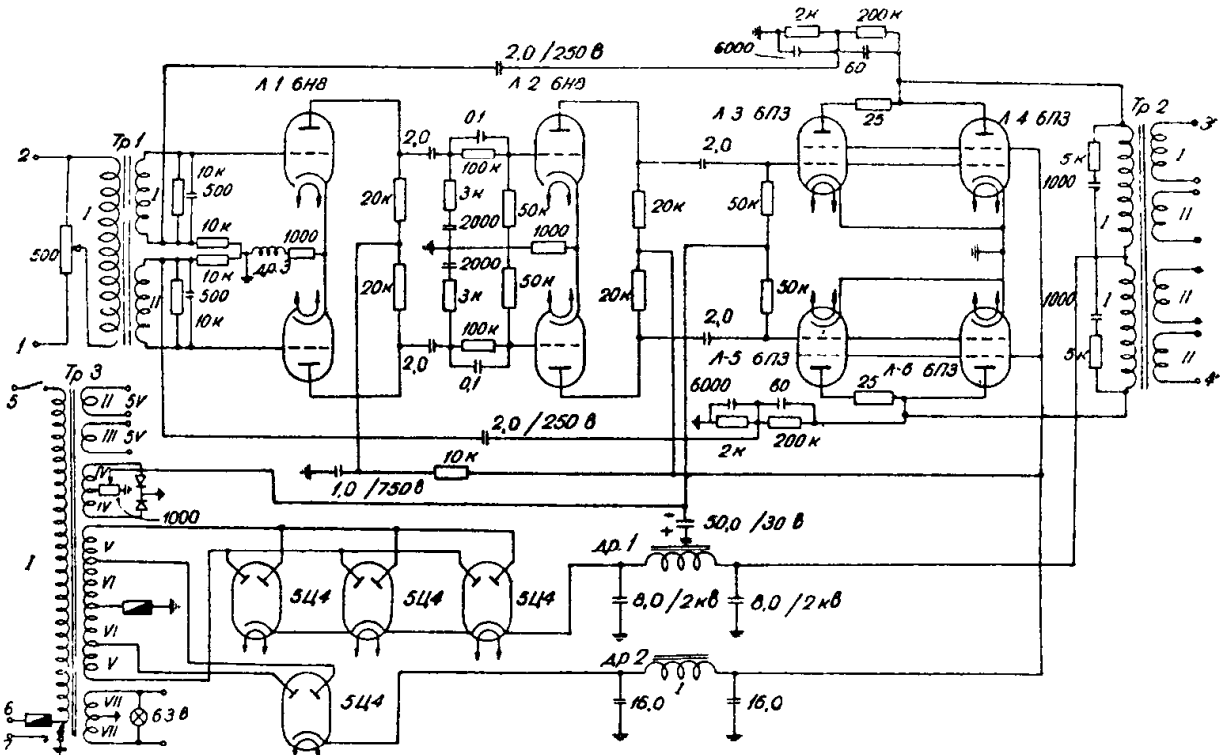


ТУУ-100

КРАЙНО СТЬПАЛО

Основно изискване, което трябва да осигуряват крайните стъпала към усилвателните уредби, е електрическите показатели да бъдат стабилни и почти независими от товара, който особено в условията на жичната радиофикация е променлив както по време, така и по честота. Това налага режимът на крайните лампи да бъде така подбран, че винаги да бъдат осигурени малки линейни и нелинейни изкривявания, добра товарна характеристика*)

лампите и др. Макар и двутактен, усилвателят не е оскъпен с по-голям брой лампи поради това, че е използван двойният триод 6Н8. Но въпреки всички свои предимства, двутактната схема не е достатъчна, за да се осигурят високи електрически показатели при добър КПД. Това е особено валидно по отношение изискването за добра товарна характеристика. Ето защо трите стъпала са обхванати с дълбока честотно-независима отрицателна обратна връзка от



Фиг. 1

и ниско ниво на шумовете. Показаната схема на фиг. 1 напълно задоволява тези изисквания. Както се вижда, от входящия до изходящия трансформатори схемата е симетрична. По този начин са използвани всички предимства, които предлага този вид свързване, а именно: малки нелинейни изкривявания, по-малка филтърна група към изправителя, по-добро използване на

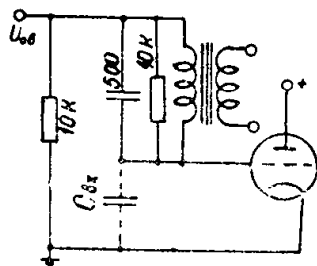
порядка на 15—20 дб. Благодарение на нея вътрешното съпротивление на крайното стъпало става много малко, което подобрява товарната характеристика, намалява линейните и нелинейните изкривявания и нивото на шумовете. Но заедно с това поради голямата дълбочина на обратната връзка се създава опасност за някои честоти извън усилваната честотна лента (50—10000 хц) отрицателната обратна връзка да премине в положителна. В такъв случай усилвателят ще започне да генерира, с което ще се наруши и неговата нормална работа. За да се избегне това, необходимо е при проектирането на схемата да се вземат специални мерки, а именно: 1) да се намалят

* Товарната характеристика ни дава с колко децибела се повишава напрежението на изхода на усилвателя за различните честоти от звуковия обхват, когато напрежението на входа на усилвателя се поддържа постоянно, а товарът на усилвателя отпадне.

до минимум фазовите изкривявания в усилвателният канал, обхванат от обратната връзка и веригата на самата обратна връзка и 2) извън усилваната честотна лента (50—10 000 *хц*) коефициентът на усилването бързо да намалява, така че даже за някоя честота обратната връзка да стане положителна и да не може да се получи генерация ($k\beta < 1$).

За тази цел връзката между отделните стъпала е съпротивително-капацитивна. Такава връзка дава фазови изкривявания не повече от 10—15° за доста широка честотна лента.

Веригата на обратната връзка се състои от две последователно свързани съпротивления от 200 *кома* и 2 *кома*, които са съот-



Фиг. 2

ветно шунтирани с 60 *пф* и 6000 *пф*. По този начин е изпълнено условието веригата на обратната връзка да бъде честотно независима.

Разделителните блокове, които не позволяват правото напрежение от анодите на крайните лампи да попадне в решетките на входящите стъпала, имат стойност 2 *мкф*, поради което може с достатъчна точност да се приеме, че те не внасят фазови изкривявания.

За намалението на коефициента на усилването извън усилваната честотна лента между първото и второто стъпала са поставени ограничители за ниски и високи честоти. Ограничителят за ниските честоти представлява честотно зависим делител, образуван от паралелно свързаните съпротивления от 100 *кома* и блок 0,1 *мкф* и утечното съпротивление на второто стъпало от 50 *кома*. Напрежението на решетката на второто стъпало ще намалява за ниските честоти поради това, че импедансът на горната част на делителя се увеличава. Неговата най-голяма стойност е 100 *кома*. Тя се получава при $f=0$ *хц*.

Следователно напрежението на изхода на усилвателя ще намалява за ниските честоти. На високите честоти този делител не оказва никакво влияние, тъй като блокът от 0,1 *мкф* шунтира съпротивлението от 100 *кома* и цялото напрежение от анода на първото стъпало се подава на решетката на второто стъпало.

Ограничителят за високите честоти представлява дуполъсник, образуван от последователно свързаните съпротивления 3000 *ома* и блокче 2000 *пф*. Той е включен след прехвърлящия блок между първото и второто стъпало. Действието му е основано на факта, че за по-високите честоти той шунтира анодния товар на първото стъпало, поради което коефициентът на усилването на първото стъпало намалява. За ниските и средните честоти влиянието на ограничителя може да се пренебрегне, тъй като неговият импеданс е достатъчно голям по отношение на останалите елементи.

Все с оглед да се осигури стабилна работа на усилвателя в областта на високите честоти вторичните навивки на входящия трансформатор са шунтирани с по едно блокче от 500 *пф*. Необходимостта от тях може да се обясни по следния начин. Напрежението на обратната връзка се подава върху съпротивление от 10 *кома*, което е свързано между единия край на вторичната навивка на входящия трансформатор и масата (фиг. 2)*. Обаче само една част от това напрежение ще попадне между решетката и катода на лампата, тъй като вторичната навивка на входящия трансформатор и входящият кондензатор на лампата образуват един честотно зависим делител на напрежение. За ниските честоти, поради сравнително малката стойност на входящия кондензатор на лампата, може да се приеме, че входящият импеданс на лампата е безкрайно голям, поради което цялото напрежение на обратната връзка попада върху решетката. За високите честоти обаче входящият импеданс започва да намалява, което означава, че все по-голяма част от напрежението на обратната връзка ще пада върху вторичната навивка на входящия трансформатор. С други думи, дълбочината на обратната връзка ще започне да намалява.

Именно за да не се получат изменения в дълбочината на обратната връзка, в областта на високите честоти е поставено блокчето от 500 *пф*. Посредством него за високите честоти делителят става честотно независим, т. е. напрежението върху решетката на лампата над известна честота може да се приеме за постоянно. Трябва да се отбележи, че споменатите по-горе шунтиращи блокчета внасят благоприятна корекция на фазовата характеристика на веригата на обратната връзка.

Входящият и изходящият трансформатори не са обхванати от отрицателната обратна връзка, тъй като по начало всеки трансформатор представлява честотно зависим елемент, поради което внася значителни фазови изкривявания.

Като се има пред вид казаното по-горе и необходимостта от малка неравномерност

* На фиг. 2 е дадена половината от двутактното входящо стъпало.

на честотната характеристика в областта на високите честоти, налага се двата трансформатора да имат по възможност по-малка самоиндукция на разсейването. За тази цел техните навивки са секционирани, като освен това в изходящия трансформатор отношението желязо-мед е увеличено по отношение на нормално срещаните стойности. Тази допълнителна мярка се налага във връзка с намалението на нелинейните изкривявания в областта на високите честоти, причинени от преходните режими в изходящия трансформатор.

За подобрение на фазовата характеристика първичната навивка на изходящия трансформатор е шунтирана с последователно свързани съпротивление и капацитет.

В усилвателя са използвани следните лампи: 6Н8 — 2 броя, 6П3 — 4 броя и 5Ц4 — 4 броя. Лампите 6Н8 са използвани като усилватели на напрежение и работят в клас А. Четирите лампи 6П3 работят в клас АВ₁ при малък начален аноден ток и далече под допустимата загубна мощ. По този начин е осигурен висок КПД. Поради големите колебания на анодния ток при максималното разколебаване на лампите преднапрежението на крайните лампи е взето от специален селенов изправител. Използуването на автоматично преднапрежение не е подходящо, тъй като при максималното разколебаване на лампите заедно с анодния ток нараства и преднапрежението, поради което работната точка се премества. Това причинява увеличаването на нелинейните изкривявания. От друга страна в режима на покой се получава по-малко преднапрежение, което обуславя по-голям начален ток.

На пръв поглед изглежда, че използването на отделен селенов изправител излишно оскъпява усилвателя. Но това многократно оскъпяване се компенсират многократно от икономичния режим, при който работят крайните лампи и тяхното удължено време на използване.

Режимът на лампите на крайното стъпало е даден в долната таблица.

Изправителната група е изпълнена с четири лампи 5Ц4. Три от тях работят в паралел и захранват крайното стъпало. Режимът, в който работят, е твърде облекчен. В П-образния филтър са използвани два книжни кондензатора от 8 мкф/2 кв_{макс}. Четвъртата лампа захранва вторите решетки на крайните лампи и двете лампи 6Н8.

Техническите данни на крайното стъпало са:

1. Изходяща мощност 50 вт
2. Чувствителност > 5,5 в
3. Входящо съпротивление 200 ома
4. Изходящи напрежения 30 в или 120 в
5. Честотна характеристика 50—8000 херца с неравномерност < 2 дб
6. Нелинейни изкривявания до 100 херца < 10% над 100 херца < 4%
7. Ниво на шумовете < -60 дб
8. Товарна характеристика — при пълно разтоварване на крайното стъпало изходящото напрежение нараства по-малко от 3 дб.
9. Консумирана мощ от мрежата 250 вт.

Данните на използваните трансформатори и дросели са:

Входящ трансформатор Тр₁—I—950 нав. 0,23 мм, II—2×492 нав. 0,1 мм, железен пакет III 16, набор 20 мм

Изходящ трансформатор Тр₂ — първична — 2×720 нав. 0,28 мм, вторична — 4×100 нав. 0,57 мм пакет III 36, набор 60 м.

Силов трансформатор Тр₃ — I—320 нав. 0,8 мм, II — 8 нав. 2 мм, III—8 нав. 1,2 мм, IV—2×50 нав. 0,25 мм, V—2×220 нав. 0,44 мм, VI—2×342 нав. 0,42 мм, VII—2×5 нав. 2 мм, железен пакет III 44, набор 90 мм.

Др₁ — 1650 нав. 0,44 мм, III 32, набор 35 мм.

Др₂ — 1300 нав. 0,35 мм, III 24, набор 35 мм.

Др₃ — 1400 нав. 0,2 мм, III 16, набор 20 мм.

лампа	тип	E _a [в]	E _a дин [в]	E _{рз} [в]	E _{рз} дин [в]	-E _{р1} [в]	I _{а0} [ма]	I _{а макс} [ма]
Л ₁	6Н8	185	185	—	—	6,5	5,5	—
Л ₂	6Н8	225	225	—	—	9,5	9,5	—
Л ₃	6П3	435 ÷ 440	405 ÷ 410	305—310	285 ÷ 290	28	40 ÷ 45	65 ÷ 70
Л ₄	6П3	435 ÷ 440	405 ÷ 410	305—310	285 ÷ 290	28	40 ÷ 45	65 ÷ 70
Л ₅	6П3	435 ÷ 440	405 ÷ 410	305—310	285 ÷ 290	28	40 ÷ 45	65 ÷ 70
Л ₆	6П3	435 ÷ 440	405 ÷ 410	305—310	285 ÷ 290	28	40 ÷ 45	65 ÷ 70

Ив. Кръстанов
Ив. Вълчев