

## Работа бифилярной катушки на емкостную нагрузку

Использовал бифилярную катушку, сделанную из провода от обычного сетевого удлинителя (10 А), распустив провода, два провода мотались рядом на картонной трубе, чтобы иметь минимальную параллельную емкость катушки. Каждый провод длиной около 5,5 м. На рис.1. показан внешний вид бифилярной катушки. Сердечник в катушках в данном опыте не использовался.

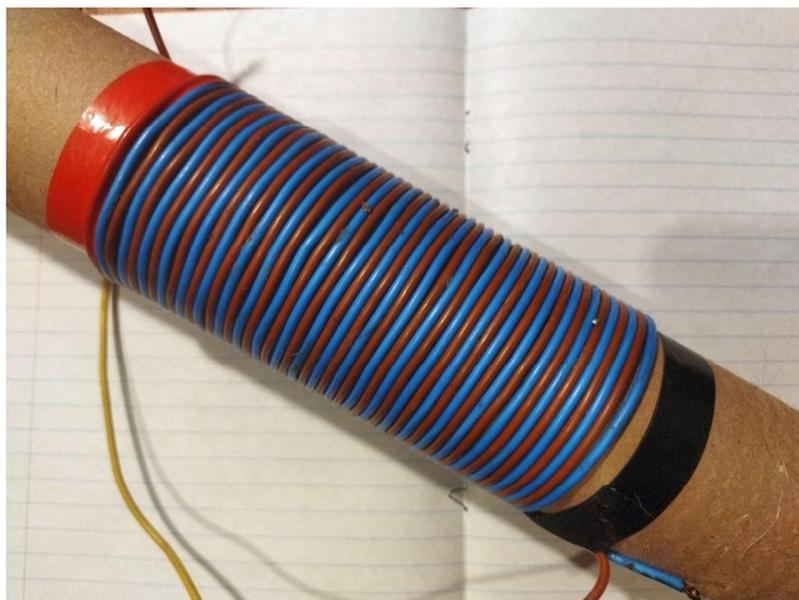


Рис.1.

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. Как шунт для измерения тока **Rш** и как нагрузка **Rн** использовалось сопротивление типа **ППБ-25** (15 Ом) или **ППБ-1В** (10 кОм) соответственно, где выставлялось значение 1..2 Ом для шунта для измерения тока, где намотка на бочонок компенсирует индуктивность нихрома на ВЧ, что правильно отображает ток в импульсах, т.к. не создает дополнительной индуктивности.

Для питания катушки использовал источник не стабилизированного питания, где на выходе трансформатора стоит мостовой выпрямитель и после которого установлен сглаживающий конденсатор Сф. Такой источник удобен тем, что просадке напряжения мы можем оценить потребление энергии. Напряжение холостого хода (ХХ) блока питания **Uпит= 10,14 В** (ночью напряжение меньше, поэтому по ходу опыта это напряжение уточняется). Подавал питание в катушку через силовой ВЧ МОП транзистор, работающий в режиме ключа (VT1- транзистор типа **IRFPG30**), управляемый от генератора на схеме **TL494** (типовая схема на TL494+ драйвер для МОП транзистора **IR4427**, не инвертирующий).

**Импульс подавал на схему короткий.** Меньше четверти периода открывания, так как при этом происходит открывание обратного диода VD1 через который ток проходит ровно четверть периода и затем диод закрывается. Диод VD1 использовался высокочастотный, как и VD2, которые показаны на схеме ниже.

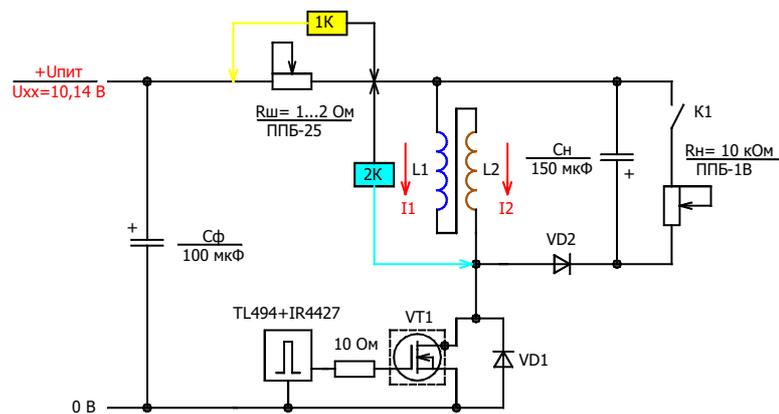


Рис.2.

Сначала показан график для заряженной емкости  $C_n$ , без нагрузки  $R_n$  (ключ  $K_1$  рис.2. отключен)



Рис.3.

Где мы видим в самом начале ВЧ пульсации, в момент открывания и закрытия тут же ключа, затем идет более НЧ вибрация, где видим в пике напряжения (плюсовое, голубой график) момент подзарядки емкости  $C_n$ , где опять возникают ВЧ вибрации, когда катушка отдает энергию конденсатору  $C_n$ . А затем возникают остаточные колебания в катушке, где ток сдвинут около 90 градусов от напряжения.

Ниже показан график при включенной нагрузке (ключ  $K_1$  замкнут, рис.2)

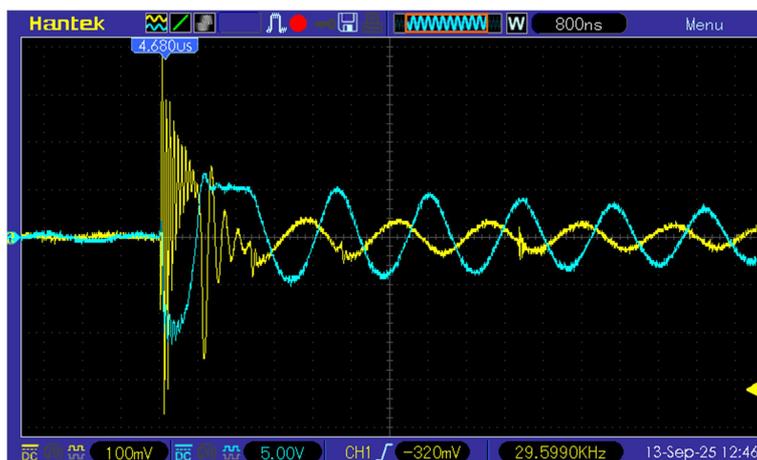


Рис.4.

Где мы видим на голубом луче плюсовую полочку в момент зарядки емкости  $C_n$ , при этом остаточные колебания по амплитуде уменьшаются, что однозначно говорит о том, что **запасенная энергия катушки отдается в нагрузку**. И ниже еще один график при более высокой нагрузке, т.е. сопротивление  $R_n$  еще меньше.



Рис.5.

Где видим еще большую полочку при отдаче энергии в катушке (плюсовой голубой график). Данный режим не представляет особого интереса, не считая его волновой (колебательной) природы, поскольку, как видим, энергия катушки потребляется нагрузкой. К тому же зарядка  $C_n$  идет достаточно медленно, поскольку ток зависит от волнового сопротивления катушки  $L1L2$ , а оно не большое у данной катушки, так как катушка небольшая и собственная емкость катушки соответственно тоже маленькая. Хотя, бифилярная намотка увеличивает волновые токи, что понижает частоту и поэтому была выбрана такая катушка для опытов, это удобнее для наблюдений и регистрации.

Далее посмотрю напряжение на накопительной емкости  $C_n$ , как показано ниже на рисунке.

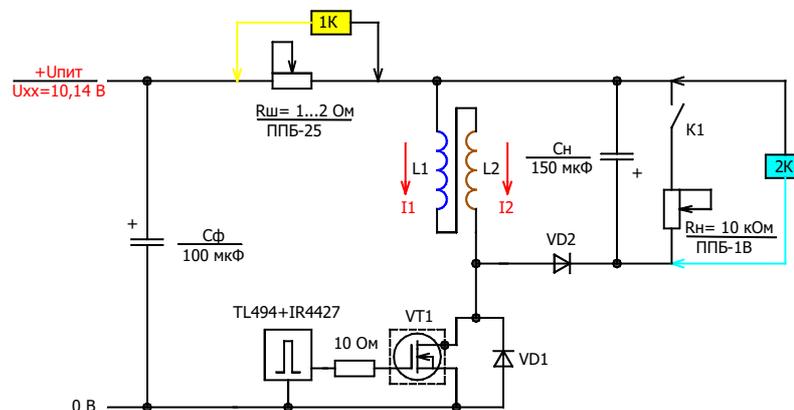


Рис.6.

Ниже полученные осциллограммы, сначала без нагрузки  $R_n$  ( $K1$ - отключен).

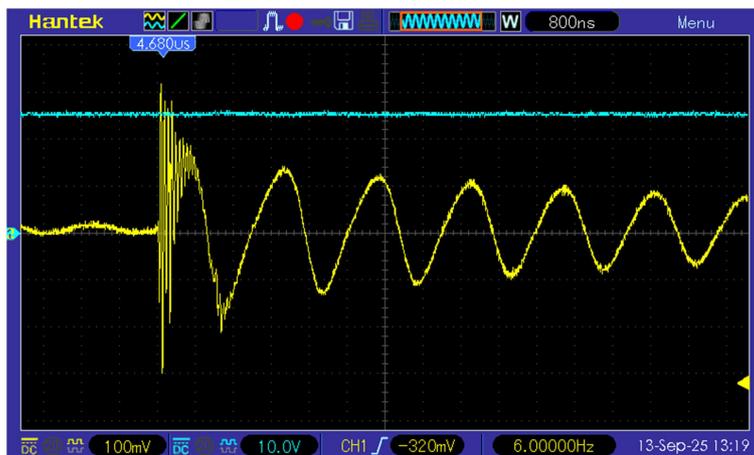


Рис.7.

Ниже показан график с подключенной нагрузкой  $R_n$

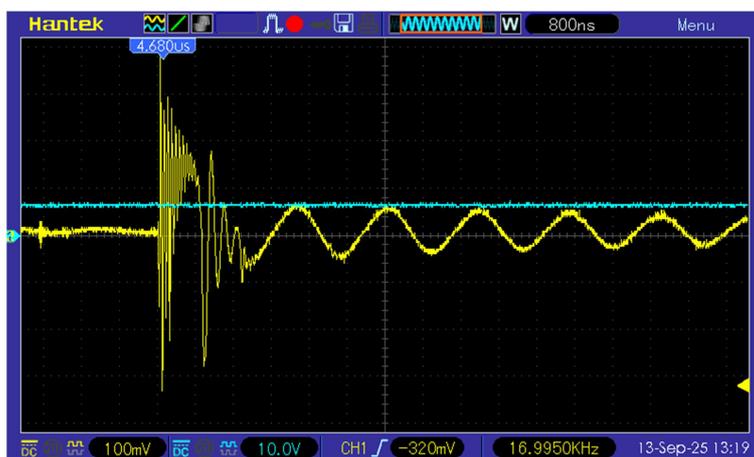


Рис.8.

Где мы видим падение напряжения  $C_n$  от действия нагрузки  $R_n$ . И так же видим ВЧ вибрации тока источника от зарядки  $C_n$  (на желтом графике).

Если мы отключим  $R_n$ , т.е. максимально увеличим напряжение  $C_n$  и посмотрим переменную составляющую на напряжении конденсатора (голубой луч, отключим постоянную составляющую по входу в осциллографе), то мы увидим колебания от тока источника. Возможно, это обычные наводки в кабеле осциллографа от тока источника при измерении.

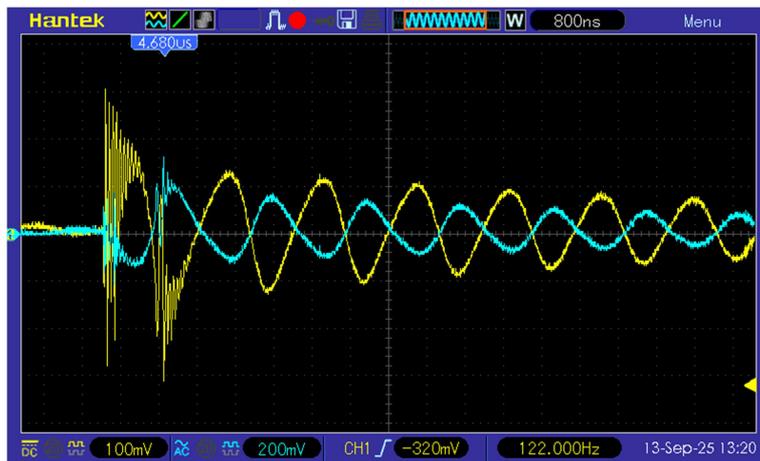


Рис.9.

И поэтому, подключу  $C_n$  через мостовой выпрямитель, как показано на рис.10. Чтобы эти волнушки собирать на  $C_n$ , если они действительно катушкой генерируются, если это не наводки на осциллограф.

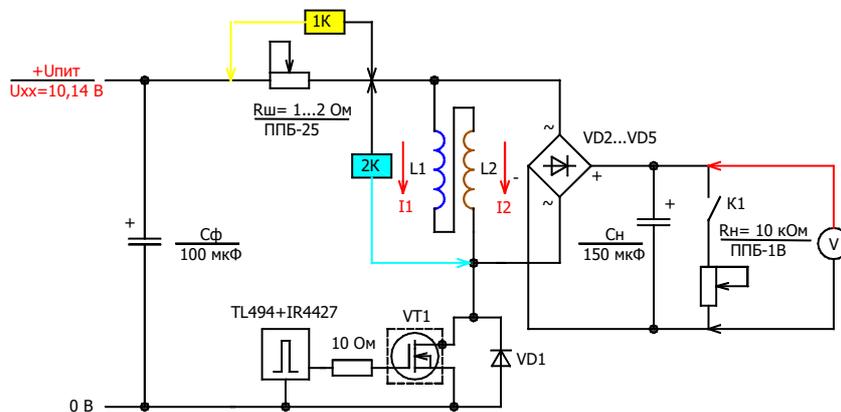


Рис.10.

Диоды  $VD2...VD5$  использовались 1N5822, какие были под рукой, это диоды Шотки, с обратным напряжением 40 В, которые могут работать на частоте сотни килогерц.

Сначала показан график без подключения  $R_n$ , т.е. **K1 разомкнут** на рис.10. При этом напряжение на нагрузке  $U_{сн} = 30 \text{ В}$  (измеренное мультиметром «V»), а напряжение питания мультиметр показывает **Uпит = 9,1 В**. ( $U_{хх} = 9,7 \text{ В}$ , днем напряжение меньше). Генератор был настроен в резонанс с катушкой. Частота колебаний примерно такая же, если сравнивать с рис.9.

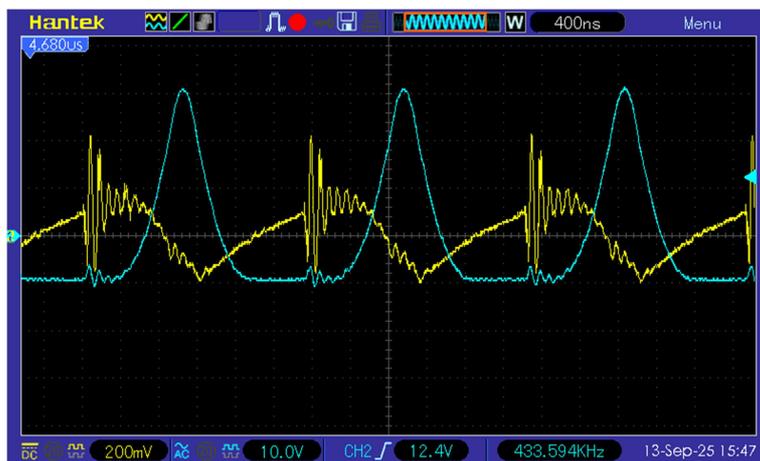


Рис.11.

Следующее измерение проведу с подключенной нагрузкой  $R_n$ , выставленное на половину значения от 10 кОм, т.е.  $R_n = 5$  кОм примерно. При этом напряжение на нагрузке составило  **$U_{сн} = 17,8$  В** (измеренное мультиметром «V»), оно падает от действия нагрузки  $R_n$ , а напряжение питания почти не изменилось, оно по прежнему  **$U_{пит} = 8,9$  В**. Резонанс все так же сохраняется, частоту генератора не менял (не подстраивал).



Рис.12.

Тут мы видим ВЧ колебания тока при зарядке  $C_n$  на минусовых волнах (желтый график), когда напряжение (голубой график) находится в пиках, в плюсе по осциллограмме, когда происходит зарядка  $C_n$ , когда катушка  $L1L2$  отдает энергию накопительному конденсатору.

И сделаю еще одно измерение, при подключенном  $R_n$  примерно  $1/4$  от максимального сопротивления, т.е. нагрузка увеличивается. При этом напряжение на нагрузке падает и составило  **$U_{сн} = 11,2$  В** (измеренное мультиметром «V»), а напряжение питания не изменилось, оно по прежнему составило  **$U_{пит} = 8,9$  В**. Резонанс все так же сохраняется, частоту генератора не менял.



Рис.13.

И теперь сравню при той же нагрузке  $R_H$  полученные результаты с мостовым выпрямителем со схемой с одним диодом, которая показана ниже.

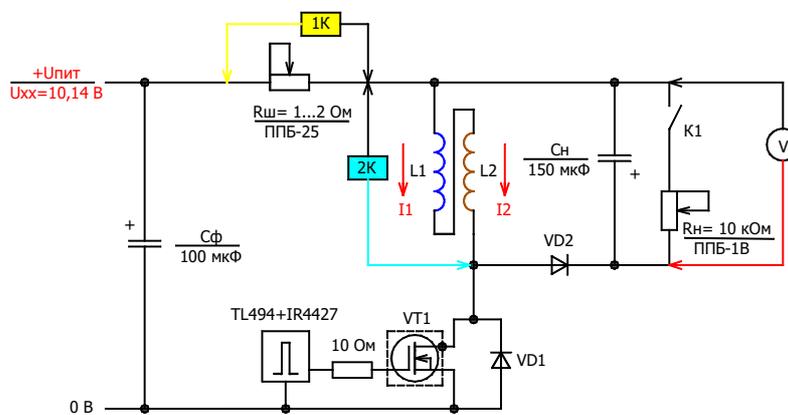


Рис.14.

Сначала так же проведу измерение без нагрузки  $R_H$  ( $K_1$  на рис.14 разомкнут), при этом напряжение на  $C_H$  составило  $U_{сн} = 35,7 В$ , напряжение выше, чем с мостовым выпрямителем, вероятно, из-за меньшего количества диодов в схеме. Напряжение питания при этом  $U_{пит} = 9,1 В$ . Ниже полученный график.

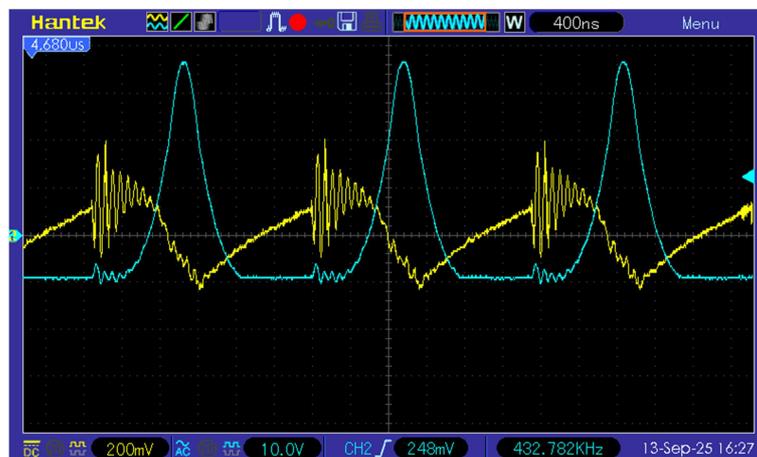


Рис.15.

Следующий график был снят при  $R_n$  1/2 от максимального значения сопротивления  $R_n$ , т.е.  $R_n = 5$  кОм. При этом напряжение на  $C_n$  составило  $U_{сн} = 17,1$  В, напряжение выше, чем с мостовым выпрямителем, опять же, из-за меньшего количества диодов в схеме. Напряжение питания  $U_{пит} = 9,0$  В.

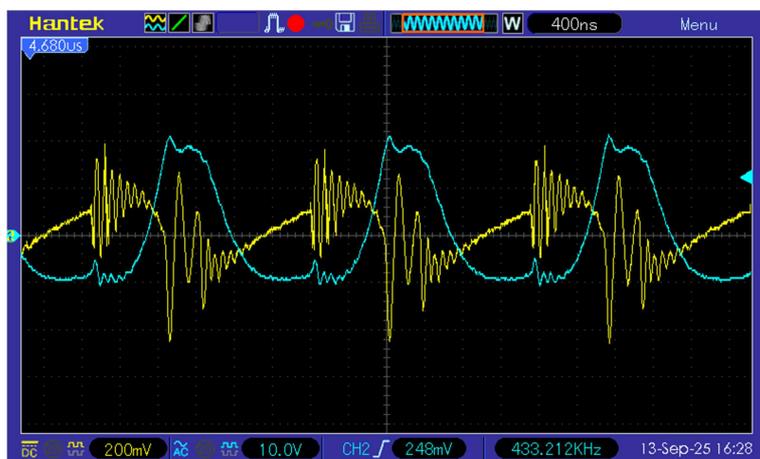


Рис.16.

И следующее измерение проведу при 1/4 от максимального сопротивления  $R_n$ , т.е. максимальная нагрузка на катушку. При этом напряжение на  $C_n$  составило  $U_{сн} = 10,7$  В, напряжение опять выше, чем с мостовым выпрямителем. Напряжение питания по прежнему  $U_{пит} = 9,0$  В.



Рис.17.

Если сравним со схемой с мостовым выпрямителем, то увидим, что с одним диодом схема работает не хуже, а даже лучше, более эффективно. А значит, **зарядка емкости  $C_n$  происходит плюсовым импульсом напряжения на катушке (голубой график на осциллограммах)**. Т.е. нет никакого эффекта от применения мостового выпрямителя. **А значит колебания на  $C_n$  от тока источника, это вероятно, простые наводки на осциллограф при измерении**. Никакой дополнительный ток катушка не производит параллельно подключенной емкости  $C_n$ .

Для окончательных выводов посмотрю ток в нагрузке, как это показано ниже на схеме. Проверил, заземление никоим образом не влияет на фиксируемые токи, как при заземлении источника питания (пробовал с обеих сторон), так и заземление корпуса (общей точки) осциллографа.

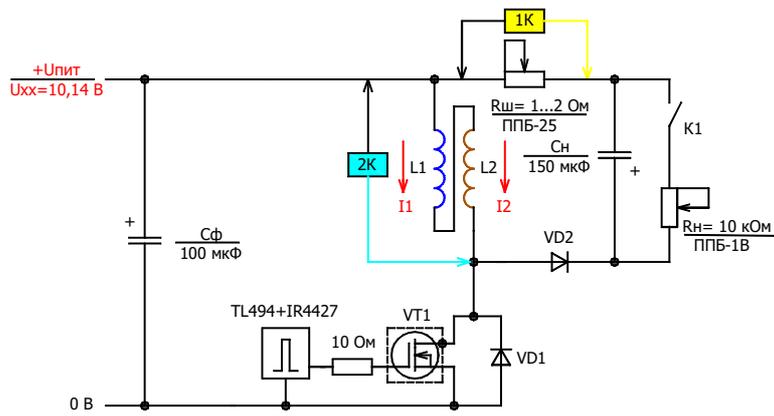


Рис.18.

Сначала показан график без  $R_n$ .



Рис.19.

Следующий график снят при  $1/2R_n$ .



Рис.20.

Следующий график снят при  $1/4R_n$ .



Рис.21.

Следующий график снят при  $1/8R_n$ .



Рис.22.

При этом, во всех опытах напряжение источника меняется не значительно от 9,1 В (без нагрузки) до 8,89 при  $1/4R_n$ . При этом на холостом ходу напряжение питания источника питания  $U_{пит} = 9,6$  В, т.е. **просадка источника питания есть, но от нагрузки практически не зависит**. Заземление никак совершенно на измерения и форму тока не влияет, как уже было сказано выше.

**Выводы.** Как мы видим, в данной схеме реализуется зарядка волновыми токами, при этом мы видим всегда стабильное потребление энергии источника, поскольку процесс зарядки катушки и разрядки по времени разделены, где обратный импульс на катушке при зарядке  $C_n$  всегда выше, чем напряжение источника. Что может быть использовано для зарядки аккумулятора, где схема стабилизирует уровень отдаваемой энергии в накопительную емкость  $C_n$ .

При этом, вероятно, что в такой схеме через четверть периода доминирующий ток в источнике и на нагрузке меняет свою полярность, он то позитронный, то электронный, поскольку ВЧ колебания спокойно проходят через обратный диод VD1, как и через VD2 (для схемы с одним диодом). При этом на нагрузке  $C_n$  возникают минусовые волны, что не есть хорошо, поскольку это уменьшает заряд  $C_n$ . Данную проблему Д. Смит решил в своей схеме с неоником, где использует вторую обмотку, которая убирает затухающие колебания, делает импульс на нагрузке однонаправленным. И кроме того, подозреваю, это позволяет возвращать или рекуперировать энергию от тока нагрузки в источник, если правильно настроить в резонанс первичную обмотку

трансформатора. Данный опыт интересен пониманием процессов в катушке, где усиления энергии источника не наблюдается.

13.09.2025 (o-lega)