



## 1.22. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПЭВМ

Источники электропитания ПЭВМ отечественного и зарубежного производства конструируют обычно с учетом взаимозаменяемости, поэтому разработчики стремятся унифицировать их габаритно-установочные размеры и параметры. Однако их удельные показатели по выходной мощности на единицу объема могут различаться почти в 2 раза. Такое различие обычно вызвано условиями эксплуатации (уровнями механических и климатических воздействий) и наличием сервисных функций.

При оценке и выборе ИЭП учитываются различные критерии: способ преобразования напряжения (импульсный или непрерывный); установочные конфигурации; наличие специальных индикаторов; наличие помехоподавляющих фильтров; четырехпроводное включение нагрузки; защита от перегрузок и превышений напряжений; обнаружение сбоев входного напряжения; дистанционное выключение и др. Выполнение двух последних требований может привести к увеличению объема ИЭП примерно в 1,5 раза.

Род входного тока (постоянный или переменный) также влияет на удельные показатели ИЭП. При входном однофазном токе частоты 50 Гц фильтр имеет больший объем по сравнению с сетью трехфазного тока частоты 400 Гц. Переход с сети переменного тока напряжением 220 В на сеть постоянного тока напряжением 27 В позволяет использовать компоненты с меньшим рабочим напряжением и большим рабочим током. Размеры реактивных компонентов схемы в существенной степени определяются частотой преобразования: они снижаются с повышением частоты. В то же время повышение частоты приводит к усложнению схемных и конструктивных решений для обеспечения электромагнитной совместимости.

При выборе ИЭП оценивается также их стоимость. Необходимо учитывать, что на стоимость ИЭП решающее влияние оказывают условия эксплуатации. Для источников электропитания специального назначения надежность работы всегда была более важным критерием, чем стоимость. Удельный показатель по стоимости на единицу выходной мощности для ИЭП специального назначения составляет ориентировочно 15...25 долл./Вт из-за мелкосерийного



производства, дорогостоящих компонентов, тщательной всеобщей проверки и испытаний.

Плотная компоновка ИЭП приводит к повышению рабочей температуры, снижению допустимых воздействий, надежности и ремонтпригодности. Поэтому чрезмерно завышенный удельный показатель выходной мощности на единицу объема может являться признаком слишком плотной компоновки.

Рассмотрим построение и работу многоканального ИЭП электронно-вычислительной аппаратуры реального времени на базе шины VME.

Модуль электропитания должен иметь следующие сочетания выходных напряжений  $U_{\text{вых}}$  выходных токов  $I_{\text{вых}}$  каналов:

$$U_{\text{вых1}} = 5_{-0,125}^{+0,25} \text{ В} - I_{\text{вых1}} = 40 \text{ А};$$

$$U_{\text{вых2}} = 12_{-0,36}^{+0,6} \text{ В} - I_{\text{вых2}} = 5 \text{ А};$$

$$U_{\text{вых3}} = -12_{-0,36}^{+0,6} \text{ В} - I_{\text{вых3}} = 1,5 \text{ А}.$$

Пульсации (шумы) выходных напряжений не должны превышать 50 мВ. Значения токов каналов определяются мощностью, потребляемой панелями функциональной аппаратуры (один модуль обеспечивает электропитанием несколько панелей).

Выбор входного напряжения определен требованием бесперебойного электропитания вычислительной системы. Это требование удовлетворяется традиционно при помощи накопителя – аккумуляторной батареи, работающей в буферном режиме с источником электроэнергии постоянного тока. Учитывая, что наиболее распространенными в составе подвижных носителей являются аккумуляторы с напряжением 27 В, указанный номинал принят для входного напряжения модуля. Следует отметить, что к напряжению 27 В постоянного тока могут быть приведены все стандартизованные сети, применяемые для электроснабжения ЭА, в том числе аппаратуры связи. Поскольку выходные напряжения не превышают 12 В, то изоляция входных и выходных цепей рассчитывается на воздействие потенциала не выше 30 В.

Низкие рабочие напряжения позволяют применить стандартный электрический соединитель, например серии DIN, используемый в магистрали VME (номинальное напряжение между контак-

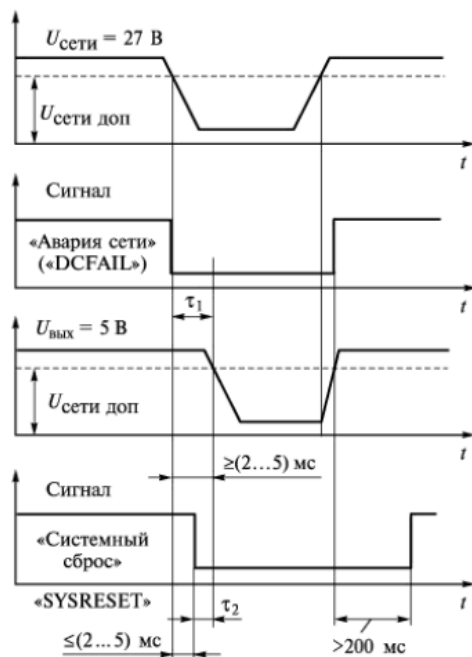


тами до 100 В, сопротивление контактов при номинальном токе не более 50 МОм, сопротивление изоляции между контактами не менее 100 МОм).

Входное напряжение 27 В подается от сети постоянного тока, которая может получать электроэнергию от одной или двух САЭС. Выбор схемы электроснабжения определяется временной диаграммой формирования сигналов интерфейса электропитания при аварии входной сети (рис. 1.22.1). Снижение напряжения сети  $U_{\text{сети}}$  ниже допустимого уровня  $U_{\text{сети доп}}$  должно вызвать появление сигнала «Авария сети» и сигнала «Системный сброс». Значения этих сигналов в течение промежутков времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$  не должны превышать 0,6 В при токе 48 мА. В течение этого же времени выходное напряжение должно поддерживаться на уровне не менее  $U_{\text{вых. доп}}$ .

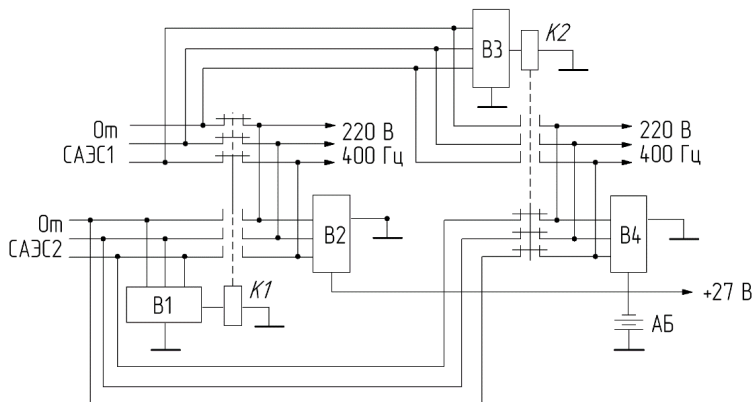
Поддержание выходного напряжения в течение длительного времени наиболее надежно обеспечивается при электроснабжении от двух генераторов трехфазного тока частоты 400 Гц. На рис. 1.22.2 приведена функциональная схема обеспечения электроэнергией источника электропитания от двух системы автономного электроснабжения САЭС1 и САЭС2, выходы выпрямителей В2 и ВА которых соединены параллельно. Если исправны оба источника электроэнергии, то на вход системы электропитания напряжение подается от обоих выпрямителей В2 и В4. При выходе из строя одного из источников электроэнергии обеспечивается работа от оставшегося исправным.

Для компенсации кратковременных провалов в сети постоянного тока и поддержания напряжения в течение заданного времени при отказе обеих САЭС используется накопитель электроэнергии – аккумуляторная батарея АБ, работающая с выпрямителями В2 и ВА в буферном режиме. В подвижных электронных средствах в качестве такого накопителя обычно используется аккумуляторная батарея самоходного шасси или аппаратного отсека.

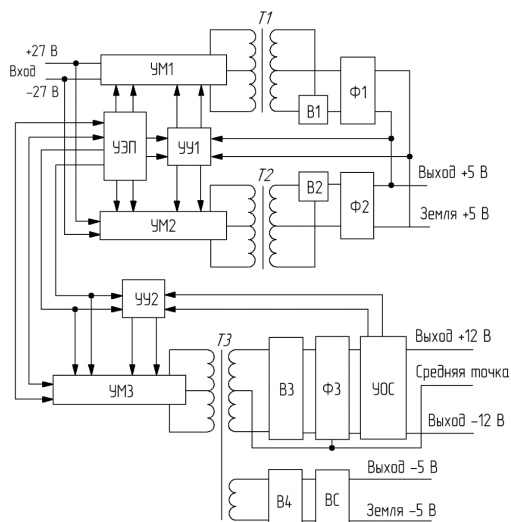


**Рис. 1.22.1.** Диаграммы формирования сигналов аварии сети и системного сброса для функционирования шины VME

Структурная схема источника электропитания приведена на рис. 1.22.3. Во входной сети ИЭП устанавливаются фильтры радиопомех (ФРП), которые не входят в состав модуля и размещаются в блочном каркасе. В качестве ФРП могут быть применены фильтры Б23Б-1-2,2 мкФ $_{-10}^{+100}$  % -7вар -50В-25А-В (по одному в положительной и отрицательной цепях).



**Рис. 1.22.2.** Функциональная схема электроснабжения ИЭП от двух систем автономного электроснабжения: В2 и В4 – выпрямители; АБ – аккумуляторная батарея

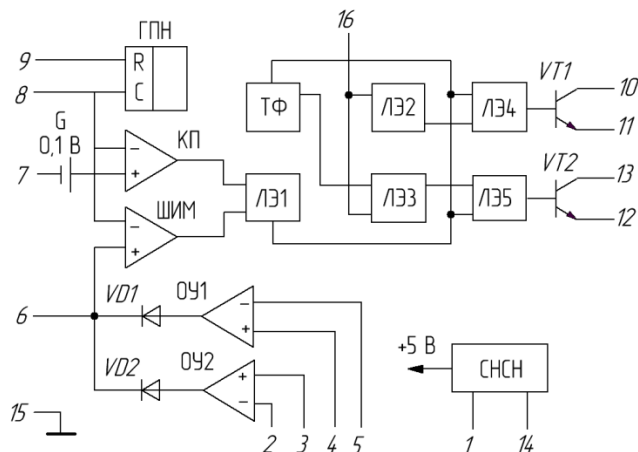


**Рис. 1.22.3.** Структурная схема ИЭП: УМ – усилитель мощности; УЭП – устройство электропитания; УУ – устройство управления; В – выпрямитель; ВС – выходной стабилизатор напряжения; Ф – фильтр; Т – трансформатор; УОС – устройство обратной связи



В усилителях мощности УМ в качестве ключевых компонентов применены транзисторы типа 2Т866, закрепленные на радиаторе. Устройства управления УУ построены на базе интегральных микросхем типа 1114ЕУЗ, двухтактные сигналы которой управляют транзисторами через диодные оптопары.

Схема устройства управления каналами с выходными напряжениями +12 и -12 В. Структурная схема интегральной микросхемы типа 1114ЕУЗ приведена на рис. 1.22.4. В состав микросхемы входят: генератор пилообразного напряжения ГПН, компаратор паузы КП, операционные усилители ОУ1 и ОУ2, логические элементы ЛЭ1 – ЛЭ5, триггер-фазорасщепитель ТФ, транзисторы VT1 и VT2, диоды VD1 и VD2, стабилизатор напряжения непрерывного действия ВС.

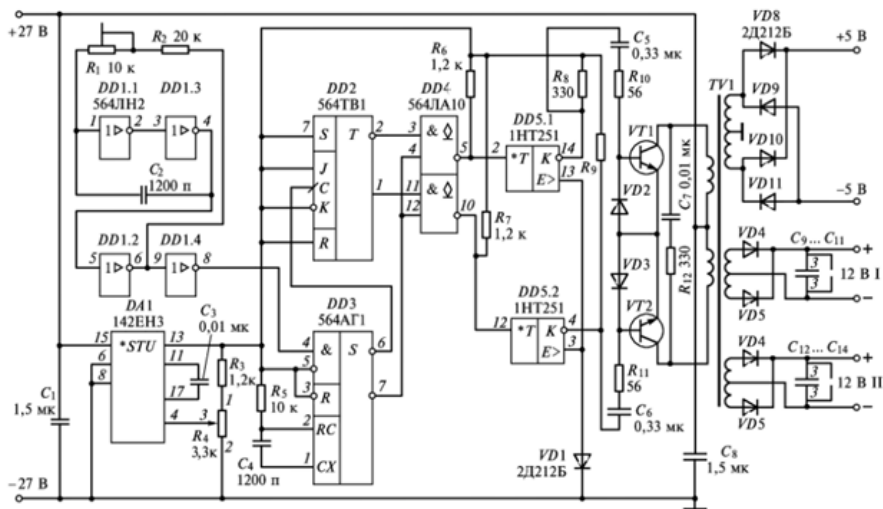


**Рис. 1.22.4.** Структурная схема интегральной микросхемы 1114ЕУЗ: ГПН – генератор пилообразного напряжения; КП – компаратор паузы; ОУ – операционный усилитель; ЛЭ – логический элемент; ТФ – триггер-фазорасщепитель; СНСН – стабилизатор напряжения непрерывного действия

Рабочая частота переключения ИМС задается с помощью внешних резисторов и конденсатора. Сопротивление резисторов выбирается в диапазоне 3...100 кОм, емкость конденсатора – в диапазоне 510 пФ...0,22 мкФ.

Частота генератора пилообразного напряжения определяется по выражению:

$$f_{ГПН} = \frac{1}{(0,6 \dots 0,8)(R_{13} + R_{14})C_9}$$



**Рис. 1.22.5.** Схема УЭП

Подключение нагрузки допускается в цепь коллектора или эмиттера выходных транзисторов ИМС. При включении нагрузки в цепь эмиттера остаточное напряжение не превышает 3 В при выходных токах до 200 мА. Мгновенное значение рассеиваемой мощности каждого выходного транзистора в процессе переключения не должно превышать 1,0 Вт.

Суммарная емкость радиокомпонентов и монтажа, подключенных к выходным транзисторам ИМС, не должна превышать 510 пФ. Тепловое сопротивление переход-корпус микросхемы 50 °С/Вт.

Схема устройства электропитания (УЭП), обеспечивающего работу ИЭП, приведенного на рис. 1.22.2, представлена на рис. 1.22.5. Устройство электропитания обеспечивает: напряжениями 5 В устройства управления с предварительными усилителями всех каналов, напряжением 12 В I устройство управления каналов 5 В, напряжением 12 В II устройство управления каналов +12 и -12 В.

Подаваемое на вход напряжение 27 В системы электроснабжения фильтруется конденсаторами  $C_1$  и  $C_8$ .

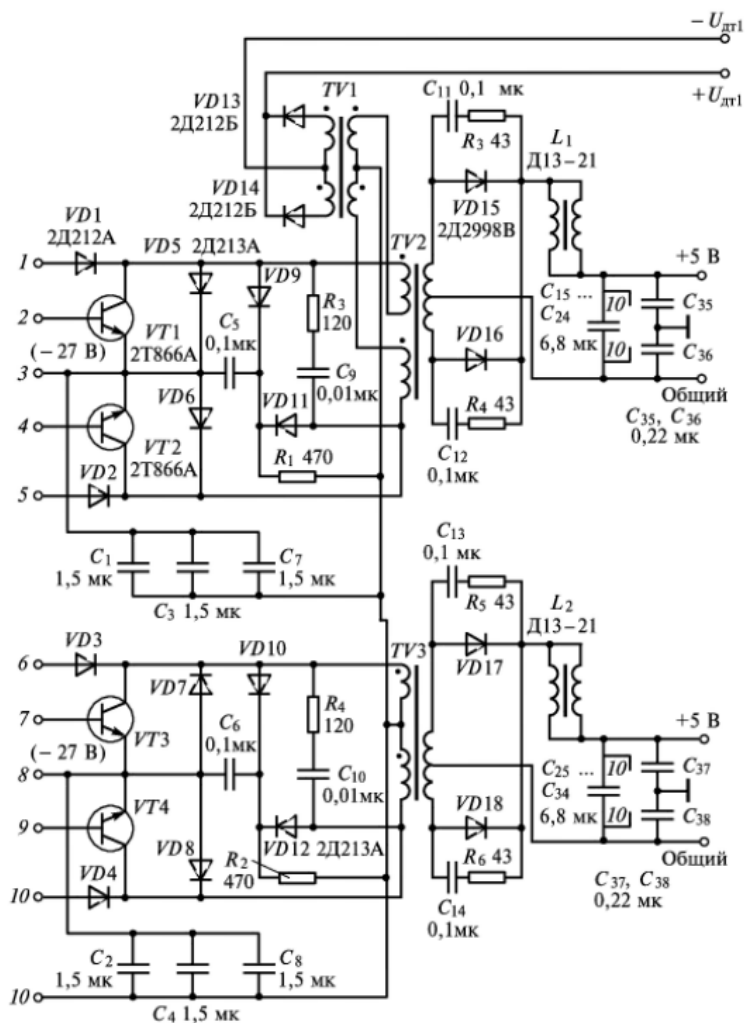


Рис. 1.22.6. Схема силовых цепей двух каналов +5 В

Напряжение с выхода интегрального стабилизатора  $DA1$  поступает на схему управления двухтактным инвертором с выходными транзисторами  $VT1$  и  $VT2$ . Входное напряжение +27 В подается





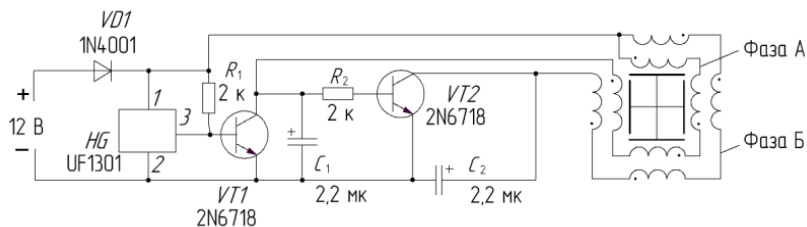
также на среднюю точку первичной обмотки трансформатора  $TV1$ , со вторичных обмоток которого выдаются напряжения 5 и 12 В.

На рис. 1.22.6 изображена схема силовых цепей двух каналов с выходными напряжениями +5 В, управляемых устройством, схема управления приведена на рис. 1.22.5. По условиям компоновки выбраны силовые транзисторы типа 2Т866А ( $VT1 - VT4$ ). В разрыв первичной обмотки трансформатора  $TV2$  включен датчик тока, состоящий из трансформатора  $TV1$  и диодов  $VD13$  и  $VD14$ . Выходное напряжение датчика тока  $U_{дт}$  поступает на вход устройства управления, благодаря чему осуществляется защита нагрузки при превышении выходным током заданного значения. В выходных выпрямителях применены диоды Шоттки, параллельно которым включены защитные  $RC$ -цепи.

В состав ИЭП ПЭВМ входит вентилятор для принудительного охлаждения самого источника и системного блока. Вентилятор выполняется на базе бесколлекторного вентильного двигателя постоянного тока с внешним ротором. Коллекторный двигатель постоянного тока в составе ПЭВМ не применяется, так как его щеточный узел является источником электромагнитных помех и требует проведения регламентных работ в связи с износом щеток.

В большинстве схем ИЭП выбирается входное напряжение двигателя +12 В, в некоторых случаях электропитание на двигатель подается от шины -12 В. Ток, потребляемый вентилятором, равен примерно 0,12 А.

В бесколлекторном двигателе на роторе размещены постоянные магниты, создающие поток возбуждения, а на статоре располагаются обмотки. Для обеспечения угла сдвига  $90^\circ$  между потоком возбуждения магнитов и намагничивающей силой обмоток переключение обмоток статора осуществляется в определенные моменты и с заданной последовательностью. Положение ротора определяется при помощи датчика Холла, который управляет работой электронных ключей.

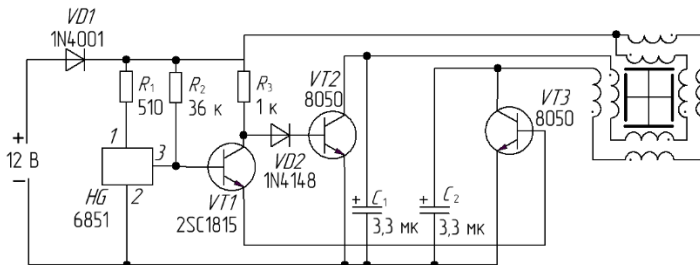


**Рис. 1.22.7.** Схема управления вентильным двигателем типа SU8025-M

На рис. 1.22.7 приведена схема управления вентиляторным двигателем типа SU8025-M. Датчик Холла *HG* управляет транзисторами *VT1* и *VT2*, которые работают в ключевом режиме и находятся в противоположных состояниях. В связи с этим ток проходит через обе фазы обмотки статора поочередно. Обмотка статора состоит из четырех катушек. В зависимости от положения ротора с вывода 3 датчика Холла *HG* поступает управляющий сигнал низкого или высокого уровня. При сигнале высокого уровня транзистор *VT1* открыт, а *VT2* закрыт и через обмотки фазы А протекает ток возбуждения. При повороте ротора вектор магнитной индукции поля ротора также поворачивается, изменяя свое направление, и с вывода 3 датчика *HG* подается сигнал низкого уровня, которым закрывается транзистор *VT1* и открывается *VT2*. В результате ток возбуждения будет проходить через обмотки фазы Б. Вращение ротора продолжается после переключения транзисторов в том же направлении.

Прохождение импульсных токов через обмотки вызывает превышения напряжения, определяемые индуктивностями этих обмоток, при запираии транзисторов. Для снижения уровня этих превышений параллельно переходам коллектор-эмиттер транзисторов включаются конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$ . Проникновению выбросов напряжения в сеть электропитания двигателя +12 В препятствует диод *VD1*.

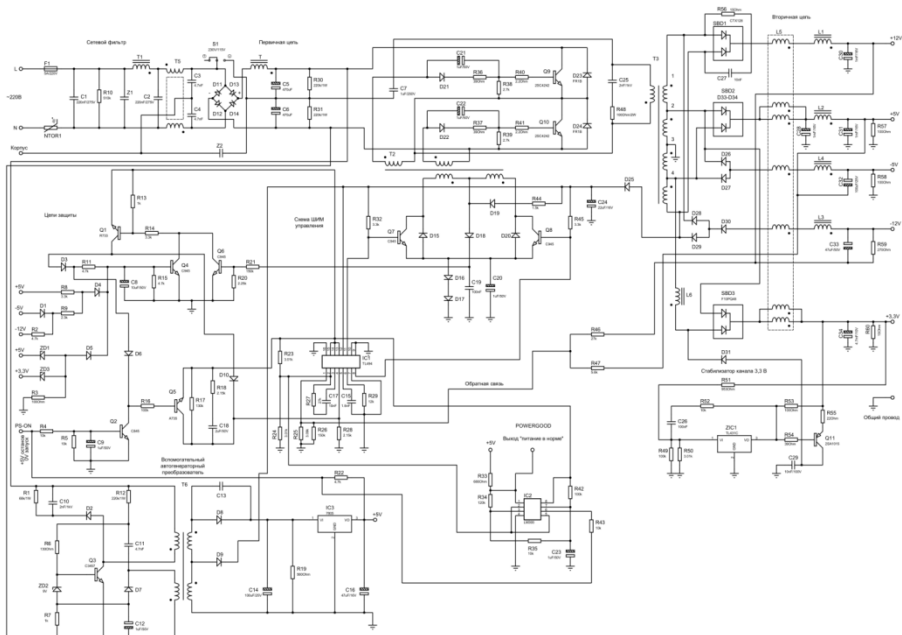
На рис. 1.22.8 представлена схема управления вентиляторным двигателем типа MD1208PTS1, в которой управление коммутирующими транзисторами *VT2* и *VT3* осуществляется через транзистор *VT1*. Последний работает в ключевом режиме и поочередно коммутирует транзисторы *VT2* и *VT3*.



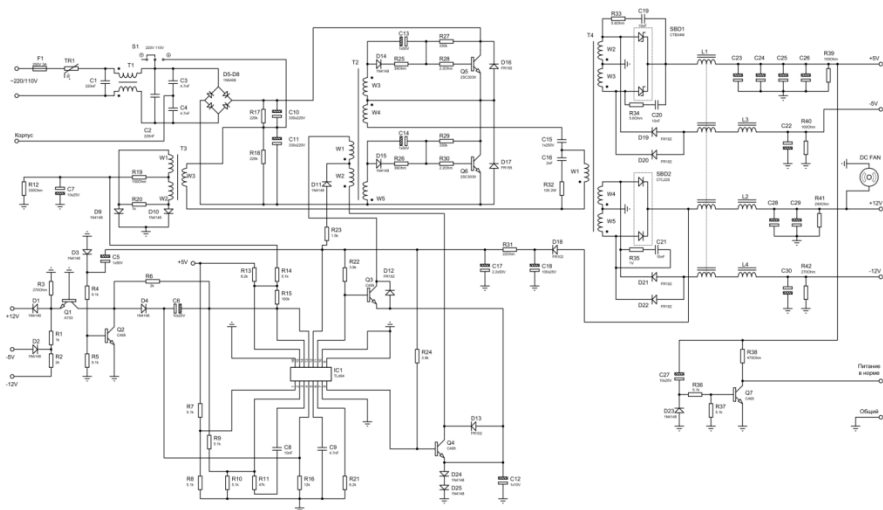
**Рис. 1.22.8.** Схема управления вентильным двигателем типа MD1208PTS1

Обмотки статора двигателя имеют малое омическое сопротивление, поэтому выход из строя коммутирующих транзисторов может привести к их перегоранию. Для ограничения тока через обмотки статора в аварийном режиме в цепь электропитания включается токоограничивающий резистор, сопротивление которого выбирается равным 10...11 Ом.

Примеры полных схем блоков питания ПК построенных на базе универсальных контроллеров TL494 приведены на рис.1.22.9 и рис.1.22.10.



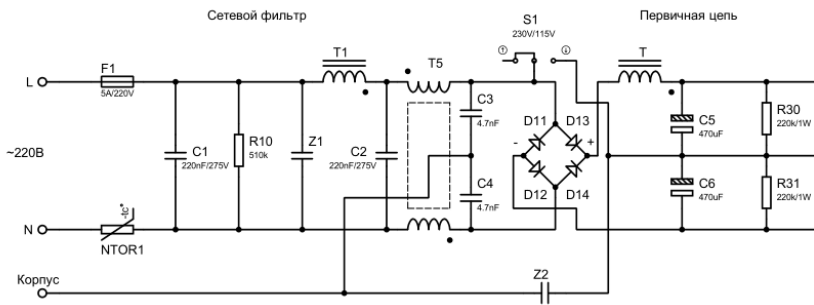
**Рис. 1.22.9.** Блок питания ПК на базе контроллера TL494.С формированием сигнал «питание в норме» PWGс помощьюLM393



**Рис. 1.22.10.** Блок питания ПК на базе контроллера TL494без напряжения 3.3В



Важную роль в повышении надежности и времени безаварийной работы ИЭП ПК при их эксплуатации в сетях с нестабильным напряжением, играют входные фильтры. На рис. 1.22.11 приведен пример входной цепи БП.



**Рис. 1.22.11.** Входной фильтр электромагнитных помех блока питания ПК

Фильтр на входе БП служит для подавления двух типов электромагнитных помех: дифференциальных – когда ток помехи течет в разные стороны в линиях питания, и синфазных – когда ток течет в одном направлении. Дифференциальные помехи подавляются конденсатором С1 (пленочный конденсатор, включенным параллельно нагрузке, дросселем Т1 и конденсатором С2. Иногда на каждую линию питания устанавливают дроссель, выполняющий ту же функцию (нет на схеме).

Фильтр синфазных помех образован конденсаторами С3 и С4, в общей точке соединяющими линии питания с землей, и т.н. синфазным дросселем Т5, ток в двух обмотках которого течет в одном направлении, что создает сопротивление для синфазных помех. Для эффективной работы фильтра необходимо соединение линии корпус на землю.

Всегда устанавливается плавкий предохранитель для защиты от короткого замыкания (F1 на схеме). В случае превышения номинального тока перегорает и разрывает цепь питания. Во второй линии питания устанавливается терморезистор с отрицательным ТКС. Изготавливают их из оксидов различных металлов, керамики и даже кристаллов алмаза. В момент включения его сопротивление порядка нескольких Ом и ток на выпрямитель ограничен. В момент зарядки конденсаторов происходит скачок тока, но термистор не даёт ему подняться выше предела, зависящего от сопро-



тивления термистора. При протекании тока через термистор NTCR1 он начнет нагреваться и его сопротивление уменьшится почти до 1 Ом и в дальнейшем он не влияет на работу устройства. Несмотря на то, что в момент включения конденсаторы C5 и C6 полностью разряжены ток через диодный мост в момент включения не превышает допустимый предел.

Защита от кратковременных скачков (резкого нарастания) напряжения выполнена с помощью варистора Z1 (MOV – Metal Oxide Varistor). Сопротивление, которого при подаче номинального сетевого напряжения велико, и он не влияет на работу входных цепей. При превышении напряжения его сопротивление лавинообразно уменьшается, что приводит к выгоранию предохранителя F1. Тем самым предотвращает попадание высокого напряжения на выпрямитель БП. Варистор Z2 выполняет аналогичные функции при переходе на питание от сети с напряжением 115 В, что осуществляется с помощью переключателя S1. Резистор R10 служит для быстрого разряда конденсаторов фильтра при его выключении. Предотвращая поражение электрическим током неосторожного пользователя разбирающего блок питания сразу после выключения. Диодный мост D11-D14 служит для выпрямления переменного тока. Конденсаторы C5 и C6 сохраняют значительный заряд после отключения от питания. Чтобы человека не ударило током, параллельно емкостям устанавливают разряжающие резисторы R30 и R31 с сопротивлением порядка сотен кОм. Иногда с управляющей схемой, которая блокирует утечку заряда при штатной работе устройства.

При отсутствии фильтра будут проблемы не только со стабильной работой компьютера, но и техникой, включенной в бытовую сеть, импульсные БП являются источником высокочастотных помех. У импульсного БП коэффициент мощности довольно низкий – около 0,7. Для частного потребителя реактивная мощность не учитывается электросчетчиками, если только он не использует ИБП. На них ложится полная мощность нагрузки. В масштабе офиса или городской сети избыточная реактивная мощность, создаваемая импульсными БП, уже значительно снижает качество электропитания и вызывает расходы, поэтому с ней активно борются.

Последние годы компьютерные БП оснащаются схемами активной коррекции фактора мощности (КФМ). Блок с активным КФМ легко опознать по единственному крупному конденсатору и дросселю, установленным после выпрямителя. Активный КФМ



является импульсным преобразователем, который поддерживает на конденсаторе постоянный заряд напряжением около 400 В. При этом ток из питающей сети потребляется короткими импульсами, ширина которых подобрана таким образом, чтобы сигнал аппроксимировался синусоидой – что и требуется для имитации линейной нагрузки.