

## О ПРЕЦИЗИОННОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ РАЗВЕРТКИ

Ю. И. Нефедов, Р. Т. Петрушко, А. В. Шатохин

В последние годы в устройствах ввода — вывода визуальной информации для ЦВМ большое внимание уделяется проблеме создания прецизионных телевизионных растров. Одной из возможностей разработки таких растров является программная развертка носителя информации электронным лучом ЭЛТ от ЦВМ [1]. Изображения считываются (например, с фотопленки) с помощью системы «бегущий луч».

Прецизионные телевизионные системы с электронной разверткой от ЦВМ все шире используются в нейрофизиологии при исследовании рецептивных полей клеток сетчатки и зрительной коры для стимуляции фоторецепторов и построения карт рецептивных полей [2,3].

Прецизионность растра сильно зависит от стабильности и линейности оконечного каскада блока развертки. Наибольшее распространение в прецизионных системах с точечным и непрерывным растрами получили блоки развертки, в которых код ЦВМ преобразуется с помощью прецизионных цифро-аналоговых преобразователей (ПКН) в непрерывную величину с последующим усилением в оконечных каскадах блоков развертки [4]. Последние, используемые в устройствах ввода — вывода информации для ЦВМ, должны обладать свойствами, присущими как усилителям постоянного тока, так и широкополосным.

В выходных каскадах на транзисторах применяются отклоняющие системы (ОС) с сердечником и без него. Первые обладают большей чувствительностью при заданных значениях индуктивности, однако если разрешающая способность устройства ввода — вывода информации высока, сказывается влияние гистерезиса материала сердечника. Применение ОС без сердечника требует увеличения мощности выходных каскадов, что, в свою очередь, понижает стабильность, увеличивает габариты устройства, ухудшает тепловые режимы электронных схем. При этом мощные транзисторы (КТ 802, КТ 805, КТ 903, КТ 908 и др.), используемые в выходных каскадах, обладают сравнительно небольшой величиной допустимого напряжения на коллекторе [5]:

$$U_{km} > \frac{I_m L}{t_1} + I_m R_L,$$

где  $U_{km}$  — допустимое напряжение на коллекторе;

$I_m$  — максимальный ток ОС;

$t_1$  — минимальная длительность прямого хода при максимальном токе ОС;

$R_L$  — активное сопротивление ОС;

$L$  — индуктивность ОС.

Наиболее эффективным методом снижения напряжения на ОС является уменьшение  $L$  [5,6]. Для сохранения заданной величины ампервитков ОС необходимо увеличивать величину тока. Решение этой задачи связано с рядом трудностей [7]:

1) устранением влияния дрейфа выходного тока на параметры окончных усилителей;

2) обеспечением высокой линейности амплитудной характеристики при работе с большими отклоняющими токами, если соблюдаются гомотетические преобразования входного сигнала;

3) устранением зависимости тока в отклоняющих катушках при изменении их активного сопротивления от температуры;

4) исключением влияния помех, наводок и др.

Литературные данные [5—10] и результаты эксплуатации разработанного усилителя показывают, что при высоких требованиях к стабильности, помехоустойчивости необходимо пользоваться «мостовыми» схемами усилителей развертки и отклоняющих катушек.

На рис. 1 изображена схема включения отклоняющих катушек и усилителя развертки. Из схемы видно, что все синфазные наводки, помехи, изменения сопротивлений катушек от температуры и нестабильности напряжения питания понижаются за счет встречного включения катушек и применения мостового усилителя. Полезный сигнал вызывает разбалансировку мостового усилителя. При этом ток в одном плече увеличивается, а в другом уменьшается на такую же величину. Возрастающее магнитное поле катушки вызывает линейное перемещение светового пятна на экране ЭЛТ.

Для построения по блок-схеме (рис. 1) окончных усилителей, отвечающих вышеуказанным требованиям (высокая стабильность, линейность и др.), используется ряд электронных схем. Одним из эффективных и сравнительно простых методов борьбы с дрейфом нуля в УПТ является применение балансных дифференциальных усилителей, введение глубоких обратных связей, термокомпенсация нелинейными элементами [11, 12]. Дифференциальный усилитель, обладая высокой стабильностью [13], позволяет осуществить ряд операций: а) переходить от схем с симметричными входом и выходом к схемам с несимметричными входом и выходом, и наоборот; б) просто вводить обратную связь.

Высокая линейность амплитудной характеристики отклоняющего тока в усилителе достигается введением глубокой отрицательной обратной связи. С этой целью выходные каскады

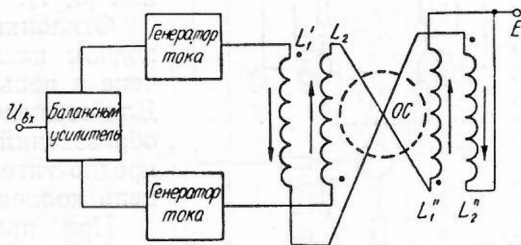


Рис. 1.

усилителя строятся по схеме генератора тока с усиленной обратной связью [7, 14].

Выходное сопротивление такого усилителя во много раз превышает сопротивление ОС, что позволяет сохранить форму входного напряжения на ОС и на экране ЭЛТ. Выходной транзистор (или параллельное включение транзисторов) включается по схеме с общими эмиттером и коллектором. Схема с общей базой, обладая высокой линейностью и максимальной граничной частотой, теряет свои преимущества за счет малого входного сопротивления [5, 7].

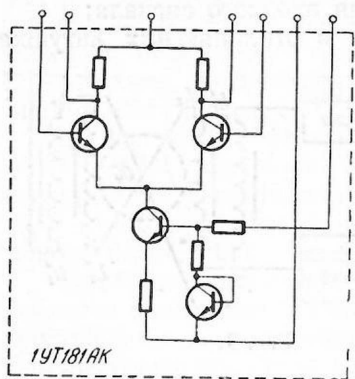


Рис. 2.

Отклоняющая система (ОС) в выходном каскаде может быть включена в цепь коллектора и эмиттера. Для соблюдения гомотетических преобразований входного сигнала более предпочтительно включение ОС в цепь коллектора [15].

При проектировании усилителя необходимо учесть возможность самовозбуждения усилителя, которая устраняется фазокомпенсирующими цепями [11, 12]. В процессе разработки входной цепи такого усилителя

необходимо обратить внимание на симметрию балансного усилителя при несимметричном входе. Чтобы усилитель реагировал только на разность входных напряжений, требуется выполнить неравенство [11]

$$K_{cp} \ll K_p,$$

где  $K_p = \frac{K_1 + |K_2|}{2}$  — коэффициент усиления разности входных напряжений;

$K_1$  — коэффициент усиления по первому входу;

$K_2$  — коэффициент усиления по второму входу;

$K_{cp} = K_1 - |K_2|$  — коэффициент усиления среднего уровня выходных напряжений.

Для выполнения условия (2) необходимо увеличивать сопротивление в цепи эмиттера. С этой целью эффективнее всего включать в цепь эмиттера «генератор тока». Для описываемых усилителей во входных каскадах удобно применять унифицированные интегральные схемы типа 1УТ181 (рис. 2). Такие усилители обычно проектируются следующим образом [5, 16].

1. На основании требований развертки луча ЭЛТ избирается тип схемы усилителя.

2. Выбирается тип отклоняющей системы (ОС) и рассчитывается количество ампервитков, необходимых для создания развертки.

3. Устанавливается тип транзистора (при необходимости — параллельно включенных транзисторов) выходного каскада и напряжение питания.

4. Рассчитывается отклоняющая система.

5. Определяется тепловой режим транзисторов выходного каскада.

6. Вычисляются параметры схем, согласующих выход ПКН (или другого источника информации) и вход мощных каскадов.

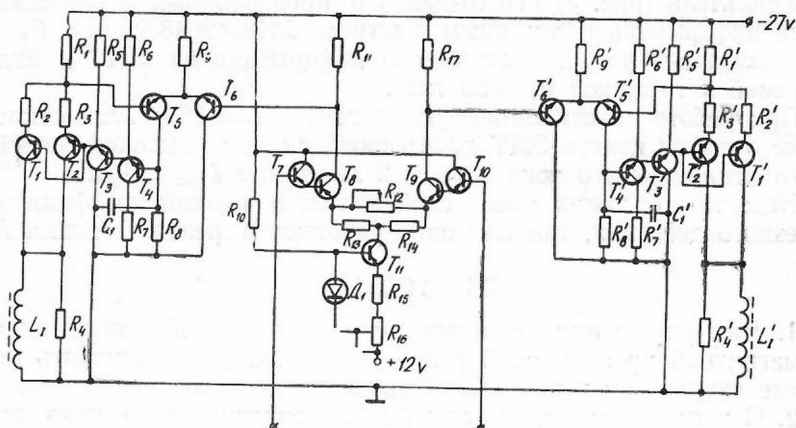


Рис. 3.

Положения 3—5 являются общими при проектировании усилителей [5, 11—12, 14] и расчете балансных и дифференциальных схем [11—13]. В качестве примера был разработан и проверен в эксплуатации усилитель для программной развертки луча ЭЛТ в устройствах ввода—вывода информации (рис. 3). В усилителе (рис. 3) выходные кремниевые транзисторы КТ805В по коэффициенту усиления  $B$  подбирались парой, отличающейся на  $\pm 10\%$ , с минимальным значением  $I_{k0}$ , максимальной  $f_a$  (также парой). Подбираемые транзисторы отвечали условию (1).

Для повышения линейности выходного тока необходимо выбирать линейный участок работы на выходных характеристиках транзистора КТ805Б.

Это достигается параллельным включением транзисторов КТ805Б с сопротивлением обратной связи 0,5—1 ом (для выравнивания параметров), введением усиленной обратной связи по току с помощью сопротивлений ( $R_5 R_{2-2} R_{3-3}$ ) и дифференциальных усилителей ( $T_5, T_6, T_5', T_6'$  типа КТ312).

Для повышения симметрии усилителя во входном балансном усилителе ( $T_8, T_9$  типа ГТ321) в цепь эмиттеров включен генератор тока на транзисторе ( $T_{11}$ ). Эту схему можно заменить интегральным модулем 1УТ181АК.

Для исключения паразитных колебаний ОС шунтируется сопротивлением ( $R_4, R_4'$ ), определяемым по формуле [5]:

$$R_{ш} \approx 0,5 \sqrt{\frac{L}{C_k + C_{п}}}$$

где  $C_k$  — емкость коллекторного перехода мощного транзистора;  $C_{п}$  — межвитковая емкость ОС.

Усиление в усилителе регулируется сопротивлением ( $R_{12}$ ). Усилитель (рис. 3) испытывался в прецизионных устройствах ввода информации с точечным растром  $2048 \times 2048$  точек ( $f_r = 100$  кГц) и в устройствах вывода информации на ЭЛТ в виде чертежей и графиков ( $f_r = 20$  кГц).

При работе на отклоняющую систему с  $L = 560$  мкГн отклонение луча от центра ЭЛТ достигало 5 см при высокой линейности отклоняющего тока с  $\tau_{ук} = 2$  мксек при  $I_{вых} = 1$  а.

Недостатком таких усилителей является низкий коэффициент полезного действия, так как они работают в режиме класса А.

## ВЫВОДЫ

1. Для улучшения стабильности и помехоустойчивости электромагнитной прецизионной развертки необходимо применять мощные схемы включения ОС и выходных каскадов усилителя.

2. С целью повышения линейности отклоняющего тока выходные каскады должны выполняться по схеме стабилизатора тока.

3. Параллельно включенные транзисторы оконечного каскада повышают линейность выходного тока и облегчают тепловой режим усилителя.

4. Повышение быстродействия электромагнитной развертки достигается уменьшением индуктивности ОС с одновременным увеличением выходного тока (для сохранения необходимого количества ампервитков).

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Кузьмичев, А. М. Пряницкий, А. А. Чистюхин, А. В. Шатохин. Обзор и анализ электронно-оптических систем считывания информации с фотопленки. Сб. «Приборы и системы автоматизации», вып. 14. Изд-во Харьковск. ун-та, 1970.
2. D. N. Spinnelli. Receptive field organization of ganglion cells in the cat's retina. «Exptl. Neurol.», 1967, 19.
3. D. N. Spinnelli, T. W. Barrett. Visual receptive field organization of single units in the cat's visual cortex. «Exptl. Neurol.», 1968, 24.
4. М. А. Кузьмичев, А. А. Чистюхин, А. В. Шатохин. Цифро-аналоговый преобразователь сканирующей системы на электронно-лучевой трубке. Сб. «Приборы и системы автоматизации», вып. 20. Изд-во Харьковск. ун-та, 1970.
5. А. М. Тищенко, Б. М. Лебедев и др. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. М., «Сов. радио», 1964.
6. Б. Э. Бонштедт, М. Г. Маркович. Фокусировка и отклонение пучков в электронно-лучевых приборах. М., «Сов. радио», 1967.

7. А. З. Модель, В. В. Дрангинис. Вопросы построения оконечных каскадов медленных разверток. «Вопросы радиоэлектроники», сер. IX, № 4, 1961.

8. Н. П. Кириченко, М. А. Кузьмичев, А. М. Пряницкий, А. А. Чистюхин, А. В. Шатохин. Особенности построения выходных каскадов быстродействующей программно управляемой развертки. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 17. Изд-во Харьковск. ун-та, 1970.

9. Н. Н. Васильев, В. Ф. Смирнова. Расчет транзисторного выходного каскада кадровой развертки с трансформаторным выходом. «Вопросы радиоэлектроники», сер. IX, вып. 4, 1968.

10. Г. А. Козина, Б. А. Седов. Устройство оконечных усилителей. «Вопросы радиоэлектроники», сер. IX, вып. 3, 1968.

11. Ю. В. Виноградов. Основы электронной и полупроводниковой техники. М., «Энергия», 1968.

12. И. П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., «Энергия», 1967.

13. Б. Ф. Грачев, В. С. Наконечный. Температурный дрейф дифференциальных усилителей. «Вопросы радиоэлектроники», сер. IX, вып. 1, 1966.

14. Источники питания на полупроводниковых приборах. Под ред. С. Д. Додика и Е. И. Гальперина. М., «Сов. радио», 1969.

15. С. Д. Додик. Полупроводниковые стабилизаторы тока и напряжения. М., «Сов. радио», 1967.

16. А. З. Модель, В. В. Дрангинис. Высокостабильные оконечные каскады генераторов низкочастотной развертки на транзисторах. «Радиотехника», 16, 7(1961).

## ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ОБУЧАЕМОСТИ

*Н. П. Дидиченко*

Цель настоящей работы — определить параметры линейной модели поведения, предложенной Р. Бушем и Ф. Мостеллером, при обучении животного какой-либо реакции в  $T$ -образном лабиринте. В опытах использовался  $T$ -образный лабиринт с ящиками на двух концах буквы  $T$ . При каждом испытании голодное животное помещалось в исходную позицию (находящуюся в хвосте  $T$ ), затем его заставляли бежать вдоль лабиринта до поворота направо или налево. В ящике на правой стороне лабиринта находилась пища, в левом же ее никогда не было. Таким образом, в ходе некоторых испытаний животное могло не получать пищи. Много раз подвергаясь подобному испытанию, оно в результате обучалось поворачивать направо. Можно было бы рассмотреть многие аспекты поведения животного, но мы обратимся только к одному: куда — направо или налево — поворачивает зверек при каждом испытании. Для отдельного индивидуума данными, которые будут рассматриваться, является ряд правых и левых поворотов.

Следуя Р. Бушу и Ф. Мостеллеру [1], такое обучение опишем линейной моделью

$$p_{n+1} = \begin{cases} Q_1 p_n = \alpha_1 p_n + (1 - \alpha_1) & \text{— при повороте направо,} \\ Q_2 p_n = \alpha_2 p_n + (1 - \alpha_2) & \text{— при повороте налево,} \end{cases} \quad (1)$$