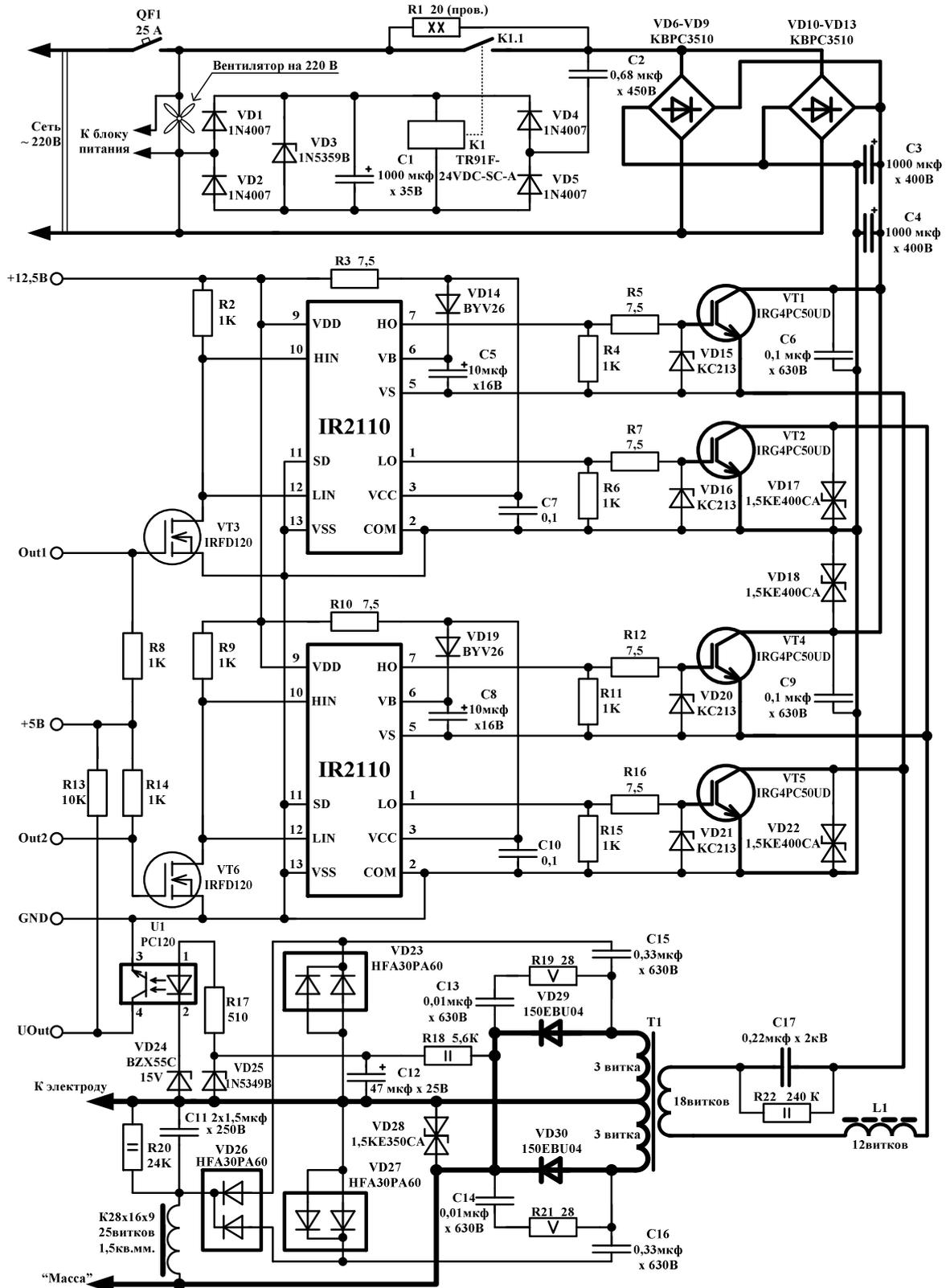


## Сварочный инвертор с микроконтроллерным блоком управления.

Речь пойдёт о полном резонансном мосте с частотным регулированием. Желающие получить подробную информацию о данном типе сварочных инверторов могут приобрести книгу у [Вадима Негуляева vadne1@ya.ru](mailto:vadne1@ya.ru)

### Силовая часть с драйверами.



**Резонансный мост** – это одна из разновидностей двухтактных преобразователей инверторного типа.

Во время первого такта открыты транзисторы (далее ключи) **VT1** и **VT2**, во время второго – **VT4** и **VT5**.

Такты отличаются полярностью подачи высокого напряжения (приблизительно **300В**) в резонансную цепочку, состоящую из конденсатора **C17**, сварочного трансформатора **T1** и дросселя **L1**.

Для безопасной работы ключей инвертора, между тактами необходима пауза (**DeadTime**).

В сварочном инверторе, частота преобразователя должна быть такой, чтобы ёмкость **C17**, индуктивность **L1**, + индуктивность нагруженного на дугу трансформатора, образовывали контур, в котором, на этой частоте, происходит **резонанс напряжений**.

При этом мощность в нагрузке максимальна.

При коротком замыкании в сварочной цепи, этот резонанс уходит, как бы ограничивая ток короткого замыкания.

Подстраивая частоту инвертора, можно добиться максимальной мощности в дуге.

С увеличением частоты, ток в контуре начинает ограничиваться реактивным сопротивлением дросселя **L1** и ток в дуге понижается.

Таким образом, один раз настроив резонансную частоту (читай, **частоту** при которой в контуре с трансформатором, **нагруженным на дугу**, в дуге **максимальная мощность**), можно изменять значение сварочного тока, увеличивая частоту инвертора относительно резонансной.

Это вкратце теория.

Прошу прощения у Вадима, если он увидит здесь плагиат.

При включении инвертора в сеть через пусковой резистор **R1** и спаренный выпрямитель **VD6-VD13**, заряжаются ёмкости **C3** и **C4**.

Как только ёмкости зарядятся до напряжения **200-250В**, включится реле **K1** и своими контактами зашунтирует резистор **R1**.

Ёмкости дозаряжаются до напряжения приблизительно **300 В**.

С этого момента, высоковольтная часть инвертора готова к работе.

В своём сварочном инверторе, для управления мощными **IGBT**-транзисторами, я применил специализированные драйверы фирмы **IR**.

Драйверы верхних ключей получают питание от **бустпретных** ёмкостей **C5** и **C8**.

Эти ёмкости периодически подпитываются через диоды **VD14** и **VD19** в моменты открытия нижних ключей.

Здесь **верхними** (условно) ключами называю те транзисторы, коллекторы которых соединены с **плюсом** силового питания **300 В**.

У **нижних** ключей, эмиттеры соединены с **минусом** силового питания **300 В**.

Для согласования **ТТЛ** уровней микроконтроллера с уровнями входов **LIN** и **HIN** драйверов (не менее **9 В**), служат элементы **R2, R9, VT3, VT6**.

Резисторы **R8** и **R14** обеспечивают неактивный режим драйверов во время “пусковой распутицы” микроконтроллера.

Удвоитель напряжения собран на элементах **VD23, VD26, VD27, C15, C16, C11** и служит для облегчения зажигания дуги.

Программой микроконтроллера непрерывно отслеживается состояние выхода сварочного инвертора.

При коротком замыкании на выходе, светодиод оптопары **U1** потушен и на входе **UOut** будет высокий логический уровень.

Для защиты от пробоя силовых элементов схемы неизбежными выбросами напряжения, служат так называемые **снабберы** и **сапрессоры** **VD17, VD18, VD22, VD28, C13, C14, R19, R21**, а также ограничитель “раскачки” **R20**.

Во время работы под нагрузкой, все силовые элементы инвертора (показаны утолщённой линией) нагреваются.

От того, как грамотно будет отведено тепло с этих элементов, будет зависеть надёжность аппарата и его долговечность.

Как показала практика, наиболее подвержены тепловой напастии **IGBT**-транзисторы.

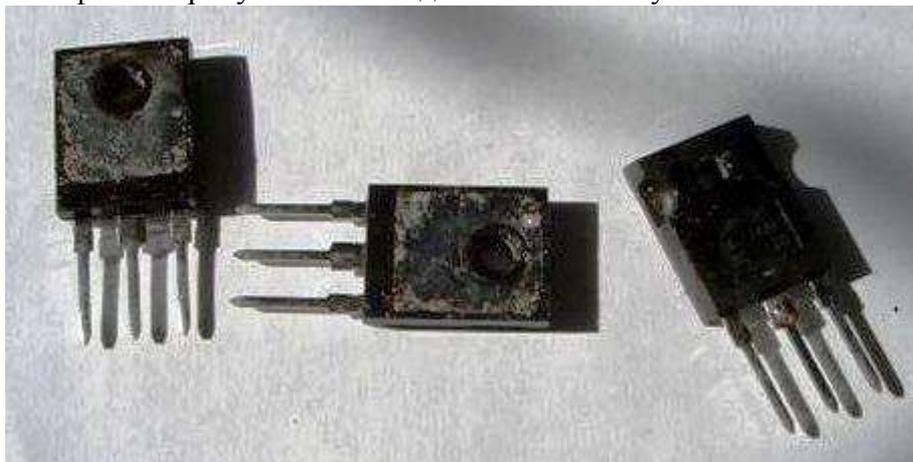
Теперь могу с полной уверенностью сказать, что никакая теплопроводная паста не спасёт эти ключики при отсутствии **плотного прилегания** их корпусов к радиатору толщиной не менее **6 мм**.

Транзисторы нужно привинтить к радиатору винтами **M4**, для чего заводское крепёжное отверстие нужно рассверлить.

А ещё лучше транзисторы предварительно **припаять** к массивной медной основе.

Я делаю это так.

Крепёжные отверстия, в транзисторах, рассверливаются до **4 мм** и припоем **ПОС60** с канифолью пролуживается подложка. Используется паяльник мощностью не менее **40 Вт**.



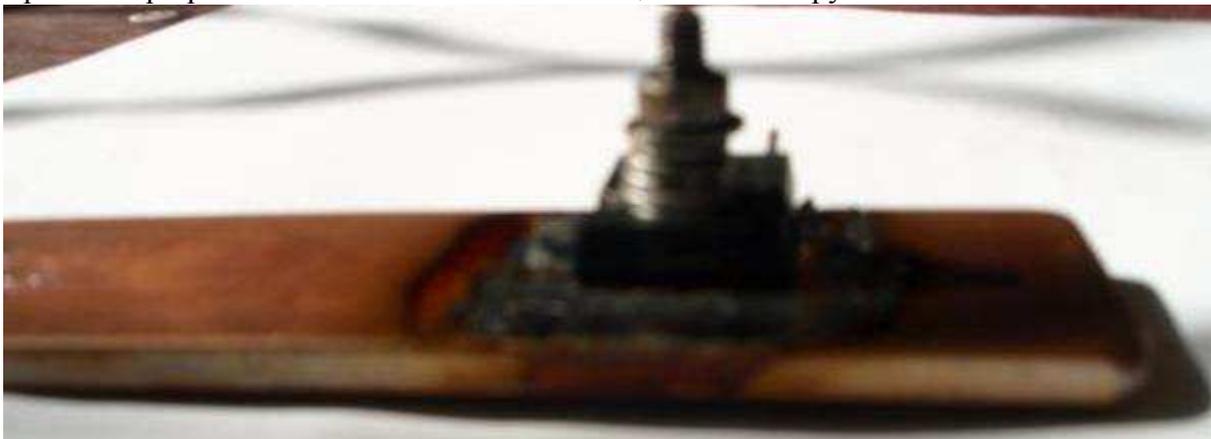
Затем, нужно изготовить вот такой винтик с резьбой **M4** и подобрать для него достаточно мощную пружину.



В заготовке медной пластины, сверлится отверстие диаметром **6мм** и пролуживается участок около этого отверстия.



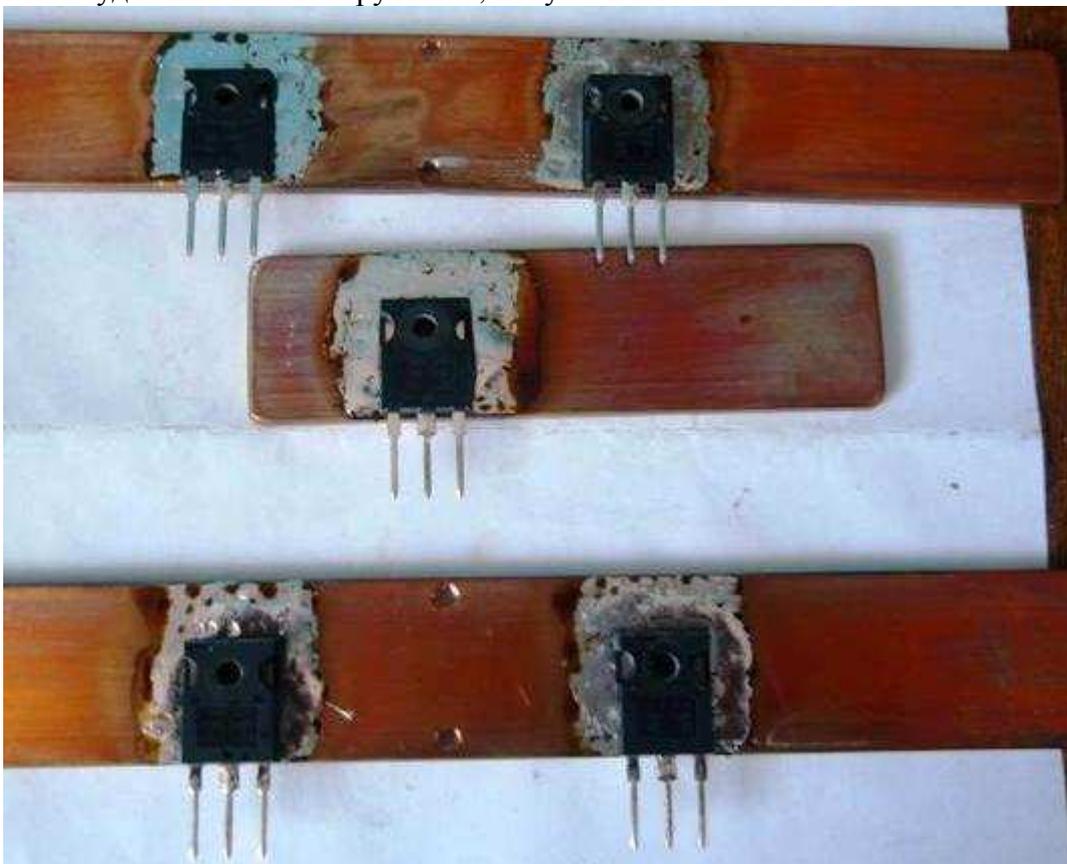
Транзистор привинчивается к заготовке “**спецвинтом**” с пружиной.



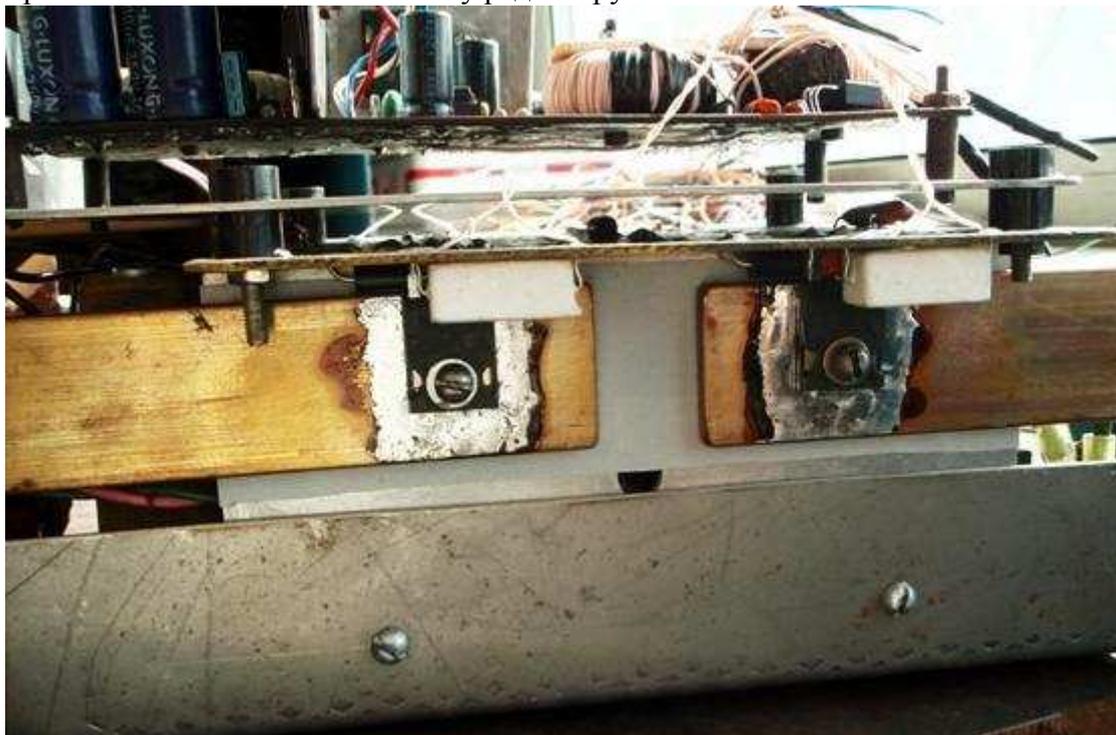
Затем, пластина, с установленным транзистором, помещается на разогретую электроплитку и горячим паяльником прогреваются участки меди вокруг транзистора.

Как только расплавится припой, заготовку можно снимать с плитки и подождать, когда остынет.

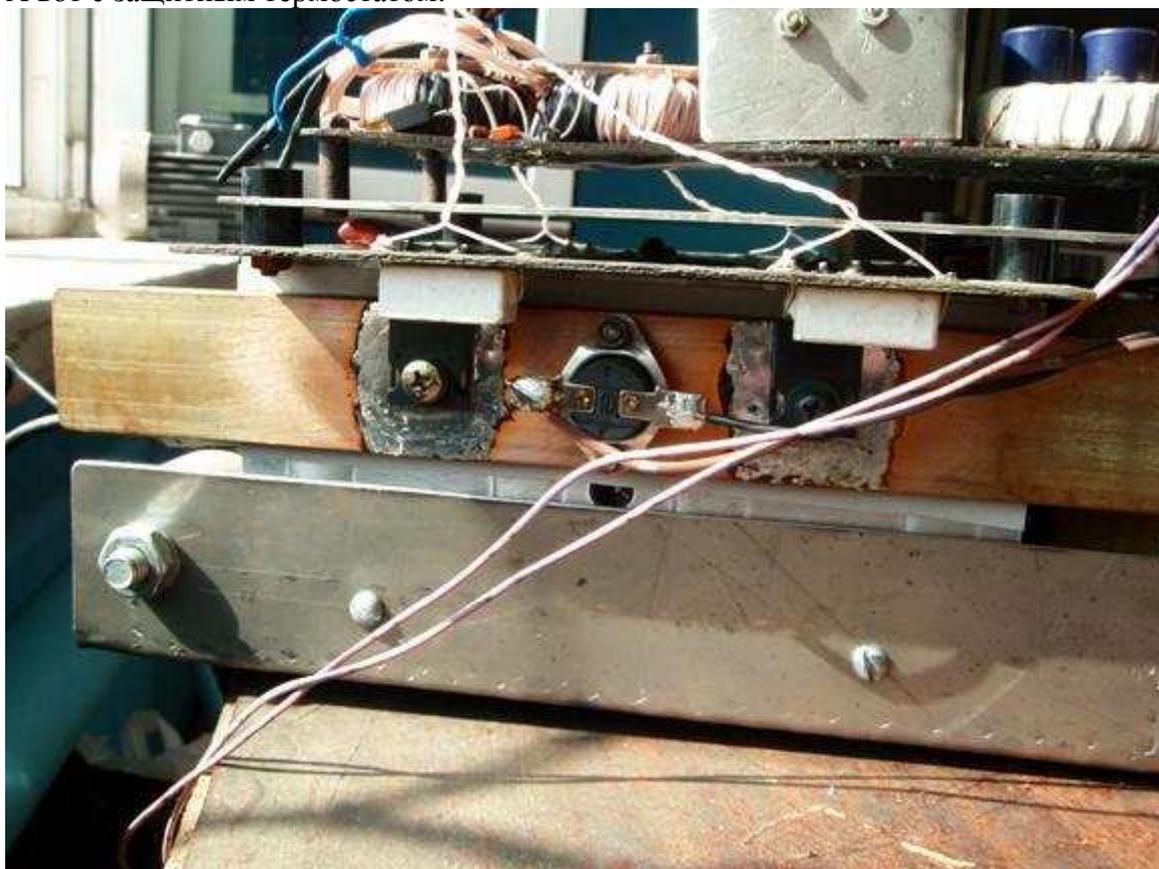
После удаления винта с пружиной, получается вот что:



Поверхности медных подложек шлифуются и через теплопроводную подложку привинчиваются к алюминиевому радиатору.

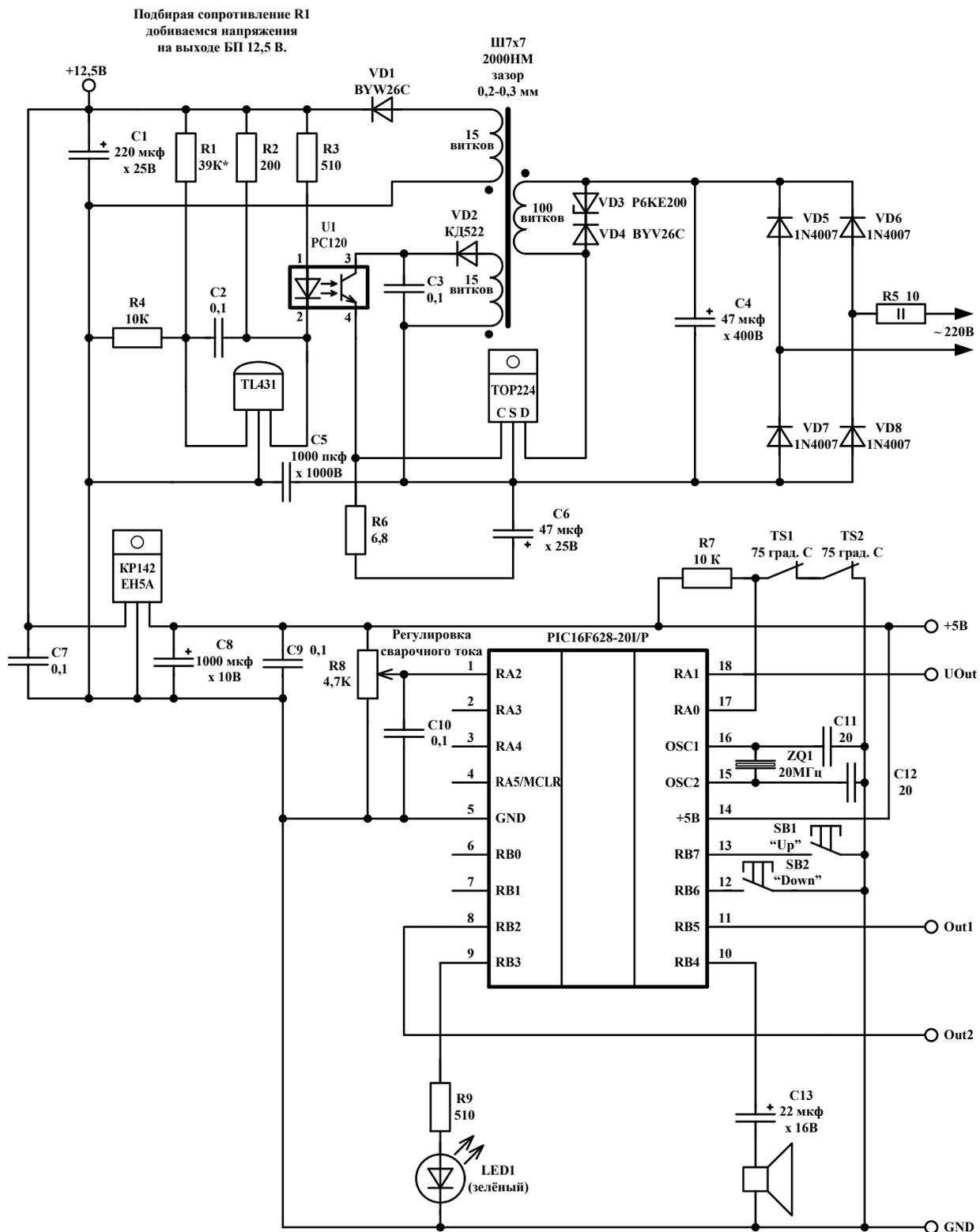


Если радиаторы изолировать от корпуса, то изоляционные подложки можно не устанавливать и для лучшего теплового контакта использовать теплопроводную пасту.  
А вот с защитным термостатом:



Защитные термостаты устанавливаются на самые нагреваемые радиаторы силовой части.  
Я установил термостаты между выпрямительными мостами **КВРС3510** и на подложке **“верхних”** ключей.

## Блок питания и задающий генератор.



Использование любого аппарата электродуговой сварки предполагает наличие достаточно мощной сети питающего напряжения.

Это условие не всегда обеспечивается при сварке в условиях гаража или дачи.

Отсюда повышенные требования к блоку питания (БП).

Для питания ответственных узлов, БП должен обеспечивать стабильное напряжение при просадке сетевого напряжения до **150 В**, а лучше, ещё меньше.

Для этой цели, как нельзя лучше подходит импульсный блок питания, построенный по схеме **обратноходового** преобразователя, в простонародье называемый **флайбэк**. Представленный на схеме **БП** обеспечивает стабильное напряжение на выходе, при просадке сетевого до **50 В!** При этом запускается рывком при напряжении выше **80 В**.

Таким образом, отсутствует промежуточный режим работы, когда напряжение на выходе уже есть, но ещё не **12,5 В**.

Для инверторов это важно, поскольку исключается работа ключей в **линейном** режиме. Желая всем сваркостроителям использовать в качестве блока питания именно **флайбэк!** Уверяю, что затраты окупятся сполна.

К слову сказать, в моём инверторе от линейного режима ключи защищены ещё и специализированными драйверами фирмы **IR**.

Мотая трансформатор, нужно обеспечить хорошую межобмоточную изоляцию.

В моей конструкции, все обмотки намотаны медным проводом в лаковой изоляции диаметром **0,2 мм**.

При подключении трансформатора, необходимо правильно соблюсти фазировку обмоток, иначе **флайбэк** работать не будет.

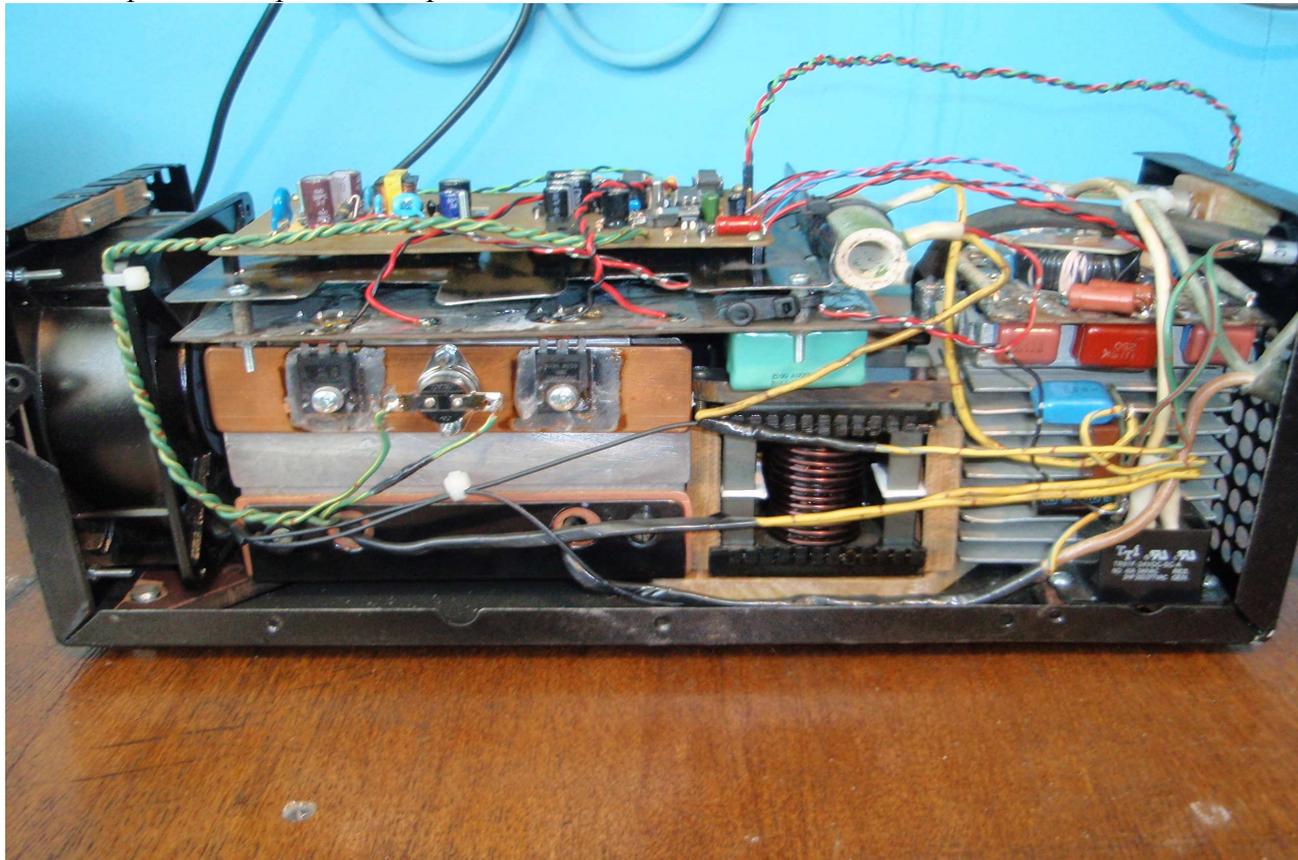
Подборкой сопротивления резистора **R1**, добиваемся напряжения на выходе **12,5 В**.

Это напряжение используется для питания драйверов.

Микроконтроллер получает питание через параметрический стабилизатор **КР142ЕН5А**.

Применение микроконтроллера позволило значительно упростить настройку резонансной частоты (кнопочками), к тому же стабильность обеспечивается кварцевым резонатором. Настройка производится один раз с помощью выносного кнопочного пульта. Значение резонансной частоты сохраняется в энергонезависимой памяти микроконтроллера. В программе применены "спецмеры" исключая ложную подстройку резонансной частоты во время рабочего режима.

Вес аппарата со сварочными проводами не более 8 кг.



Связаться с автором разработки и задать вопросы можно по адресу [LeeOn23@yandex.ru](mailto:LeeOn23@yandex.ru)