

Рекуператор на трансформаторе

Для исследования были использованы двойные катушки, намотанные в навал из эмалированного провода, сечением провода около 0,5 мм, с сердечником от ТВС. Длина каждой катушки примерно 5...7 метров. Как шунт для измерения тока **Rш1** и **Rш2** (рис.1 и рис.2) использовалось переменное сопротивление типа **ППБ-25**, номиналом 15 Ом, где выставлялось значение 1...2 Ом, где намотка на бочонок компенсирует индуктивность нихрома на ВЧ, что правильно отображает ток в импульсах, т.к. не создает дополнительной индуктивности измерительного (токового) шунта. Как диоды использовались советские диоды КД213В(Б). На фото ниже показаны катушки с сердечником (от ТВС), сопротивление- шунт для измерения тока цепи (**Rш1**) и диоды.

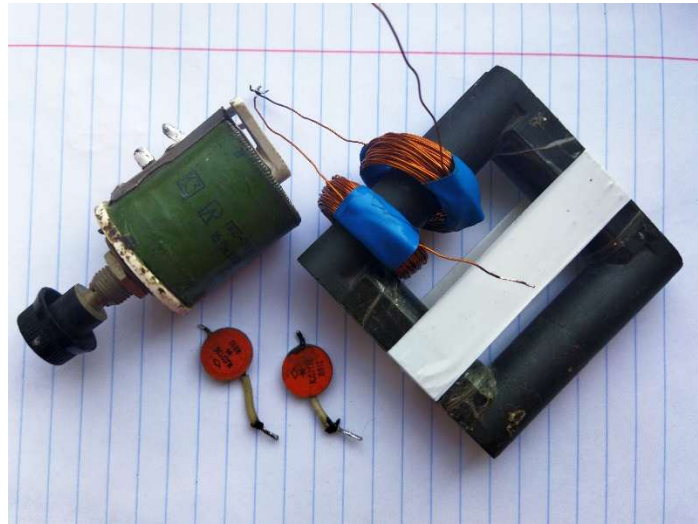


Рис.1.

Осциллограф использовался **Hantek DSO5102P** (с полосой пропускания до 100 МГц), без заземления корпуса (обрыв земляного провода в питающей розетке), чтобы минимально влиять емкостью корпуса осциллографа на схему. Для питания схемы использовал источник не стабилизированного питания, где на выходе трансформатора **ТС-80-4** стоит мостовой выпрямитель (на схемах не показаны), после которого установлен сглаживающий конденсатор **Сф= 100 мкФ** (на схеме показан). Напряжение холостого хода (ХХ) блока питания **Uпит= 10,14 В** (под нагрузкой оно просаживается).

Подавал питание в катушку через силовой ВЧ МОП- транзистор, как показано на схеме на рис.2, работающий в ключевом режиме (VT1- транзистор типа **IRFPG30** или подобный ВЧ), управляемый от генератора на схеме **TL494** (типовая схема на TL494+ драйвер для МОП транзистора IR4427, не инвертирующий).

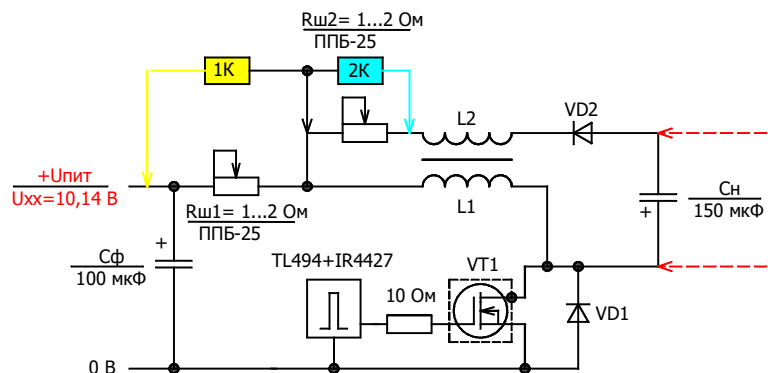


Рис.2.

Сначала показан график без подключенной C_H , цепь в диоде VD1 была оборвана.

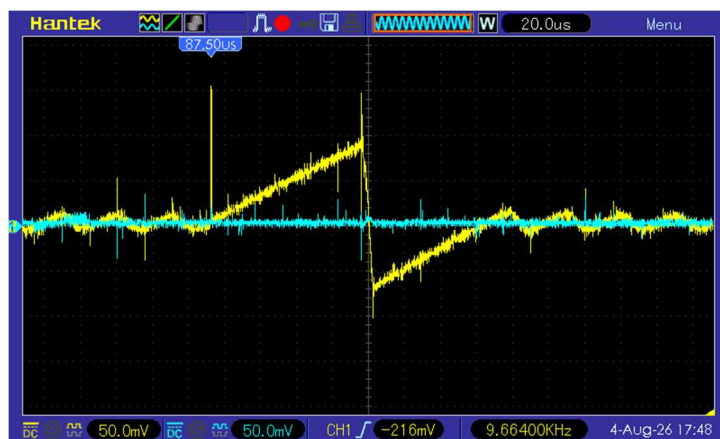


Рис.3.

Генератор так был настроен, чтобы получить максимум возврата энергии в источник, что мы видим, как минусовой ток на желтом графике. Т.е. сначала ток (плюсовой) от источника плавно разгоняется, энергия от источника потребляется, как обычно. Затем цепь резко прерывается и ток разворачивается в обратную сторону, где энергия отдается обратно в источник через обратный диод VD1, при закрытом транзисторе VT1.

Если сделать сильно длительный импульс, то возврат энергии в источник уменьшается, при этом импульс напряжения при отключении транзистора на катушке становится обрезанным сверху, по всей видимости, сердечник насыщается и поэтому возврат энергии в источник падает. При этом обратный импульс при отключении катушки L1 достигает сотни вольт, что ниже будет показано.

Ниже показан график, когда мы подключаем цепь C_H , но закорачиваем C_H перемычкой, как показано на рис.2 красным цветом. Чтобы ток мог двигаться свободно в цепи C_H , через диод VD2. Схема работает только с таким подключением диода, в обратную сторону подключение диода не работает. Так же как и подключение встречных диодов на C_H не дает её зарядки.

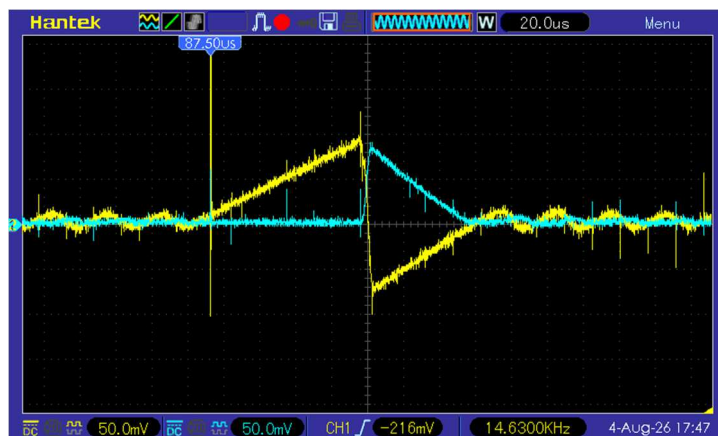


Рис.4.

Где мы видим, что возврат энергии в источник остался тот же, при этом в цепи Сн и во вторичной обмотке течет ток. **Который направлен в том же направлении, как и в обмотке L1! Что весьма необычно.** Т.е. трансформатор работает в другом режиме. И именно поэтому, как я думаю, этот ток не размагничивает обмотку L1. Притом, вероятно, что в L2 и цепи Сн течет **позитронный ток**, а в обмотке L1 и источнике движется ток **электронный**. За счет системы нулевой точки получаем копирование энергии катушки L1 в обмотку L2. Отсюда и название схеме дал «Рекуператор на трансформаторе»

Так же интересно то, что при подключении источника питания, когда ток разгоняется от источника (линейно ускоряется) в цепи L2 тока не возникает, хотя диод VD2 включен в открытом состоянии. Думаю, это объясняется тем, что ЭДС обмотки L1 и L2 направлены встречно. Но при этом при отдаче энергии в источник, когда ЭДС катушек в одном направлении (будет показано ниже), когда ток на желтом графике становится минусовой мы видим, что **ток в обмотке L2 течет такой же как в L1**. Это возможно потому, что в данном случае ток электронно-позитронный в обмотках. И оба тока ускоряются одновременно.

И этот ток заряжает конденсатор Сн, если убрать на нем перемычку. Заряжает примерно до напряжения источника питания (равное 10 В примерно), заряжает примерно на той же скорости, как бы это делала одна катушка. Скорость невысокая, так как ток в обмотках низкий, т.е. несколько секунд идет полная зарядка, дальше это будет измерено. Ниже показан момент в процессе зарядки Сн.

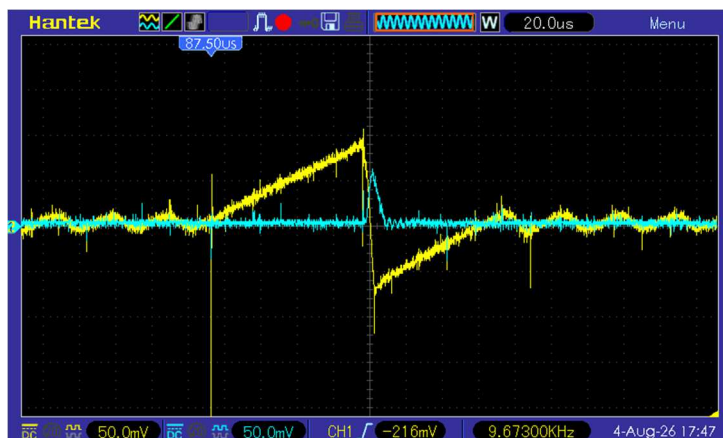


Рис.5.

А ниже показан момент, когда C_n зарядилась.

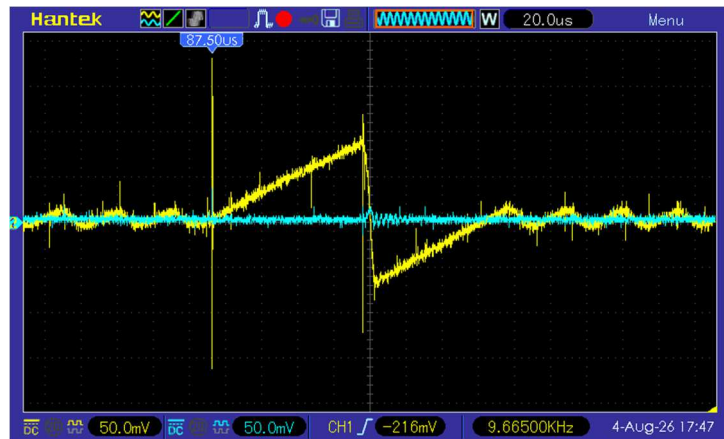


Рис.6.

Как видим, ток зарядки C_n практически не влияет на ток возврата энергии в источник.

Дальше посмотрю напряжения на катушках, как показано на схеме ниже.

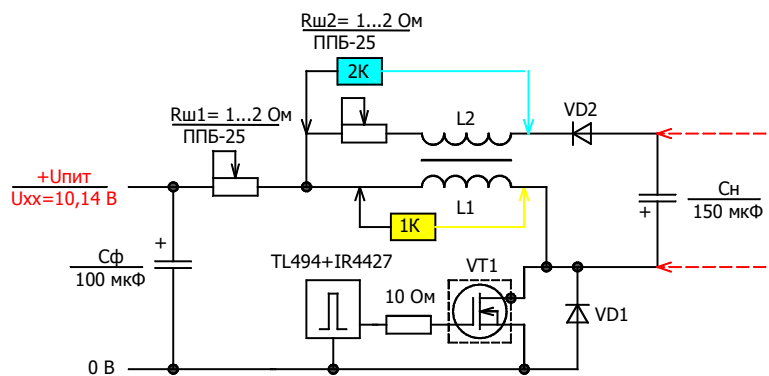


Рис.7.

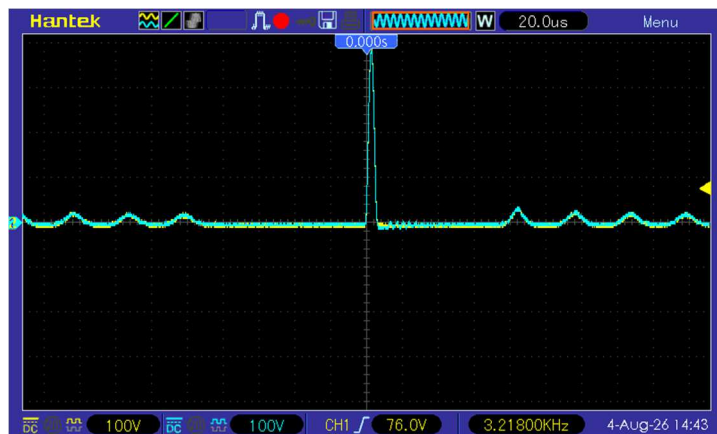


Рис.8.

Как видим, в момент отключения транзистора напряжение достигает в пике почти 400 В. На графике видны ВЧ небольшие пульсации в момент зарядки C_n (за импульсом полочка на голубом графике).

Посмотрю напряжение на C_H осциллографом, как оно нарастает при зарядке, как ниже показано на схеме.

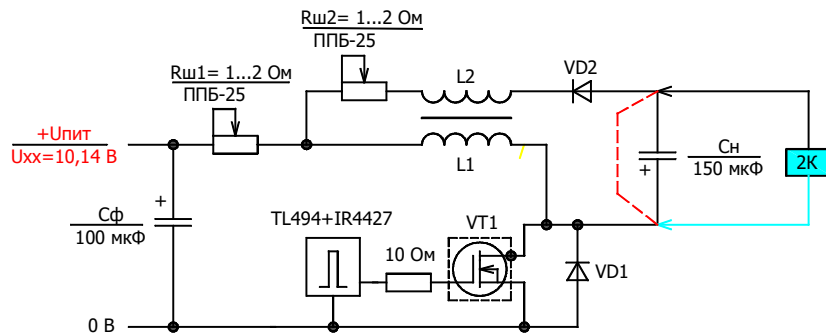


Рис.9.

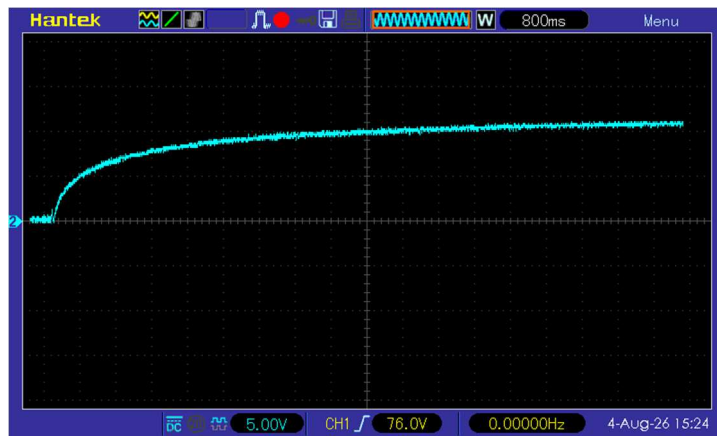


Рис.10.

Как видим, зарядка идет за 13 сек. Это долго, потому, что ток катушки очень незначительный, 100 мА пике, не больше. Причем график показывает рост напряжения C_H в соответствии с энергией катушки и конденсатора, чем больше напряжение на C_H , тем медленнее идет зарядка, так как ток падает, а мощность зарядки должна быть постоянна.

Ниже показан график напряжения в источнике питания при зарядке C_H , снятый во время зарядки емкости, как на рис.10.

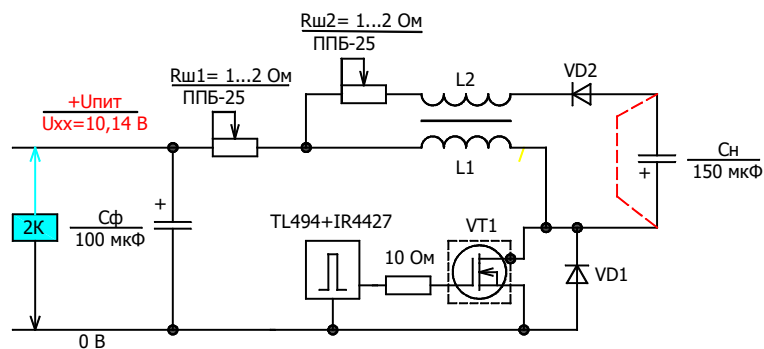


Рис.11.

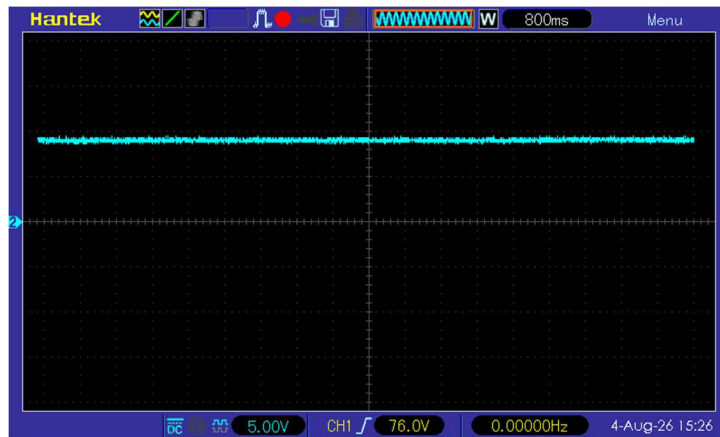


Рис.12.

Как видим, напряжение в источнике питания ниже 10 В. Т.е. на Сн получается даже чуть больше напряжения питания.

Проверил данную схему на **симуляторе схем**. Сначала показана симуляция в режиме замыкания Сн, что соответствует полученному на опыте графику рис.4.

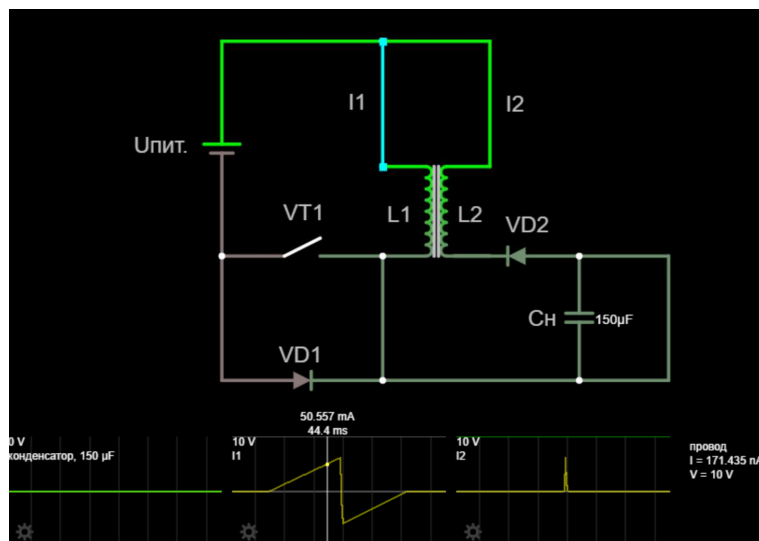


Рис.13.

Как видим, ток I1 в первичной обмотке L1 совпадает с симулятором (он средний на рис.13, внизу), а вот ток I2 вторичной обмотки L2 совершенно отличается, в симуляторе он импульсный (на рис.13 он правый, внизу). А в реальности (рис.4) он повторяет полностью ток первичной обмотки.

Следующая симуляция показана для режима зарядки Сн.

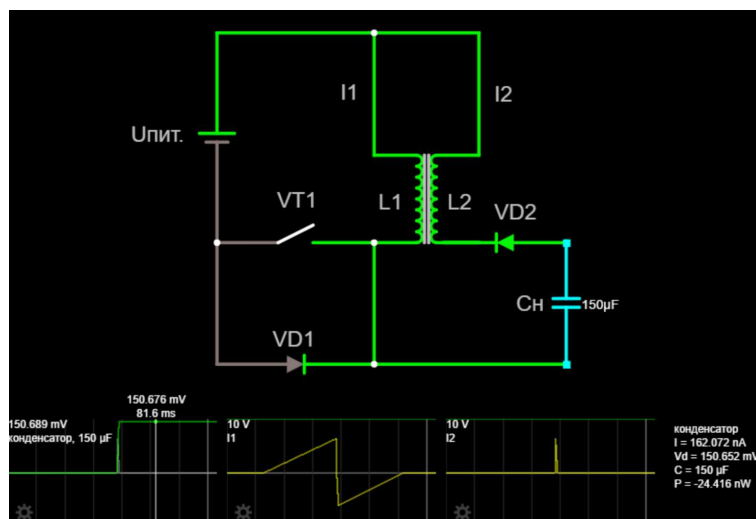


Рис.14.

Как видим, ток зарядки I_2 конденсатора C_H повторяет импульс на рис.13. В реальности же (рис.4 и рис.6) этот ток переменный и уменьшается в процессе зарядки C_H и зависит от напряжения на конденсаторе. В общем, как и ожидалось **симулятор совершенно не отображает реальности**. И не должен, так как он не знает второго вида электричества, позитронного или ударного вида энергии.

Выводы. Данная схема представляет из себя рекуператор энергии, когда в обмотках трансформатора образуются два **согласных тока**, притом они должны быть разной природы, один ток электронный, в другой катушке- позитронный (в цепи L_2). Два тока разной полярности энергии образуют нулевую точку, поэтому энергия заряженной катушки L_1 копируется в нагрузочную обмотку L_2 .

Недостаток схемы, что обратный импульс, который возникает при развороте тока по напряжению получается высоковольтным и поэтому, чтобы такая система работала эффективно, чтобы сердечник не перенасыщался нужно ограничивать токи в катушке, поэтому в данном случае ток катушки не более 100 мА или даже меньше. И плюс потери возникают при развороте тока на перемагничивание сердечника, как обычно. Поэтому не вся энергия возвращается, даже если отсутствует цепь нагрузки. Поэтому, **на практике такое решение малоэффективно**, но с точки зрения понимания дуальной природы электричества опыт весьма показательный.

Ниже на рис.13 показано, как образуется позитронный ток в нагрузке (предположительно)...

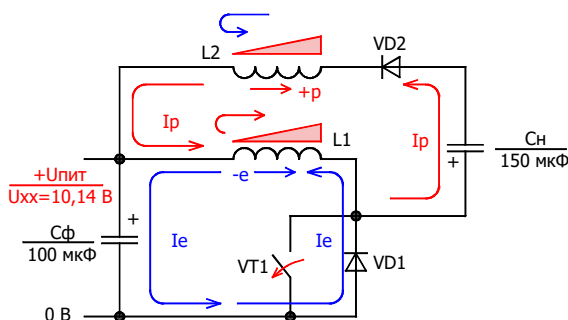


Рис.13.

Когда после отключения транзистора ток останавливается, то энергия запасается в напряжении катушки, поэтому получаем высоковольтный импульс в катушке. И затем формируется обратный ток в катушке L1, идущий в источник и возвращающий энергию источнику, замыкаясь через обратный диод VD1 транзистора VT1. При этом создавая магнитное поле, формируя плюсовой вихрь вокруг катушки, который показан красным на рис.13 и тянет электроны в катушке L1. Этот ток своей ЭДС действует на катушку L2, где тоже есть наведенное напряжение.

И поэтому создаются условия для возникновения ударного тока в катушке L2, где напряжение плавно растет к концу катушки, а значит скорость импульса к концу линии увеличивается. Что формирует позитронное электричество (ударную волну), которое по шунту выглядит как обратный току электронному, что заряжает изнутри конденсатор Сн, где позитроны ускоряются в диэлектрике. Так как позитронные токи обратные электронным, где элемент положительной обратной связи (ПОС) задействуется или можно сказать ударная волна использует энергию сопротивления для её же преодоления.

И поэтому получаем в источнике электронный ток, а в нагрузке- позитронный, где токи по шунту выглядят как текущие в одном направлении, поэтому нагрузка не размагничивает сердечник. В данном случае диод VD2 формирует условия для возникновения ударного электричества, когда при остановке тока в катушке L1 формируется положительное напряжение справа плюсом по рис.13. И поэтому в итоге формируются позитронные токи в катушке L2 и нагрузке Сн, как мне думается.

В итоге видим технологию нулевой точки в действии, на практике для наблюдения. Плюс схемы, что катушки обычные, намотанные в навал, сердечник увеличивает эффективность работы схемы, возврат энергии в источник.

04.08.2026