

Трансформатор со встречными двойными обмотками

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 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. На рис.1 показаны используемые элементы в схеме. Мультиметр для измерения напряжения (V) использовался самый обычный, типа народной 830 модели.

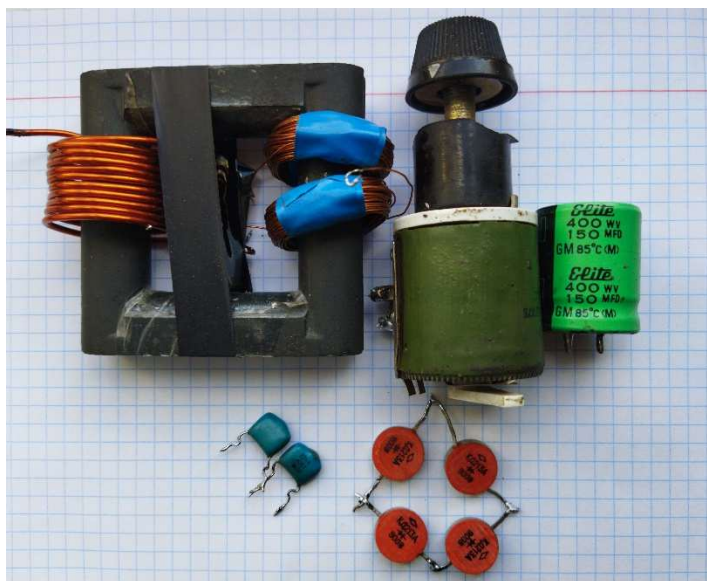


Рис.1.

Осциллограф использовался **Hantek DSO5102P** (с полосой пропускания до 100 МГц), без заземления корпуса (был обрыв сделан земляного провода в питающей розетке), чтобы минимально влиять емкостью корпуса осциллографа на схему. Он обозначен на схемах прямоугольными значками. Второй осциллограф был использован портативный, где нет связи с землей **ZEEWEI DSO2512G** с полосой пропускания 50 МГц. Он обозначен круглыми значками.

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). Хотя напряжение может меняться в зависимости от напряжения сети.

Подавал питание в трансформатор через силовой ВЧ МОП- транзистор, 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).

Принципиальная схема показана на рис.2.

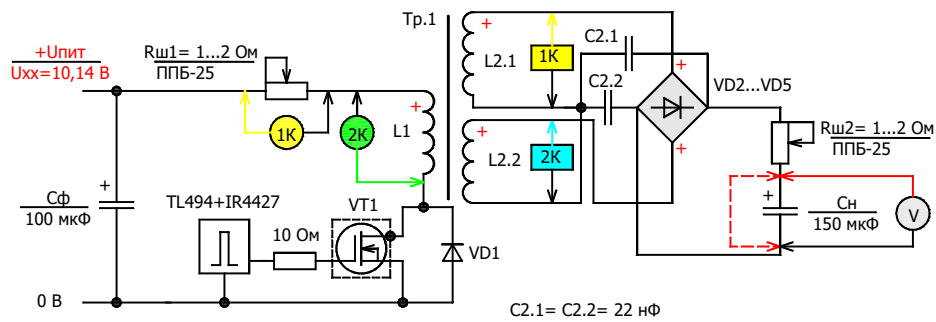


Рис.2.

Импульсы специально между собой разнесены по времени, чтобы наблюдать процессы и их затухание. Притом **зарядка Cн происходит только при наличии емкости C2.1 и C2.2** (достаточно одной емкости), **без них зарядка не происходит совсем**. Притом желательно иметь две емкости, чтобы на плюсовой и минусовой волне иметь равные импульсы и резонансы во вторичной обмотке.

При этом источник был настроен по длине импульса по времени, чтобы в резонанс работать с частотой контуров L2.1C2.1 и L2.2C2.2. Сначала показаны графики для закороченной емкости Cн (перемычка красная пунктирная линия подключена).

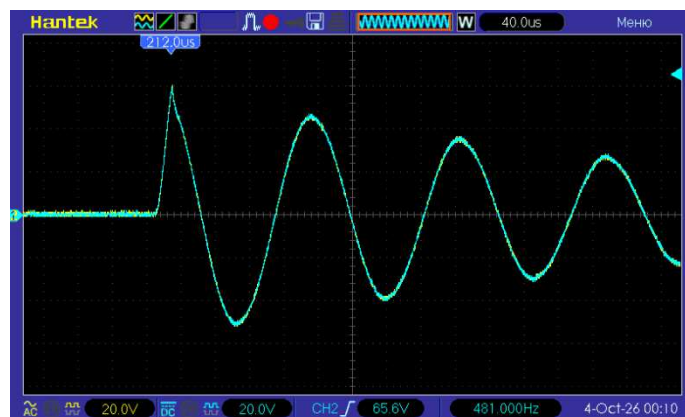


Рис.3.

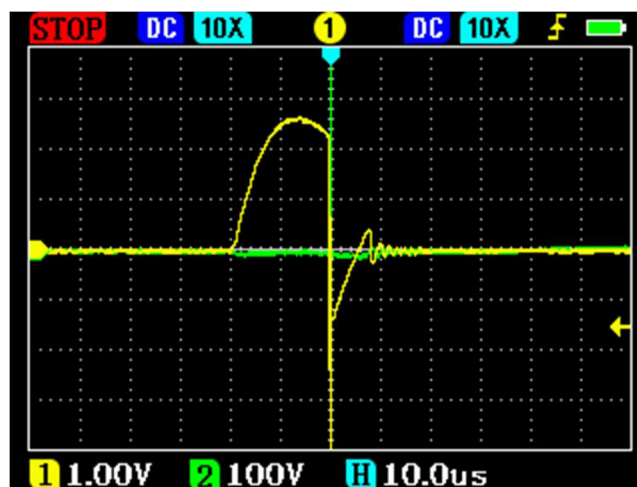


Рис.4.

Как видим на рис.3 прежний импульс полностью затухает к началу нового импульса от генератора. На рис.4 видим, что ток (желтый график) сначала растет, потом спадает в резонансе, но спадает не до нуля, поскольку на LC резонанс накладывается индуктивный (линейный ток). Если сделать импульс по времени больше, то этот линейный ток становится виден.

Емкость C_n заряжается такой схемой до 100 В за 19...20 сек. Ниже показаны графики при напряжении $C_n=100$ В.

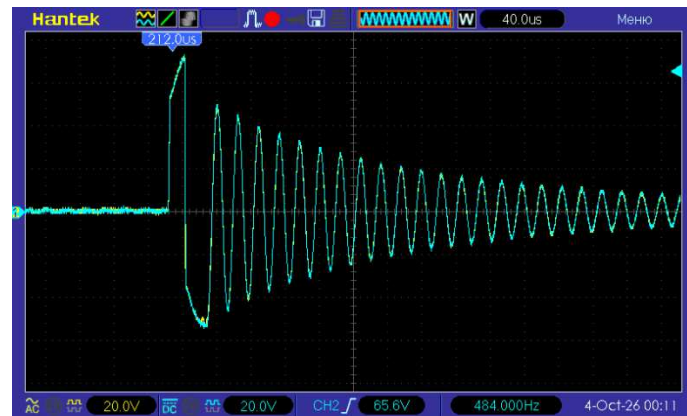


Рис.5.

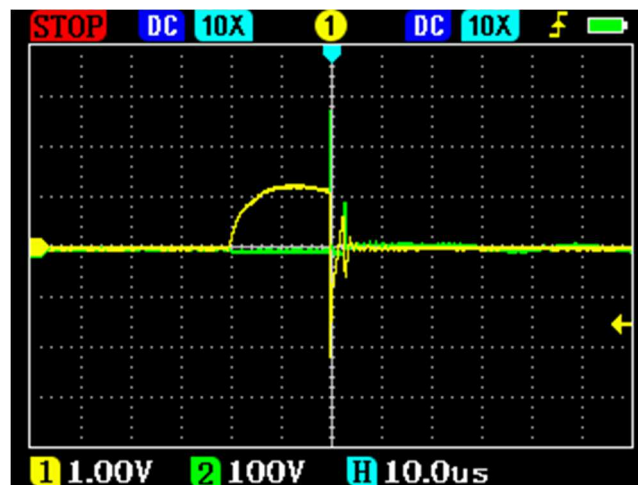


Рис.6.

На рис.5 мы видим появляются два импульса, прямой и обратный, которые заряжают емкость C_n , что будет ниже показано и измерено. Остаточные (затухающие) колебания это та энергия, которая остается во вторичной обмотке, поскольку емкость C_n имеет накопленное напряжение, когда энергии выходной обмотки не хватает для открытия диодов мостового выпрямителя, поэтому энергия затухает в обмотке.

На рис.6, на желтом графике мы видим, что ток при $C_n=100$ В этом уменьшается, т.е. потребление энергии источника падает. На зеленом графике мы видим обратный импульс напряжения порядка 270 В при закрытии транзистора, что вероятно есть энергия индуктивности первичной обмотки. При этом напряжение обратного импульса падает при зарядке, без зарядки C_n (рис.4) этот импульс достигает 400 В. Что логично, чем больше ток в первичной обмотке, тем больше обратный импульс

Дальше посмотрю ток на нагрузке, только поменяю осциллографы, так как этот ток меньше, чем ток первичной обмотки в разы, за счет повышающего трансформатора и большой осциллограф лучше «видит» слабые сигналы, схема показано ниже на рис.7.

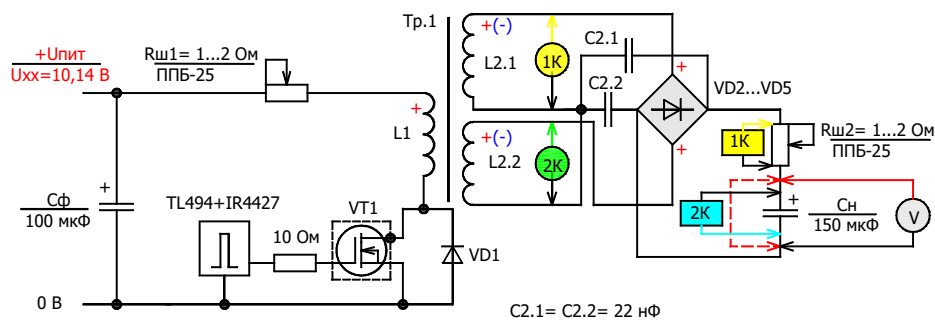


Рис.7.

Сначала так же показаны графики для закороченной перемычкой емкости Сн.

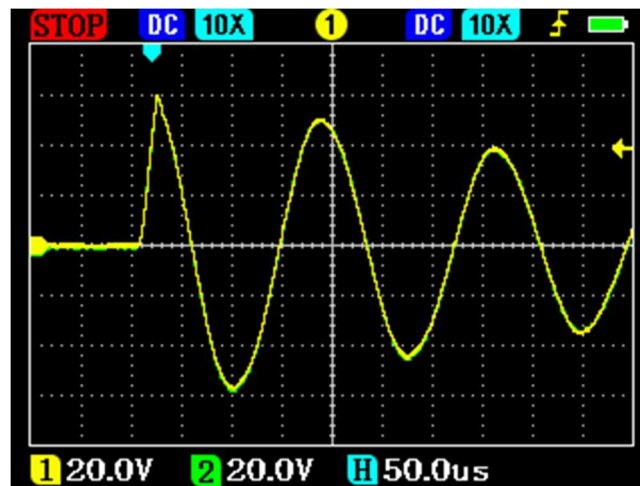


Рис.8.



Рис.9.

На рис.9 мы видим, что в момент открытого транзистора ток выше и частота резонанса растет, что связываю с размагничивания сердечника током первичной обмотки. Поэтому после закрытия транзистора частота падает и ток тоже, так как индуктивность вторичной цепи растет. Ниже показаны графики для момента, когда напряжение Сн достигает 100 В.

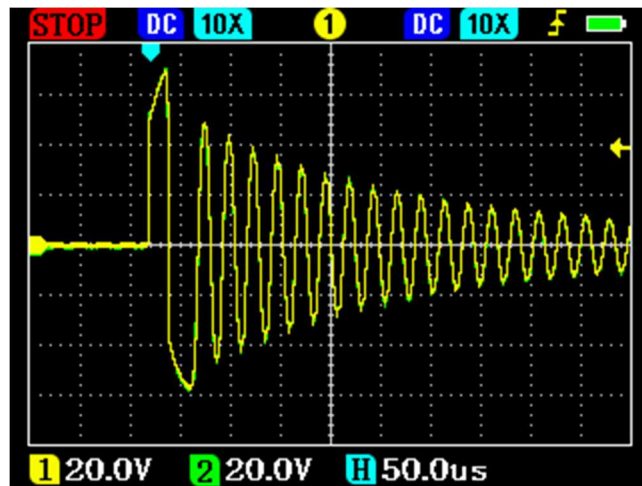


Рис.10.

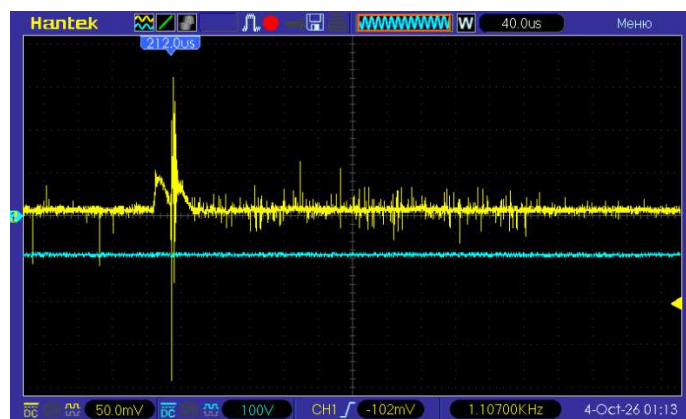


Рис.11.

А тут видим два импульса зарядки C_H , прямой и обратный, выпрямленные диодами, они, конечно уменьшаются по величине, так как напряжение на C_H растет, что видно по голубому графику, который достигает 100 В.

Проведу измерение напряжения C_H во время зарядки, ниже показана схема измерения.

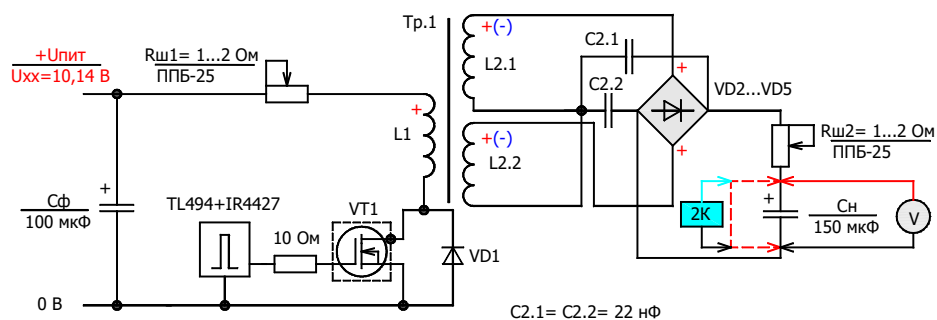


Рис.12.

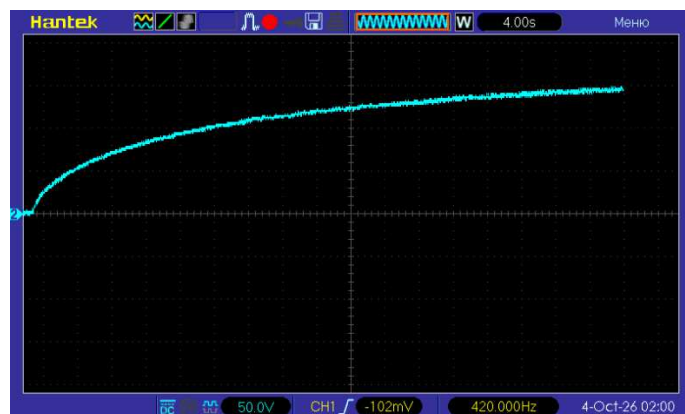


Рис.13.

По полученному графику видим, что емкость выходит на 100 В за те самые 20 сек, примерно и дальше заряжается до 150 В и далее, но более медленно.

Ещё хотел посмотреть просадку по источнику питания, так как источник питания не стабилизированный, что отображает косвенно потребление энергии в процессе зарядки Сн. Схема показана ниже.

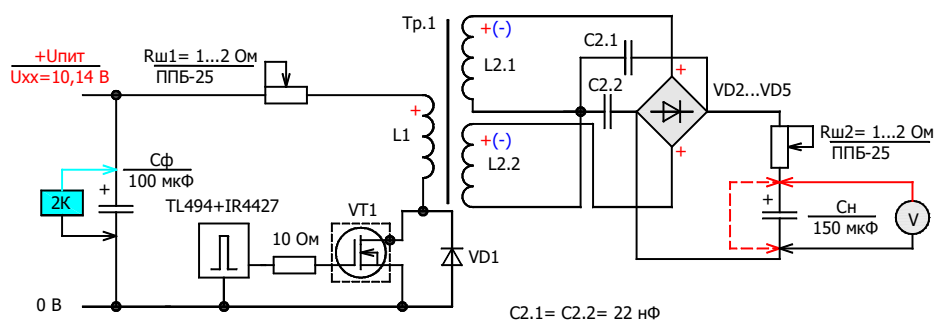


Рис.14.

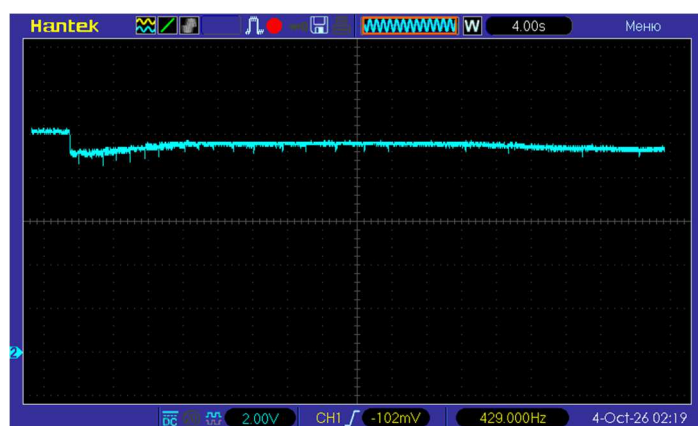


Рис.15.

Как видим, при начале зарядки возникает просадка в блоке питания, вызванная потреблением энергии источником и дальше напряжение растет, значит потребление падает из-за роста напряжения нагрузки на Сн.

Дальше возникло желание посмотреть напряжения на емкости C2.1 и C.2. Ниже показана схема измерения.

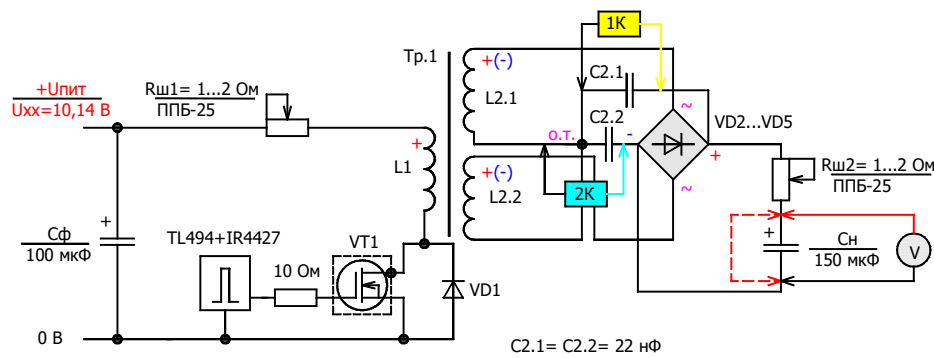


Рис.16.

Ниже приведён график при $C_n=100$ В.

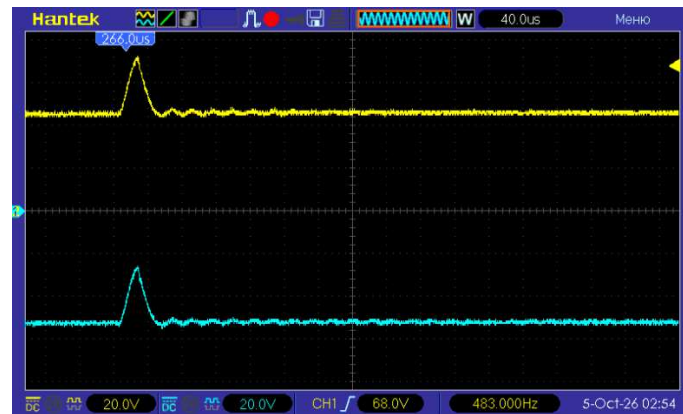


Рис.17.

Разница между голубым и желтым графиком составляет 100 В, т.е. напряжение на C_n . Чтобы бы был понятен масштаб по времени ниже приведены напряжения на выходах обмоток трансформатора L2.1 и L2.2, относительно средней точки обмоток трансформатора (о.т.), тоже в момент $C_n=100$ В (на рис.16 подключение осциллографа не показано).

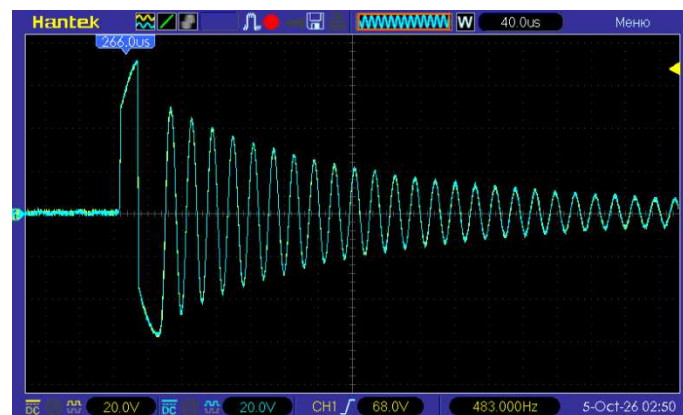
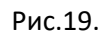


Рис.18.

Поэтому мы видим, что импульс на рис.17 соответствует плюсу и минусу на рис.18, т.е. сначала C2.1 заряжается плюсовым напряжением на обмотках трансформатора, через о.т.

Поэтому посмотрю, как распределяются токи в мостовом выпрямителе. Сначала в верхнем ряду диодов.



Как видим, верхние диоды работают по очереди, сначала работает диод VD5 на плюсовой волне, потом VD2 на минусовой волне. Далее проведу измерение тока в нижнем ряду диодов (VD4, VD3), по схеме, как показано ниже.

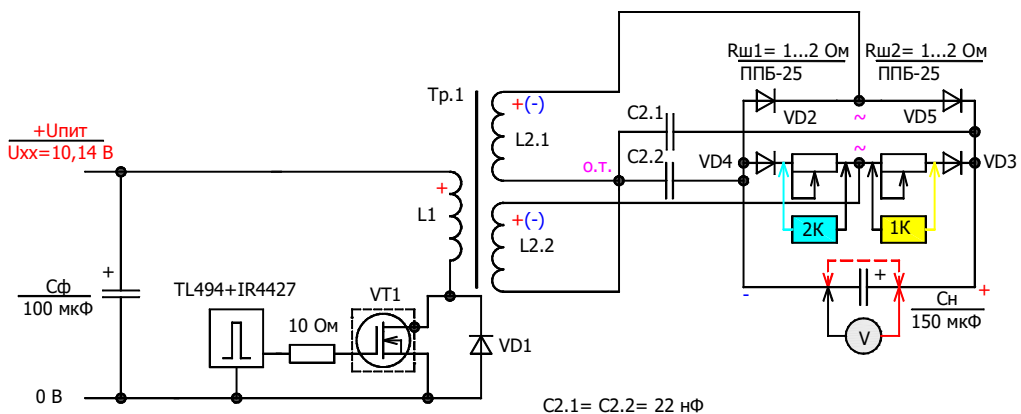


Рис.21.

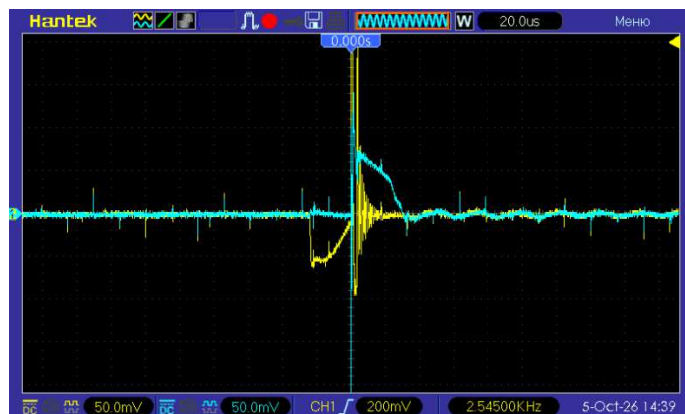


Рис.22.

Как видим, диод VD3 открывается на плюсовой волне, а диод VD5 на минусовой. Это означает, что на плюсовой волне открыты диоды VD3 и VD5, а на минусовой VD2 и VD4. Я это объясняю следующим образом, как ниже показано на рис.23.

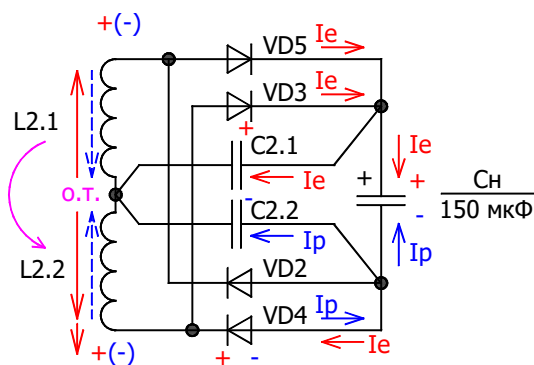


Рис.23.

Рассмотрим процессы для плюсового импульса, который идет первый и формируется от источника, где на обмотках возникают **встречные плюсовые напряжения**, поэтому ток идет через диод VD5 и VD3 и емкость C2.1 заряжается. Ток в обмотке L2.1 действует на вторую обмотку L2.2 поэтому на ней напряжение становится больше. И видимо это формирует в нижней части позитронный ток. Возможно, этот ток формируется в запертом напряжением диоде VD4 или может быть формируется в катушке L2.2, поэтому емкость Cn заряжается электронно-позитронным током, где электронный ток снаружи заряжает емкость Cn, перемещая электроны во внешней цепи, а позитронный ток заряжает емкость Cn изнутри, где ускоряется в диэлектрике, т.к. это ударная волна по природе. Причем важно, что позитронный ток может возникнуть только после прямого электронного, что данная схема и обеспечивает за счет емкостей C2.1 и C2.2. Без емкостей зарядка не происходит.

Причем, если в верхних на схеме диода мы ток видим, то в нижних ток не обнаруживаем, вероятно он скомпенсирован второй полярностью. И тоже самое должно быть в обмотках, в L2.1 есть воздействие на источник питания, а в обмотке L2.2 его быть не должно, где встречные электронно-позитронные токи компенсируют друг друга. Поэтому имеем в данном случае зарядку сбалансированной энергией и это должно быть более эффективнее в два раза, чем зарядка

однополярной энергией, что далее проверю, сравню с обычной схемой, где вторичные обмотки трансформатора включены последовательно на нагрузку, как в обычной схеме.

Ниже показана схема с последовательным включением обмоток. Она соответствует опыту со встречными обмотками на рис.12.

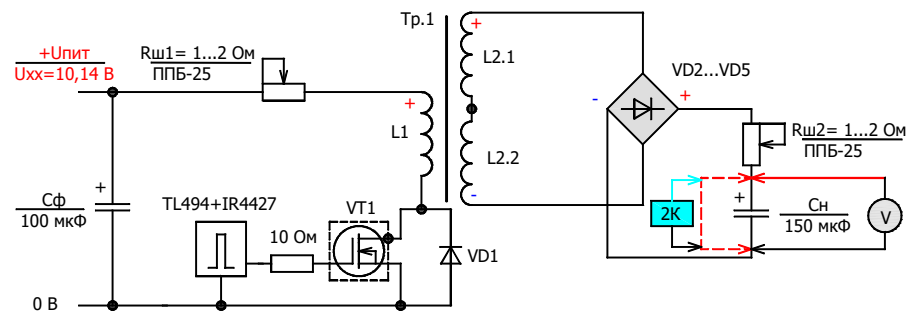


Рис.24.

Время зарядки такой схемы составило 23...24 сек, т.е. оно больше, чем для схемы со встречными обмотками (опыт на рис.13.).



Рис.25.

По графику это тоже заметно, зарядка идет чуть медленнее. Попробовал с подключенными емкостями $C2.1$ и $C2.2$, получил время зарядки так же 24 сек (на схеме рис.24 эти емкости не показаны).

Посмотрел так же падение питания в процессе зарядки C_H .

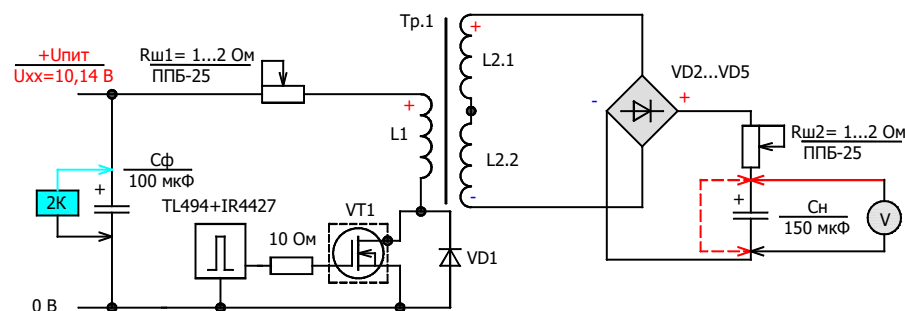


Рис.26.

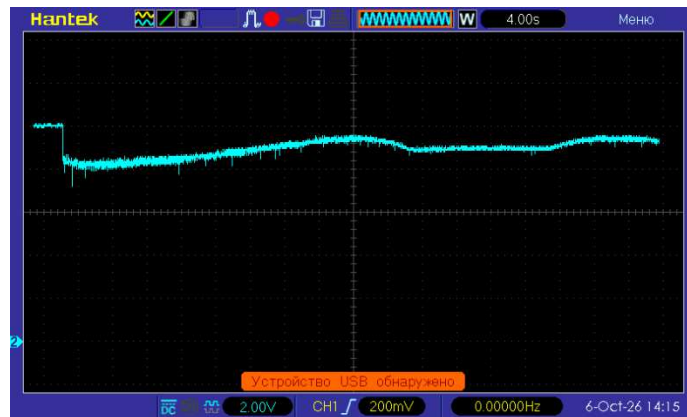


Рис.27.

Если сравнивать питание со встречными обмотками (рис.15), то просадка тут больше! Но это не точно, так как график плавает, схема имеет нестабильность, хотя время зарядки стабильное. Откуда берутся волны или колебания на графике (рис.27) не понял. Т.е. просадка может быть то больше, то меньше. Но как минимум потребление схемы со встречными обмотками не больше, а при этом время зарядки быстрее.

Посмотрел так же напряжения на обмотках трансформатора.

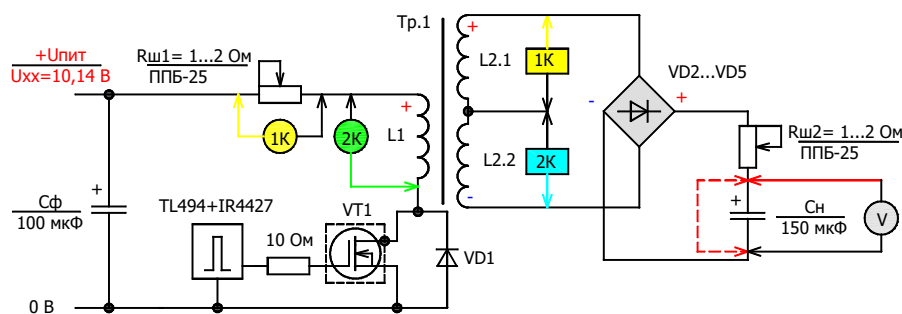


Рис.28.

Сначала приведен график тока и напряжения в первичной обмотке при закороченной C_n , график выходного напряжения не привожу, так как при КЗ вторичной обмотки напряжение на них нулевое (почти).

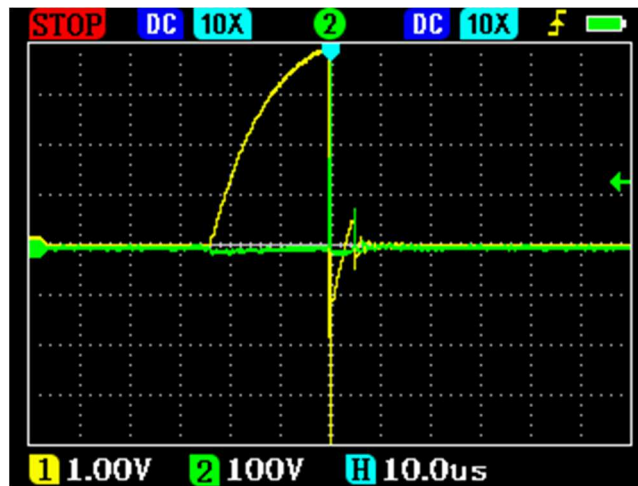


Рис.29.

Если сравним токи в этом же режиме для схемы со встречными обмотками (рис.4), то обнаружим, что ток в этой схеме выше и он при начале зарядки сохраняется, потом постепенно падает. Ниже показан график при $S_n=100$ В.

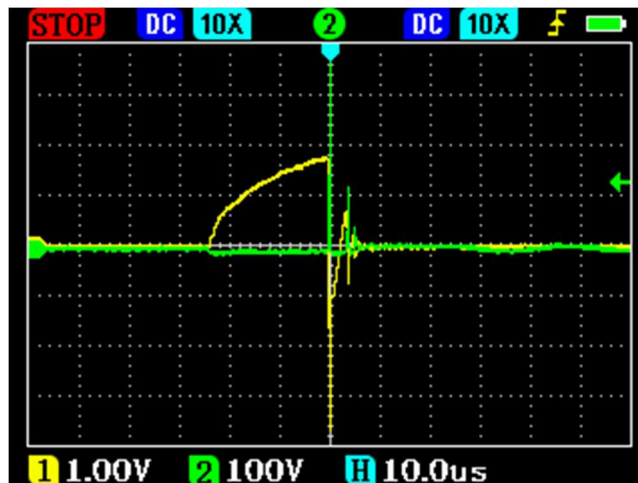


Рис.30.

Если же опять сравним со схемой со встречными обмотками в этом же режиме (рис.6), то и тут ток схемы со встречными обмотками будет ниже. Т.е. схема с обычным (согласным) подключением обмоток дает больше потребление энергии в источнике, поэтому большая просадка по питанию (рис.27) не случайна, **схема с обычным подключением обмоток трансформатора дает большее потребление энергии источника**. При этом зарядка идет медленнее 24 сек, против 20 сек для схемы со встречными обмотками.

Ниже показан график напряжений на выходных обмотках (схема рис.28) при $S_n=100$ В.

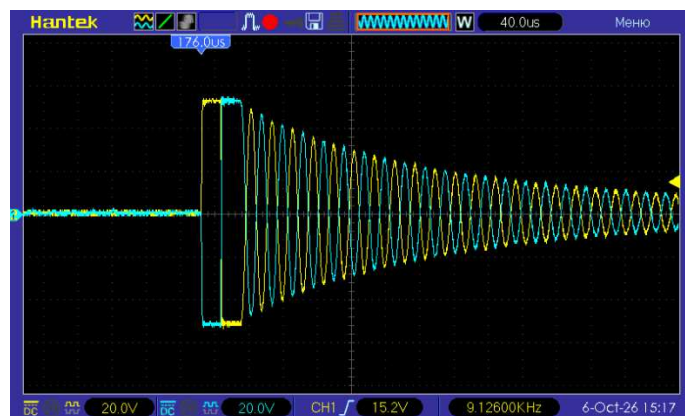


Рис.31.

Тут мы видим два первых и противоположных импульса на обмотке, равные в сумме 100 В, когда напряжение обмоток соответствует заряженному конденсатору C_n . А после возникают затухающие колебания, это остаточная энергия обмотки, так как C_n имеет напряжение и энергии катушек недостаточно для открывания диодов.

Далее посмотрю ток на нагрузке (C_n), как и для схемы со встречным включением обмоток.

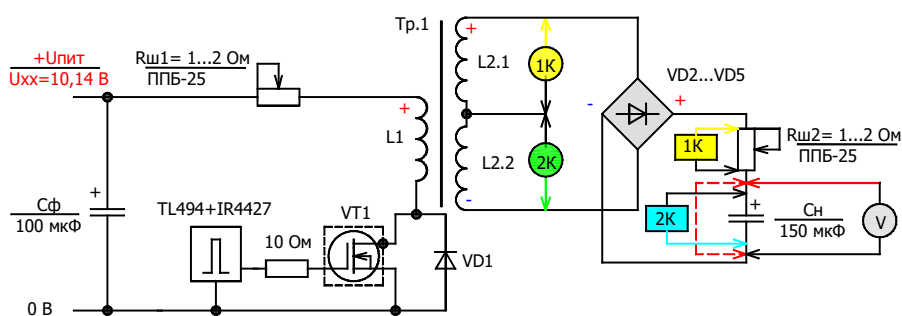


Рис.32.

Сначала показан график тока при КЗ нагрузки (C_n). Напряжение на обмотках не привожу, так как оно почти нулевое, обмотки закорочены.

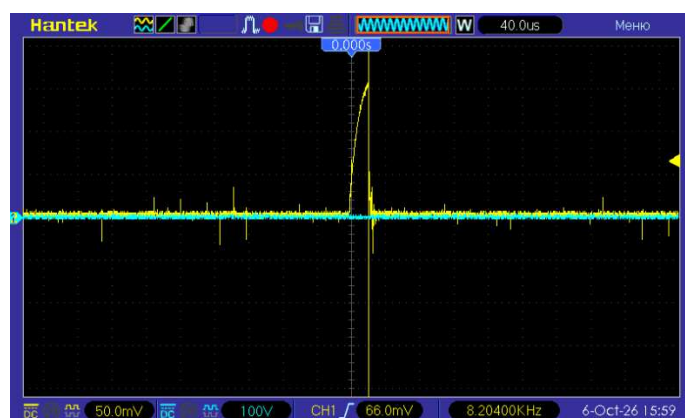


Рис.33.

Причем, в этом режиме **есть принципиальное различие от схемы со встречными обмотками** (рис.9), где при КЗ нагрузки ток в нагрузке затухающий, в обычной же схеме, как видим, импульс тока один и совпадает с импульсом тока в источнике.

Ниже показан ток в цепи Сн (желтый график) в момент Сн=100 В.

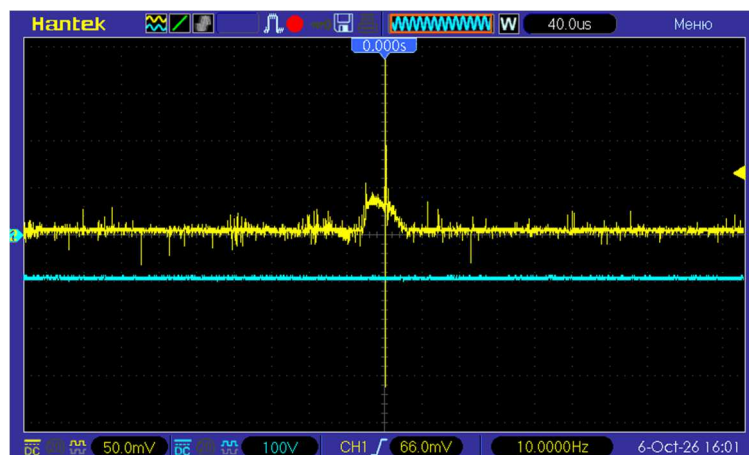


Рис.34.

Две полуволны почти слились в одну (место разделения полуволн видно, как вертикальный всплеск на желтом графике), но в целом ток по величине совпадает со встречными катушками (рис.11). Это означает, что в схеме со встречными катушками мы весь ток видим на нагрузке. Ниже показаны напряжения на выходе катушек в момент Сн=100 В.

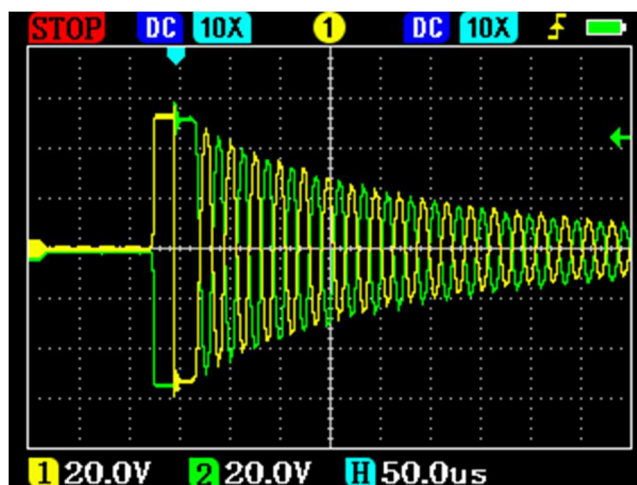


Рис.35.

Тут все по прежнему, мы видим две полуволны напряжения, которые заряжают емкость Сн. И затем идут затухающие энергии в катушке.

Решил **исключить влияние осциллографа**, поэтому убрал все щупы и оставил только вольтметр, как показано ниже на схеме для согласного включения обмоток трансформатора. **И получил время зарядки 20..21 сек.**

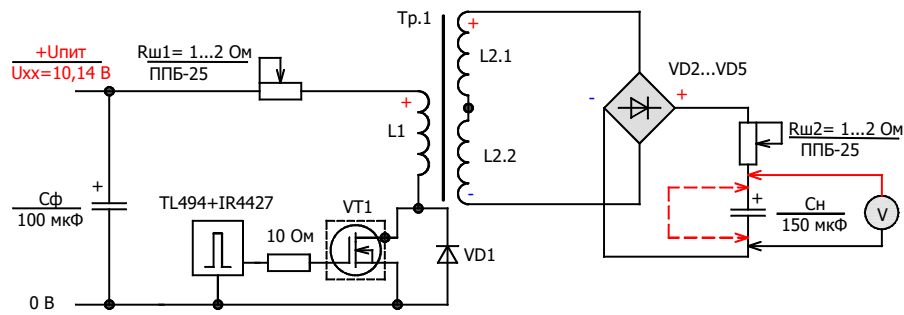


Рис.36.

И тут же, **ничего не меняя** в настройках генератора и сопротивления, сделал измерение для встречной схемы. **И получил время зарядки 15...16 сек.**

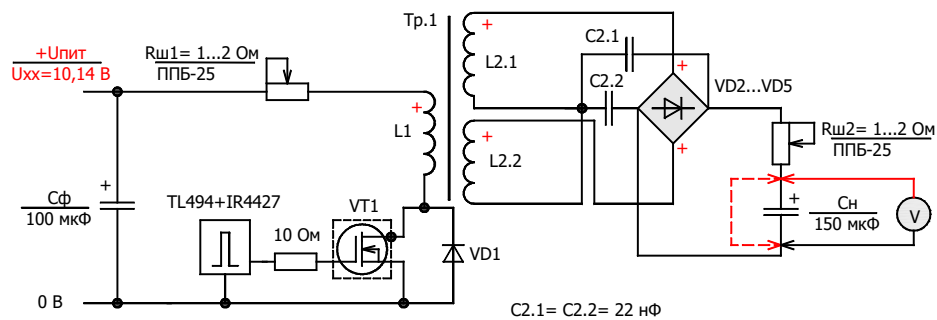


Рис.37.

В завершении опыта хотел сравнить энергию заряженного конденсатора C_n , разряжая его на омическую нагрузку, сначала опыт сделаю для схемы со встречным включением обмоток. Заряжаю емкость C_n до напряжения 100 В, затем разряжаю C_n на $R_n=15\text{ Ом}$, как показано на рис.38 (красной стрелкой).

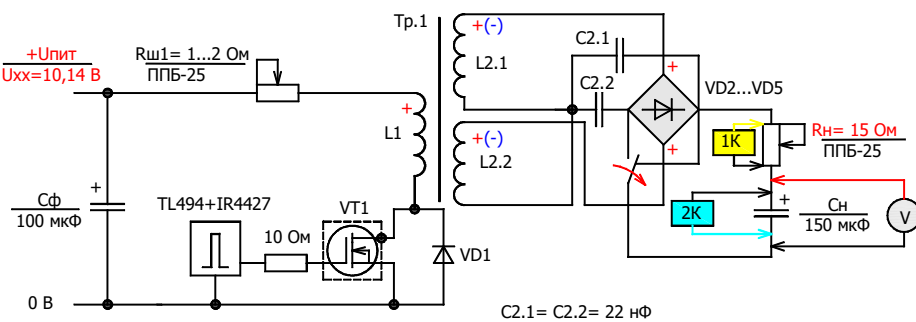


Рис.38.



Рис.39.

На гравике видим, как вся накопленная энергия в конденсаторе C_n тратится на омическом сопротивлении.

Ниже сделаю тоже самое для согласной схемы, т.е. обычной. Точно так же разряжаю накопленную энергию на конденсаторе при $C_n = 100 \text{ В}$ на омической нагрузке 15 Ом .

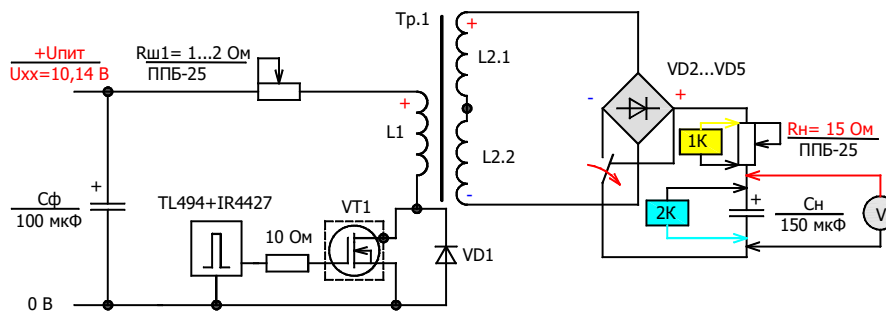


Рис.40.

Ниже показана полученная диаграмма.



Рис.41.

Как видим, мощность на выходе одинаковая в обеих схемах реализуется, разницы на нагрузке нет. Но есть разница при зарядке.

Выводы. Схема со встречными выходными обмотками трансформатора, как показывает данный опыт может заряжать ВСТРЕЧНЫМ напряжением накопительную емкость не хуже, а даже эффективнее, чем обычная схема с согласными вторичными обмотками. Что связываю с образованием электронно-позитронного тока в такой системе. Где не требуется заземление схемы, что на практике означает возможность использовать в мобильных устройствах. Я думаю, что схема со встречными обмотками может быть использована при зарядке аккумуляторов, поскольку позитронный ток (ударная энергия) заряжает изнутри аккумулятор и конденсатор, так как такая волна усиливается диэлектриками.

Ну и конечно, опыт показывает дуальную природу электричества, потому что однополярной энергией нельзя зарядить накопительную емкость, имея на входе один знак энергии. Добавочная емкость на общей точке трансформатора нужна только для активации процессов, чтобы пошел ток в одной обмотке и действуя своей ЭДС на другую обмотку создать условия для формирования ударной энергии. Которая образует или в катушке или в запертых диодах. Поэтому возможно получить позитронное электричество, движущееся встречно электронному потоку. Которые действуют в одном направлении на нагрузку. А в источнике, вероятно, имеем воздействие только от электронной полярности. Поэтому схема со встречными обмотками более эффективно заряжает накопительную емкость, относительно классической схемы, с согласным включением обмоток, где с одной стороны плюс действует, а с другой минус, поэтому ток получаем однополярный, поэтому закон сохранения не нарушается. В то время как в схеме со встречными обмотками эффективность должна быть выше.

На практике, конечно лучше использовать двухполупериодную схему в первичной обмотке, чтобы получать максимальную мощность.

06.10.2026