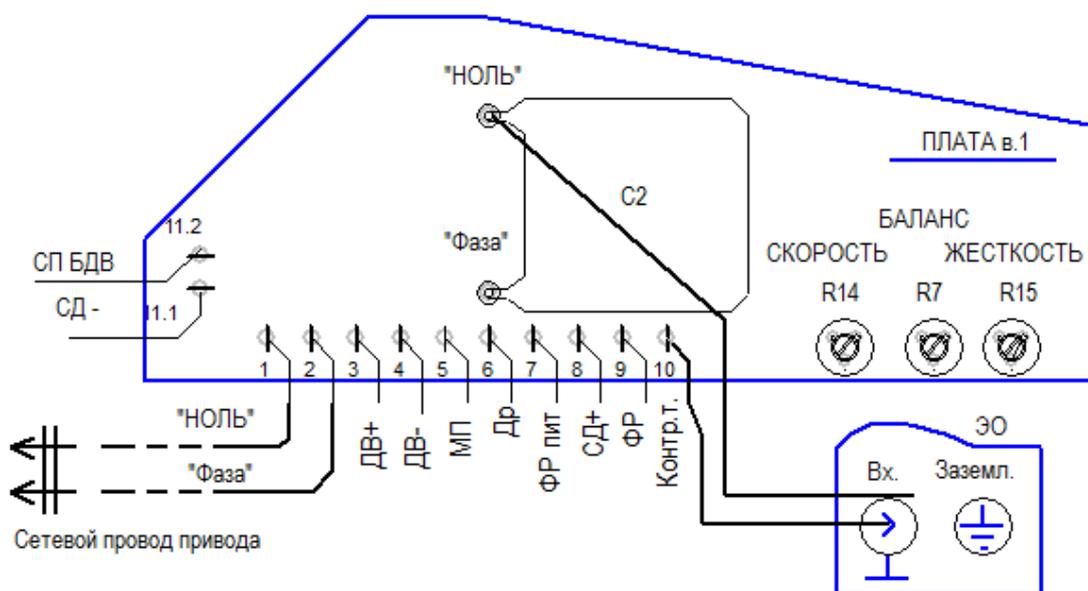
ФИТ выполнен на транзисторе VT1 р-n-p проводимости, включенного по схеме эмитерного повторителя, с конденсатором С8 в цепи базы.

Принцип его работы очевиден. Отрицательный импульс управляющего тока получается очень коротким – всего около 3мкс на уровне 75 мА.

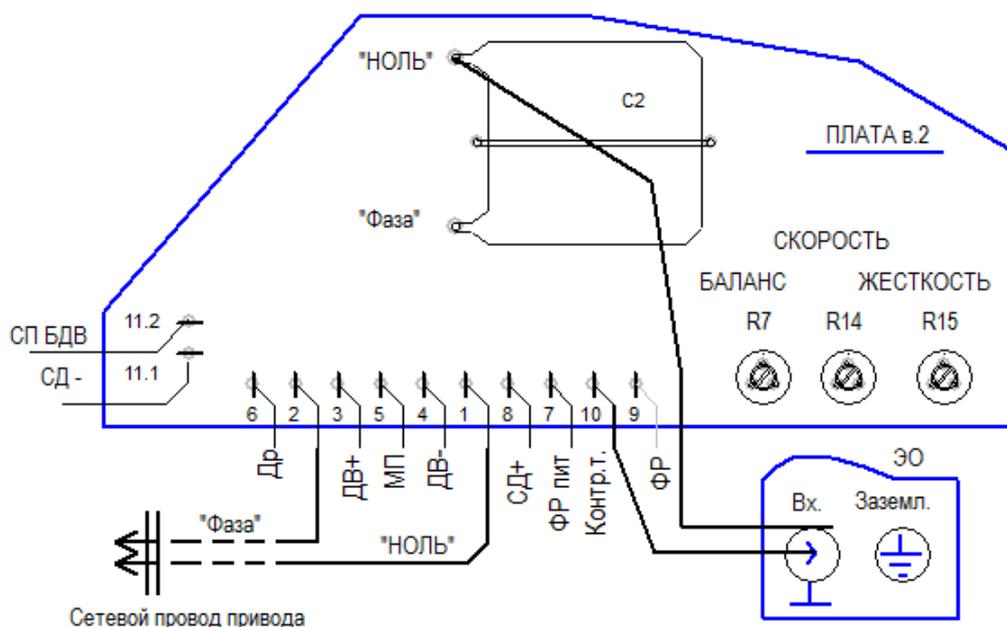
### 3 Методика регулировки.

3.1 Привод требует достаточно тщательной регулировки. В процессе эксплуатации заводские настройки сами сбиться не могут, но после ремонта, связанного с электронной частью, регулировка, как правило, необходима.

3.2 При регулировке и при поиске неисправностей, в целях безопасности, как электронной схемы, так и мастера, производящего работу, желательно подключать привод в сеть, соблюдая «фазность», как показано на рисунке 5. Для этого сначала с помощью индикатора и омметра определяется гнездо «фаза» сетевой розетки и штырь «фаза» (условная) вилки привода, то есть тот штырь, что соединен с контактом 1 платы.



а) Плата вар.1 – двусторонняя металлизация



в) Плата вар.2 – односторонняя металлизация

Рисунок 5- Схема включения при регулировке

### 3.3 Методика и последовательность регулировки.

В условиях мастерской, не имеющей специального пультового оборудования, достаточно хорошие результаты дает регулировка по следующей методике

#### а) Балансировка Преобразователя напряжения двигателя

1) Подключить электронный осциллограф к контакту 10 платы (контрольная точка) относительно цепи «ноль». Можно использовать соответствующий вывод сетевого конденсатора С2.

2) Включить вилку сетевого провода привода в сеть 230V 50Hz, соблюдая «фазность»

(3.2).

Если привод исправен, сигнал на экране ЭО должен представлять собой синусоиду с малой амплитудой или, если привод не отрегулирован – синусоиду «обрезанными верхушками» на уровне 12В.

3) *Не нажимая на коромысло ОПЗ*, поворачивать винт СП R7 «БАЛАНС» и наблюдать, как в каком-то положении сигнал проходит через ноль и меняет фазу на противоположную. Добиться минимально возможной амплитуды сигнала.

Примечание – в крайнем случае, можно использовать милливольтметр переменного напряжения.

Поле окончания балансировки отсоединить ЭО от привода – в дальнейшем приборы не требуются.

#### б) Установка «жесткости» обратной связи

1) *Нажать на коромысло ОПЗ до срабатывания МП, но не глубже.*

Если привод исправен, вал двигателя может оставаться неподвижным или начать вращение с малой скоростью.

2) Поворачивая винт СП R15 «ЖЕСТКОСТЬ», найти положение «на грани начала вращения» – когда появляется звук двигателя. Потом чуть «сдать назад», чтобы звук прекратился. Такое положение будет соответствовать достаточно большой жесткости обратной связи. При этом, чем больше «сдать назад», тем меньшей будет жесткость.

#### в) Установка максимальной скорости

1) *Нажать на коромысло ОПЗ до упора.*

Если ОПЗ исправен (сопротивление ФР изменилось от максимума до минимума), то вал двигателя будет вращаться.

2) С помощью СП на блоке двигателя установить максимальную скорость (при минимальном сопротивлении СП).

3) Вращая винт СП R14 платы, установить желаемую максимальную скорость вращения двигателя.

4) Проверить, как будет уменьшаться скорость при ограничении с помощью СП БДВ

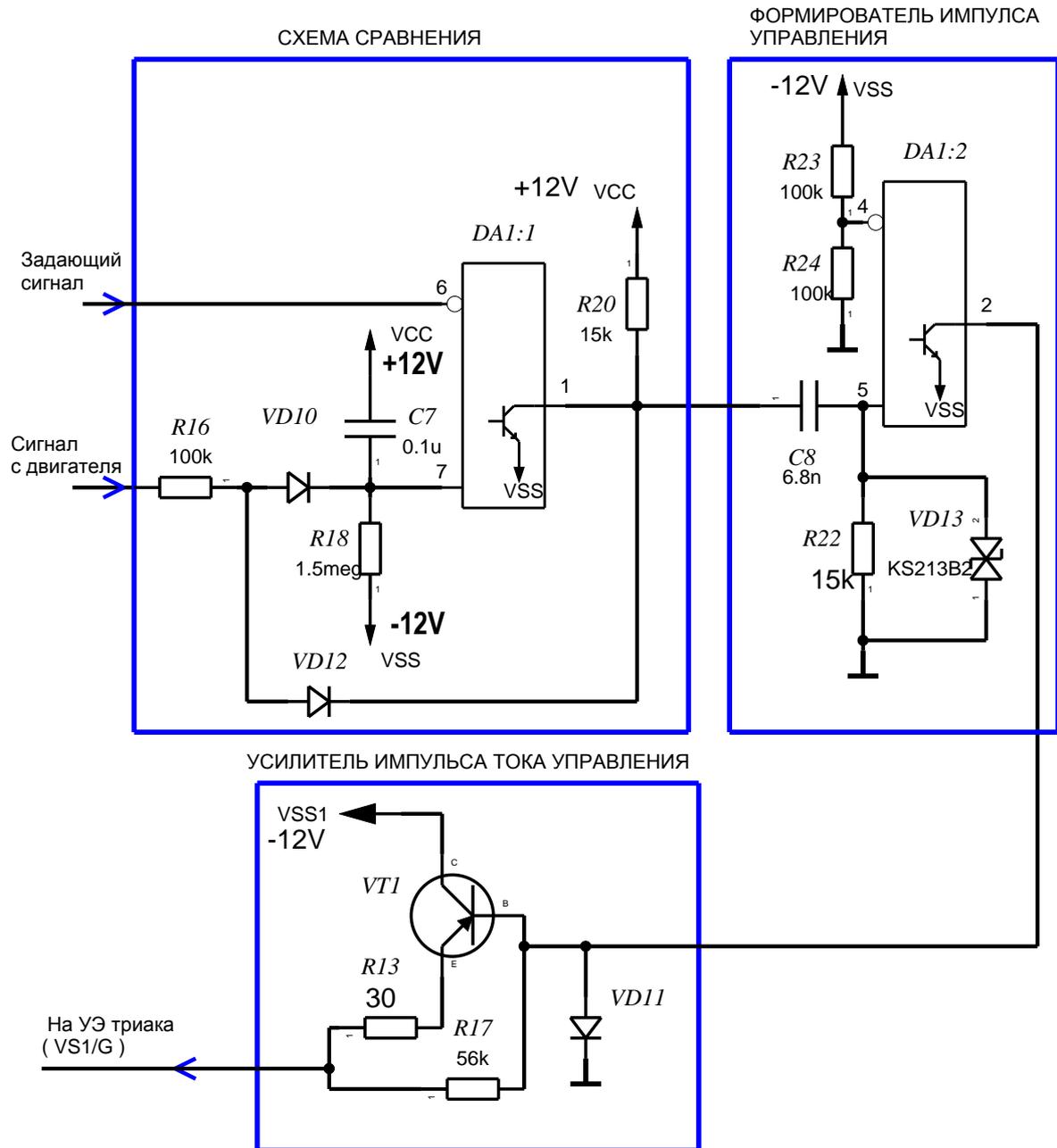
Примечания:

– Максимальную скорость желательно проверить в составе швейной машинки

– Чем больше выставить жесткость, тем меньше получится максимально возможная скорость, тем больше будет эффект «толчков» при вращении без нагрузки, но тем лучше будет стабилизация скорости при изменяющейся нагрузке на валу.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Вариант построения схемы сравнения и формирователя импульса тока управления



В данной схеме формирование управляющего импульса производит ячейка компаратора DA1.2. Эмитерный повторитель только усиливает его по току. Потребовалось ДВА дополнительных резистора, стабилитрон VD13 необходим для ограничения отрицательного импульса на входе DA1.2/5 (чтобы не было ниже Vss). Можно использовать обычный полярный стабилитрон на 12V, ограничивать необходимо только отрицательный импульс.

Обеспечивается импульс тока управления почти прямоугольной формы длительностью около 70мкс на уровне 200 мА. Еще большее увеличение длительности импульса тока управления приводит к снижению напряжения питания Vss (перекоосу питания) и увеличению его пульсаций, что нежелательно. Хотя, здесь можно варьировать длительностью (R15) и амплитудой импульса (R13), чтобы подобрать оптимальный режим для триака.

Не исключено, что триак будет устойчиво работать непосредственно от выхода компаратора DA1.2 через резистор R13 30 Ом с участием диода VD11( без транзистора), но это не проверялось. Импульс тока в 200 мА вряд ли будет обеспечен.