

Эффективный источник питания индуктивной нагрузки.

Тема взята с сайта www.skif.biz

Итак, ставилась следующая задача. Запитать индуктивность нашего будущего электродвигателя таким образом, чтобы при каждом насыщении ее энергией забирать эту энергию (точнее ее большую часть, за минусом потерь) за счет использования ЭДС самоиндукции т.н. "Контр ЭДС" или Back EMF (как вам это больше нравится). Напомню, что данная сила возникает в любой катушке индуктивности в тот момент, когда ее поле начинает коллапсировать, т.е. когда на катушку прекращается подача тока. По сути дела, ЭДС самоиндукции и есть мера индуктивности катушки. Также, в момент прекращения подачи тока на катушке меняется полярность напряжения (т.к. она в этот момент сама становится источником энергии) но НАПРАВЛЕНИЕ протекающего тока в цепи НЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ. Для нас это очень важно.

Также, схема должна обеспечивать:

1. Питание индуктивности мощными импульсами с возможностью плавной регулировки частоты их следования от 0 до 100 Гц.
2. Сбор обратной ЭДС в широком диапазоне нагрузок двигателя (т.е. изменения индуктивности обмотки в процессе его работы).
3. Возможность сбора генераторной ЭДС в будущем.

При этом каким-то образом необходимо измерить количество полученной механической работы, которую способно совершить создаваемое таким образом магнитное поле. После того, как схема была собрана, результат превзошел все ожидания. В качестве катушки индуктивности использовался сердечник от трансформатора ТС 280 с одной катушкой. Параметры катушки:

530 витков провода ПЭВ 0.6 мм.

Сопротивление 5.5 Ом.

Индуктивность:

при сжатом полностью сердечнике (замкнутом магнитном потоке) 350 мГ.

при отсутствии сердечника около 2 мГ.

при зазоре 1 мм 60 мГ.

при зазоре 0.2 мм 180 мГ.

Данные по индуктивности примерные. Измерение проводилось прибором VC 9808+. Под нагрузкой, понятное дело, значения индуктивности будут отличаться.

Самый важный параметр: вес сердечника около 1.5 кг (обоих половинок вместе).
Материал: электротехническая сталь в виде пластин толщиной 0.35 мм загнутых в П-образную форму.

При работе установке наблюдается очень мощный шум от ударов половинок сердечника друг об друга. При этом создается значительная вибрация. Трансформатор ползает по столу, вибрация распространяется также по полу и стене. Такое впечатление, что работает перфоратор. Усилие, с которой стягиваются половинки сердечника такое, что в полностью притянутом состоянии разорвать их руками невозможно. Если расстояние 1 мм сила притяжения их друг к другу составляет около 2 кг.

При этом от батареи 12 V потребляется ток, не превышающий 0.5 А при максимальной (около 70 Гц.) частоте следования импульсов. На основании всего вышесказанного я делаю следующий вывод:

Такой способ питания катушки индуктивности эффективен и требует дальнейшего изучения. На данный момент не существует серийно выпускаемых устройств, использующих эффект сбора обратной ЭДС для последующего его использования.

Чтобы развеять сомнения скептиков и сомневающихся привожу фото и схему установки, осциллограммы. Также описание работы схемы. Информация предоставляется в полностью открытом виде - ничего не скрывается.

Эффективный источник питания индуктивной нагрузки

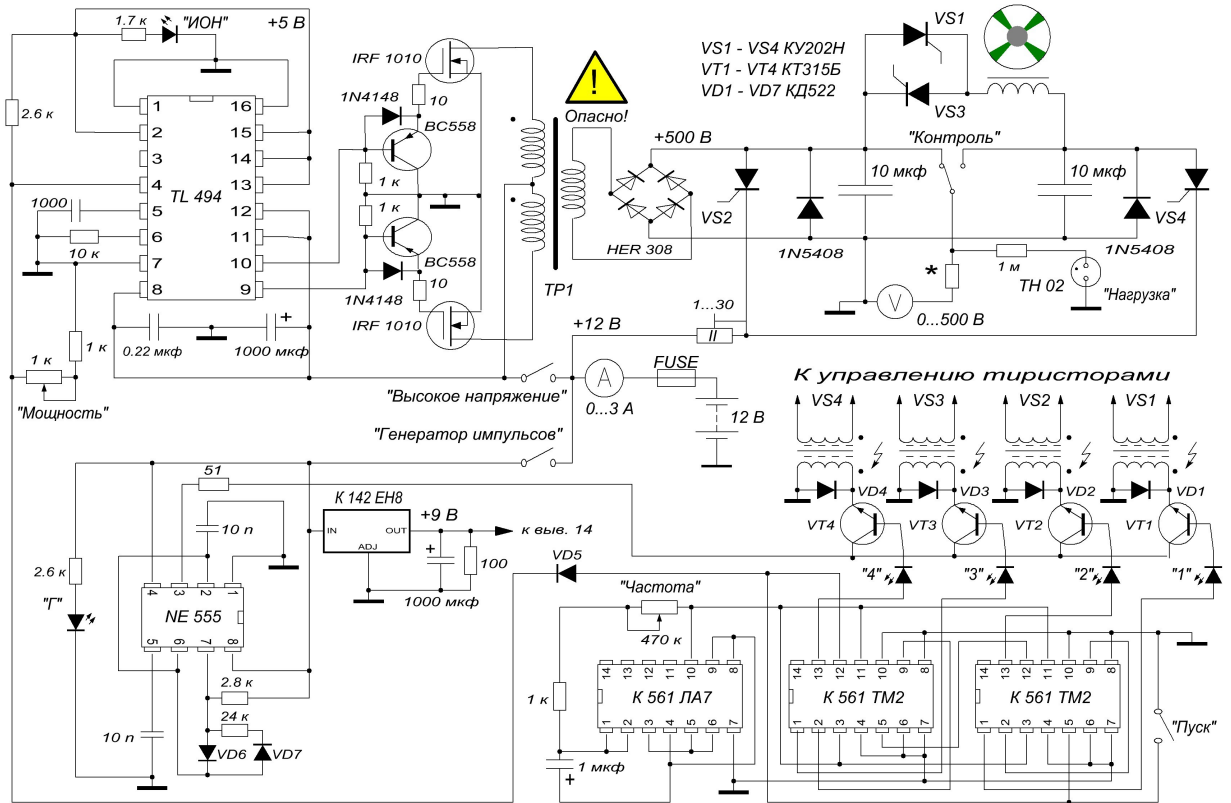


Рис. 1 Источник питания индуктивной нагрузки

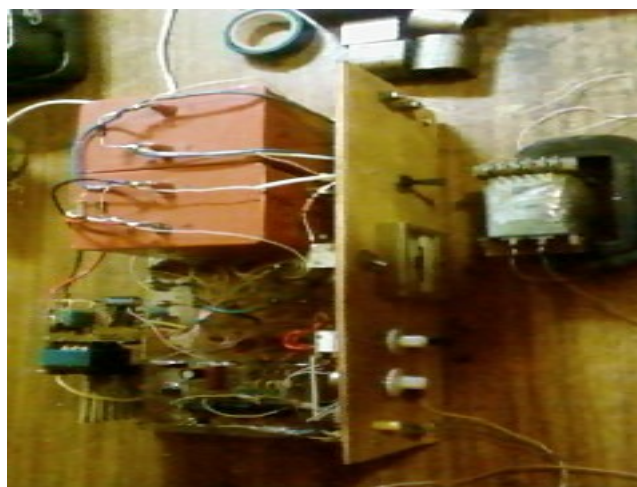


Рис. 2 Вид устройства сверху.



Рис. 3 Устройство спереди

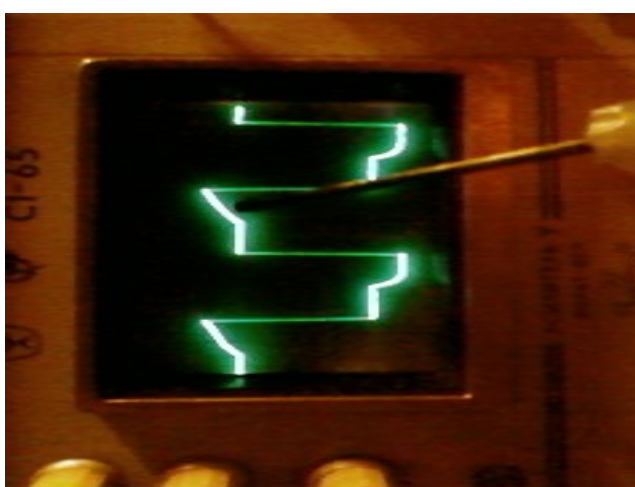


Рис. 4 Сигналограмма на С1.



Рис. 5 Сигналограмма на С2

Важно: на сигналограмме С1, рис. 4, отверткой показан участок, где идет потребление энергии от инвертора т.е. ЗАРЯД С1 до нужного значения. Инвертор не питает напрямую нагрузку! Он только компенсирует потери в контуре. Потери зависят ТОЛЬКО от добротности контура. Это - центральная идея всей установки.

Описание схемы.

На вложенном рисунке - упрощенная (без тиристорov) схема силовой части. Это действующая модель для понимания процессов происходящих в реальном устройстве. Работает схема следующим образом. Напряжение из электросети, через лампу, которая выполняет функцию защиты от КЗ попадает на умножитель, где на выходе получается около 550 вольт. Напряжение особо не важно, но лучше больше т.к. лучше ощущается эффект механической работы магнитного поля. Сначала нажимаем кнопку "заряд" и доводим напряжение на С3 до нужного значения. Далее, отпускаем кнопку заряда и нажимаем кнопку "Импульс". При этом переключатель "Такт" должен стоять так, чтобы образовывалась цепь:

- С1.
- Кнопка.
- Диод с переключателем, меняющий полярность диода.
- ИНДУКТИВНОСТЬ.
- С2.

При нажатии кнопки "Импульс" происходит следующее. С1 разряжается через диод на индуктивность. Вокруг индуктивности создается магнитное поле, которое МОЖЕТ совершить механическую работу. В нашем случае - громко щелкают половинки сердечника. Далее, магнитное поле начинает разрушаться т.к. энергия С1 иссякла, но при этом, оно (поле) никуда пока не делось и начинается процесс генерации ЭДС самоиндукции катушки, который приводит к тому, что С2 начинает заряжаться. После того, как энергия поля иссякла окончательно на С2 присутствует около 80% от начального напряжения на С1 причем с тем же знаком (это главная фишка этой схемы).

Поскольку не вся энергия конденсатора С1 была поглощена индуктивностью (увы, наш мир несовершенен) что-то на нем еще осталось - это примерно 15-20% от исходного напряжения на С1 этот заряд можно сбросить куда-нибудь (лучший вариант - назад в батарею) или просто замкнуть на землю. Для чего в схеме сделана кнопка "Сброс".

Далее, поворачиваем тумблер "Такт" в другое положение и нажимаем снова кнопку "Импульс". Происходит обратный процесс. С2 разряжается на ИНДУКТИВНОСТЬ, которая своим Контр ЭДС заряжает С1 до 50% (не менее) от напряжения питания. И при этом, как и в первом случае, поле МОЖЕТ СОВЕРШИТЬ ПОЛЕЗНУЮ МЕХАНИЧЕСКУЮ РАБОТУ!

Таким образом, источник питания не питает напрямую нагрузку, а лишь обеспечивает подкачку контура порциями энергии, необходимыми для его работы. А теперь представьте, что коммутация происходит 50 - 100 раз в секунду что, собственно, и честно делает основная схема. Процесс этот я называю таймингом.

Почувствовали, куда я клоню? Или дальше будем крутить Фарадеевы рамки с током? Хватит, наверное, уже.

Я не верю в ОУ устройства! НО.

1. Так (пока) не питает индуктивную нагрузку никто.
2. Все существующие двигатели вообще не способны собирать обратный ЭДС обмоток.
3. Данная схема (при некоторой доработке) позволит собрать еще генераторную ЭДС.

Все эти вещи должны дать очень интересные результаты. И требуют дальнейших исследований...

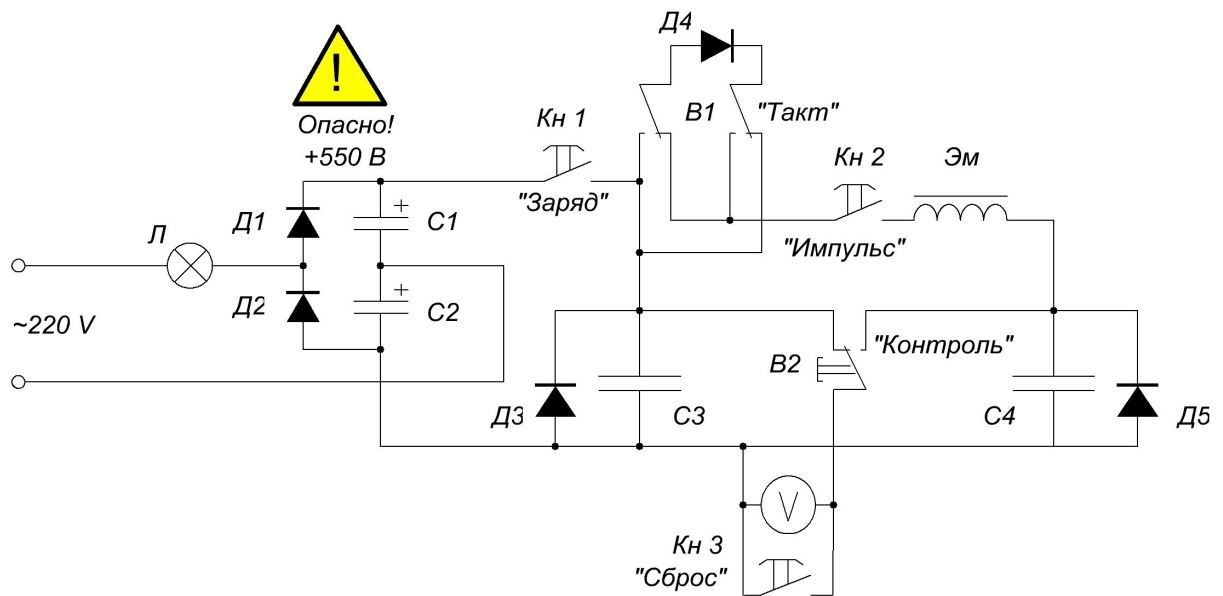


Рис. 6 Модель силовой цепи

Теперь, собственно, описание схемы. Зная принцип коммутации (см. выше) можно рассказать о самой схеме. Несколько слов о ТИРИСТОРАХ.

Эти электронные приборы уникальны тем, что открыв их ИМПУЛЬСОМ закрыть их уже невозможно, пока протекает ток через анод-катод тиристора. Это очень важное свойство! В схеме осуществляется только их "поджиг" (аналогично трубкам Грея) через импульсные трансформаторы ТИ1 - ТИ4 что, обеспечивает такты работы устройства. Закрываются тиристоры САМИ при истощении источника энергии, т.е. при прекращении тока в цепи. Второе важное свойство тиристоров - они способны пропускать ток только в ОДНОМ направлении. Это предотвращает возникновение гармонических колебаний, которые нам испортили бы всю "малину". Еще момент. Все устройство - импульсное.

Устройство представляет собой три отдельных блока:

1. Силовая часть, коммутирующая индуктивную нагрузку.
2. Инвертор DC-DC $12 > 500$ (500 В это на холостом ходу).
3. Блок управления, формирующий необходимые тайминги.

Рассмотрим каждый блок отдельно. Силовая часть уже рассмотрена, следует добавить, что номера тиристоров даны в соответствии с порядком тактов коммутации, т.е. тиристор 1 это первый такт, далее пауза, затем тиристор 2, 3 и 4. Далее снова 1 и так по кругу. Обмотки импульсных трансформаторов должны быть включены между КАТОДОМ и управляющим электродом тиристора, причем важно добиться того, чтобы импульс положительной полярности (при его поступлении с блока управления) попадал на управляющий электрод тиристора, а не на катод, т.е. начала обмоток (точки) должны соответствовать схеме. Диоды, шунтирующие зарядный и разрядный конденсаторы нужны для предотвращения всякого рода выбросов, связанных с тем, что в схеме МОГУТ все же возникнуть гармонические колебания (на начальной фазе открытия тиристора). Подстроечный резистор в цепи тиристоров 2-4 нужен для рассеивания мощности выделяемой при сбросе остатка заряда конденсаторов - без него может выйти из строя тиристор от превышения импульсного тока (один у меня уже сдох от этого). В схеме не ставилась цель сбора этой энергии, схема учебная, поэтому стоит резистор. Вместо него

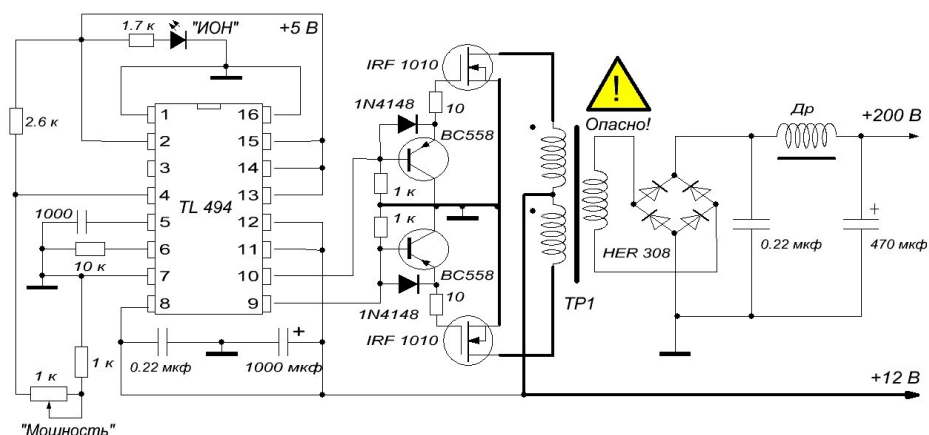
подойдет лампа на 220V 40-75 Вт. В реальной схеме контроллера двигателя, естественно, нужно ставить обратноходовый преобразователь для грамотной утилизации этой ЭДС.

Тумблер "Контроль" (на фото он над микроамперметром), неонка, сам микроамперметр предназначены для мониторинга работы устройства. Поскольку мы имеем дело с импульсами одной полярности, выпрямительный диод в цепи микроамперметра не требуется. Следует учитывать, что напряжение будет показываться примерно среднее между min и max. Резистор, обозначенный * ограничивает ток в цепи микроамперметра. Назначение амперметра и предохранителя надеюсь всем понятно. Тумблеры "Генератор" и "Высокое" нужны для управления устройством.

Инвертор 12 > 500

Инвертор

ВНИМАНИЕ! Устройство достаточно опасно! Не говорите потом, что я вас не предупредил!



Дроссель на кольце 2000 НМ К 20х10х6 (или от дросселя групповой стабилизации БП АТХ) ПЭЛ 1 25 витков
Трансформатор на ферите от тр-ра компьютерного БП АТХ. II=70 витков ПЭЛ 0.6, I=3+3 витка ПЭЛ 1.5
Жирные линии обязательно выполнить толстыми проводами!
Диоды HER 308 можно заменить на КД 213
Выходные транзисторы следует посадить на хороший радиатор.
Цепь +12 выполнить как можно более толстым проводом!
Важно! При отладке инвертора включать через лампу 12V 21-50 Вт чтобы не вынесло мосфеты или TL 494!

Данное устройство представляет собой высокоэффективный импульсный преобразователь, работающий на частоте около 100 кГц. В схеме приняты меры для повышения КПД до максимально возможного. Измерения показали, что КПД этого преобразователя составляет не менее 95% при нагрузке не более 15 Вт. При увеличении нагрузки до 40 Вт КПД падает где-то до 75-80%, но нам это не страшно т.к. устройство "поедает" от батареи 0.5 А максимум, что соответствует мощности 12.6 В * 0.5 А = 6.3 Вт, не больше. На основании этого, можно считать, что схема преобразователя оптимальна. Преобразователь выполнен на микросхеме TL494. Микросхема представляет собой универсальный ШИМ контроллер широкого применения, в частности, эта микросхема применяется в АТХ блоках питания компьютеров. Ее низкая стоимости, возможность внешнего управления шириной импульсов (разными способами) делает ее применение целесообразным в данной конструкции.

Обвязка микросхемы заставляет ее генерировать нужные импульсы, которые поступают на затворы мощных полевиков IRF1010. Многим может показаться, что биполярные транзисторы в цепи затворов полевиков это драйверы, однако это не так. Эти транзисторы сбрасывают потенциал емкости затвора полевого транзистора при прекращении импульса, что важно т.к. такие полевые транзисторы обладают значительной емкостью затвора. Однако их сопротивление канала составляет всего 12 миллиом, что для нас очень важно т.к. мы имеем дело с низким напряжением батареи - всего 12 вольт, поэтому каждый миллиом на счету.

Цепь, подключенная к выводу 4, задает ширину импульсов преобразователя, что позволяет в широких пределах управлять выходным напряжением (резистор "Мощность"), а значит - и мощностью всего устройства. Подача на вывод 4 этой лог. 1 (около +9 В) полностью отключает преобразователь (длительность импульсов становится = 0). Этот сигнал приходит с контроллера управления (цепь с диодом VD 5), когда нужно запретить подкачку контура энергией. На осциллограмме рис. 4 хорошо видно, что преобразователь включается кратковременно, всего на 1 такт цикла коммутации. Это позволяет подзарядить зарядный конденсатор до нужной "кондиции", все остальное время (3 такта) преобразователь отдыхает. Поскольку преобразователь работает на очень высокой частоте, такой способ управления им никак не влияет на эффективность его работы. Светодиод "ИОН" показывает работу источника внутреннего опорного напряжения TL494. Конденсаторы 0.22 и 1000 мкф обязательны, они предохраняют цепь питания от опасных выбросов высокочастотных токов, которые могут возникать от ЭДС самоиндукции обмоток трансформатора преобразователя. Цепочки по 5 и 6 выводам TL494 задают частоту генератора. В нашем случае это около 100 кГц.

Трансформатор сделан на базе "железа" трансформатора от компьютерного БП. Все старые обмотки с трансформатора удаляются. Вторичная обмотка содержит 60 - 70 витков провода ПЭВ 0.5 мм, первичная 3 + 3 витка провода ПЭВ 1 мм.

Диоды выпрямителя - HER308. Можно использовать наши КД213А, у них почти 2х кратный запас по напряжению, в этой схеме они будут работать нормально. С целью снижения радиопомех, провода от вторичной обмотки до диодов должны быть как можно короче.

Блок управления устройством состоит из четырех микросхем и стабилизатора напряжения. Микросхема NE555 формирует импульсы шириной около 15 мксек и частотой следования 8 кГц нужна для управления тиристорами. Микросхема содержит встроенный стабилизатор напряжения, поэтому ее можно питать от первичного источника питания напрямую - без стабилизатора и фильтра. Импульсный сигнал снимается с вывода 3 и через резистор 51 ом, ограничивающий ток, подается на коллекторы ключей управления тиристорами (транзисторы 1-4). Поскольку от генератора следуют импульсы положительной полярности подавать их можно сразу, без какой-либо развязки. Если на базе транзистора присутствует лог.1, по приходу импульса от NE555 транзистор будет вынужден открыться, соответственно, импульс попадет в первичную обмотку трансформатора. Обмотка трансформатора замыкает эту цепь на землю. Поскольку мы имеем дело с короткими импульсами, в схеме ничего не греется.

Внимание! Установка диодов, шунтирующих первичные обмотки трансформаторов обязательна! ЭДС самоиндукции обмоток трансформаторов, а также что-то (радиант Пети Лиденмана), пролезающие при коммутациях в силовой части наводит в трансформаторах токи, которые прут в блок управления и срывают работу генератора или открывают несколько тиристоров одновременно. В общем, схема упорно не работала, пока не были установлены эти диоды. Светодиоды нужны для визуальной индикации тактов работы устройства, а также предотвращают попадание сигнала от NE555 на выходы триггеров.

Микросхема 561ЛА7 является задающим генератором. Резистор на 470 кОм и конденсатор 1 мкф. образуют RC цепочку, от которой зависит частота. Частоту можно менять в широких пределах от 0 до 200 Гц. Микросхемы 561ТМ2 составляют кольцевой счетчик, который обеспечивает поочередное формирование лог. 1 на инверсных выходах триггеров (Внимание! В схеме есть ошибка - прямые выходы перепутаны с инверсными), которые, через диоды соединены с транзисторами.

Эта часть схемы не самое лучшее решение - просто я собрал из того, что было под рукой. Более правильно поставить сдвиговый регистр типа ИР23 или что-то подобное, а еще лучше - УПРАВЛЯТЬ ДЕВАЙСОМ С КОМПА через параллельный порт. Тогда можно написав простейшую программу посылать в порт байт, 4 младших бита которого будут содержать слово для коммутации. Так можно точно задавать частоту повторения импульсов и их длительность с точностью до микросекунды. Однако, это было, наверное, бы уже слишком, поэтому было сделано так, как это есть. Кнопка "Пуск" нужна для запуска счетчика.

Стабилизатор напряжения на 142ЕН8 отвязывает блок управления от источника питания и исключает попадание выбросов от коммутации в схему. Установка его обязательна.

Да, Самый важный момент!

Цепочка прямого выхода четвертого триггера > VD5 > 4 вывод TL494 образует цепь управления (включения/отключения) инвертора напряжения 12 > 500, о котором было рассказано выше. БЕЗ ЭТОЙ ЦЕПОЧКИ НИЧЕГО РАБОТАТЬ НЕ БУДЕТ, а будет грандиозное КЗ и выгорание транзисторов!

Как было сказано в самом начале, источник питания включается только тогда, когда это на самом деле НУЖНО, т.е. на "4" такте коммутации, т.е. когда открыт тиристор 4. В этом вся суть! Это обеспечивает подпитку контура новой порцией энергии для компенсации потерь. Диод VD 5 предотвращает появление лог. 0 на 4 выводе TL 494, что не позволяет последней, формировать слишком широкие импульсы, т.е. всаживать в транс много ампер. В нашем деле это не нужно.

Вопросы, пожелания?

Пишите: vladislav370@gmail.com

Энергия не может принадлежать кому-то одному, потому что мы, и все вокруг нас - Энергия!

Сайт: www.001-lab.at.ua