

Сразу скажу о цветовых пометках

Это то в чем я не уверен, надо уточнять

Это наименования компонентов – для удобства

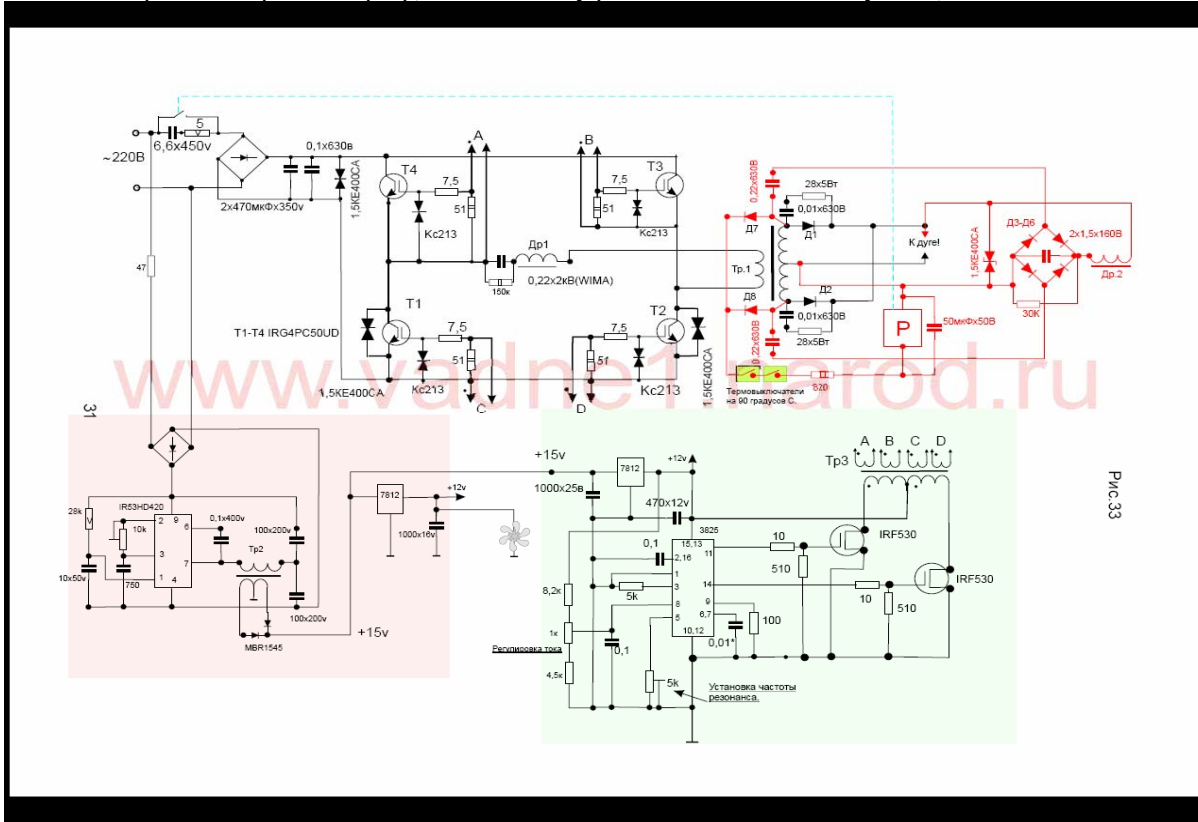
Благодарности тем кто вносил коррективы

Краткое описание

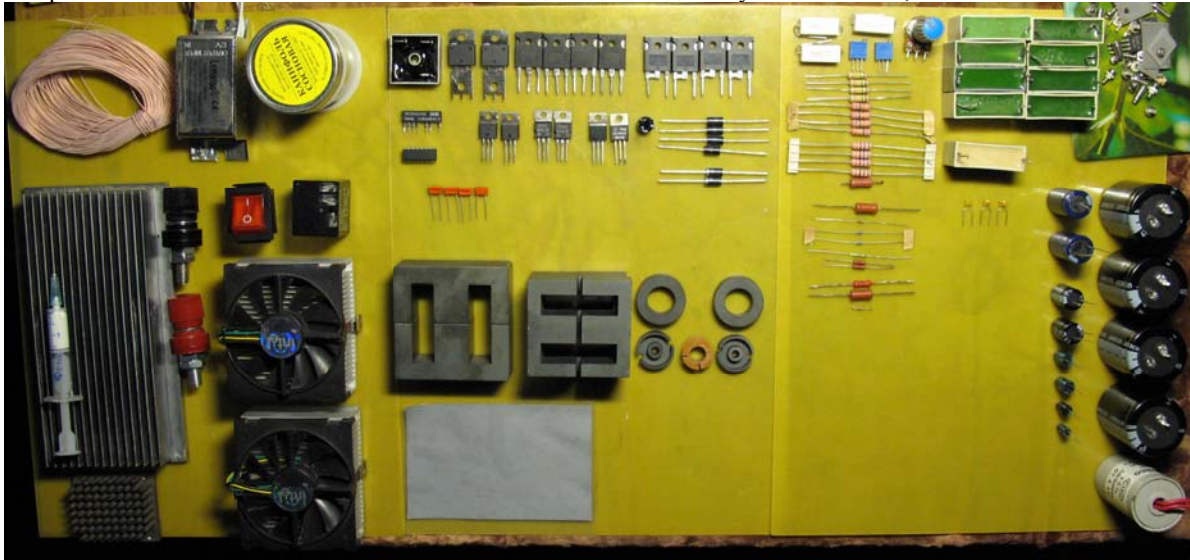
Это просто мои комментарии

PS/ любую картинку в тексте можно растянуть и рассмотреть подробнее...

Когда я собирался собирать инвертор, глядя на схему резонансного моста Негуляева,

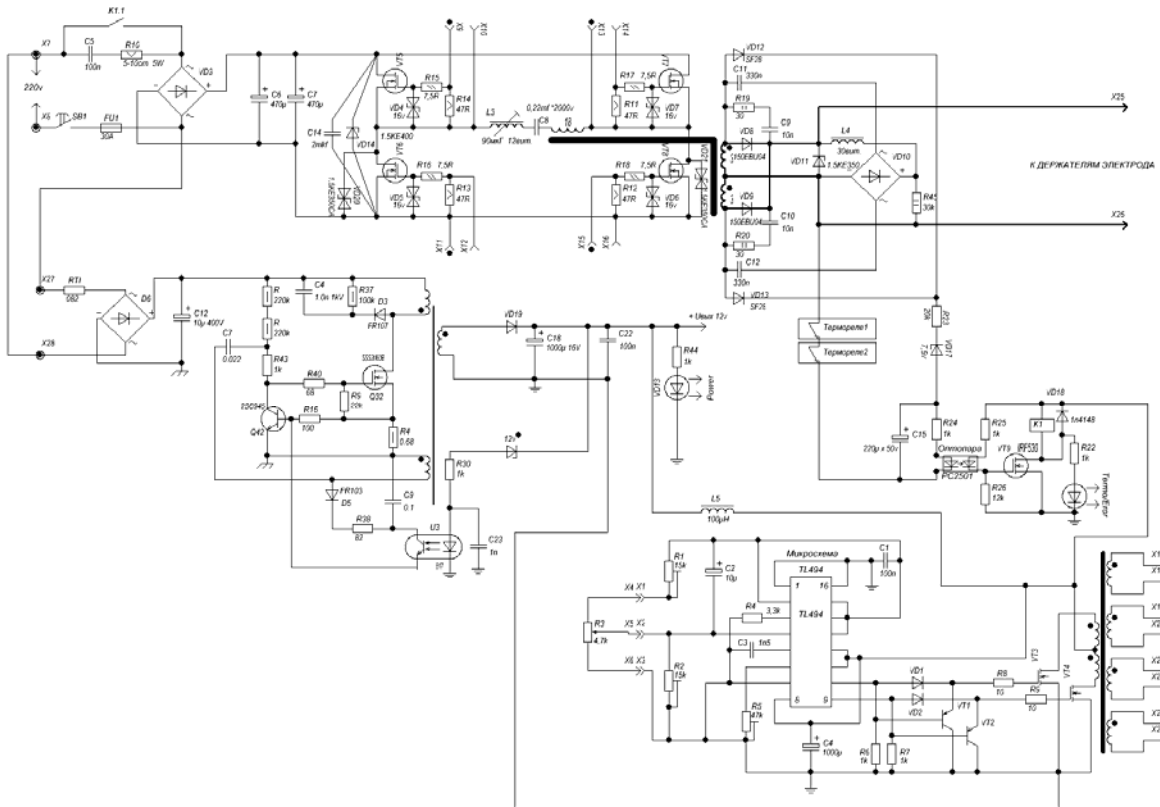


вопросов не было... Все было ясно. Как только дело дошло до покупки запчастей,



проектирования и сборки – началось... А где подробно искать?? В книжке Негуляева? Общие рекомендации, хоть и достаточно ценные, но мало (видимо очень лаконичный человек, этот т-рищ Негуляев). Толком ничего не нашел, перелопатил форумы, почитал умных и неумных, опытных и не очень людей. И попытался учесть их порой горький опыт. Учел. Собрал. Заработало сразу, второй аппарат тоже сразу. (надеюсь будет и у вас так, а потом очень и очень долго работать).

Позже был собран аппарат по климовской схеме:



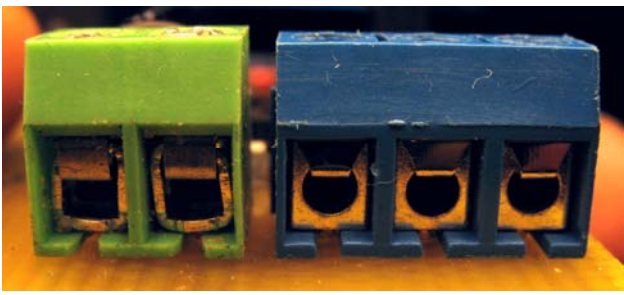
Его отличие от Негуляевского только в блоке питания (БП), блоке управления (БУ) и блоке защиты (БЗ), то есть во всем кроме транзисторного моста и входных цепей. Но суть та же.

Субъективная разница – у Негуляевской схемы чувствительная защита по КЗ (залипание и срабатывание намного чаще), Климовский аппарат жестче, и дуга у него не такая мягкая как в Негуляевском, гудит и трещит больше. Но шов красивый в обоих аппаратах. Климовским правда проще красивый шов положить. Опять же повторю – это мнение субъективное, и может быть спорным, а результаты сборки – разными.

## 0. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

*Общие принципы построения надежно работающего сварочника следующие:*

- расстановку узлов выполнять так, чтоб все соединения между ними были как можно короче, особенно это важно для силовых узлов. Кроме этого платы управления удалять как можно дальше от силовой части.
- на важных узлах не экономить!
- узлы делать легкоразборными и легкосъемными. Платы делайте на винтовых –



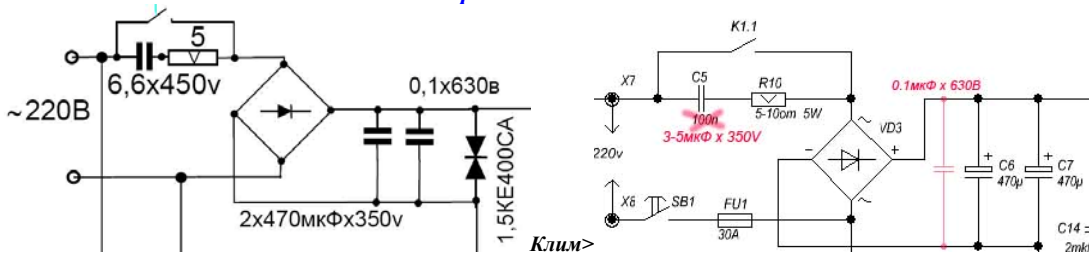
разъемах. Причем лучше синих, они больший ток держат и качественнее. Иначе когда что-то сгорит, вы, пока замените обругаете себя 25 раз ослом, но это уже не поможет.

– прочтите до конца эту инструкцию и негуляевскую тоже и еще какие найдете, ибо по одной инструкции образ сложить трудно.

Далее рассказывать буду про резонансный сварочник по узлам . Начнем:

## 1. ВХОДНЫЕ ЦЕПИ

Фрагменты схем



- практически одинаковы в обеих схемах. Разница только в номиналах. Только вот в климовском ошибочка вкралась (выделено красным цветом). При емкости C5 в 0.1мкФ, аппарат не запустится, не зарядятся нормально емкости C6–C7 и реле не притянется. Поэтому там нужно взять минимум 0.68 мкФ, а лучше не меньше 3мкФ. Кроме того, неплохо добавить в Климовскую входную плату параллельно C6–C7 еще один конденсатор, помехоподавляющий. Номиналом 0.1мкф×630В.

**конденсатор C5 = кондер 6.6 мкФ×450В (Негуляев); 3–6 мкФ×350В (Клим)**

– не электролит!!! Желательно приобрести пусковой.



(пластмассовый цилиндр с двумя выходящими проводами – например тип СВВ60 или наши)

В крайнем случае можно набрать гармошку из конденсаторов типа СВВ21, СВВ81, К78 или К73. Чтоб в параллели было хотя бы их штуки 4. Тогда нагрузка между ними распределится и они не рванут. Брать на напряжение не менее 350В.

Служит для зарядки электролитов, и ограничивает ток при КЗ и отбросе реле.

**0.1мкФ×630В (Клим)**

– Ставить наши К-73, К-78, либо СВВ21 или СВВ81.



*У меня стоит тот что слева - К78-2 0.1мкФ×1000В.*

*Это помехоподавляющий кондер.*

### **резистор 5-10 Ом**

– удобнее керамику, но особых требований нет, можно и гармошку из нескольких соорудить – главное, чтоб суммарная мощность не менее 5 Вт была. Особых требований к расположению нет.



*Ограничивает ток конденсатора С5.*

### **Реле**

– В Негуляевскую схему можно ставить 12 или 24 вольтовое. Единственно для 24В придется подкорректировать сопротивление в цепи его катушки (подсказка – ток потребления реле 12В порядка 80мА, посчитать нетрудно). В Климовскую только 12В.

**Не брать реле с автомобиля!** Расстояние между контактами невелико и контакты не предназначены для коммутации такого напряжения и мощности (на 220 может дуга не погаснуть и они выгорят, и вполне вероятно вместе со всем аппаратом – вентиляторы помогут). Лучше брать любую релюху, не менее чем на 250В коммутируемого напряжения и не менее 20А коммутируемого тока. Удобнее 12 вольтовку. Не стоит ставить ее рядом с трансом или дросселем, иначе мощное магнитное поле может безобразничать и отбрасывать контакты.



20А



30А

*Реле служит для уменьшения тока при КЗ (защита) и включения аппарата на сеть после зарядки электролитов*

### **Мост**

– на напряжение не менее 450В и ток не менее 35А. Теоретически лучше всего подходят мосты на 50А и 1000В (КВРС5010, МВ5010, GBPC5010) **спс Nexory**, да и цена невелика. А практически – лучше в параллель 2 моста по 35А.

Номинал мостов тот же, только вместо цифр 50, цифры 35.



Его ставить на небольшой радиатор, желательно через термопасту и в обдуве.

*Вот что пишет Nexor: «Сам не читал, но рассказывали, что где-то на форумах тестировали эти мостики и выявили, что при постоянном токе более 16А они выгорают. Не гарантируют они тот номинал, который заявлен. Есть даже какой-то промышленный сварочник, в котором стоят 2 мостика в параллель.*

*Ещё одно наблюдение со страниц форума - именные фирмы выпускают мостики в таких квадратненьких корпусах на токи до 35А, а китайцы штампуют до 50А. Вот и я с недоверием отношусь к тому, что на них написано. Лично я, собирая сварочник на 180А буду ставить 2 мостика по 35...50А.»*

*Остается только экспериментировать с мостиками разных производителей и выявлять паршивцев....*

*Я ставил КВРС5010 и на него маленький радиаторчик с видеокарты с вентиляторчиком. Пока не вылетел, хотя аппаратом переварено немало, и в основном варилось тройкой.*

*Служит для выпрямления переменного тока, перед преобразованием.*

### **Кондеры – 470мкФ×350В**

– ставить не 2, а как минимум 4. Лучше больше. Тогда меньше скачкообразные просадки сети и лучше, ровнее горение дуги. Советую брать кондеры на 450В. Тут небольшой запасик не помешает, неизвестно на какую сеть попадете (*у меня например в квартире 245В, знаю людей у которых 250В, живут возле подстанции*). Отходящие от них на транзисторный мост провода, надо бы потолще припаивать (*у меня 2,5 квадрата многожильная медь, в два провода один подвод*). Подходящие провода с выпрямительного моста можно потоньше. Например те же 2,5 квадрата меди в один провод вполне хватит. Их расположение некритично, но желательно ближе к транзисторному мосту и провода по возможности короче.



особенно хороша эта >



фирма...

*Будьте бдительны! Могут всучить китайскую погрешку (снаружи вроде все ок – а внутри припаян 20µF на 470V или что то похожее, в цене конечно разница будет, а в работе так воще... ☺)*

Осторожнее с усилием стяжки, при креплении хомутом – корпус неплохо продавливается.

*Служат для сглаживания пульсаций переменного напряжения сети и равномерности сварочного тока*

### **Супрессор 1.5KE400CA(Негуляев)**

*рекомендуется в Климовский вместо стабилитрона VD14 (номинал которого не указан)*

– ставить такой, который указан на схеме.

*(на схеме кондеры на 350В, а Супрессор на 400, потому и советовал запас кондеров на 450В, мало ли какие скачки)*



*Многие ставят Супрессоры на 350В. Работают нормально.*

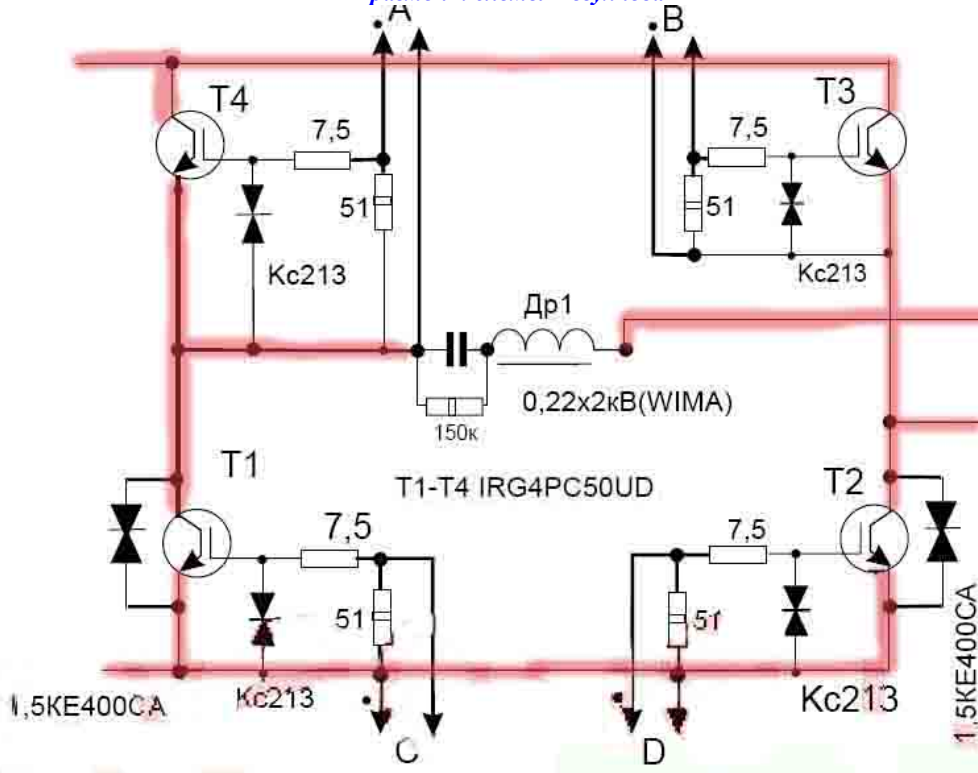
Все соединения в этих цепях – **силовые**, выполнять их необходимо как можно короче и толще (можно той же медью 2,5мм<sup>2</sup>)

*Служит для ограничения высоковольтных выбросов напряжения на уровне (3 последние цифры номинала)Вольт*

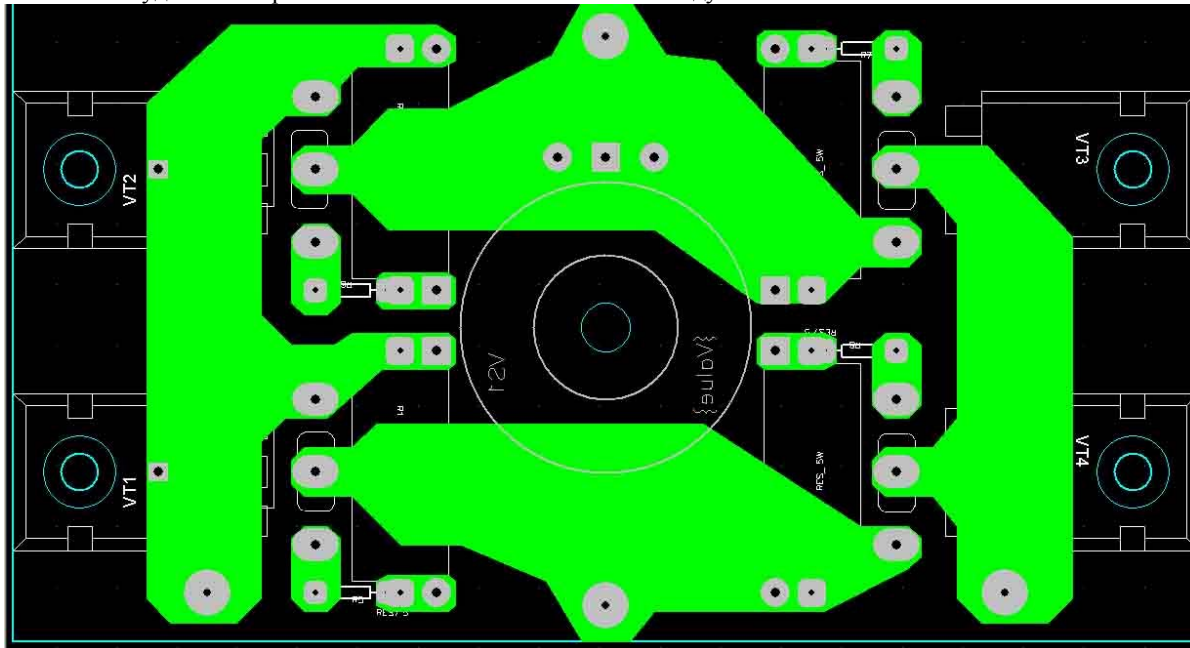


## 2. СИЛОВОЙ БЛОК

Фрагмент схемы Негуляева



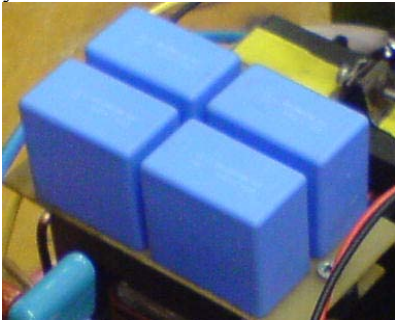
Одинаков как в Негуляевской схеме, так и в Климовской  
Самой моей удачной и простой оказалась эта печатка. Рекомендую:



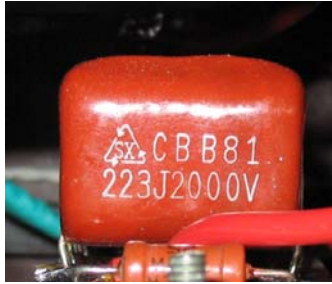
Догадаться где-то нетрудно. Приходящие на ТТР провода, с драйверов платы управления, для удобства распаяны на отдельной платке, которой он прижимается к этой, что на рисунке. Провода сплести в косичку для уменьшения наведенных помех

*Резонансный кондер 0.2 мкФ×2000В*

– **ОДИН ИЗ САМЫХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ!!!** Вот тут надо расшибиться, но найти. Причем найти либо как указано на схеме :



фирмы WIMA >



или CBB81 >



либо наши K78-2 >



Другие лучше не ставить (хотя Негуляев пишет, что и К-73 можно притулить). Иначе превращение их в трупы гарантировано. Через этот кондер прокачивается достаточно большой ток, а китайские красивенькие кондерчики, после того как их разворотит – быстро потеряют былую привлекательность. Поэтому либо гармонь с кондеров CBB81, K78-2 параллельно-последовательная, либо WIMA-вский(ие) кондер(ы). Но думаю баян предпочтительнее, так как он, без особого ущерба для себя, способен перекачивать БОльшие токи (поскольку ток распределяется по ним, согласно емкости), чем один кондерчик, пусть даже он будет мегакондер.

Еще следует учитывать, при сварке на максимальных токах и близких к ним, что эти кондеры нагреваются и напряжение пробоя изоляции у них естественно падает, поэтому рекомендую их – чуток в обдув

*Служит в качестве реактивного элемента для образования резонансного колебательного контура*

### Транзисторы T1-T4 = IRG4PC50UD

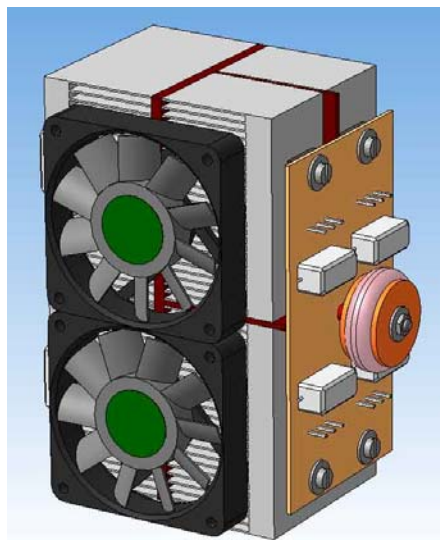


– при покупке проверять, все буквы должны совпадать с указанными на схеме (или ниже в аналогах), не поддаваться на заверения продавца – вот эти с другой буквой – лучше! Хай хоть бьет лицом в грудь или бросаясь терминами, корчит из себя профессора выбежавшего на 5 минут транзисторами поторговать... – не проверив - не верить!!! Так был обманут сам. Покупать четко то, что указано (или сами решили).

Можно применить транзисторы чуток получше - SGH80N60UFD [\спс sssrsd\](#) или IRGP50B60PD1 [\спс Nexory\](#) Впрочем вариантов транзисторов много. Недавно появились чудненькие IGBT-транзисторы фирмы IXYS. Они намного ниже по цене, при тех же характеристиках.

При проектировании аппарата, следует исходить из того, что одному транзистору требуется не менее половины большого радиатора от компьютерного процессора. Самый доступный, практичный вариант и надежный вариант - это два больших радиатора от процов (с вентиляторами), один из которых распилен пополам. Радиаторы соединены вершинами ребер друг к другу, как бы образуя трубу, которая продувается двумя вентиляторами. Между радиаторами лучше проложить текстолит. И это наиболее практичный вариант.

Вот так:



*Слева еще два радиатора, на них цепляются силовые диоды*



Причем между половинками текстолит нужен только у основания, иначе он закроет четверть тоннеля. Поэтому, после распиливания радиатора, следует еще подпилить ребра так, чтоб расстояние между ними в собранном состоянии было не менее 10мм. Это нужно для лучшей изоляции, для избегания пробоя при попадании проводящего мусора в зазоры. *А он будет в любом случае – и не надейтесь, что получится его содержать в чистоте и стерильности*

Всякие изолирующие теплопроводные прокладки сильно ухудшают тепловой режим транзисторов – перегрев более вероятен. (типа «Номакон» как советует Негуляев - не приведи вас его поставить! можно еще ставить такие прокладки как слюда,попиленная керамика с микросхем памяти или процессоров – но это та же жопка, только сбоку)

Чуть лучше остальных работают прокладки из оксида бериллия, но он крайне токсичен при обработке, то есть нужно искать конкретно под корпус транзистора, что зачастую трудно. Так что, лучше и надежнее пилить радиаторы, изолируя их друг от друга (пилите, Шура, пилите, труд сделает из вас человека). Зазоры распила лучше заполнить диэлектриком, во избежание пробоя (н-р текстолитом, гетинаксом, оргстеклом или просто пластиком соответствующей толщины см.рис).

Транзисторы ставить через термопасту. Лучше через нашу, белого цвета, КПТ-8, она меньше сохнет со временем. Да и по характеристикам не сильно уступает более дорогим собратьям, зато по цене на порядок дешевле.

На половинку радиатора рекомендуется поставить термодатчики на 70°C.

*Отверстие в транзисторе позволит вклиниться разве что винт М3, что маловато будет. Я рассверливал (рекомендую последовательно 3, 3.5, 4мм сверлами- чтоб не было сколов и перекосов) до диаметра под М4. Пока усё работает ☺*

*Служат для раскачки резонансного контура*

---

### резистор 51 Ом



*на фото 27 Ом для примера*

– греется скотина прилично. Больше всех. Можно пирожки на нем печь. Поэтому совет – керамику на 5 Вт или небольшую гармошку резюков. Рекомендую его ставить в обдуве.

*(У меня стоит уже сколько времени 2Вт по т-рицу Негуляеву, тьфу-тьфу - пока работает, но надо было явно больше)*

*Служит для подавления выбросов, вызванных индуктивностью ТТР*

---

### резистор 7,5 Ом

– не греется, спокойно можно ставить 0,125Вт). В общем совсем не критичный резистор.

*Служит для передачи сформированного сигнала управления на затворы силовых транзисторов*

---

### Компрессор 1,5KE400CA или 1,5KE350CA

– см.выше

---

### Стабилитрон КС213

– неплохо поставить именно его, и прям на ноги транзистору



Если не нашли, не беда, можно поставить два встречных стабилитрона на 13-15В). Например такой:



или такой



Естественно ставить так, чтоб ножки у них покороче были, повторюсь – прям на ноги транзистора.

*Служит для ограничения управляющего напряжения на уровне 13–15В*

---

### Дроссель

– делать на Ш-образном феррите Epcos E65 №87 или нашем феррите Ш20х28. Также пойдут сердечники фирмы [Cosmo Ferrites Ltd \(Cosmofer\)](#) типа CF138-EE6527, или Ferroxcube 3C90, 3F3, типа E65/32/27-3C90, E65/32/27-3F3. Не приведи вас поставить сюда феррит большего размера! Если он не войдет в насыщение – отправите ключи на тот свет так быстро, что ухом моргнуть не успеете!

Как делать – все написано у товарища Негуляева достаточно подробно – повторяться не буду. Количество витков делать 12. Некоторые люди экспериментировали, мотая мотая больше-меньше – вышло как правило хуже, а иногда и плохо кончалось для ключей. Поэтому настоятельно рекомендую мотать 12.

Мотать проводом ПЭВ-2 или другим с хорошей лаковой изоляцией Ø1,9-2,0 мм. Им удобнее, но физически тяжелее, можно мотать его и литцендратом.

*(потому как кое-где цельный провод найти тяжело, мне, например провод на дроссель+транец достался за 70 грн, это было около 15\$ за пару десятков метров (450г) - нафига такое счастье???)*

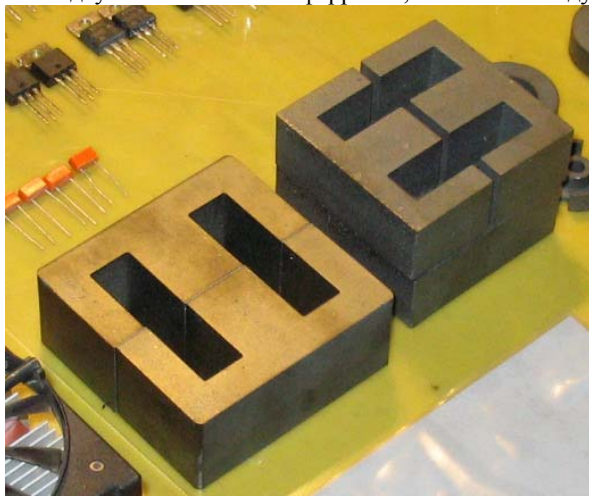
Для литцендрата расчет простой. Находите любой эмалированный провод, естественно с нормальной целой изоляцией. Измеряете диаметр. Он например оказался 0,5мм. Далее считаем его площадь сечения по формуле  $S=\pi r^2$ , отсюда  $S=0.196\text{мм}^2$ , а нужен диаметром 1,96мм, то есть сечением  $S=3.14*0.98^2=3.015\text{мм}^2$ , значит, чтоб получить нужное сечение нам нужно взять –  $3,015/0,196=15,38$ -грубо 16 проводков. И скрутить их вместе. Можно дрелью, но в идеале – руками, ибо в настоящем литцендрате каждый проводник должен постоянно менять свое положение в пучке. Не стоит забывать, что при скручивании общая длина уменьшится, поэтому провод берем с 10-15% запасом. Да и вообще, запас нигде не мешает...

*Лучше пусть в мусорник уйдет 10см, чем весь кусок с нехватящими 3 сантиметрами*

Зачищать такой провод - трудоемкое занятие. Лучше купить тонковорсовую металлическую щетку-насадку на дрель и в обрезке металлического уголка зачистить дрелью.

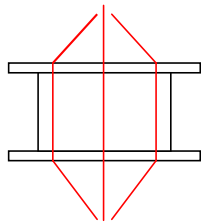
*Некоторые предлагают достаточно грязный способ – пальником и расплавленной ПВХ-трубкой – не знаю – не проверял, но звучит жутковато.*

Если мотать собираетесь на двух Ш16х20 наших ферритах, то имейте ввиду – там окно небольшое:

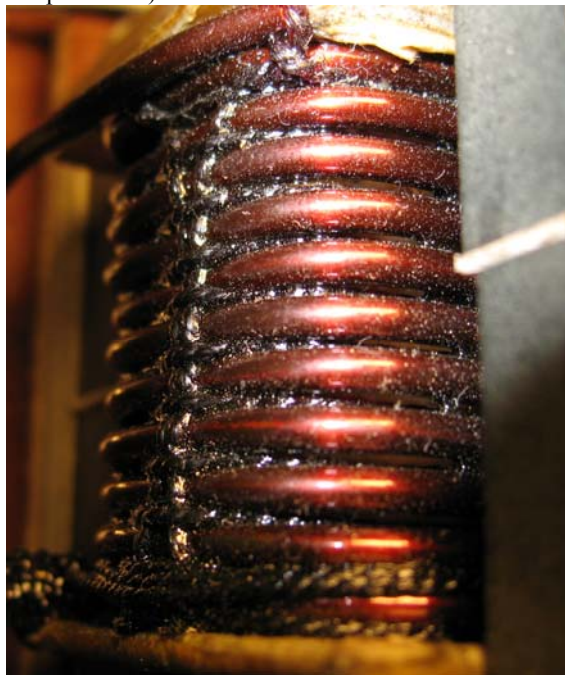


*Слева Эпкос, справа два Ш16х20. Ш20х28 такой же как Эпкос слева, только без скруглений граней и серее*

получится с таких ферритов только дроссель (обмотки транса не войдут) Витки литцендрата с нужным зазором разместить будет трудновато, поэтому либо мотать цельным проводом, либо сплюснуть литц между двумя дощечками молотком или прокатать деревянной скалкой. При намотке дросселя необходимо обеспечивать зазор между витками и хорошую межвитковую изоляцию, так как между витками на дросселе приличное напряжение получается – может пробить. Я это делал нитью, но как советовал Негуляев – намотать нить в зазор меж витками – не вышло, точнее вышла, но полная ерунда. Она проваливалась между витками и не обеспечивала нужного зазора. Поэтому сделал так, намотал обмотку, затем наложил нити (красным цветом показано как) на витки (перпендикулярно самим виткам)



А потом взял нитку и намотал между витками как советовал Негуляев. Получилось, что каждый виток стал закреплен и хорошо отделен от соседнего. Нить естественно использовать кордовую (синтетическую) *(желтого или коричневого цвета, на рынках ее валом, дешевая и прочная – руками не порвешь)*, потому, что при намотке нити, усилия значительные для продавливания между витками, особенно под конец намотки. Другая просто порвется. Выглядит это так (уже пропитано)

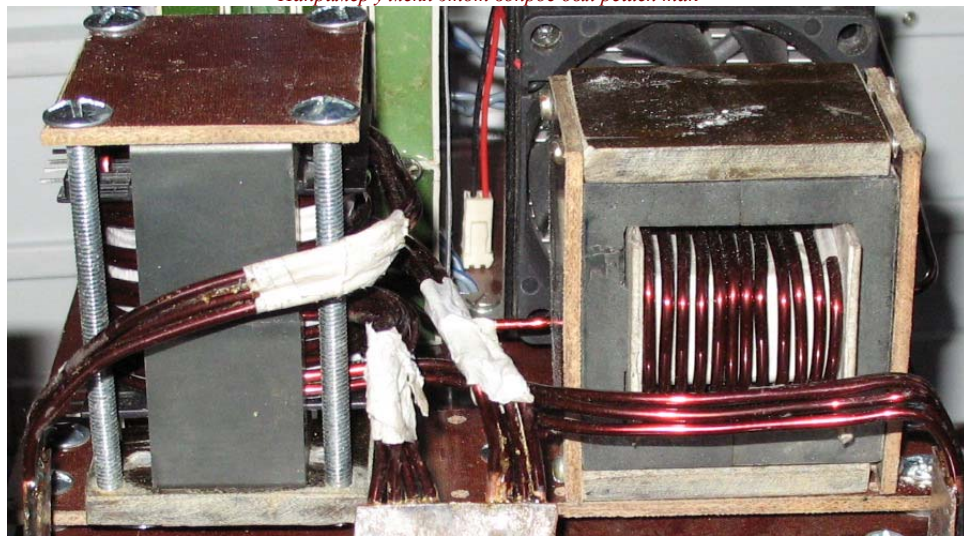


С намоткой закончили.

В финале это все дело окончательно и обязательно фиксируется лаком. Делается это для жесткой фиксации обмоток, либо электроизоляционным лаком, либо эпоксидной смолой. Следует иметь в виду, что некоторые лаки не сохнут сами. Их необходимо запекать в печи при минимум 60 градусах, несколько часов.

Стяжка и крепление феррита должны быть надежными и желательно не металлическими. Я использовал толстенький текстолит. Если кроме металла ничего не попало, то стяжка из него НЕ должна образовывать короткозамкнутое кольцо вокруг феррита, и кроме того, металл не должен быть возле магнитного зазора дросселя (все это дело будет сильно разогреваться), в это место лучше сделать диэлектрическую вставку. Кроме этого крепежка дросселя должна допускать регулировку зазора между половинками феррита.

*Например у меня этот вопрос был решен так*



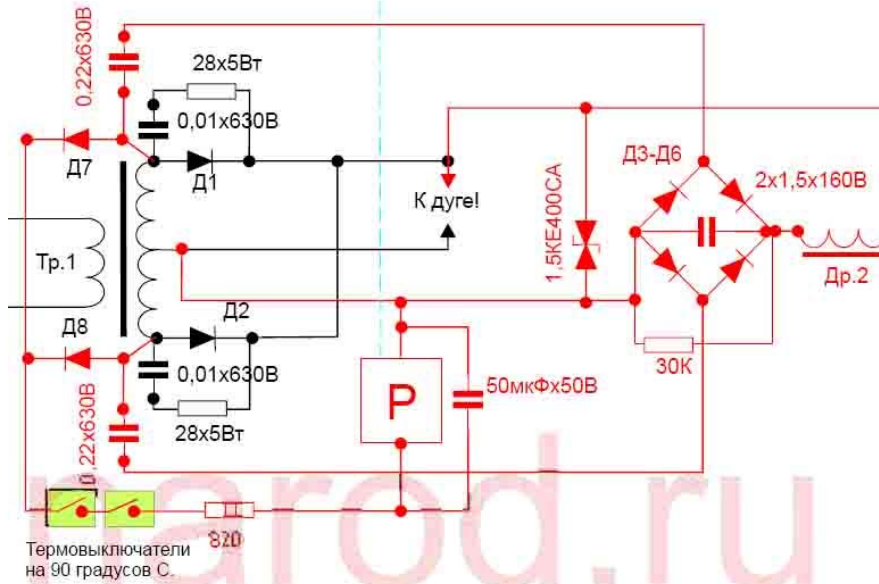
Ставить дроссель лучше в обдуве, причем не столько обмотка, сколько феррит должен быть хорошо охлаждаем (не любит перегревов, может навсегда потерять свои свойства).

Дорожки на плате драйверов делать толстенными и как можно короче. Кроме этого на дорожки (выделенные красным цветом на схеме) наложить медный провод не менее 2,5 квадратов и припаять его не жалея припоя.

Рекомендую поставить на феррит дросселя термодатчик на  $-90^{\circ}\text{C}$ , и не ставить его возле зазора!  
Кстати резонансный дроссель, конденсатор и первичку транс, можно менять местами как Вам угодно, на работе это не скажется – цепь то, последовательная...

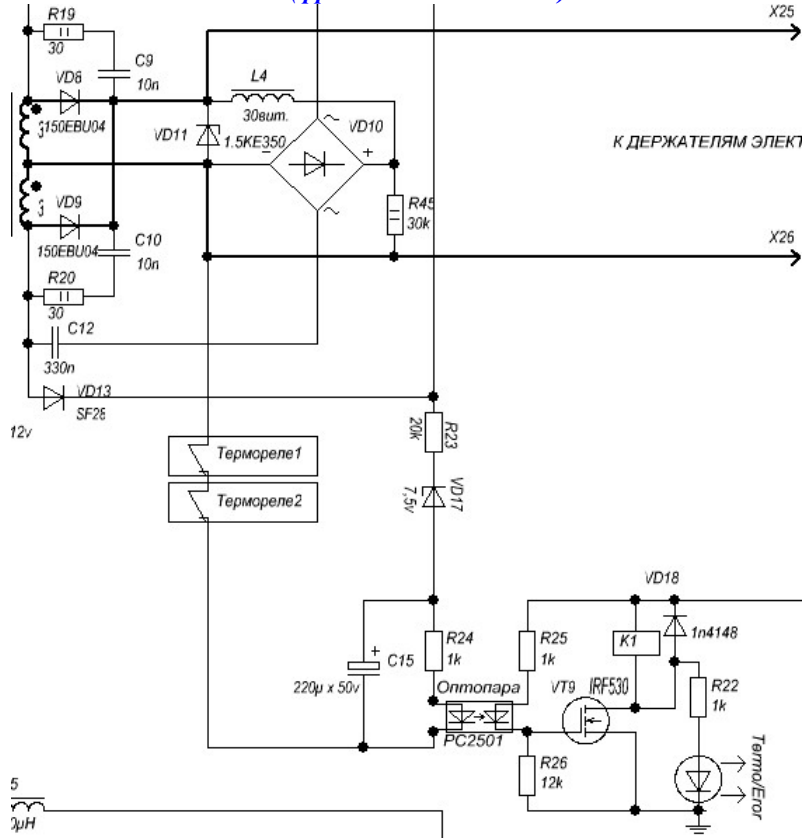
-----

### 3. УДВОИТЕЛЬ (фрагмент схемы Негулева)



то, что выделено красным цветом – сама вольтодобавка + управление релюхой при КЗ

### (фрагмент схемы Клина)





Начнем с силовой части (изображена черным цветом)

## СИЛОВАЯ ЧАСТЬ

### *Силовой трансформатор*

– делать на Ш-образном феррите Ercos E65 №87 или нашем феррите Ш20х28. Также пойдут сердечники фирмы [Cosmo Ferrites Ltd \(Cosmofer\)](#) типа CF138-EE6527, или Ferroxcube 3C90, 3F3, типа E65/32/27-3C90, E65/32/27-3F3. Феррит можно брать на трансформатор большего размера. Это не страшно. Мотать удобнее, площадь феррита больше – охлаждение лучше. Но увлекаться не стоит, ибо с размером, возрастают потери.

Можно и на 6 строчниках, но не советовал бы... Мотать этот транец – занятие одно из самых неблагоприятных и нервных после изготовления корпуса сварочника. Как его делать – также написано у товарища Негуляева достаточно подробно – и лучше не отклоняться.

Мотается первичка – 18 витков – виток к витку. Они на стандартный каркас входят четко.

Единственное, что хотел бы посоветовать при намотке – сделать отведение от 17 витка первички (просто выгнуть провод к выводам каркаса, сделать по этим выводам виток и потом домотать оставшийся виток). В дальнейшем можно будет поставить переключатель (ампер эдак на 20-30, напряжение неважно), что позволит сварочному аппарату варить на просаженной сети при переключении первички на 17 витков.

Можно мотать его и литцендратом. (см [Дроссель](#)). Не забывайте проложить хорошую изоляцию между первичкой и вторичкой. Толстая изоляция уменьшит емкостную связь меж обмотками, соответственно меньше будет бить током от электрододержателя (хрен с ним с улучшением индуктивной связи обмоток, комфорт в работе важнее, а тока на наш век хватит), но вместе с тем ухудшится охлаждение первички – тут решать вам.

Вторичка мотается в два слоя. Первый слой мотается сложенным вдвое проводом – 6 витков, с отводом от середины. То есть как бы 2 по 3 витка. Второй слой такой же. И далее соединяются одноименные концы вторички – начало к началу–середка с середке–конец к концу.

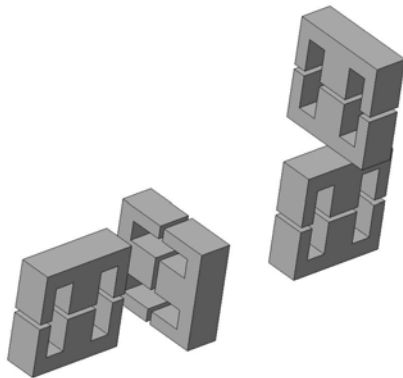
Кроме того, обмотки должны быть хорошо умотаны, зафиксированы и пропитаны лаком. Иначе (ВЧ – коварная вещь, тем паче мощная) изоляция перетирается от вибрации витков при большом токе и вуаля! – нате вам межвитковое на ровном месте + куча гемморроя при поиске

*– а почему бабахнуло?-работало же только что!*

– если найдешь вообще, визуально то - не видно... То же касается дросселя.

Применение НЕнаших ферритов предпочтительнее. Они получше, меньше потери, да и некоторые комплектуются готовым каркасом . На наши продаются отдельно. Довольно неплохие кстати каркасики. Иногда попадаются наши ферриты получше буржуйских, но это иногда... Но по цене конечно наши куда веселее.

Если конструктивно получается, что трансформатор находится рядом с дросселем (а так зачастую так и получается), то необходимо обеспечить минимальное влияние их друг на друга. Для этого сердечники располагаются так, чтоб силовые линии не совпадали. То есть расположение вот такое:



Причем в том расположении, что изображено на левом рисунке – правый феррит использовать под дроссель, тогда в зону влияния зазора не попадут витки или еще чего другое. [\спс SSSRSD за правое расположение\](#)  
Ну и естественно пропитка обмоток как и для дросселя крайне необходима.

***D1-D2 = 150EВU04***



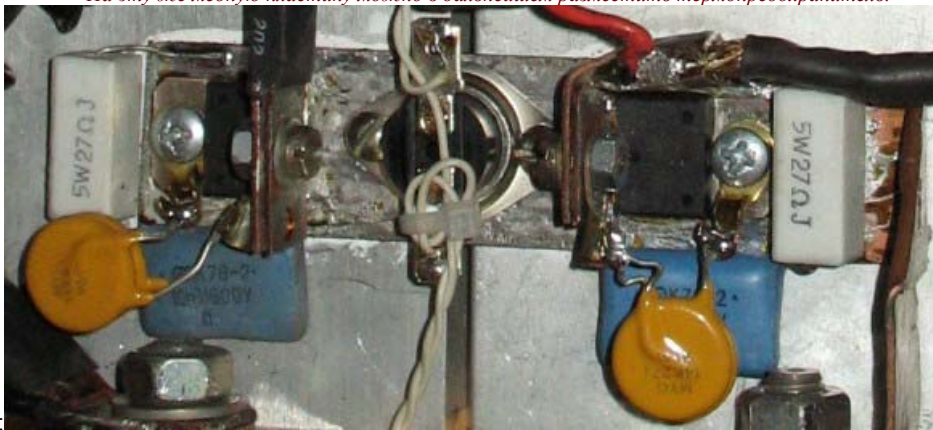
(150EВU02 могут не выдюжать, они на 200В всего, хотя поставив кучу защит в виде Супрессоров, варисторов, снабберов и прочего – можно рискнуть). Ставить оба на один большой радиатор (современный) от проца, либо на два маленьких (от старых процов). А еще лучше на два больших. Радиаторы должны иметь вентиляторы. Покупать сразу лучше с ними.

Для улучшения теплоотвода советую припаивать диоды на медную пластину. А затем эту пластину через термопасту сажать на радиаторы.

*я брал медную трубку 9мм (можно у тех, кто кондиционеры ставит попросить обрезки), разрезал болгаркой вдоль, выпрямил, получилась пластина, залудил места под диоды и сами диоды. Затем прогрел ее до плавления и приложил диоды и постарался как можно быстрее остудить, хотя диоды пайку выдерживают без проблем и не обязательно сплавом Розе, хотя им желательно. Затем к этой же пластине припаял и (+) вывод сварочника. И пластину закрепил на радиаторы. Выглядит это так:*



*На эту же медную пластину можно в дальнейшем разместить терморедохранитель.*



или так:

*Здесь еще диоды защищены варисторами на 270В*

При монтаже диодов стоит иметь ввиду, что корпус у них хрупкий, и провод припаянный к выводу диода должен быть эластичен или не иметь напряжений.

*Иначе как у меня треснет корпус. Хоть и работает, а все равно неприятно. А может треснуть и неудачно... Оно хоть и железо, а нежность тоже любит.*

*Во втором аппарате я уже не паял вывод катода, а соединил его через две охватывающие медные пластины винтом (см. второе фото)*

*Служит как мощный выпрямления ВЧ-тока в сварочную дугу*

---

### **0,01 мкФ×630В**

– ответственный снабберный кондер. Фуфло не ставить. Хорошо идут К78-2 (буржуйский аналог СВВ81), чуток хуже, но вполне К-73(буржуйский аналог СВВ21).

*Предпочел как всегда К78-2 10п×1600В (см. фото выше)*

*Служит для подавления высоковольтных всплесков напряжения, которые могут погубить диод*

---

### **резистор 28 Ом ± пару Ом**



– ставить 5Вт, либо безиндуктивную керамику (*см.фото*), либо как всегда гармошку. Можно притулить к радиатору. (Последние два элемента ставить прям на диод, ноги как можно короче, от этого зависит жизнь, к сожалению - недешевых диодов.)

*Служит для ограничения тока текущего через вышеприведенный конденсатор*

---

### **УДВОИТЕЛЬ**

---

### **Супрессор 1,5KE400СА**

– см.выше

---

### **D3-D6**

– Как пишет Негуляев - любые быстрые диоды на ток не менее 10А. С теми номиналами кондеров (0,22) как в его схеме прокатит.

А вот если охота получше поджиг и чуток помягче горение, кондеры лучше увеличить до 0,33мкФ, соответственно и будет течь больший ток. Поэтому диоды стоит поставить с запасом. Многие ставят HFA15TB60 (15 ампер, 600 вольт), 15ETN06 (15 ампер, 600 вольт) – как пишет Nехог – никто не жаловался. Есть спарки диодов в одном корпусе с общим анодом или катодом. Спарку можно параллелить, получая неплохой допустимый ток. Лучше конечно одиночный мощный диод, так как в спарке, слегка может отличаться напряжение открытия диода и кратковременно нагрузка будет приходится на один диод. Вариантов всяких диодов тоже море. Ищите и обряцете.



*это если не ошибаюсь HFA15TB60*

Их ставить на радиатор. На слаботочные диоды одного с проца достаточно.

На более мощные хватит радиаторной пластины с компового БП.

*Сам ставил 40EPF06 на 40А и 600В, частота 1МГц, такой запас не тянет. Вот такие:*



*Да и меньше радиатор понадобился.*

*Служит для выпрямления удвоенного напряжения*

---

**Примечание [A1]:** уточнить

### **D7,D8**

- любые быстрые диоды на ток не менее 2А. например HER208, FR208 и др.

В Негуляевскую схему можно поставить с запасиком, около 5А, через них запитывается релюшка. В Климовскую – какие найдете, можно и 0,5А, там ток махонький.

*В Негуляевскую ставил HER508, на 5А. Можно и КД213А, в Климовскую – HER208*

*Выпрямляющие для питания цепей реле*

---

#### **резистор 30 кОм ± пару кОм**

– 0.25Вт хватит.

*Разрядный резистор*

---

#### **резистор 820 Ом ± пару Ом**

– Нужен только в Негуляевской схеме. Ставить любой, ватт 0.5 достаточно. Это если релюха 12В. А если 24В, то ес-сно его надо уменьшить.

*Служит для ограничения тока реле*

---

#### **50 мкФ×50В(Негуляев), 220мкФ×50В(Клим)**

– обычный электролит

*Служит как сглаживающий фильтр*

---

#### **0.22 мкФ×630В**

– хорошо идут К78-2 (буржуйский аналог СВВ81), К-73(буржуйский аналог СВВ21). Причем если берете буржуйский аналог, берите побольше размером и с потолще ножками. Емкость лучше взять не 0.22, а 0.47 мкФ, меньше будет электрод залипать.

*Сам ставил в Негуляевскую схему 2×0,22, а в Климовскую схему спарку К-78 по 0,15мкФ. И там и там поджиг – зашибись.*

*Служит для отбора тока с транс, с его ограничением для схемы удвоителя*

---

#### **2шт× 1.5 мкФ×160В**

– нужен для Негуляевской схемы, типы кондеров см. выше. Один ставить не стоит, так как через кондер текут неплохие токи (работает на КЗ), потому у Негуляева их два стоит. Лучше 3 шт. по 1 мкФ×630В. В Климовской схеме они отсутствуют почему-то...

*У меня эта емкость была увеличена до 4мкФ – все путем, дуга зажигается лучше, хотя это субъективное мнение...*

*Служит как накопительная, для прожига, емкость*

---

#### **Дроссель К28×16×9 (наружный диаметр × внутренний диаметр × высота) 2000НМ**

– не стоит применять что-то похожее с комповых блоков питания (будет сильно греться и плохо работать). И неизвестное лучше не брать. Мотать обычным проводом сечением 1мм<sup>2</sup>, в ПВХ изоляции.



*Служит как ограничитель тока*

---

#### **Термовыключатели**

90<sup>0</sup>С как написано у Негуляева, хотя настоятельно рекомендовал бы не более 70<sup>0</sup>С и брать биметаллические, которые при достижении указанной на корпусе температуры – размыкаются. Такие вот:



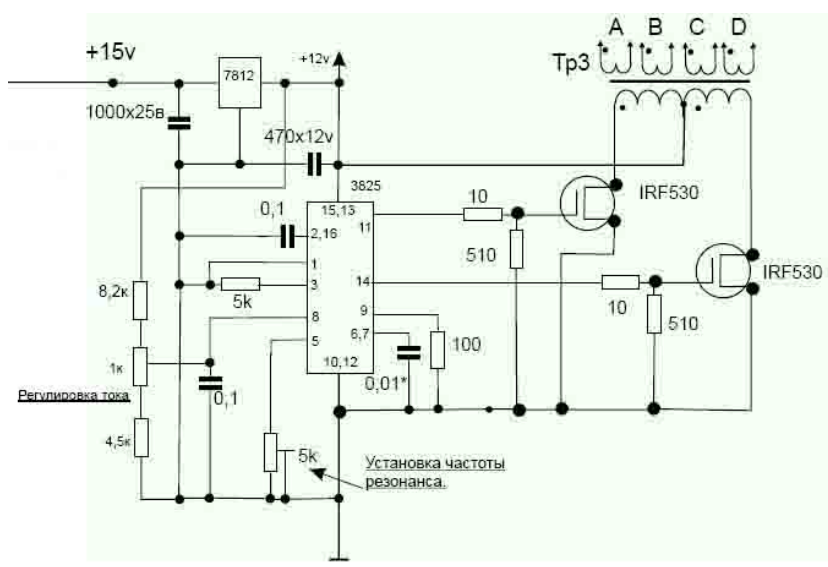
Не стоит городить огороды с датчиками-термостатами типа 18В20 и на них похожих полупроводниковых, они хороши только в составе микропроцессорной системы, да и работать будут менее устойчиво с такой протяженностью линий, в таком помехогенераторе как сварочник.

*Служит для защиты от перегрева. Размыкается при номинальной температуре*

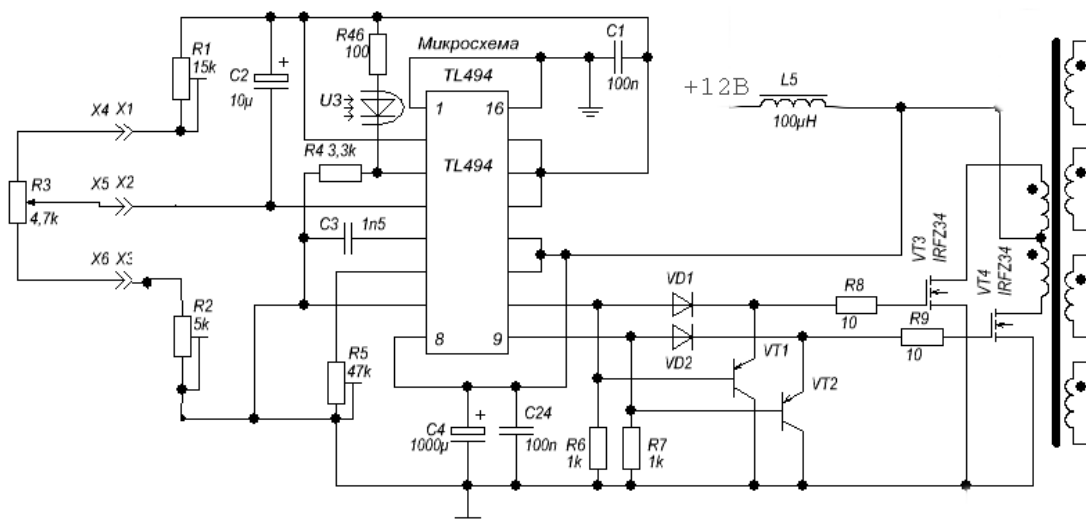
---

## 4. БЛОК УПРАВЛЕНИЯ

Негуляевский



Климовский



**VT1, VT2** – наши КТ361, или 3107, или 2N2907.

**VD1, VD2** – 1N5819, 1N4148 или им подобные.

Какой делать – решать вам. По беседам на форуме я понял, что 3825 более капризная к неверной разводке платы, но содержит хорошие драйвера для полевиков. 494 более неприхотлива и надежна. Так сказать управление на ней классикой уже стало.



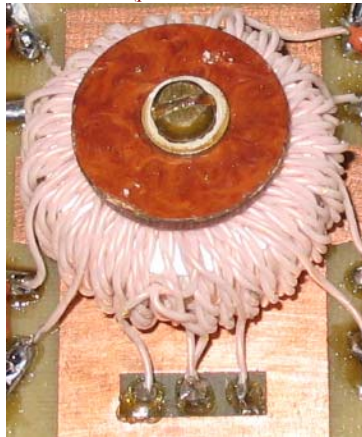
---

### **Тр3 (ТГР - трансформатор гальванической развязки) К28×16×9 (наружный диаметр×внутренний диаметр×высота)2000НМ**

– 20-30 витков жгутом 6 проводов. Не стоит применять что-то похожее с комповых блоков питания.

Красивые желтенькие колечки – не феррит, а распыленное железо. *(будет сильно греться и хреново работать, если вообще будет работать).*

Неизвестное лучше не брать! Мотать сечением не менее 0,12 мм<sup>2</sup>. Мотать можно в принципе чем угодно, лишь бы влезло. Предпочтительнее МГТФ *(розовая скользкая неплавящаяся изоляция – на фото)*



Если будете мотать им – убедитесь, что это советский провод *(эх, какую страну просрели...)*, а не Китай! С китайским есть печальный опыт, он по виду такой же. Покупайте с советских бобин, а не готовые рулончики – так вернее. *(китайский ломается внутри при нескольких изгибах и там же внутри легко рвется от растяжения, и все это как назло незаметно, начнешь искать причину – не найдешь).* Обязательно перед намоткой пометить начала обмоток. Чтoб избежать мороки с фазировкой, делать лучше так:

1. Взять нарезать 6 проводов (ориентировочно сантиметров по 80), сложить их вместе, вставить в дрель и скрутить. Это как простой вариант. Чуть сложнее – сплести в косичку.
2. Один из концов жгута обильно измазать маркером, это и будет у нас начало.
3. Затем просто прям жгутом, намотать его, в количестве 20-30 витков.

При установке ТГР – **ОЧЕНЬ ВНИМАТЕЛЬНО**, по несколько раз проверить фазировку обмоток. Там где у вас измазано маркером – это начала обмоток, на схеме они обозначены точкой возле катушки. Иначе свою ошибку будете расплачиваться транзисторами, мостами и прочими шнягами.

*Служит для гальванической развязки управления и транзисторов*

---

### **7812 - 12В Стабилизатор**

-или наша крен8Б – но желательно купить их аналог на ток 3-5А.

Или использовать LM2576. Это не аналог кренки, а импульсный преобразователь со стабилизатором - DC-DC на 57 кГц. Мощный понижающий ШИМ. В обвязке 4 детали **(список DEDAN)**. Потому, что 7812 греется жутко.

Поэтому, если используете 7812 - радиатор хотя бы с полпроцессорного и в обдув *(т-риц Негуляев ласково об этом промолчал, хотя где мои мозги были?? пришлось по ходу сочинять теплоотвод). Драйверами ключей хаваается приличный ток, и он весь течет через КРЕНку, от чего та кочегарит так, что пальцем ее подержать без визгов – нереально. А вообще купите готовый импульсный БП со стабилизированными 12В – это самое лучшее решение.*

*Служит для стабилизации напряжения на уровне 12В*

---

### **3825**

– задающий генератор Негуляевской схемы. Тут надо уделить внимание разводке платы. Платка должна быть как можно меньше (то есть проводники как можно короче). Так же при разводке печатной платы (ПП) должно быть разделение земель и все они, потом, должны сходиться в одной точке. Земля от ТГР должна миновать стороной землю микроху и ее обвязки и соединять их можно только непосредственно на общем кондере-фильтре питания ПП управления. И обязательно ставьте ее через панельку, бывает вылетает или попадаетея отбраковка.

*Я еще и экранировал эту платку жестянкой ☺ - можно оцинковкой.*

*А вот, что пишет незаписанный у меня автор – отзовитесь - впишу авторство*

Все проблемы с UC3825 снимаются двумя несложными приемами:

Организуйте на плате "чистую землю" - точку, куда припаиваются выводы 10, 12 микросхемы, минусовой провод источника питания, а также проводник нулевого потенциала цепи управления драйвера. Отсюда

ведите проводник на "грязную землю", куда припаиваются все прочие цепи, требующие соединения с общим проводом (землей). Припаяйте к 16 ноге "штыкин кондер" - это электролит 470 мкф, минусовой вывод которого паяется на "чистую землю". Напряжение  $V_{ref}$  с 16 ноги нигде не использовать. Если где-то нужны +5В, поставьте дополнительный "Крен". (спс ???).

*Двухканальный генератор со сдвигом импульсов на 180° и наличием мертвого времени*

#### TL494



- тоже задающий генератор, но в схеме Клим. В принципе лучше придерживаться тех же требований что и при разводке платы на 3825. Ставьте ее лучше через панельку.

Многие отдают предпочтение управлению на этой микросхе, из-за ее неприхотливости и надежности.

*Мелкий недостаток - не содержит драйвера для ключей раскачки. Нужно ставить доп. транзисторы.*

*Двухканальный генератор со сдвигом импульсов на 180° и наличием мертвого времени*

#### *переменный резистор 1к-Негуляев, 4к7-Клим*

-не берите фуфел. Возьмите подороже, например такой



или наш проволочный

*они менее подвержены хрипам*

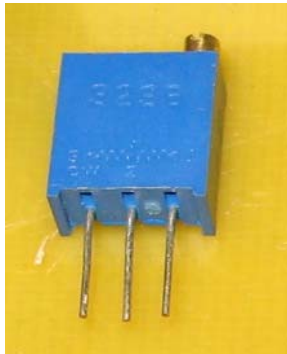


но хороший, ему работать в суровых условиях (можете зацепить, запылить, намочить и еще хрен знает, что сделать)

*Служит для регулировки сварочного тока*

### **подстроечный резистор частоты 5к-Негуляев, 47к-Клим**

- то же самое, не берите фуфел (и подстроечные тоже). Возьмите подороже, например такой:



или наш «военный»>

*Служит для установки резонансной частоты*



---

### **Транзисторы раскачки IRF530**

– ставить чисто без всяких букв. Поставил как то IRF530N, так появился звон на фронтах импульсов. Заменял – все стало нормально. Вместо них можно поставить IRFZ44 или другие. Смотрите даташиты. Радиатор им не требуется, они практически не греются.

*Служит для раскачки ТГР*

---

К остальным компонентам особых требований нет, ставить, что под рукой есть.

*Вот такая плата мозгов получилась:*

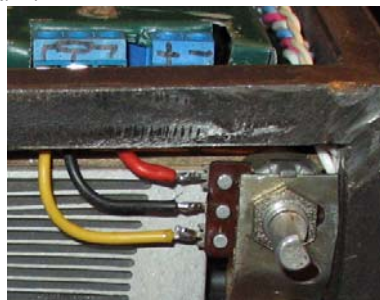


*На ней пока вместо подпираний резисторов стоят перемычки, после настройки аппарата, будут вняные резисторы*

---

И еще, блок управления лучше максимально удалить от резонансного дросселя, трансформатора и других мощных помехогенераторов. Отходящие провода на ТГР, для убережения от наводок делать как можно короче и сплести косичкой. Резистор тока лучше поближе ставить к БУ, или наоборот, БУ поближе к резистору.

Неплохо было бы например так сделать:



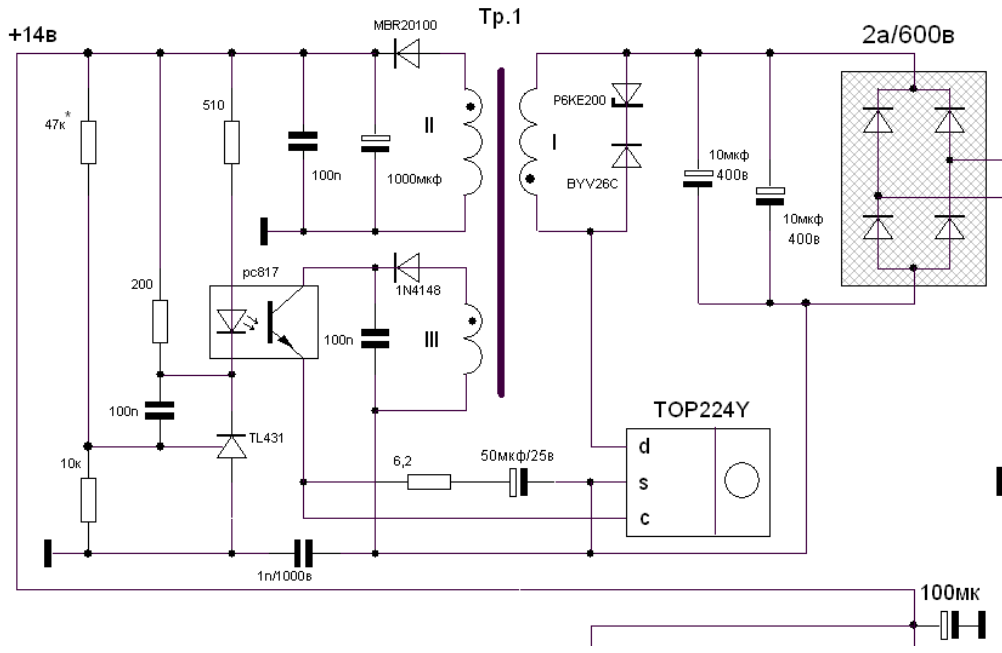
*здесь длина проводов резистора бумально 1,5-3см и они прикрыты радиатором от помех создаваемых трансом и дросселем*

В идеале, резистор тока должен впиваться прям в плату

Кроме этого БУ рекомендую поместить в жестяной экран (его полностью изнутри заизолировать бумажным скотчем, а под пайку обязательно положить или картон или лучше тоненький текстолит, иначе острая пайка быстро



Но это все возня никому не нужная. И нервная. Куда лучше купить уже готовый импульсный блок питания, с напряжением запуска не менее 110В и на ток не менее 2А, или собрать на ТОРе. Например такой



Но повторяюсь – ЛУЧШЕ ГОТОВЫЙ!!! Промышленные БП в экране дороговаты, но удобны в монтаже. Можно приобретать неплохие БП в корпусе, который вставляется в розетку. Плата извлекается, а корпус со шнурочком – в пользу бедным. Они приблизительно на 20–30% дешевле. Только обязательно смотреть на наклейку! Должно быть написано что-то типа  **$U_{in}=AC110-245V$   $U_{out}=DC12V$   $I_{out}=2A$**

*Я так и сделал. Выдернул плату, впаял в нее винтовые разъемы и вполне достойный БП получился:*



Провода отходящие от БП на 12V к БУ, лучше взять потолще, дабы уменьшить потери и индуктивность в них.



---

### ***Вентиляторы и их питание***

Вентиляторы лучше отдельно не покупать, а намотить вместе с радиаторами.

На вентиляторы, если они от компа (на 12V), лучше поставить отдельный блок питания. Ибо шумят они в свою цепь питания, что не есть хорошо (*в том случае, если все питается с одного блока питания*), да и жрут немало.

*Скромный подсчет суммарного тока 4 вентиляторов в моем аппарате дал  $I=0.45+0.45+0.35+0.35=1.6$  Ампера – дофига.*

БП будет тяжело тянуть печки затворные в транзисторном мосту, вентиляторы и реле. Может не выдержать душа поэта и задымится.

Поэтому лучше купить самый дешевый и маломощный для галогенок и дополнить его высокочастотным мостиком (*диоды должны быть обязательно высокочастотные, потому как частота там около 100кГц, например КД213*) с кондером, или трансформатор на 12V, и не менее 2A, с обычным диодным мостиком на 4-5A и кондером.

Никаких КРЕНок туда тулить не нужно, обойдутся.

Если от вентилятора отходит 3 провода, то ваши – это красный(+) и черный(-), третий провод – выход датчика вращения-можно обкусить с чистой совестью.

---

## **6. НАСТРОЙКА АППАРАТА**

Ну вот наконец ваш красавец стоит перед вами, теперь пришла пора вдохнуть в него жизнь. Сразу вдохнуть конечно все его кости сразу не выйдет, легких не хватит. Вдыхать будем по частям, то есть нужно сперва поотдельности проверить работу узлов. Для этого нам понадобится:

1. Мультиметр с хорошими щупами
2. Блок питания на напряжение от 12 до 50В, гальванически не связанный с сетью, со всеми проводами, или ЛАТР+развязывающий транс+выпрямитель. Добавить предохранитель на вторичку на 3-5A.
3. Осциллограф тоже с хорошими щупами и нормальным читабельным экраном, не менее чем на 5МГц (разрешающая способность тем лучше, чем выше макс частота осцила) + выносной щуп-делитель 1:10).
4. Руки, не дрожащие после вчерашней пьянки, растущие откуда надо и подчиняющиеся вашей беспокойной голове и суровой воле.
5. Шунт, ампер на 200-300+прибор к нему, нагрузка мощностью около 5кВт и сопротивлением (=24В/желаемый макс. ток сварки) – или вместо всего этого прибор Гумерова-Зуева, напечатанный в журнале Радио за 2007 №8 (не кидайтесь искать этот журнал – описание и эта статья есть ниже).
6. Галогенка на 12V 6W, лампочка 50V на любой ток

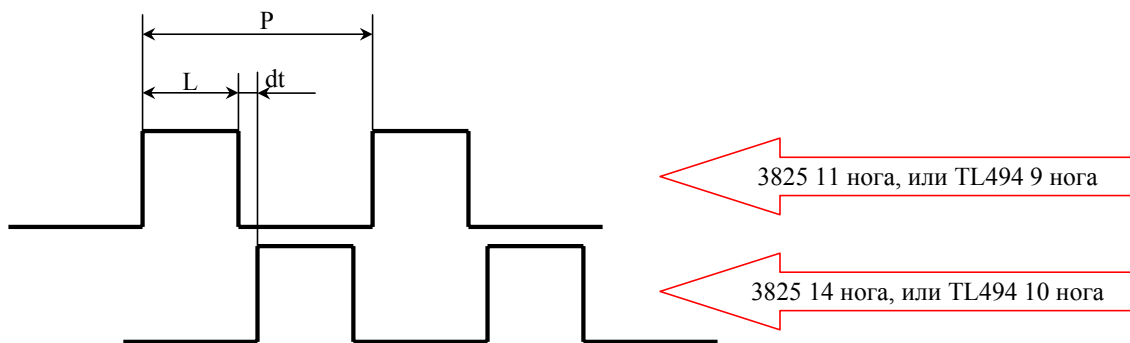
Начнем по порядку. Сначала произведем те операции, которые понадобятся сделать при любом способе настройки, вот их последовательность:

1. Проверяем импульсный БП. Для этого отключим от него всю нагрузку и подадим питающее напряжение.
  - Проверяем  $U_{вых}$ . Оно должно быть  $12 \pm 0.5V$ .
  - Выключаем.
  - Подключим к нему на выход галогенку  $12V\ 6W$  и удалим ее на проводах, чтоб не грела БП.
  - Включаем. Лампа должна загореться в полный накал и не мигать как парализованная.
  - Проверяем  $U_{вых}$ . Оно должно быть  $12 \pm 0.5V$ . А в идеале остаться таким как было при первом замере. Держим на этой нагрузке БП 5–10 минут. Отключаем напряжение. Разряжаем самый большой конденсатор на плате куском провода. Щупаем БП. Горячих вещей быть не должно, разве что теплые. Если холодные – просто чудесно!
  - Снова включаем не снимая нагрузки. Смотрим осциллографом напряжение на выходе. Картинка на экране – горизонтальная линия (на чувствительности  $0,2V/дел$ ), если шум или синусоида или еще какие искажения – БП – дерьмовенький. Его исключить из проекта. Поскольку он внесет свою грязь в импульсы блока управления. А это плохо.Если все нормально, двигаемся дальше.

## 2. Проверяем плату управления (ПУ)

- Отключаем ТГР от ПУ. К плате подключен должен быть только резистор тока и питание подано от ранее проверенного импульсного БП.
- ставим подстроечный резистор и резистор тока в среднее положение.
- Запитываем БП. Слушаем и смотрим. Если не идет дым и ниче не трещит и не пищит, идем далее.
- Подключаем щуп на плату управления – на 3825 сперва к 11, потом к 14 ноге микросхемы. Если управление на TL494, то к 9, затем 10. Чудесно если осциллограф двухлучевой, можно сразу зацепиться на две ноги и смотреть.

Должны увидеть прямоугольные импульсы. Чистые, ровные и красивые. Если есть – далее крутим резисторы тока и частоты и наблюдаем, как меняется ширина импульсов (резистор тока) и частота (резистор подстройки частоты, у Клима это R5, у Негуляева честно подписан). На двухканальном осциллографе можно увидеть приблизительно такую картинку:



*L – ширина импульса, или другими словами заполнение*

*dt – мертвое время, необходимое для разряда затворов и закрытия транзисторов.*

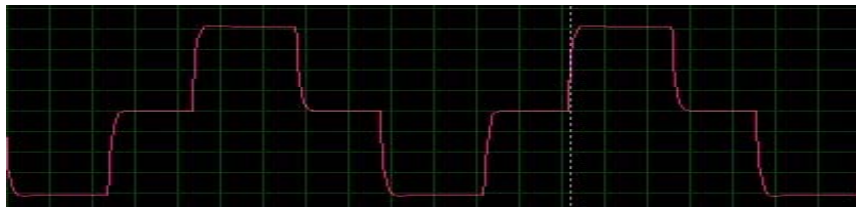
*P – период следования импульсов. По нему можно посчитать частоту. Она равна  $F=1/P$ . P необходимо перевести в секунды.*

Если не изменяется импульс соответственно регулированию резисторами, или импульсов нет вообще, или они как прическа Жанны Агузаровой – ищем причину. Находим, устраняем, едем дальше.

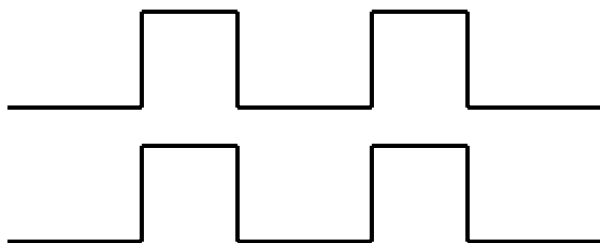
- устанавливаем подстроечным резистором частоты, частоту  $30кГц$  (период –  $33мкс$ )
- крутим резистор тока на максимальное заполнение (на максимальную ширину импульса)
- устанавливаем резисторами, подпирающими резистор тока, мертвое время =  $2мкс$ .
- выключаем

### 3. Проверка драйверов раскачки

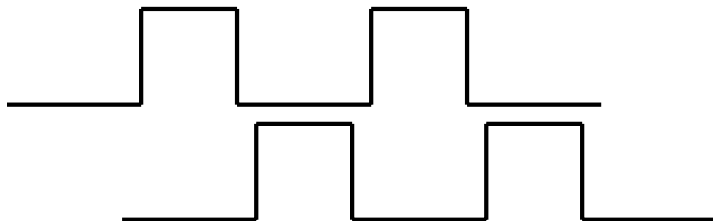
- подключаем к выходу платы управления – ТГР. Вторичные выводы ТГР должны быть уже припаяны к подавляющим резисторам 51 Ом в транзисторный мост.
- запитываем блок питания и смотрим, слушаем. Ни дыма, ни посторонних звуков быть не должно.
- трогаем рукой резисторы 51 Ом. Все четыре должны постепенно разогреваться. Если нет – ищем причину. Если нормально, дальше идем.
- смотрим осциллограммы на затворных подавляющих резисторах 51 Ом. На всех четырех они должны быть одинаковы. При разнице – найти причину и устранить. Осциллограмма должна иметь приблизительно такой вид:



Фронты будут скошены из-за емкости затворов транзисторов. Размах от средней линии должен быть 12V. В стоящих по диагонали транзисторах сигнал должен быть одинаков – совпадать по фазе:



В то же самое время, сигналы в диагоналях, должны быть сдвинуты друг относительно друга на половину периода:



Если все так, то хорошо. Можно перепрыгнуть абзац.

Если у вас одноканальный осциллограф, то не страшно. Будем значит методом тыка проверять правильность сборки. Проверим наличие и чистоту импульсов на всех резисторах 51 Ом. Если есть, шагаем дальше.

- выключаем все
- подключаем напряжение +12V к транзисторному мосту от вашего лабораторного блока питания.
- подключаем нагрузку, к транзисторному мосту, в виде галогенки на 12V/6W.
- включаем БП с подключенным БУ сварочника
- ставим резистор тока на минимум. (*ширина импульса минимальна*)
- Включаем питание вашего лабораторного блока питания, подаем 12V.
- слушаем и смотрим, звук, дым, нагрев. Если все в норме, двигаем далее

– начинаем крутить резистор тока. Лампочка должна при плавном повороте резистора – плавно загораться. Если загорается – все хорошо и 50% трудностей настройки позади.  
– выключаем это все нафиг. Причем первым необходимо выключить лабораторный блок питания (снять напряжение с транзисторного моста), затем и БП сварочника.

Настройка максимального тока.

А вот дальше настройку можно вести разными способами. Я вам предложу 2 способа.

### 1. Используя нагрузку, шунт с прибором

**достоинства:** – точная настройка

- быстрая сборка схемы настройки
- простота конструкции

**недостатки:** – трудно найти такое мощное сопротивление и шунт на нужный ток

- невозможность оценить немаркированный феррит заранее и нарваться на нехороший феррит (точнее слишком хороший и труднозагоняемый в насыщение) и потерять транзисторы
- соседство с раскаленной железкой
- постоянная разборка сборки дросселя при подгонке

### 2. Прибор Гумерова–Зуева

**достоинства:** – простота настройки

- дешевизна конструкции и доступность элементов.
- регулировка зазора на столе, без всяких сборок–разборок
- маленькие размеры
- и дальше пригодится... :-) для оценки любых ферритов

**недостатки:** – нужно собраться с духом и его собрать, потеряв полдня.

- нужно знать математику и рассчитывать кое–что
- трудности с синхронизацией коротких импульсов на осциллографе

Второй конечно проще, а первый точнее, но трудновато найти материалы.

### 1 СПОСОБ. Нагрузка–Шунт+прибор

описан хорошо у Негуляева. Чуток позже обобщу и напишу попроще.

.....  
.....  
.....

### 2 СПОСОБ. Прибор Гумерова–Зуева

Небольшое отступление... Этот прибор довольно прост в изготовлении. Требуется немного денег и времени. К тому же поможет вам в дальнейшем радиогубительстве. Вот публикация его в журнале:

# Определение тока насыщения катушек индуктивности с магнитопроводами

Ю. ГУМЕРОВ, А. ЗУЕВ, г. Ульяновск

При разработке и изготовлении катушек индуктивности, импульсных трансформаторов возникает вопрос об их пригодности для работы в конкретных условиях. Обусловлено это тем, что параметры применяемых магнитопроводов зачастую точно неизвестны. В результате возможна ситуация, когда материал магнитопровода трансформатора входит в насыщение, что снижает КПД источника питания или выводит его из строя. Для катушек индуктивности (дросселей) это приводит к существенному уменьшению индуктивности с вытекающими из этого последствиями. Авторы предлагают устройство, позволяющее проводить проверку таких элементов на возможность их работы в конкретных условиях.

Устройство предназначено для определения тока катушек индуктивности (дросселей) или обмоток импуль-

периода их следования соответственно. Длительность импульсов изменяют в пределах 6...60 мкс на одном диапазо-

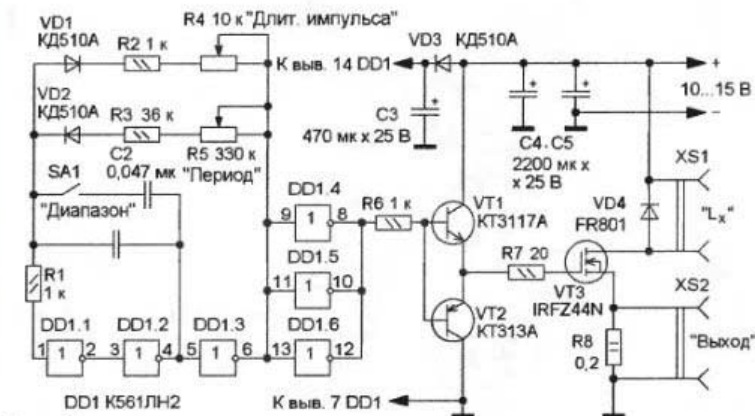


Рис. 1

сных трансформаторов с ферромагнитными, алсиферовыми сердечниками, при котором наступает насыщение материала магнитопровода. Хотя существуют различные рекомендации по расчету и изготовлению таких элементов, но, не зная реальных параметров магнитопровода (особенно с немагнитным зазором), трудно получить желаемый результат или определить возможность их применения в конкретном устройстве.

Схема устройства показана на рис. 1. В его состав входят генератор импульсов на логических элементах DD1.1—DD1.6, буферный каскад на транзисторах VT1, VT2, мощный полевой переключательный транзистор VT3 и датчик тока на резисторе R8. Буферный каскад обеспечивает быструю зарядку и разрядку емкости затвористок транзистора VT3, диод VD4 служит для ограничения выбросов напряжения на проверяемой катушке индуктивности.

В генераторе импульсов реализована раздельная регулировка резисторами R4 и R5 длительности импульсов и

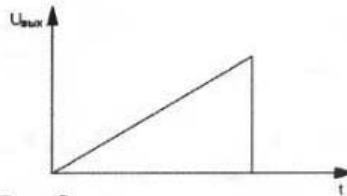


Рис. 2

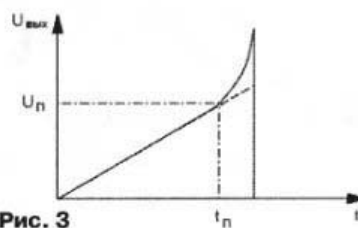


Рис. 3

не и 60...600 мкс на другом. Период повторения можно изменять в пределах 0,2...2 мс и 2...20 мс соответственно. Диапазоны переключают выключателем



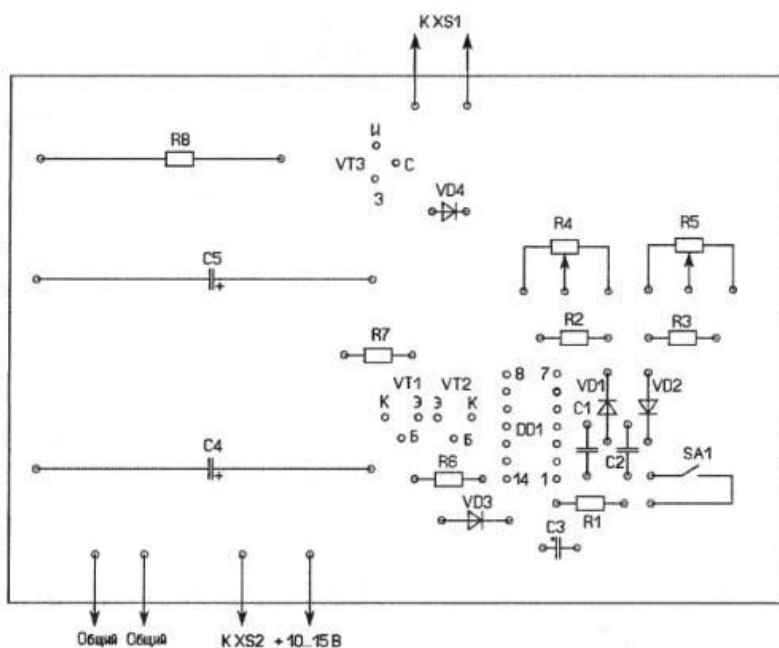
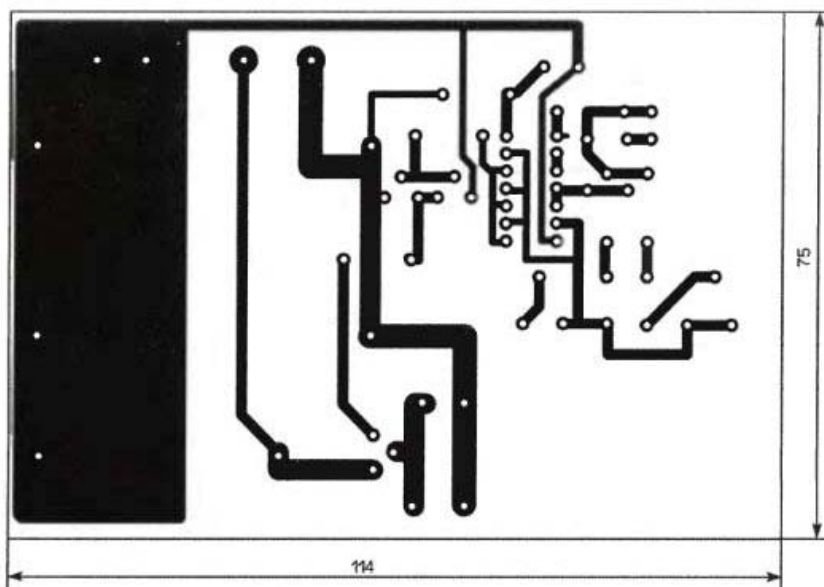


Рис. 4

SA1. Напряжение питания поступает на генератор импульсов через диод VD3 и сглаживается конденсатором C3, что снижает влияние на его работу помех, возникающих в цепи питания устройства при протекании импульсных токов. В цепь истока транзистора VT3 установлен низкоомный резистор R8, падение напряжения на котором пропорционально току, протекающему через этот транзистор и проверяемую катушку индуктивности "L<sub>x</sub>". Напряжение подают на вход осциллографа, на экране которого контролируют его форму.

Первоначально на первом диапазоне устанавливают минимальную длитель-

ность импульсов при максимальной скважности (максимальном периоде следования). Большая скважность позволяет уменьшить среднюю рассеиваемую мощность на транзисторе VT3, а также использовать менее мощный источник питания, поскольку импульсный ток обеспечивают конденсаторы C4, C5. К гнездам XS2 подсоединяют осциллограф, к гнездам XS1 — проверяемую катушку индуктивности и подают питающее напряжение (10...15 В). На экране осциллографа необходимо получить осциллограмму, соответствующую рис. 2. Если яркость изображения на экране осциллографа будет

недостаточной, резистором R5 следует уменьшить период следования импульсов. Но увлекаться этим не следует, поскольку это приведет к увеличению потребляемого тока и нагреву транзистора VT3.

Затем длительность импульса следует плавно увеличивать до тех пор, пока линейное увеличение напряжения не перейдет в нелинейное (рис. 3), а точка U<sub>n</sub> будет определять ток, при котором происходит насыщение материала магнитопровода:  $I_{нас} = U_n / 0,2$ . Если на первом диапазоне точки U<sub>n</sub> достичь не удалось, включают второй диапазон генератора.

Следует отметить, что максимально допустимая длительность импульса напряжения на катушке индуктивности L<sub>n</sub> в точке U<sub>n</sub> обратнопропорциональна напряжению этого импульса. Например, если в устройстве при напряжении питания 15 В проверяют импульсный трансформатор и насыщение наступает при длительности импульса L<sub>n</sub> = 300 мкс, то в сетевом импульсном блоке питания при напряжении питания 300 В длительность импульса должна быть в 20 раз меньше: L<sub>n</sub> ≤ 15 мкс.

**Конструкция и детали.** Все детали смонтированы на плате из односторонне фольгированного стеклотекстолита, ее чертеж показан на рис. 4. Плату размещают в корпусе из изоляционного материала, на стенках которого устанавливают гнезда для подключения осциллографа, катушки индуктивности (можно применить зажимы "крокодил"), выключатель и переменные резисторы. В устройстве применены переменные резисторы СП, СПО, СП-4, резистор R8 — С5-16МВ-2Вт, остальные — МЛТ, С2-33. Конденсаторы C4, C5 — К50-24, C3 — К50-35 или аналогичные импортные, C1, C2 — К73-9, К73-24, К10-17. Диоды КД510А заменимы импульсными малоомощными серий КД503, КД521, КД522 с любыми буквенными индексами, диод FR801 можно заменить на FR802, FR803, HER801, транзистор IRFZ44N — на IRFZ48N, транзисторы КТ3117А, КТ313А — соответственно на КТ698 и КТ6127 с любыми буквенными индексами.

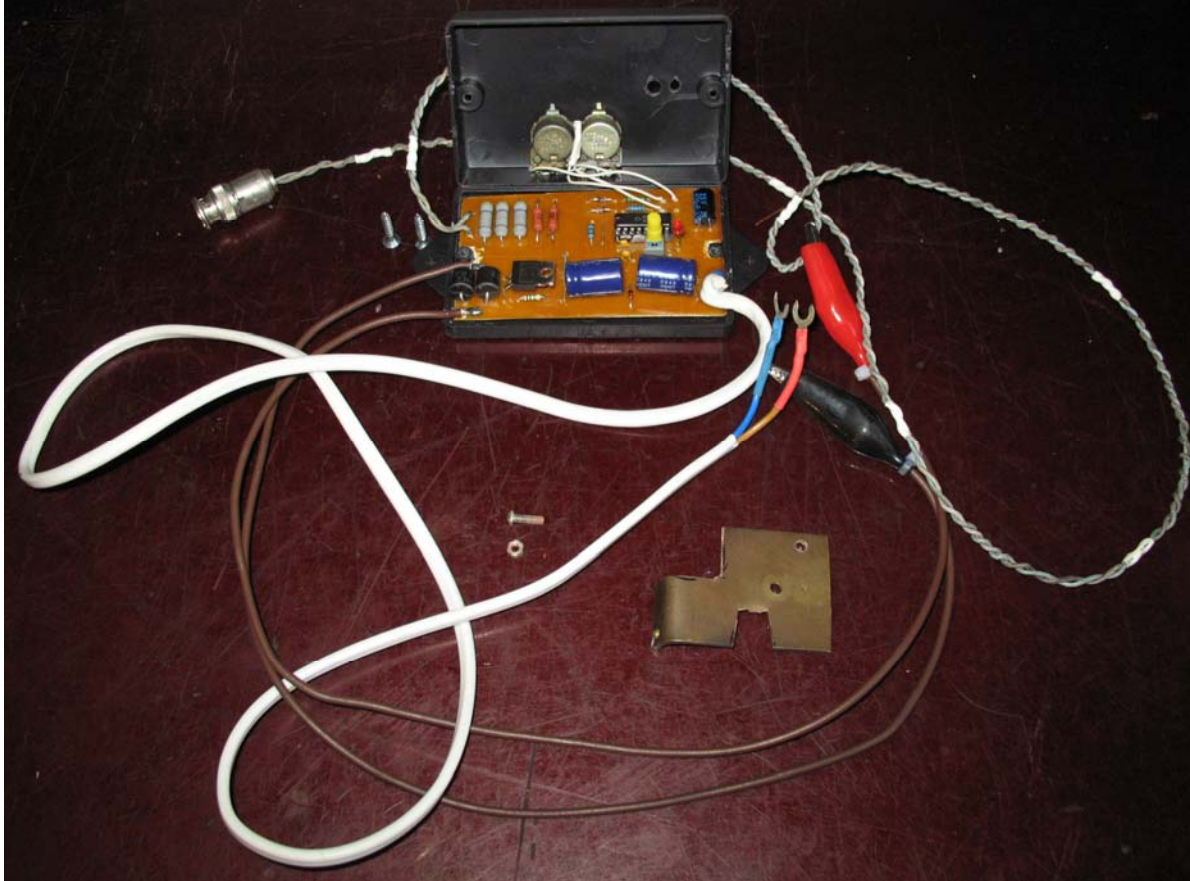
Для питания устройства используют стабилизированный источник питания с защитой по току и выходным напряжением 10...15 В при токе до 1 А. Настройка сводится к проверке работоспособности генератора и при желании — градуировке шкал переменных резисторов. Практическая польза от проведенных измерений состоит в том, что можно упростить расчеты, которые дают приближенные результаты и требуют экспериментальной проверки, и получить конкретные результаты, более совместимые с решаемой задачей.

Все вроде бы понятно. Единственное хочу добавить:

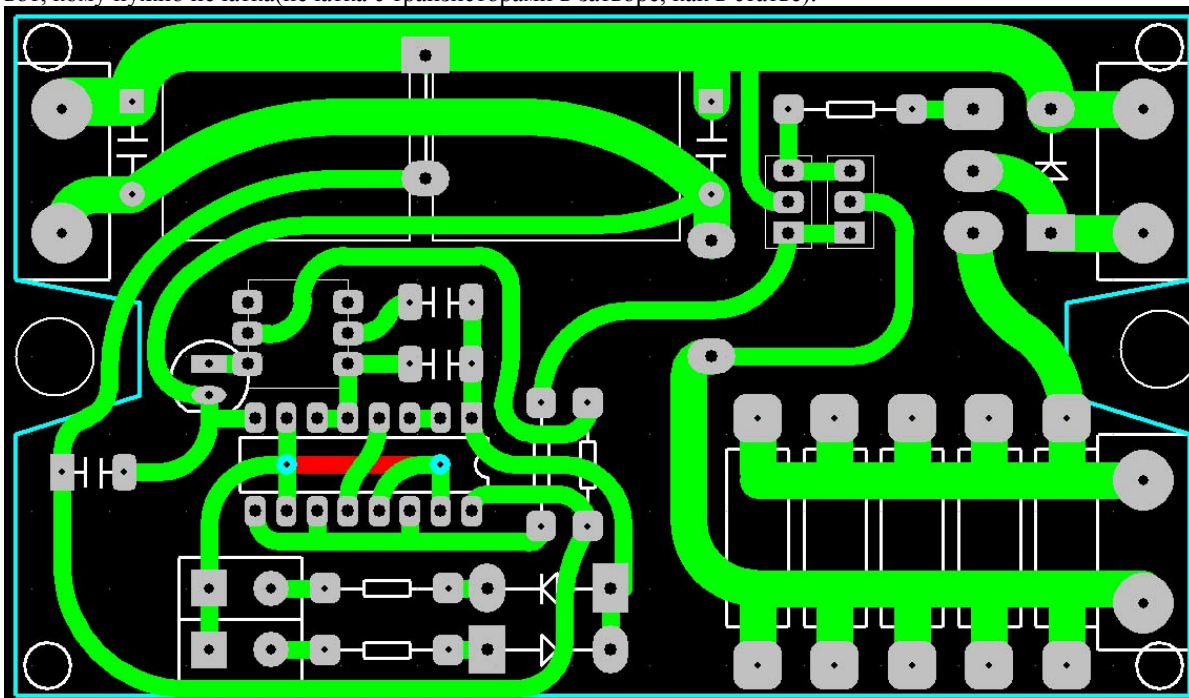
1. – Что обратный диод работает в жутком режиме. В схеме он на 8A (HER801) У меня стоит в параллели два по 6A. Греются очень сильно оба. Палец не удержишь, посему покупайте мощнее.
2. – Не нашел указанной микросхемы, поставил 561ЛН1, естественно развел свою плату под нее.
3. – Конденсаторы на входе лучше поставить емкостью поболее, меньше нагрузка на БП.
4. – Транзистору требуется радиатор (на фото он свинчен и лежит рядом), транзистор можно заменить на STP60NF06, как писал Кабельщик, лучше и дешевле
5. – В статье не указан номинал конденсатора под надписью «диапазон». Его можно взять 2n2–3n3
6. – Резистор R4 увеличить с 10к до 30к
7. – Транзисторы раскачки полевика можно выкинуть и напрямую с запараллеленных логических элементов подать через 1к на затвор полевика.

*Что впоследствии и было сделано*

Вот фото результата



вот, кому нужно печатка(печатка с транзисторами в затворе, как в статье):



ряд запараллеленных резисторов (в нижнем правом углу) удобен тем, что можно спокойно напараллелить нужный номинал. О том какой он нужен, расскажу ниже.

О принципе работы прибора можно почитать в вышеприведенной статье.

Теперь о том как его использовать применительно к нашему делу.

Во первых перед его применением, вы должны определится на какой макс. сварочный ток делается аппарат.

Допустим вы решили сделать его на 160А. Следовательно, при 160А в дуге, напряжение на дуге должно быть на уровне 24В *(это номинальное напряжение горения сварочной дуги, в ваших расчетах оно всегда будет 24В)*

Значит, по закону Ома, отсюда сопротивление дуги  $R_{дуги} = 24/160 = 0,15$  Ом.

Вот это сопротивление вы и должны подобрать в приборе Гумерова–мумерова. Как его подобрать и измерить, если настолько точного омметра нет?

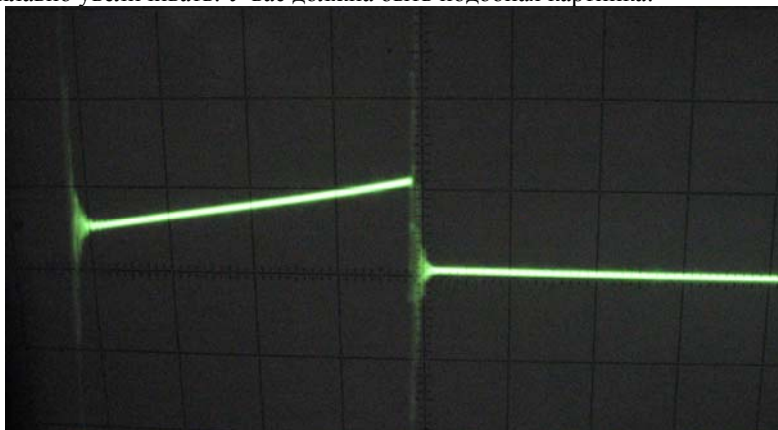
По тому же закону Ома.. Подаем на это сопротивление напряжение с блока питания, меряем ток, протекающий через него и напряжение на нем. И считаем по формуле  $R=U/I$ .

Закончили подгонку. Теперь приступим к настройке зазора дросселя.

- подключаем дроссель к прибору.
- подключаем прибор к осциллографу
- подаем на прибор 12V питания. Вы должны услышать пищание или трещание дросселя *(то что вы услышите, зависит от поданой частоты и включеного делителя частоты на приборе)*
- Сильно большую частоту не ставьте – большой ток будет, и все греется будет.*
- добейтесь нормальной видимости импульса на осциллографе
- поставьте маленькую его длительность ручкой на приборе Мумерова–умерова

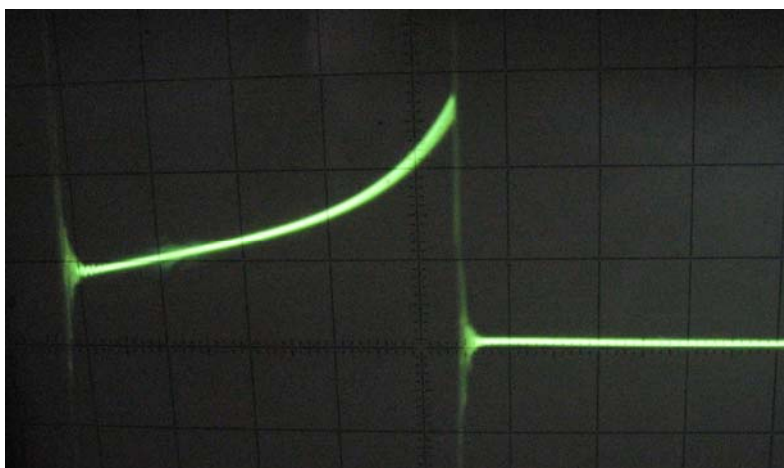


– начните ее плавно увеличивать. У вас должна быть подобная картинка:

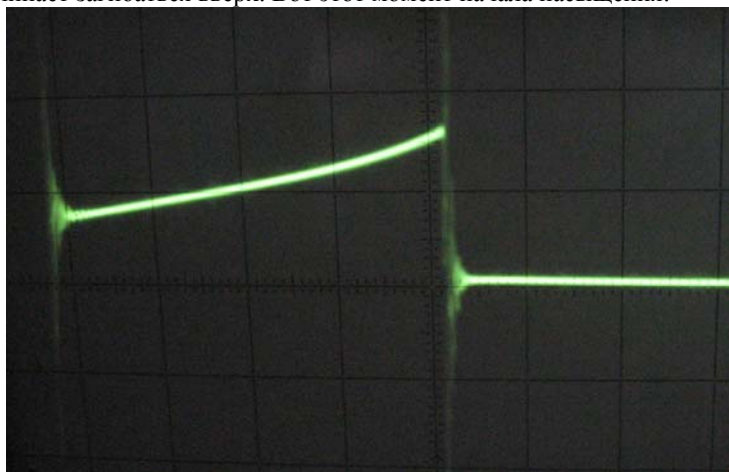


*Хочу предупредить сразу. Это пример расчета, сделан по оффонарному сердечнику, и чисто для примера и понимания сути расчета. У вас могут другие цифры получаться!*

На ней хорошо видно как линейно возрастает импульс с увеличением длительности. Если мы и дальше начнем накручивать резистор длительности импульса на приборе, то получим такую картинку:



И на ней явно виден залет сердечника в насыщение(загиб кверху). Начало насыщения – это момент, когда наклонная линия, начинает загибаться вверх. Вот этот момент начала насыщения:



Отсюда линейный участок, до момента насыщения, по длительности (горизонталь) составляет 4 деления, по напряжению (вертикаль, амплитуда) 1,3 деления.

При этом на осциллографе стояли рукоятки в следующем положении:

Длительность – 20мкс/дел  
Напряжение – 1Вольт/дел

Теперь, имея эти данные, мы можем посчитать ток насыщения дросселя. По осциллограмме напряжение насыщения = 1.3деления (вертикаль)×1Вольт/дел (ручка делителя напряжения осцила) = 1,3 Вольта.

Отсюда ток насыщения = 1.3В/0.15Ом (наше расчетное сопротивление дуги) = 8.6 А

Теперь мы можем узнать ток КЗ. Для этого умножим полученный ток на 12.

*Откуда 12? Получено это число эмпирическим путем. из поста KLIMa:*

*Умножение на 12 - это совпадает с практикой. А почему так - потому что б - это коэф. трансформации а еще на 2 - это потому что двукратный. 6\*2=12. Причем проверенный КТ315 ток на девайсе - ровно в 12 раз меньше тока КЗ, как его (дроссель) не крути*

$$I_{кз}=8,6 \times 12=104A$$

Значит ток КЗ у нас 104А. Явно проглядывается, что мало. Но продолжим.

Теперь прикинем рабочий ток. Напряжение, до которого участок линеен, без малейших признаков загиба, судя из осциллограммы, это вплоть до 2,2В. Зная сопротивление дуги, считаем.

$$I_{рабочий}=U_{рабочий}/R_{дуги} * 12=1.1/0.15 * 12=88A$$

Это нас не устраивает. Поскольку задумывалось сделать рабочий ток 160А. Чтоб увеличить его, подкладываем по все 3 керна феррита одинаковую по толщине прокладочку. Можно для начала толщиной 0.5мм. Это значит, что зазор у нас выходит 1мм (почему 1мм? Потому, что если, как бы, сложить крайние керны феррита в один, получится эквивалент П-образного сердечника с двумя зазорами по периметру, а раз они последовательно в магнитной цепи стоят, то их складываем и получаем магнитный зазор 1мм)

Проводим снова замеры

*(для краткости предположим, что замеры уже сделаны, осциллограммы те же, можно смотреть на них, но ручка делителя осциллографа стояла как будто на...см.далее)*

При этом на осциллографе стояли рукоятки в следующем положении:

Длительность – 20мкс/дел  
Напряжение – 2Вольт/дел

Теперь, имея эти данные, мы можем посчитать ток насыщения дросселя. По осциллограмме напряжение насыщения = 1.3деления (вертикаль)×2Вольт/дел (ручка делителя напряжения осцила) = 2.6 Вольта.

Отсюда ток насыщения = 2.6В/0.15Ом (наше расчетное сопротивление дуги) = 17.3 А

Теперь мы можем узнать ток КЗ. Для этого умножим полученный ток на 12.

*Откуда 12? Получено это число эмпирическим путем.*

*из поста KLIMa:*

*Умножение на 12 - это совпадает с практикой. А почему так - потому что б - это коэф. трансформации а еще на 2 - это потому что двукратный. 6\*2=12. Причем проверенный КТ315 ток на девайсе - ровно в 12 раз меньше тока КЗ, как его (дроссель) не крути*

$$I_{кз}=17,3 \times 12=208A$$

Значит ток КЗ у нас 208А.

Теперь прикинем рабочий ток. Напряжение, до которого участок линеен, без малейших признаков загиба, судя из осциллограммы, это вплоть до 2,2В. Зная сопротивление дуги, считаем.

$$I_{рабочий}=U_{рабочий}/R_{дуги} * 12=2.2/0.15 * 12=176A$$

Это нас тоже не устраивает. Много. (хотя кому как, можно и оставить так)

Чутко уменьшаем прокладку. Снова производим замеры и расчеты. И т.д. до тех пор, пока не выйдем на ток в 160А.

Теперь когда дроссель настроен, устанавливаем его в аппарат, вместе с подобранными прокладками в зазоре.

Мне лично больше нравится этот способ. Он бескровный и удобнее, не в пример тому, как советует на шунте и нагрузке т-рищ Негуляев.

Большая часть работы позади. Остались приятные мелочи. Настроить резонанс и в бой.



## НАСТРОЙКА РЕЗОНАНСА И РЕГУЛЯТОРА ТОКА НАСТРОЙКА РЕЗОНАНСА

Предлагаю пойти любыми из 2 путей.

1 путь. Лампочка.

Недостаток: – вносит небольшую погрешность.  
– не видна синусоида (а вдруг проблемы с ее формой)

Достоинства: – простота

2 путь. Осциллограф.

Недостаток: – нужен осциллограф (это скорее не недостаток, а необходимость)

Достоинства: – точность и визуальный контроль формы синусоиды

Начнем.

1 путь тоже, что и второй, только без осциллографа и в разрыв цепи включается лампочка, по яркости ее горения вычисляют резонанс.

2 путь.

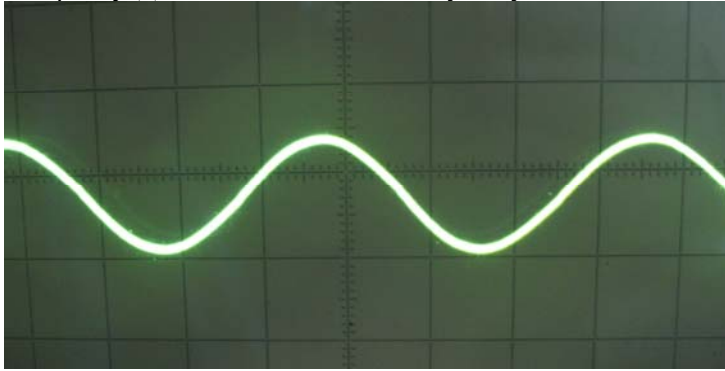
– Подключаем осциллограф параллельно резонансному конденсатору

– Нагружаем трансформатор нашим сопротивлением 0,15 Ом (нужен баянчик приличный, опущенный в воду или мощный реостат)

– Подаем напряжение 220В только на БП сварочника! (при этом резонансный контур должен быть полностью собран (*транс, дроссель, резонансный конденсатор*)).

– Подаем на выпрямительный входной мост напряжение 40–50В.

– Смотрим на осциллограмму. Должна быть похожа на синусоиду



Синусоида может быть не такой красивой, содержать маленькие выбросы у вершин, быть с увеличенной шириной линии (паразитная модуляция) – это не смертельно. Желательно конечно иметь ее почище.

Теперь начинаем настраивать резонанс.

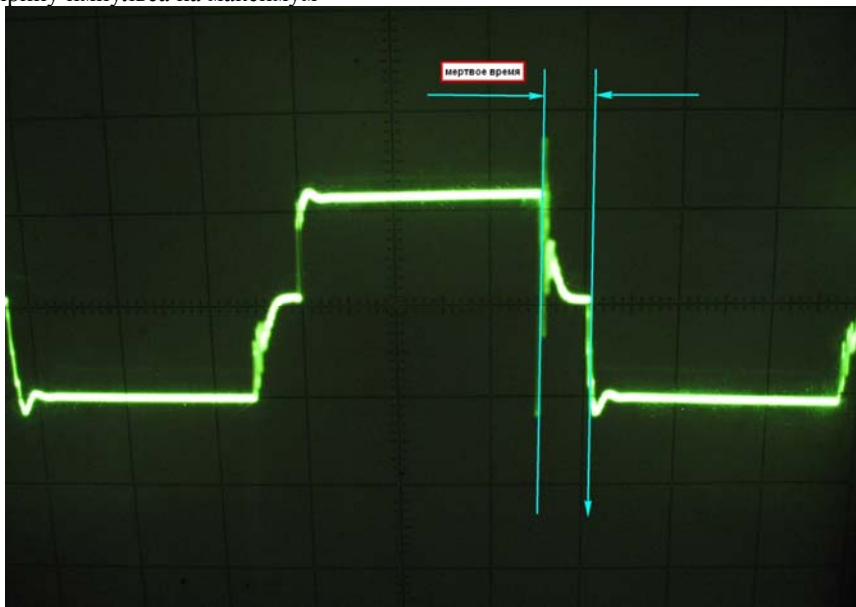
– крутим в плате управления подстроечный резистор частоты и наблюдаем за размахом (амплитудой) синусоиды и смотрим

– наигравшись, выставляем то положение резистора, при котором размах максимален, и слегка делаем частоту ниже (при номинальном напряжении 300В, она чуток поднимется).

Теперь нужно выставить мертвое время и минимальный ток. Это делается подбором номинала подпирющих резисторов, стоящих у переменного резистора тока. Это R1 и R2 в Климовской схеме и 8к2 и 4к7 в Негуляевской.

Для этого:

– Ставим ширину импульса на максимум >



– Увеличиваем (уменьшаем) номинал подпиряющего резистора (прицепленного с той стороны резистора тока, к которому подведен его бегунок). Добиваемся, чтоб ширина была не менее 1.5мкс (по паспорту для IRG4PC50UD мертвое время должно быть не менее 1,2мкс, а 1,5мкс – это с запасом, но я делал 2мкс)

– Далее выставляем минимальную ширину импульса. Для этого крутим переменный резистор тока на минимум. Должны увидеть примерно такую картинку:



По опыту скажу так. Минимальную ширину импульса не стоит сводить в иглу прям. Лучше сделать, чтоб минимальная ширина импульса составляла половину от его максимальной ширины. Поясню почему.



Вот на фото вы видите ту ширину, на которой сварочник фактически не варит, а только держит дугу и слегка разогревает кончик электрода. Нужен вам меньший ток? Думаю нет. К тому же сделал так как советую – сделаете плавнее регулировку сварочного тока.

– И теперь вы вторым подпиряющим резистором – уменьшаете(увеличиваете) минимальную ширину до тех пор, пока ее размер не будет равен половине максимальной ширины импульса. (Об этом еще Nexor писал)

– снова ставим резистор тока на максимальную ширину импульса. Снова проверяем мертвое время. Если оно чуток сбилось – выравниваем первым резистором. И так постепенно приближаемся к тому – чего хотим.

После этих регулировок собираем полностью схему до кучи. Подключаем к сети через предохранитель на 10А, ставим электрод, увеличиваем резистором ток до максимума, щелкаем выключателем и ...пробуем

варить. Если дуга зажигается нормально, в аппарате посторонних звуков нет, то все нормально. Теперь можно идти и заваривать противному соседу его бронированные двери. Пусть почувствует себя под надежной защитой.

ПРОДОЛЖЕНИЕ и ДОПОЛНЕНИЕ СЛЕДУЕТ....