

ИНЖ. АЛЕКСАНДЪР ДРАГОТИНОВ ИВАНОВ
ИНЖ. МАРИЯ ХРИСТОВА ДРАГОТИНОВА

ВИСОКО
КАЧЕСТВЕНИ
ТРАНЗИСТОРНИ
НИСКО
ЧЕСТОТНИ
УСИЛВАТЕЛИ

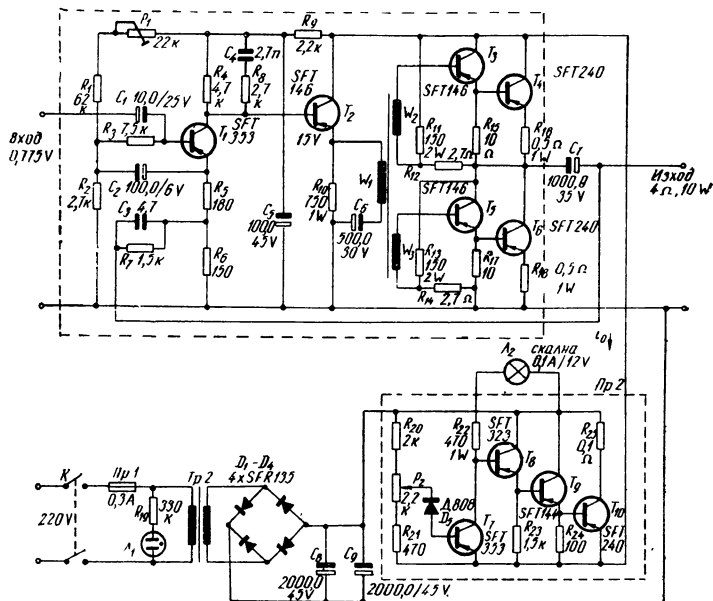
СОФИЯ — 1970

ДЪРЖАВНО ИЗДАТЕЛСТВО «ТЕХНИКА»

ПРИМЕРНИ ИЗПЪЛНЕНИЯ

7.1. Транзисторен усилвател 10 W

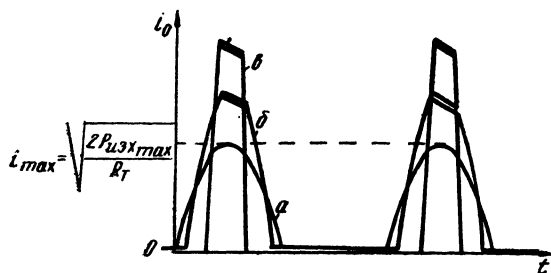
Този усилвател е конструиран с български транзистори. Неговата принципна схема е показана на фиг. 235. Целта на разработването му е да се получат професионални пока-



Фиг. 235. Схема на транзисторен усилвател за 10 W. Всички неозначени съпротивления са с мощност 0,25 W и точност 10%

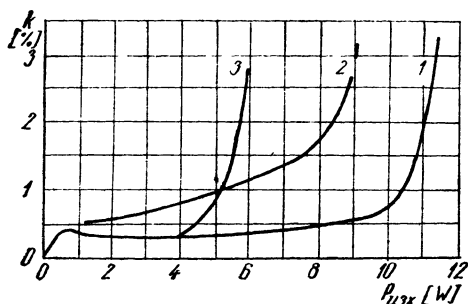
затели при минимално усложняване на схемата. Усилвателят е от типа, разгледан в раздел 3.2.5. Изборът е спрял на този вариант пред вид сравнително ниската гранична честота на транзисторите от серията SFT 212—240. Използването на трансформатор за управление на крайните 303 транзистори, както и емитерния повторител, захранващ

първичната му намотка, води до възможност за увеличаване на граничната честота на крайните транзистори и намаляване на постояннотоковото съпротивление във веригите на базите на крайните транзистори до минимално



Фиг. 236. Форма на тока, черпен от захранването при усилвателя за 10 W — в нормален режим (а) и при претоварване (б) и (в)

възможното. Ниското съпротивление в базисните вериги на крайните транзистори води както до ниски нелинейни изкривявания, така и до максимално потискане на преходните процеси в крайните транзистори и избягване на опасността от вторичен пробив.



Фиг. 237. Нелинейни изкривявания при различни честоти: 1000 Hz (крива 1), 15 kHz (крива 2) и 40 Hz (крива 3)

Транзисторът T_1 осигурява известно усилване, както и входно съпротивление около 10 k Ω , създаващо по-голяма универсалност в приложението на усилвателя. В крайното стъпало няма особености.

Предпазването на усилвателя е реализирано с безинертен електронен предпазител, ограден с прекъснатата линия и означен с *Пр. 2*. Действието на такъв предпазител е разгледано в раздел 4.2.4. Диодът Д 808 се използва не като ценеров, а като обикновен силициев диод, включен в права посока. Особеност е лампичката L_2 , включена в колекторната верига на транзистора T_1 . При нормална работа, когато токът през автоматичния предпазител е по-малък от максимално допустимия, транзисторът T_1 е запушен и транзисторите T_8 , T_9 и T_{10} са наситени. Когато токът надхвърли допустимата граница (в случая 4 А), тогава T_1 се отпушва, а се запущат останалите три транзистора. При наситен транзистор T_1 неговият колекторен ток е достатъчен, за да доведе до светване на лампичката L_2 (изведена на предното табло), която ще сигнализира за претоварването на усилвателя.

Предпазителът се задействува както при късо съединение на изхода, така и при спадане на товарното съпротивление под номиналното с повече от 40%. Вследствие на това, че при претоварване на входа консумираният от изправителя ток променя своята форма (фиг. 236), при претоварване на входната верига с повече от 15—20 dB предпазителът също изключва, като предпазва по такъв начин входното стъпало от претоварване.

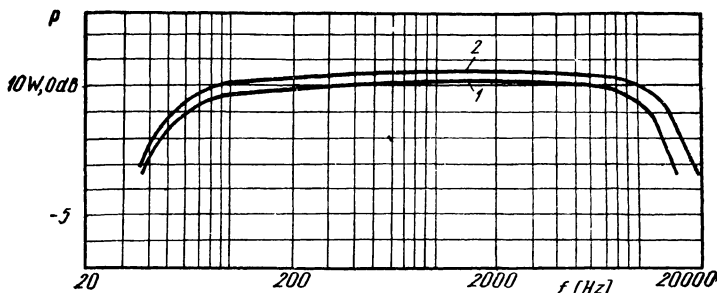
Захранването на усилвателя е твърде опростено — с мостов изправител и два електролитни кондензатора.

По-долу са дадени по-важните показатели на усилвателя.

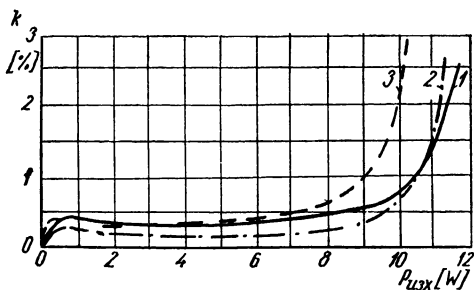
- Изходна мощност за неограничено дълго време при товарно съпротивление 4Ω — 10 W.
- Нелинейни изкривявания при 10 W, 4Ω товарно съпротивление и 1000 Hz под 0,8%.
- Честотна характеристика, измерена при пълна мощност от 20 Hz до 20 kHz с отклонения спрямо 1000 Hz ± 1 dB, -3 dB.
- Входно ниво 0 dB (0,775 V) при входно съпротивление $10 k\Omega$.
- Ниво на шум и брум спрямо номиналния сигнал ≤ -60 dB.
- Работен температурен обхват 15—45°C.
- Захранване 220 V, 50 Hz.
- Консумирана мощност от мрежата при отдавана в изхода мощност 10 W — 22 VA.

На фиг. 237 са показани нелинейните изкривявания от хармоничните във функция от изходната мощност при няколко честоти.

На фиг. 238 е дадена твърде показателна характеристика. По абсцисата е нанесена честотата, а по ординатата — мощността. Кривите 1 и 2 определят полето, в което при съответните мощности и честоти нелинейните изкривявания:



Фиг. 238. Честотна характеристика при определени нелинейни изкривявания: 1% (крива 1) и 2% (крива 2)



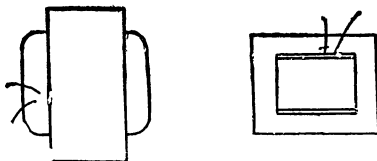
Фиг. 239. Нелинейни изкривявания при различни температури: при 25°C (1), при 35°C (2) и при 45°C (3)

са по допределена граница (в случая 1 и 2%). Това са, с други думи, честотните характеристики при определени нелинейни изкривявания.

Заслужава да се отбележи, че в усилвателя не е предвидена стабилизация на началния ток през крайните транзистори с температурно зависими елементи. Показаните на фиг. 239 зависимости на нелинейните изкривявания при различни температури показват запазването на малките нелинейни изкривявания в по-широк температурен обхват.

7.1.1. Конструктивни данни на усилвателя

При определяне на положението на отделните елементи трябва да се внимава драйверният трансформатор така да бъде разположен спрямо мрежовия, че разсеяното магнитно поле на мрежовия трансформатор да не индуктира брумове напрежение в драйверния. На фиг. 240 е показано примерно едно от възможните разположения. Желателно е също първото стъпало на усилвателя да бъде по-далеч от мрежовия трансформатор.



Фиг. 240. Примерно разположение на трансформаторите в усилвателя

Драйверният трансформатор има трансформаторно отношение 1:1 към всяка една от вторичните му намотки.

За да се получи много добра връзка между намотките и да се намалят до минимум преходните процеси, дължащи се на разсеянты индуктивности, намотките на трансформатора са навити едновременно с три проводника. Два от тях образуват двете самостоятелни вторични намотки, а третият — първичната намотка. Навити са на ядро от стандартни ламели Ш-16 с набор 20 mm. Трите намотки имат еднакъв брой навивки — 750 от проводник ПЕЛ 0,2 mm. Навиването на драйверния трансформатор се прави «на куп», тъй като реденето при навиването на трите проводника наведнаж не е възможно.

Мрежовият трансформатор има ядро от стандартни ламели Ш-24 с ширина на набора 60 mm. Първичната намотка има 1180 навивки с проводник ПЕЛ 0,29, а вторичната — 132 навивки с проводник ПЕЛ 0,80.

Диодите от изправителния мост $D_1—D_4$ е желателно да бъдат закрепени върху алуминиевата ламарина с площ около 15—20 cm². Диодите могат да бъдат закрепени и върху шасито, ако се предвиди изолация между тях и него. За крайните транзистори T_4 и T_6 е необходима по-голяма охлаждаща повърхност. Топлинното съпротивление на радиаторите е желателно да бъде 4°C/W и не по-голямо от 6°C/W за всеки от тях.

За транзисторите T_3 и T_5 също е необходимо охлаждане, но за всеки от тях е достатъчна площ от 20 cm².

За всички останали транзистори не са необходими допълнителни мерки по охлаждането им.

7.2. Транзисторен усилвател 50 W

Целта и съображенията на конструкторите при неговото разработване са същите, както и при описания погоре 10-ватов усилвател. Нещо повече, маломощната усилвателна част, включително и драйверният трансформатор, остава и тук без изменение.

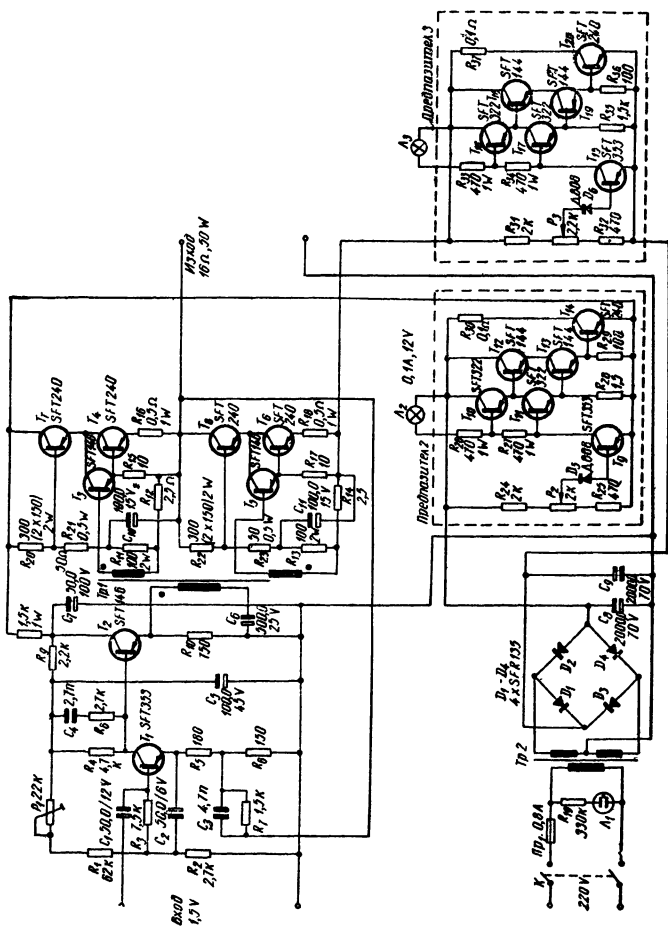
На фиг. 241 е показана пълната схема на усилвателя. Интересно е съставено изходното стъпало. Транзисторите T_3 и T_5 работят като повторители пред крайните транзистори T_4 и T_6 , както и в предния усилвател. Разликата се състои в допълнително включените транзистори T_7 и T_8 , които могат да се разглеждат като поглъщащи част от напрежението E_C . По такъв начин максималното напрежение, което се получава върху транзисторите T_7 и T_4 (съответно T_8 и T_6) — $2 E_C$, се разпределя между двата транзистора T_7 и T_4 и съответно T_8 и T_6 . Транзисторите T_4 и T_6 работят в схема с общ емитер. Техният колекторен ток е управляващ сигнал съответно за транзисторите T_7 и T_8 , които по такъв начин работят в схема с обща база. Това позволява те да бъдат натоварени с по-голямата част от максималното напрежение върху крайните транзистори, а съответно и с по-голямата мощност. Желаната пропорция се определя посредством делителя $R_{11}—R_{14}$ и $R_{20}—R_{23}$. Кондензаторите C_{10} и C_{11} служат да премахнат обратната връзка, която би се получила посредством делителя. Така съставената конфигурация осигурява малките нелинейни изкривявания, получавани от усилвателя, и достатъчно голямата изходна мощност.

Фактът, че транзисторите T_7 и T_8 работят в схема с обща база, прави изходното стъпало твърде нечувствително към пулсациите на захранващото напрежение, с което се осигурява добър динамичен обхват.

Ето по-важните технически показатели на усилвателя:

- Изходна мощност 50 W.
- Номинален товар 16 Ω .
- Нелинейни изкривявания при 50 W, 1000 Hz и 16 Ω товарно съпротивление — под 1%.
- Отклонение на честотната характеристика спрямо 1000 Hz и 50 W в честотния обхват от 20 Hz до 12 kHz + +0, —3 dB. Спадане при 20 kHz 6 dB.
- Входно ниво +6 dBm (1,5 V).
- Входно съпротивление 10 k Ω .
- Ниво на шум и брум спрямо номиналното —70 dB.
- Работен температурен обхват 15—45°C.
- Захранване 220 V, 50 Hz.

На фиг. 242 са показани нелинейните изкривявания във функция от изходната мощност на усилвателя при продължителна работа с товарно съпротивление $16\ \Omega$ и околна

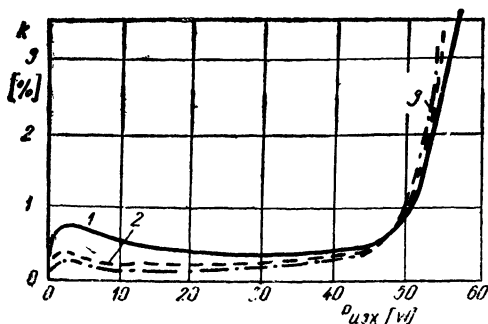


Фиг. 241. Схема на 50 W транзисторен усилвател. Всички неотбелязани съпротивления в схемата са за $0.25\ \text{W}$, 10%

309 температура 25°C (крива 1), 35°C (крива 2) и 45°C (крива 3). Кривите показват, че макар и без температурно зависими

елементи крайното стъпало има малки нелинейни изкривявания.

В този усилвател начинът на защита спрямо претоварване е същият, както и в предния случай. Но за да могат пред-



Фиг. 242. Нелинейни изкривявания на 50 W усилвател при 1000 Hz и (1) — 25°C, (2) — 35°C, и (3) — 45°C

пазителите, върху които напрежението в изключено състояние е 50 V, да издържат това напрежение, е съставена схемата от последователно свързаните T_{10} и T_{11} и следващата двойка T_{12} и T_{13} . Поради това, че тук има два изправителя, са необходими и два предпазителя, при което съответно и две сигнални лампички L_2 и L_3 . Конструктивни данни за усилвателя

По отношение на разположението на драйверния трансформатор спрямо мрежовия трябва да се спазва казаното при 10-ватовия усилвател. Също така трябва да се внимава първото стъпало на усилвателя да бъде по възможност по-далеч от мрежовия трансформатор.

Драйверният трансформатор Tr_1 е навит по същия начин, както и при 10-ватовия усилвател.

Мрежовият трансформатор има магнитопровод от стандартни ламели Ш-32 с ширина на пакета 80 mm. Първичната намотка има 598 навивки с проводник ПЕЛ $\varnothing 0,59$, а двете половинки на вторичната — по 113 навивки с проводник ПЕЛ $\varnothing 1,04$.

Тук за транзисторите T_3 , T_4 , T_5 и T_6 е необходима охлаждаща повърхност със същото топлинно съпротивление, както и при предния усилвател. За транзисторите T_7 и T_8

са необходими охладители с топлинно съпротивление, не по-голямо от $2,5-3^{\circ}\text{C/W}$.

Предпазителят Pr_1 , както и поставеният в предния усилвател, служи да предпази мрежовия трансформатор, ако се появи някакво късо съединение във вторичната му намотка. Глим-лампата L_1 сигнализира за включването на усилвателя и наличието на мрежово напрежение.