

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. С. П. КОРОЛЕВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА
СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ**

Куйбышев 1980

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Лабораторная работа № I

Куйбышев 1980

УДК 621.397.001.24

Настоящая лабораторная работа "Исследование генератора строчной развертки" по курсу "Телевидение" предназначена для студентов радиотехнического факультета Куйбышевского авиационного института.

Приводятся краткие теоретические сведения, описание лабораторной работы с перечнем контрольных вопросов.

Составитель Г.В.Р е п и н а

Утверждена на редакционно-издательском совете института
9.01.80 г.

Ц е л ь р а б о т ы - изучение одной из возможных схем строчной развертки телевизионных приемников и экспериментальное исследование физических процессов, происходящих в этой схеме. Изучаемая схема является упрощенным аналогом строчной развертки телевизионного приемника с электронно-лучевой трубкой 35ДК2Б.

ВНИМАНИЮ СТУДЕНТОВ!

1. До выполнения лабораторной работы каждый студент должен во внеаудиторное время изучить теоретические основы, а также произвести необходимые расчеты.

2. Полученные результаты показать преподавателю и сдать коллоквиум.

3. Начало лабораторной работы и включение приборов и телевизионного оборудования производить только с разрешения преподавателя.

4. По окончании лабораторной работы показать преподавателю результаты эксперимента и только после положительной оценки результатов включить аппаратуру и привести рабочее место в исходное состояние.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При проектировании генератора строчной развертки необходимо учитывать следующие его особенности (так как $f_c > f_x$ в 312,5 раз):

1. Влияние паразитных емкостей, определяющих время обратного хода и вызывающих колебательные процессы в начале прямого хода.

2. Потери мощности в ярме отклоняющих катушек и сердечнике трансформатора быстро растут с ростом частоты, поэтому используются дорогие сердечники - ферриты.

3. Быстрые изменения отклоняющего тока во время обратного хода ($T_2 = 7 + 10$ мкс) вызывают на индуктивности схемы импульсы напряжения большой величины - несколько тысяч вольт, поэтому многие элементы должны быть высококачественными, обладать хорошей изоляцией, выдерживать большие импульсные напряжения.

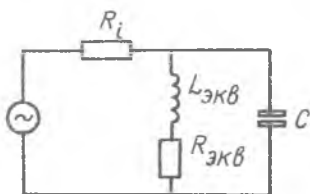
4. Работа на высоких частотах приводит к тому, что выходной каскад работает на индуктивную нагрузку ($\omega L_k \gg R_k$).

Преимущества транзисторных разверток перед ламповыми очевидны: высокая экономичность, надежность, большой срок службы. Однако такие недостатки, как высокая стоимость хороших транзисторов, относительно сложная схема возбуждения их входной цепи затрудняет внедрение их в первую очередь, в выходные каскады строчной развертки сетевых стационарных телевизоров. В связи с этим изучение работы современных ламповых выходных каскадов строчной развертки не потеряло своей актуальности.

Выходная лампа генератора строчной развертки служит для переключения схемы с прямого хода на обратный, а также для создания необходимой формы пилообразного тока на прямом ходе.

При рассмотрении работы строчной развертки остановимся только на влиянии паразитной емкости выходного трансформатора и отклоняющей катушки на формирование отклоняющего тока.

Эквивалентная схема выходного каскада представлена на рис. I.



Р и с. I. Эквивалентная схема выходного каскада строчной развертки.

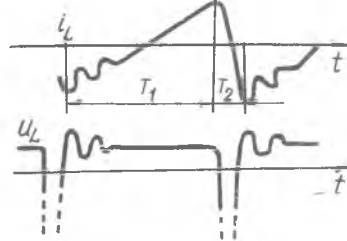
Эквивалентная индуктивность $L_{\text{экв}}$. (эквивалентная индуктивность в практических схемах, использующих выходной трансформатор, состоит из индуктивности отклоняющих катушек $L_{\text{ок}}$ пересчитанных в анодную цепь лампы, и параллельно с ней соединенной индуктивности L_{Γ} первичной обмотки трансформатора) и паразитная межвитковая емкость C образуют колебательный контур, частота собственных колебаний

которого определяется как $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{\text{экв}} C}}$ и период $T_0 = 2\pi \sqrt{L_{\text{экв}} C}$.

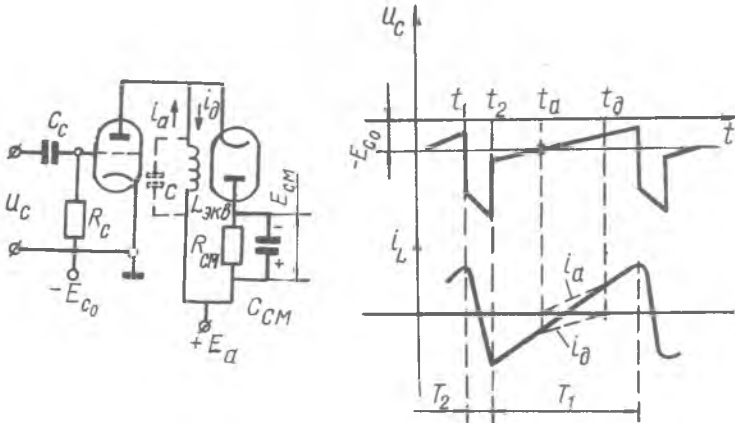
В момент резкого запарывания выходной лампы в этом колебательном контуре возникают свободные колебания. Они существуют в тече-

ние обратного хода T_2 и накладываются на следующий прямой ход строчной развертки (рис. 2). Нарушение линейности прямого хода приводит к тому, что электронный луч на отдельных участках экрана движется с неравномерной скоростью. В результате с левой стороны экрана появляются вертикальные полосы - "складки".

Анализируемый колебательный процесс в начале прямого хода устраняется путем введения в схему выходного каскада демпфера (глушителя). Демпфирование свободных колебаний осуществляется включением диода, шунтирующего контур $L_{\text{экв}}C$. Сущность демпфирования заключается в том, что диод работает только в первой половине прямого хода T_1 и не оказывает действия в течение второй половины T_2 . Такой способ демпфирования называется активным демпфированием. Рассмотрим работу схемы на примере рис. 3.



Р и с. 2. К влиянию паразитной емкости на форму отклоняющего тока



Р и с. 3. Схема выходного каскада строчной развертки с активным демпфером. Графики, поясняющие работу схемы

В течение времени $t_a - t_I$ выходная лампа закрыта отрицательным смещением на сетке E_{C0} . В колебательном контуре $L_{\text{экв}}C$ возникают свободные колебания, которые существуют только в тече-

ние времени $t_2 - t_1 = T_2 = 0,5 T_0 = \pi \sqrt{L_{\text{экв}} C}$. В момент времени t_2 демпфирующий диод открывается, срываются паразитные колебания и, ток i_k , определяемый током диода i_d , возрастает почти с постоянной скоростью.

При достаточно малом сопротивлении диода можно считать, что к катушкам в это время приложено все напряжение $E_{\text{см}}$, полученное в результате выпрямления U_L . Начиная с момента времени t_a открывается выходная лампа, и через отклоняющие катушки в интервале времени $t_d - t_a$ протекают одновременно оба тока i_d и i_a , но в противоположных направлениях. Форма отклоняющего тока определяется алгебраической суммой токов выходной лампы и демфера:

$$i_k = i_d + i_a. \quad (I)$$

Подбором смещения выходной лампы и смещения $R_{\text{см}} C_{\text{см}}$ диода можно получить достаточно линейный отклоняющий ток, а также добиться равенства средних значений токов анода и диода $i_{\text{аср}} = i_{\text{дср}}$. В противном случае будет нарушена центровка по горизонтали.

Во время обратного хода анодное напряжение U_a резко возрастает, поэтому в выходных каскадах строчной развертки применяют пентоды и тетроды, у которых напряжение отсечки $E_{\text{сз}}$ мало зависит от U_a . Кроме того, напряжение на $L_{\text{экв}}$ во время T_2 достигает максимальной величины, значительно превосходящей напряжение источника питания E_a .

Действительно, напряжение во время прямого хода

$$U_{L1} = L \frac{di_k}{dt} = L \frac{2I_m}{T_1} = E_a,$$

где

$$i_k = I_m \left(\frac{2t}{T_1} - 1 \right).$$

Во время обратного хода $U_{L2} = -\omega L I_m \sin \omega t$,

при этом $U_m = \omega L I_m$ или $U_m = \omega E_a T_1 / 2$.

Предположим, что $T_2 = T_0 / 2 = \pi \sqrt{LC} = \pi / \omega$ получим $U_m = \frac{\pi}{2} E_a \frac{T_2}{T_2}$.

Если принять $T_2 / T_1 = 0,1$, то $U_m = 15,7 E_a$.

Импульсы напряжения U_m после выпрямления с помощью специальных кенотронов и полупроводниковых выпрямителей используют для питания второго анода кинескопа.

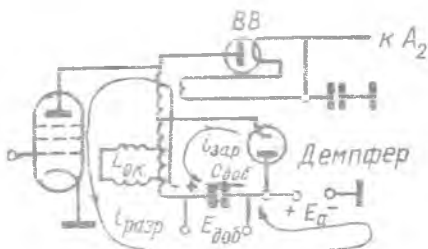
Итак, равенство средних значений анодного тока и тока диода поддерживается подбором режимов работы выходной лампы и демпфирующего диода; часть энергии, запасенной в индуктивности во время первой половины T_I , рассеивается на R_{CM} , анодах ламп. Например, при токе демпфера $I_0 = 30$ мА и напряжении смещения $E_{CM} = 400$ В мощность, расходуемая сопротивлением R_{CM} , составит 12 Вт.

Изучение вопроса сокращения мощности рассеяния привело к созданию новой схемы строчной развертки, в которой энергия, запасенная в индуктивности $L_{ЭНВ}$ не рассеивается бесполезно, а используется для получения дополнительного источника анодного напряжения. Эта схема, называемая схемой с вольтодобавкой (или схема с обратной связью по питанию), нашла повсеместное распространение. Она оказалась незаменимой в ламповых телевизорах, имеющих кинескоп с большим экраном.

Активное демпфирование с вольтодобавкой. В предыдущей схеме при правильной регулировке средние составляющие токов выходной и демпферной ламп равны. Это говорит о возможности замены сопротивления R_{CM} в цепи демпферного автоматического смещения выходной лампой. Во время первой половины T_I , когда работает только демпфер, а выходная лампа заперта, демпферный ток заряжает конденсатор C_{CM} . Во время второй половины T_I , когда демпфер не работает, открывается выходная лампа, конденсатор C_{CM} разряжается через нее. Так как средние токи разряда и заряда равны, среднее напряжение на конденсаторе не будет меняться. Схема, работающая на этом принципе, изображена на рис. 3.

Во второй половине T_I источником анодного питания оказываются последовательно соединенные выпрямитель E_a и напряжение на конденсаторе-вольтодобавке $E_{доб}$. Вольтодобавка оказывается на практике весьма значительной, часто даже превосходящей напряжение выпрямителя.

Такое значительное повышение напряжения источника питания выходного каскада приводит к заметному улучшению линейности пилообразного тока;



Р и с. 4. Схема выходного каскада строчной развертки с вольтодобавкой

к возможности снизить амплитуду анодного тока;
 к существенному увеличению пика напряжения питания второго
 анода кинескопа;

к заметному энергетическому выигрышу.

Для улучшения линейности отклоняющего тока необходимо увели-
 чить эквивалентную индуктивность $L_{\text{экв}}$. Однако при увеличении
 эквивалентной индуктивности растет напряжение $U_{L_1} = L_{\text{экв}} \delta \frac{2I_m}{T_1}$,
 которое вычитается из питающего напряжения E_a :

$$U_a = E_a - U_{L_1}.$$

Чтобы анодное напряжение U_a не оказалось меньше допустимого,
 следует увеличивать E_a (вольтодобавка и служит для этой цели):

$$U_a = E_a + E_{\text{доб}} - U_{L_1}.$$

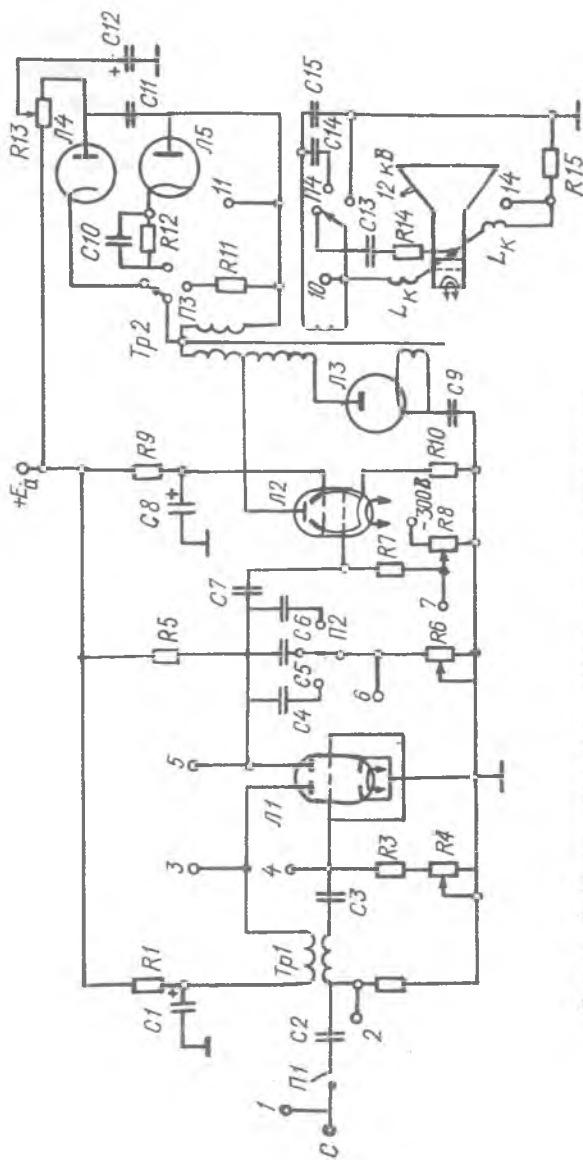
2. ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

На рис. 5 представлена принципиальная схема генератора строчной
 развертки. Блокинг-генератор, собранный на левой половине лам-
 пы Л1, представляет собой генератор с очень сильной трансформатор-
 ной положительной обратной связью.

Из известных физических процессов, происходящих в блокинг-
 генераторе, следует, что заряд конденсатора СЗ протекает через
 сравнительно малое сопротивление промежутка сетка-катод открытой
 лампы, а следовательно, блокинг-генератор может генерировать мощ-
 ные кратковременные (доли мкс) импульсы почти прямоугольной формы
 и с очень большой скважностью. Длительность импульсов равна длитель-
 ности обратного хода.

Разряд конденсатора СЗ происходит через сопротивление (R_3+R_4) .
 Постоянная времени разряда $(R_3+R_4) C_3$ велика. Частота блокинг-ге-
 нератора определяется в основном T_p и регулируется сопротивле-
 нием R_4 , которое делается переменным.

Трансформаторы для ламповых генераторов строчной развертки
 (БТС-блокинг-трансформатор строчный) имеют $n = W_2/W_1$ порядка 2.



Р и с . 5. Принципиальная схема стечной развертки

При разомкнутом переключателе П1 блокинг-генератор работает в режиме автоколебаний. При замкнутом П1 - в режиме синхронизации. Синхронизирующие импульсы положительной полярности подаются на сетку лампы блокинг-генератора через емкость С2.

Для формирования пилообразного или пилообразно-импульсного напряжения (сопротивление отрицательного выброса R_6 введено) используется заряд одной из емкостей С4, С5, С6 через активное сопротивление R_5 и ее разряд через правую половину лампы Л1, которая играет роль ключа.

На управляющую сетку лампы подаются положительные импульсы, открывающие лампу на время обратного хода. Во время прямого хода лампа заперта и конденсатор С4 (С5, С6) заряжается через R_5 от источника E_a по экспоненциальному закону. Изменяя величину емкости С4, С5, С6 с помощью переключателя П2, будет изменяться амплитуда и коэффициент нелинейности пилообразного напряжения в контрольной точке КТ5.

Коэффициент нелинейности определяется по формуле

$$K_H = \frac{2(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\max} + d_{\min}} 100\%, \quad (3)$$

где d_{\max} , d_{\min} - длина наиболее и наименее широкого квадрата вдоль любой строки.

Для формирования пилообразно-импульсного напряжения последовательно с емкостью С4 (С5, С6) включается сопротивление R_6 . Так как $R_6 \ll R_5$ (R_6 - внутреннее сопротивление открытой лампы), время разряда конденсатора будет значительно короче времени заряда, а ток разряда - значительно больше тока заряда. Следовательно падение напряжения на сопротивлении R_6 во время разряда по абсолютной величине будет значительно больше, чем во время заряда. При анализе работы этой схемы допуская, что конденсатор заряжается с постоянной скоростью. Тогда ток разряда и заряда конденсатора будет постоянным ($i_c = C \frac{dU_c}{dt}$). Напряжение на сопротивлении R_6 повторяет форму тока конденсатора. Управляющее напряжение на выходе ступени формирования равно сумме напряжений на конденсаторе и на сопротивлении R_6 .

Отклоняющие катушки включены в анод выходной лампы с помощью автотрансформатора Тр2.

Для гашения паразитных колебаний, возникающих в отклоняющих катушках во время обратного хода, служат три схемы демпфирования: 10

пассивного, активного с RC цепью и активного с вольтодобавкой. Переключатель П3 служит для включения в цепь демпфирующей обмотки: пассивный демпфер - $R11$, активный демпфер - Д5 или активный демпфер с вольтодобавкой - Д4. Емкость "вольтодобавки" - С11.

Переключатель П4 подключает симметрирующую цепь $C13R14$ или дополнительную паразитную емкость С14, С15 в выходную обмотку автотрансформатора Тр2.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить работу принципиальной схемы строчной развертки: задающего генератора, разрядного каскада и выходного каскада с демпферами и высоковольтным выпрямителем.

2. Включить осциллограф и блок строчной развертки. На вход ВКУ подать телевизионный сигнал шахматного поля "СШП". Добиться наилучшей яркости и контрастности изображения.

3. Ознакомиться с назначением ручек и гнезд.

4. Исследовать работу блокинг-генератора:

а) включить синхронизацию (переключатель П1 замкнут), добиться устойчивой работы блокинг-генератора;

б) зарисовать форму и измерить амплитуду напряжения на сетке и аноде лампы;

в) выключить синхронизацию (переключатель П1 разомкнут), с помощью осциллографа определить характер изменения собственной частоты блокинг-генератора при изменении величины сопротивления $R4$. Установить, как это сказывается на изображении.

5. Исследовать работу разрядного каскада:

а) зарисовать и измерить амплитуду пилообразного напряжения для различных емкостей (С4, С5, С6) (сопротивление отрицательного выброса выведено); сделать выводы;

б) измерить коэффициент нелинейности для трех значений емкостей С4, С5, С6 по формуле (3). Для этого необходимо измерить наибольшую и наименьшую длины квадратов вдоль строки; сделать выводы;

в) зарисовать и измерить амплитуду отрицательного выброса и проследить влияние его на изображение; сделать выводы.

6. Исследовать работу выходного каскада:

а) исследовать работу демпферов, зарисовать форму отклоняющего тока во всех случаях демпфирования и без демпфирования (КТ14); дать физическое объяснение;

б) включить активный демпфер с вольтодобавкой, подобрать амплитуду пилообразного напряжения с помощью $R6$ и емкостей $C4$, $C5$, $C6$, напряжения смещения лампы с помощью $R8$ так, чтобы получить необходимый растр при хорошей линейности:

в) зарисовать форму и измерить амплитуду следующих токов и напряжений:

тока выходной лампы (КТ8, $R10 = 100 \text{ Ом}$);

напряжения на отклоняющих катушках (КТ10);

тока отклоняющей катушки ($R15 = 15 \text{ Ом}$, КТ14);

г) проследить форму отклоняющего тока от напряжения смещения на управляющей сетке выходной лампы и величины емкости разрядного каскада; дать физическое объяснение;

д) проследить и зарисовать форму отклоняющего тока (КТ14) в зависимости от величины паразитных емкостей $C14$ и $C15$; измерить длительность обратного хода; сделать выводы.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Нарисовать принципиальную схему генератора строчной развертки.
2. Нарисовать осциллограммы с необходимыми объяснениями.
3. Краткие выводы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково влияние паразитной емкости выходного трансформатора и отклоняющих катушек на работу выходного каскада и качество изображения?
2. Каким образом работает идеализированная схема с прерывателем?
3. В чем заключается способ активного демпфирования с RC цепью? Каковы достоинства и недостатки?
4. В чем заключается способ активного демпфирования с вольтодобавкой и каковы достоинства и недостатки?
5. Какова сравнительная оценка демпфирования всех схем по таким

признакам, как размах отклоняющего тока, коэффициент нелинейности, мощность потребления от сети?

6. Каким образом длительность обратного хода зависит от CI_4 и CI_5 ?
7. Каким образом выбираются C и R в зарядно-разрядном каскаде?

Л и т е р а т у р а

1. Под редакцией Шмакова П.В. Телевидение, М.: Связь, 1970.
2. Самойлов В.Ф. Транзисторные генераторы телевизионной развертки, М.: Связь, 1969.

Составитель Галина Васильевна Р е п и н а

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Лабораторная работа № I

Редактор Н.В.К а с а т к и н а
Техн. редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор С.С. Р у б а н

Подписано в печать 22.05.80 г.
Формат 60x84 I/16. Бумага оберточная белая.
Печать офсетная. Усл.п.л.0,93. Уч.-изд.л. 0,86.
Тираж 200 экз. Заказ № 3575 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева, г.Куйбышев,
ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. В.И.Мяги, Куйбышев,
ул. Венцека, 60.