

Техникум по слаботокова електротехника

"А. С. ПОПОВ"

Дипломна работа

Блок звук за телевизор "София 21"
със собствено захранване

Консултант:
Красимир Петров

Дипломант:
Кирил Груев

София 2002г

СЪДЪРЖАНИЕ:

Телевизионен приемник “София 21”	3
Основни канали на телевизор “София 21”	3
Видове телевизионни приемници	4
Блок звук за телевизионен приемник “София 21”	7
Модулация на сигналите на звуковия съпровод	8
Структурна схема на звуковия съпровод	9
Предназначение на междинночестотния усилвател	12
Честотни детектори	13
Нискочестотни предусилватели	13
Нискочестотен усилвател	14
Лампови схемни решения за блок звук	14
Захранване на блок звук	17
Начин на реализиране	17
Изчисляване на стабилизатора	18
Начин на изчисляване на мостов токоизправител (схема Грец)	27
Приложения	35

Телевизионен приемник "София 21"

Телевизионния приемник (София 21) е първият български напълно транзисторизиран телевизор на черно-бяло изображение с приложени 5 монолитни линейни интегрални схеми със средна и висока степен на интеграция, 13 броя транзистори, 26 броя диоди, 1 високоволтов и 1 мостов силициев изправител. Консумираната мощност от захранващата мрежа е 65 VA. Конструкцията е модулarna с 5 модула свързани в обща печатна платка - шаси. Този вид конструкция има големи удобства за производството и сервиза. Телевизионният приемник осигурява комфорт на зрителя с устройството за избор на програмата с 7 бутона. Външния вид е елегантен. Основните параметри на телевизионния приемник са следните:

- чувствителността, ограничена от шума от 1 до 3 обхват е по-добра от -72 db/m, а от 4-5 обхват - по-добра от -68 db/m;
- разрешаващата способност по хоризонтали е ≥ 450 ;
- избирателността по междинна честота и съседен канал е ≥ 36 db;
- избирателността по огледален канал ≥ 26 db;
- нелинейността по хоризонтали и вертикали е $\leq 8\%$;
- обхвата на захващане на синхронизацията е $\geq \pm 600$ Hz;
- обхвата на задържане на синхронизацията е $\geq \pm 800$ Hz;
- синхронизацията на кадровата развивка е 4 Hz;
- продължителността на обратния ход на лъча за редовата развивка е $\leq 22\%$, а за кадровата $\leq 5\%$;
- честотната характеристика на канала на звука е от 100 до 10000 Hz;
- изходната мощност на канала на звука е 1,5 W (K=10%);
- размера на екрана по диагонал е 61 см.;

Телевизионният приемник е електронно устройство, което преобразува приетите от антената телевизионни сигнали в изображение чрез кинескопа и в звук чрез високоговорителя.

Основни канали

Телевизионният приемник има няколко основни канала. От антената във входа на приемника постъпват два различни по характер високочестотни сигнала - амплитудно модулиран носещ сигнал на изображението $F_{н\text{ из}}$ и честотно модулиран носещ сигнал на звука $F_{н\text{ зв}}$. Веригите и стъпалата, в които двата сигнала се обработват заедно, образуват общия канал. След разделянето им сигналите се обработват в самостоятелни канали на изображението и на звука и задействат съответно възпроизвеждащите устройства - кинескопа и високоговорителя.

Пълният телевизионен сигнал (ПТС) се подава и в канала на синхронизацията, където се отделят, усилват и разделят редовите и

кадровите синхронизиращи импулси. Те постъпват в блока за развивките и управляват работата на генераторите за хоризонтално и вертикално отклонение така, че токовете, протичащи през отклонителната система (ОС), отклоняват електронния лъч на кинескопа синфазно с развиващия електронен лъч на предавателната тръба.

Видове

Многообразното приложение на телевизионната техника във всички области на човешката дейност води до голямо разнообразие на телевизионни приемници. Те могат да се класифицират по няколко признака.

Според предназначението си телевизионните приемници се делят на битови, които служат да приемат програмите на телевизионните разпръсквателни предаватели, и професионални, за специални цели - промишлени, комуникационни, научно-изследователски, учебни, военни и др. Видеоконтролните устройства (монитори) са телевизионни приемни устройства, които се задействат направо от ПТС (нямат високочестотна част и демодулятор).

Според конструкцията си телевизионните приемници биват стационарни и носими (портативни), а според мястото за получаване на изображението - за директно наблюдаване върху екрана на кинескопа и прожекционни. Последните се използват обикновено при колективно наблюдение, като засега най-големите екрани са с размери 8 x 12 m.

В зависимост от усилвателните елементи приемниците са лампови, транзисторни, с интегрални схеми и хибридни (комбинирани), а в зависимост от начина на светенето на екрана - с луминесцентни екрани (кинескопи) и с матрични екрани

Токозахранването на приемниците може да бъде мрежово, батерийно, акумулаторно или комбинирано.

Освен по гореизброените признаци телевизионните приемници се различават:

- по начина на отделяне на звуковия съпровод - на честотен принцип, по метода на биенето и с квазипаралелни канали;

- по принципа на действие - на линейни и на суперхетеродинни;

- по приеманите честотни обхвати - за метровия обхват, всевълнови и за спътникови програми;

- по допълнителни възможности - възпроизвеждане на телетекст, включване на магнетофон на звукозапис, на видеомагнетофон, на телевизионни игри, на Интернет и др.

Предмет на разглеждане в настоящия учебник са битовите телевизионни приемници (телевизорите) за черно-бяло и за цветно изображение.

За да се възпроизвеждат изображението и звукът в телевизионните приемници, е необходимо да се осъществят над 40 специфични функции за електронна обработка на сигналите.

В старите телевизионни приемници, осъществени с дискретни електронни елементи (лампи, транзистори), всяка функция се изпълнява от един или повече електронни елементи. Затова тези приемници съдържат 30-50 отделни стъпала. Съвременните телевизионни приемници са изградени обикновено с 4-6 специализирани интегрални схеми, във всяка от които се осъществяват по няколко от необходимите функции за получаването на изображението и звука, както и за улесняването на експлоатацията и разширяване на възможностите на приемника.

Поради сложността и специфичността на процесите при телевизионното приемане не е възможно изучаването им направо върху приемници, построени с интегрални схеми. Затова материалът в учебника е изложен по най-лесния за задълбоченото му усвояване начин - по функционални възли (стъпала), обработващи постъпилите на входа на приемника сигнали. Освен това този начин дава възможност да се усвоят и приемниците с дискретни електронни елементи, които в нашата страна са все още значителен брой. В съвременните телевизионни приемници, действието на специализираните интегрални схеми е обяснено с функционалните им схеми на базата на вече усвоените принципи на действие на устройствата при телевизионното приемане.

За да се възпроизведе информацията за изображението и звука, е необходимо приетите от телевизионния приемник сигнали да се обработят както в един радиоприемник - чрез избиране, усилване, преобразуване, демодулиране и т.н., но докато радиоприемниците рядко имат повече от 6 - 7 стъпала, в телевизионните приемници те са 25 - 35. Това се дължи на много по-сложните функции, които трябва да се изпълнят, за да се "сглоби" изображението на екрана на телевизионния приемник.

Според принципа на високочестотното усилване на сигналите телевизионните приемници може да бъдат линейни и суперхетеродинни.

При линейните телевизионни приемници модулираните носещи сигнали на изображението и звуковия съпровод се усилват от антенния вход до детектора чрез няколко високочестотни усилвателни стъпала, без да се преобразува честотата. Тези телевизионни приемници имат основните недостатъци на линейните радиоприемници - малка чувствителност и избирателност, затова се използват само за специални цели.

При суперхетеродинните телевизионни приемници високочестотното усилване се извършва на два етапа: по носеща честота и след смесване със сигнали на местен осцилатор (хетеродин) - по междинна честота. Това дава възможност да се постигне голяма чувствителност (усилване над 100 000 пъти) без опасност от самовъзбуждане на приемника. Тъй като след

смесването на сигналите в междинно-честотните стъпала не се изменят при превключване на каналите, филтрите в тези стъпала имат фиксирана настройка със строго определена характеристика на пропускане. С това се постига голяма избирателност, еднаква за всички приемни канали. Освен това се опростява превключването на каналите - настройват се кръговете само до смесителя. Затова при съвременното многопрограмно телевизионно приемане битовите телевизионни приемници са изключително суперхетеродинни.

В зависимост от мястото и метода на отделянето на сигналите на звуковия съпровод от сигналите на изображението се различават две схеми: по честотен метод и по метода на биенето.

При телевизионните приемници, построени по схемата с честотен метод, получените в смесителя два междинночестотни сигнала на изображението и звуковия съпровод се разделят посредством кръгове, настроени на съответната честота, и се подават в два отделни канала за обработка. Затова тези приемници се наричат с паралелни канали. При тях по-лесно се избягва опасността от смущения в изображението от сигналите на звуковия съпровод. За да се получи качествен звук обаче, е необходима много голяма стабилност на честотата на хетеродина, което практически е трудно осъществимо.

При телевизионните приемници, изпълнени по схемата с метод на биенето, междинночестотните сигнали на изображението и звука от изхода на смесителя се подават в многостъпален широколентов междинночестотен усилвател, където се усилват заедно. Тези приемници се наричат приемници с общ канал. Във видеодетектора вследствие на нелинейността на характеристиката му се получава биене (смесване) между двете междинни честоти, като на изхода на детектора освен пълния видеосигнал има и сигнал с честота $f_{\text{м из}} - f_{\text{м зв}} = f_{\text{м зв}2}$, която е строго определена от стандарта (6,5 MHz). Така видеодетекторът служи като втори смесител за сигнала на звуковия съпровод. В този случай стабилността на втората междинна честота на звука практически не зависи от промяната на честотата на хетеродина, тъй като се определя от телевизионния предавател: $f_{\text{н из}} - f_{\text{н зв}} = 6,5 \text{ MHz}$.

За да се получи качествен звук, необходимо е да се постигне определено съотношение (10:1) между нивата на сигналите с честоти $f_{\text{м из}}$ и $f_{\text{м зв}}$ на входа на видеодетектора. Това налага строги изисквания към амплитудно-честотната характеристика на междинночестотния усилвател (МЧУ). Освен това методът на биенето създава опасност от проникване на сигнали на звука към кинескопа, както и на смущения в звука от ПТС (главно от кадрата развивка).

Доскоро съвременните битови телевизионни приемници се произвеждаха по втората схема поради основното ѝ предимство - простота

и стабилност на честотата на втория междинночестотен сигнал на звуковия съпровод.

Новите приемници за цветно изображение се строят по т. нар. схема с квазипаралелен канал на звука, която е комбинация от двете описани схеми и съчетава предимствата им - липса на смущения между звук и изображение и качествен звуков съпровод.

Постъпилите на антенния вход на телевизионния приемник модулирани носещи сигнали на изображението $f_{H\text{ из}}$ на звуковия съпровод $f_{H\text{ зв}}$ се подават на избирача (превключвателя) на телевизионните канали (ИТК, ПТК), състоящ се от високочестотен усилвател (ВЧУ), смесител и хетеродин. Входните и изходните кръгове на ВЧУ са настроени за приемания телевизионен канал, като широчината на пропусканата честотна лента трябва да бъде 8 MHz, за да се усилят еднакво и двата сигнала.

От изхода на ВЧУ усилените сигнали на изображението и звуковия съпровод се подават на смесителното стъпало заедно със сигналите на хетеродина /, при което по метода на събирателното смесване честотата на входните сигнали се преобразува в междинна:

$$\begin{aligned}f_X - f_{H\text{ из}} &= f_{M\text{ из}} \\f_X - f_{H\text{ из}} &= f_{M\text{ из}}\end{aligned}$$

При това междинночестотните сигнали запазват модулацията, която са имали носещите сигнали - амплитудна за $f_{M\text{ из}}$ и честотна за $f_{M\text{ зв}}$.

Преобразуваните сигнали постъпват в широколентов междинночестотен усилвател, състоящ се от 2 - 4 стъпала (ІМЧУ - ІІІМЧУ). В него се получава основното усиление на сигналите (над 1000 пъти) и необходимата избирателност на приемника посредством няколко сложни филтъра.

Във видеодетектора (ВД) вследствие на нелинейността му се извършват две преобразувания на сигналите. Амплитудно модулираният междинночестотен сигнал на изображението се модулира и се получава пълният телевизионен сигнал (ПТС), който се подава на видеоусилвателя (ВУ). От биенето между двата междинночестотни сигнала се получава втори междинночестотен сигнал на звуковия съпровод $f_{M\text{ зв}2} = f_{M\text{ из}} - f_{M\text{ зв}}$, който се подава към звуковия канал посредством кръг, настроен на тази честота (6,5 MHz). Сигналите с втора междинна честота на звука се усилят в двустъпален теснолентов (200 kHz) междинночестотен усилвател и едновременно се ограничават по амплитуда, за да се избегне паразитната амплитудна модулация, получена от сигналите на изображението при биенето във видеодетектора. След това се подават на честотен демодулатор. Получените сигнали със звукова честота постъпват в нискочестотен усилвател (2-4 стъпала) и се възпроизвеждат от високоговорителя.

Блок звук за телевизионен приемник "София 21" (обяснение)

Използват се интегрални схеми A220D и MBA810A. Интегрална схема ИС 901 - A220D включва следните стъпала 1.8 стъпален диференциален усилвател - ограничител

2. Квадратурен ЧМ детектор

3. НЧ предусилзател с блок за електронно регулиране на усилването.

От извод 12 на ИС 901 - A220D сигналът с втората междинна честота на звука през входния кръг / 301 C603 /68pF/, настроен 6,5 mHz постъпва на входа на интегрална схема ИС 901 - A220D (извод 14). Междинночестотният усилвател има ниво на ограничаване в границите 40 до 120 mV.

Честотният детектор е реализиран по схемата на квадратурен детектор с несиметричен изход. Нискочестотният - изходен сигнал се получава след интегрирането на импулсната поредица, която се получава от прекия и дефазирания от външен дефазиращ кръг сигнали. Дефазирация кръг е включен между изводи 7 и 9 и се образува от 703 и C909 (33 nF). Той се настройва точно на 6,5 mHz. Схемата им малък брой външни елементи и линейна характеристика на детектора.

Регулирането на силата на звука става чрез изменение на постоянното базисно преднапрежение на диференциален усилвател чрез включване на потенциометъра за регулиране на звука R804 (4,7 kОм) към извод 5 на ИС 901. Този начин на регулиране на усилването без прехвърляне на нискочестотния сигнал подниска проникването на смущаващи сигнали от генераторе за хоризонтална и вертикална развивка на входа на нискочестотния усилвател.

Нискочестотния сигнал се отнема от извод 8 на ИС 901 и през C909 (33 nF) се подава на входа на нискочестотния усилвател - ИС 902 (MBA810A). Кондензаторът C907 (22 nF) осъществява високочестотната корекция - дедемфазис. Захранващото напрежение +12 V е външно стабилизирано и през RC филтъра R901 (100 Ом), C905 (10 nF), C906 (470 μF) се подава към извод 11 на ИС 901.

Интегрална схема MBA810A включва следните стъпала: нискочестотен усилвател, драйверно стъпало и крайно стъпално (усилвател на мощност).

На входа на ИС 902 - извод 8 се подава на нискочестотния сигнал от ИС 901, За гарантиране на стабилна работа усилвателят е обхванат от отрицателни обратни връзки, част от елементите на които са външни дискретни елементи.

Веригата R903 (56 Ω) C912 (100 μF) включва към извод 6 на ИС е част от обратна връзка, обхващата драйверното стъпало. Обратната връзка

C918 (680 pF) C917 (4,7 nF) включва между из-водите 5, 12 и маса определя горната гранична честота на ниско-честотния усилвател. Групата R907 (1 Ω) C919 (100 nF) предпазва изходната верига от самовъзбуждане на високи честоти. Замостеният Т-мост R905, R906 (1,5 k Ω), C916 (680 pF), C914, C915 (100 nF); включен между изводи 6 и 12 е честотно зависима отрицателна обратна връзка, която води до повдигане на честотната характеристика в областта на ниските и високите честоти.

При ТП "София 31" се използва високоговорител с импеданс 4 Ω и стабилизирано захранване 10,8 V, а при стационар-ните приемници - високоговорител с импеданс 8 Ω нестабилизирано захранване 17 V.

В стационарните приемници е предвиден стъпален или плавен тонкоректор за високите честоти. Чрез бутонен превключва-тел ("София 21") или потенциометър R805 - 100 k Ω ("София 22", "Царевец", "Респром") паралелно на кондензатор C918 се включва кондензатора C801 (22 nF) и подтиска високите честоти, В телевизионни приемници "РЕСПРОМ, Т6101, 5001, 6151" се използва нова модификация на блок "звук" с интегрална схема ИС 901 - A223D вместо A220D. Интегрална схема A223D има допълнителен изход (извод 12), който е изведен на куплунга за запис на магнетофон. Изходното напрежение $U_{12} \geq 0,6$ V (при изходен импеданс 1,1k Ω) не се влияе от положението на регулатора на усилването - R804.

Модулация на сигналите на звуковия съпровод

Модулацията на сигналите на звуковия съпровод е честотна с максимално отклонение (девиация) според стандарта $\Delta f_{\max} = \pm 50$ kHz. Честотната модулация осигурява много високо качество на звуковъзпроизвеждането - тя се характеризира с широк честотен обхват, голяма динамика, слабо влияние от смущения.

Звуковите сигнали в телевизионния приемник се получават в резултат на две честотни преобразувания,

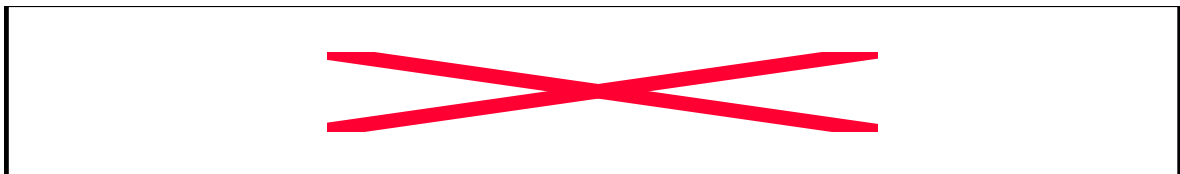
След първото преобразуване на входния сигнал $f_{\text{мзв}}$, което се извършва в смесителя посредством хетеродинния сигнал $f_{\text{х}}$, се получава първият междинночестотен сигнал на звука $f_{\text{мзв1}} = 31,5$ MHz. Функцията на втори смесител изпълнява обикновено видеодетекторът, като за хетеродинен сигнал служи междинночестотният сигнал на изображението $f_{\text{миз}} = 38$ MHz.

Към видеодетектора постъпват амплитудномодулирани междинночестотни сигнали на изображението $U_{\text{миз}}$ и честотно модулирани междинночестотни сигнали на звука $U_{\text{мзв2}}$. Тъй като детекторът е нелинеен елемент, в следствие на електрическото биене в товара му се получават освен двата сигнала и сигнали с честота, равна на сумата и на разликата на

техните честоти, както и сигнали с различни комбинационни честоти. Така на товарния резистор на видеодетектора се появява сигнал $U_{м\ 3в2}$ с честота $f_{м\ из} - f_{м\ 3в1} = 6,5\text{ MHz}$, който ще има и амплитудна, и честотна модулация. Тъй като информацията за предавания звук се съдържа в честотно модулирания сигнал, възникналата амплитудна модулация трябва да се отстрани, за да не се влоши звуковъзпроизвеждането. Това се постига чрез ограничаване на амплитудата на сигнала до нивата $\pm U_{max}$.

За да не се получат големи изкривявания при звуковъзпроизвеждането, трябва да се спазват известни условия при второто преобразуване във видеодетектора. Така нивото на междинночестотния сигнал на звука трябва да е около 10 пъти по-малко от нивото на междинночестотния сигнал на изображението, изпълняващ ролята на хетеродинен сигнал. Освен това честотната характеристика в близост с междинночестотния сигнал на звука трябва да бъде по възможност хоризонтална за да не се преобразува честотната модулация в амплитудна при неточна настройка на хетеродина.

Основното предимство на описания метод за построяване на звуковия канал на телевизионния приемник е високата стабилност на втората междинна честота $6,5\text{ MHz}$, тъй като тя се формира много точно и стабилно в самия предавател ($f_{н\ 3в} - f_{н\ из}$) и не зависи от честотата на хетеродина.



Структурна схема на канала на звукувия съпровод

За да се избегне опасността от проникване на сигнала с честота $6,5\text{ MHz}$ към видеоусилвателя, в някои телевизионни приемници последният МЧ филтър има сложна мостова схема, която не подава към видеодетектора първата междинна честота на звука $31,5\text{ MHz}$. При тези приемници за втори преобразувател се използва отделен диод, от чийто товар сигналът с честота $6,5\text{ MHz}$ се подава към звуковия канал.

Получените от втория преобразувател сигнали се подават на МЧУ на звука, който ги усилва и ограничава амплитудно, потискайки по този начин паразитната амплитудна модулация. След модулирането на сигналите от честотния детектор те постъпват в НЧУ, който осигурява необходимата мощност за задействане на високоговорителя.

Предназначението на МЧ усилвателя на звука в телевизионните приемници е да усили сигнала с втора междинна честота на звука до необходимото ниво за неизкривено детектиране на честотно модулираните

сигнали. Най-често МЧУ на звука е двустъпален и не се различава съществено от МЧУ на радиоприемника за УКВ-ЧМ.

Основните изисквания към МЧУ усилвателя на звука са:

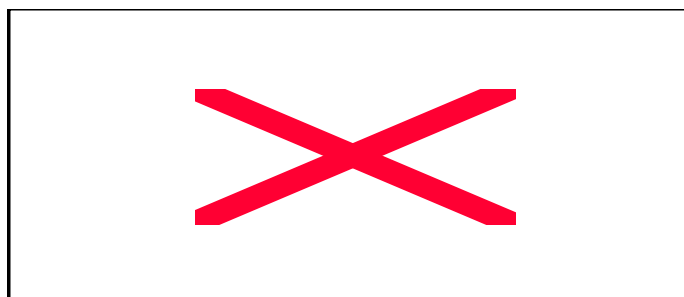
- да осигури усилване на втората междинна честота на звука повече от 2000 пъти;

- да има равномерна честотна характеристика с широчина на честотната лента 300 kHz;

- да потиска паразитната амплитудна модулация на сигнала с втората междинна честота на звука;

- да работи устойчиво без опасност от самовъзбуждане.

Най-често сигналът с втора междинна честота на звука се взема от товара на видеодетектора чрез единичен трептящ кръг, настроен на честота 6,5 MHz. За да не се получи спад в честотната характеристика на видеодетектора за високите честоти поради внесения от кръга капацитет, кръгът се свързва посредством разделителен кондензатор с много малък капацитет (1-6 pF). Поради голямото капацитивно съпротивление на този кондензатор сигналът, който се подава към входа на МЧУ на звука, е с ниво 0,5 - 1 mV. От друга страна, за нормална работа на честотния детектор трябва да се подава сигнал със стойност 2-3 V. Следователно общото усилване на МЧУ трябва да бъде 2000-6000 пъти.



Амплитудна характеристика на усилвател-ограничител

При честотна модулация със сигнали със звукови честоти (40-15 000 Hz) и максимална девиация 50 kHz се получава честотна лента около 150 kHz. За да се избегнат изкривявания при евентуална неточност в настройката, е необходимо МЧУ на звука да пропуска равномерно два пъти по-широка честотна лента — 250-300 kHz. формата на общата честотна характеристика на усилвателя трябва да бъде близка до П-образната.

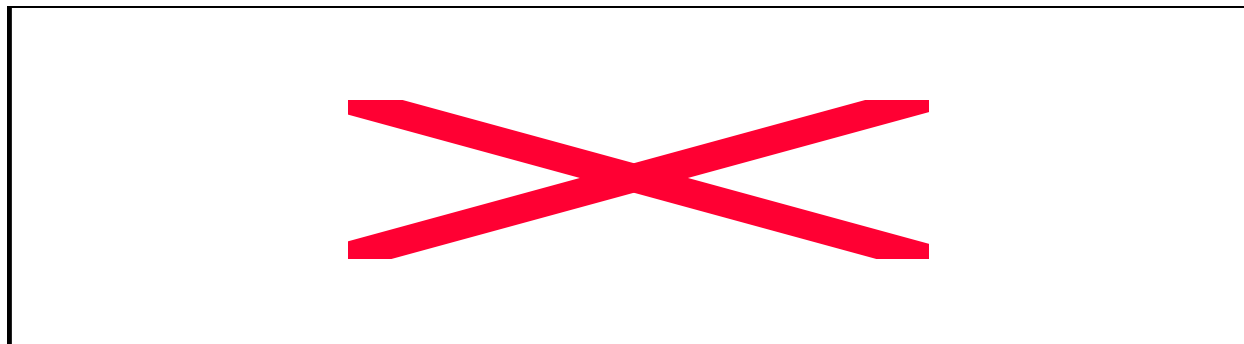
За да се избегне некачественото детектиране на честотно модулираните сигнали, амплитудата им трябва да бъде постоянна. Вследствие на начина на получаването на втората междинна честота на звука възниква и паразитна амплитудна модулация, която трябва да бъде

отстранена. За тази цел едното от стъпалата на МЧУ на звука работи в режим на амплитуден ограничител.

Всяко стъпало на МЧУ на звука има усилване 40-50 пъти. При честота 6,5 MHz проходният капацитет на усилвателния елемент създава опасност от самовъзбуждане. За да се постигне устойчива работа на усилвателя, обикновено се прилагат външни отрицателни обратни връзки, с които се неутрализират паразитните вътрешни връзки. Те се осъществяват по същите начини, както в общия МЧУ на изображението.

Формирането на честотната характеристика се постига чрез комбинация от единични трептящи кръгове и лентови филтри с подходящ качествен фактор и коефициент на връзката. Съгласуването на входа на МЧУ с видеодетектора и между отделните стъпала се осъществява с капацитивни делители, частично включване на кръговете или чрез трансформаторна връзка с ненастроена вторична верига.

Транзисторите МЧ усилватели на звука са много по-лесни за изпълнение от МЧУ на изображението главно поради простата форма на честотната им характеристика (П-образна) и много по-тясната пропускана честотна лента (300 kHz). Благодарение на сравнително ниската честота на усилваните сигнали (6,5 MHz) се опростяват начините за съгласуване, неутрализация и осигуряване на равномерна пропускана честотна лента.



Междинночестотен усилвател на звукувия съпровод - честотни характеристики

Транзисторите се свързват по схема с общ емитер, която дава голямо усилване. За да се постигне исканата честотна лента без шунтиране на кръговете с резистори, е необходимо транзисторите да имат малки входни и изходни капацитети. Най-използваните транзистори в МЧУ на звуковия канал са от типа ГТ313А, КТ315А, АF124, АF201, ВF199 и др.

Начините за термостабилизация, неутрализация и подаване на преднапрежение са същите, както при транзисторните стъпала в МЧУ на изображението.

За да се премахне паразитната амплитудна модулация на честотно модулираните сигнали, обикновено първото стъпало работи в режим на

двустранно ограничение. Това се постига чрез скъсяване на работния участък на характеристиката на транзистора, като се подават ниски хранящи напрежения на колектора или чрез изместване на работната точка в областта на малките стойности на стръмността на характеристиката; това изисква употребата на транзистори с променлива стръмност на характеристиката. Обикновено за подобряване на ограничаването се включва и диоден ограничител с определен праг на действие.

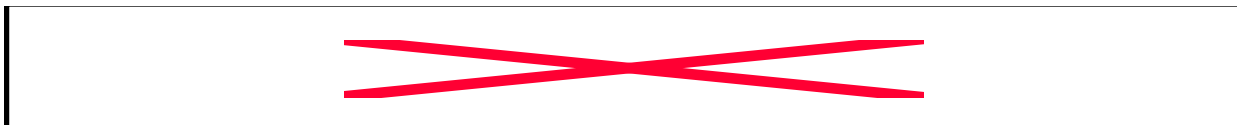
Предназначение. Предназначението на междинночестотния усилвател за звука (МЧУЗ) е да отдели получената след видео-детектора втора междинна честота на звука (ИМЧЗ), да я усили, ограничи и подаде към честотния демодулатор за звука.

Предназначението на честотния демодулатор (ЧД) е да демодулира. приетия от МЧУЗ честотнодулиран сигнал на ИМЧЗ, да коригира честотната му характеристика, в резултат на което се получава нискочестот-ният сигнал на звуковия съпровод.

В най-общия си вид тя се състои от четири блока и две RC-групи. Първият блок служи за отделяне на втората междинна честота на звука (6,5 MHz). Тя се получава след видеодетектора в резултат на смесването на първата междинна честота на звука и междинната честота на изображението. За отделянето ѝ входът на блока се свързва или след видеодетектора, или след видеоусилвателя. Във втория случай видеоусилвателят усилва и втората междинна честота на звука, поради което се улеснява работата на целия МЧУЗ.

След групата за отделяне на ИМЧЗ следва стъпало за нейното усилване. Заедно със следващото стъпало за усилване и ограничаване то образува междинночестотния усилвател на звука. След него усиленият междинночестотен сигнал на звука се подава към честотния демодулатор. На изхода му се получава нискочестотният сигнал на звуковия съпровод. Групата, съставена от резистора R1 и кондензатора C1, филтрира останалите след честотното, детектиране високочестотни напрежения; а групата R2, C2 коригира честотната характеристика на демодулатора, като понижава нивото на високите звукови честоти. Това ниво се излъчва от предавателя изкуствено повишено, което се прави с цел да се подобри отношението сигнал - шум за тези високи честоти.

Различията в отделните модели телевизионни приемници се дължат преди всичко на начина за отделяне на втората междинна честота на звука, на използваните активни елементи в МЧУЗ (електронни лампи или транзистори), на броя на стъпалата за междинночестотно усилване (едно или две) и на вида на използвания честотен демодулатор (честотен дискриминатор, симетричен дробен детектор или несиметричен дробен детектор).



Блокова схема на междинночестотния усилвател на звука и честотния детектор

Честотни детектори

Честотните детектори в канала на звуковия съпровод на телевизионните приемници не се различават от тези на радиоприемниците за УКВ. Въпросите, свързани с честотното демодулиране и НЧ усилване са разгледани в предмета основи на радиоелектрониката, затова тук ще бъдат споменати само някои специфични особености.

В транзисторните телевизионни приемници най-често се използва несиметричният дробен детектор и по-рядко честотният дискриминатор. В приемниците с интегрални схеми се прилага детектор на съвпадение.

Чувствителността на честотните детектори се определя от стръмността на честотната им характеристика, която дава зависимостта на моментната стойност на изходното напрежение от честотата на входния сигнал. Нулевата точка на S-кривата трябва да бъде точно на 6,5 MHz — втората междинна честота на звука.

Нискочестотни предусилватели

Нискочестотните предусилватели са предназначени за усилване на сигнали с ниско ниво. В тази категория влизат усилвателните стъпала, които са предназначени да усилват сигнали с ниво до 10 mV. Когато нивото на входния сигнал е от порядъка на 1 μ V, входния шум, генериран от първото усилвателно стъпало на една нискочестотна схема, е от съществено значение. Ако той не е достатъчно малък, не може да се достигне широк динамичен обхват и добро отношение сигнал-шум. Например ако собствения шум на входното стъпало е 1 μ V, нивото на входния сигнал е 1 mV, най-доброто отношение сигнал-шум, което може да се постигне, е 60 db. В една практическа схема, нивото на входния сигнал, обикновено е фиксирано. Следователно за да се повиши отношението сигнал-шум, трябва да се намали собствения шум на първото усилвателно стъпало. За да се намали входния шум на един усилвател, трябва да се открият причините, които пораждат както в самия усилвател, така и в схемата, в която се използват.

Нискочестотен усилвател

Нискочестотният усилвател обикновено се състои от две предусилвателни и едно изходно стъпало (при транзисторно изпълнение - двутактно безтрансформаторно). Възпроизвежданата честотна лента най-често е 100-10 000 Hz при изходна мощност 1-3 W. Повечето приемници имат един високоговорител за ниските и средните звукови честоти и друг за високите честоти. Напоследък качествените приемници се произвеждат с възможност за стереофонично звуковъзпроизвеждане или с втори звуков съпровод.

Лампови схемни решения за блок-звук

В по-старите модели телевизори, междинночестотният усилвател на звука се е изпълнявал и в лампов вариант, а след това и с транзисторни схемни решения. Ето и някои от тези решения и техните недостатъци и предимства.

Лампово изпълнение

Схемата му в най-общ вид е показана на фиг. Дадени са двата най-често употребявани начина за отделяне на напрежението с втората междинна честота - посредством кондензатора с малък капацитет (около 2 pF) C_2 , свързан непосредствено след видеодетектора D_3 , и посредством последователния режекторен кръг, съставен от бобината L_1 и кондензатора C_1 (в този случай мястото на свързване на кондензатора C_2 е показано с пунктираната линия). Малкият капацитет на кондензатора C_2 предпазва изхода на видеодетектора от шунтиране с големия входен капацитет на МЧУЗ; в противен случай ще се влоши честотната характеристика на видеодетектора за високите честоти, а това ще доведе до намаляване на разрешаващата способност на телевизионния приемник в хоризонтална посока. При втория начин за отделяне използваният последователен режекторен кръг едновременно с отделянето на ИМЧЗ предпазва и видеоусилвателя от проникването ѝ, което би довело до смущения в изображението.

Първата лампа служи за усиление на междинната честота на звука. Във веригата на управляващата ѝ решетка е свързан още един настроен на 6,5 MHz кръг (бобината L_2 и кондензаторът C_3), с което се подобрява отделянето на междинната честота на звука. За товар на L_1 се използва лентовият филтър, съставен от анодния (L_3 , C_6) и решетъчния (L_4 > C_8) трептящ кръг. Опасността от самовъзбуждане на първата лампа е избягната с включването на аноднорешетъчната група за неутрализация, в

която участвуват кондензаторите C_5 и C_4 . Резисторът R_3 е гасящ за захранване на анодната верига на Λ_1 . R_4 захранва втората й решетка, а групата в катода R_2 , C_7 служи за автоматично преднапрежение на стъпалото.

Второто стъпало работи в режим на усилване и ограничаване на втората междинна честота на звука. За тази цел напрежението на втората решетка на лампата Λ_2 е понижено (около 50 V), което се постига с помощта на резисторния делител R_7 , R_6 и преднапрежението на лампата Λ_2 се получава автоматично за сметка на протичащите при ограничаването решетъчни токове през лампата Λ_2 , които зареждат кондензатора C_9 с показаната на фигурата поляризация. Като се разрежда през резистора R_5 , кондензаторът C_9 определя отрицателното преднапрежение на Λ_2 . Този начин за получаване на преднапрежението на Λ_2 се характеризира с това, че се ограничават само върховете на междинночестотното напрежение на звука - при увеличаване амплитудата им (например при увеличаване нивото на входния сигнал) автоматично се увеличава и напрежението на кондензатора C_9 , а това значи, че винаги към управляващата решетка на Λ_2 се подава максималното входно напрежение. Така ограничителната лампа работи винаги в оптимален режим. RC-групата, съставена от R_5 и C_9 , обикновено се нарича гридлиг на ограничителната лампа. Често пъти изработваното от нея отрицателно напрежение се подава посредством развързващ филтър и към първата лампа за усилване на междинната честота на звука Λ_1 , като по този начин се осъществява автоматичното й регулиране.

За товар на второто стъпало се използват индуктивно свързаните трептящи кръгове на честотния демодулатор L_5C_{12} и L_6C_3 . Предназначението и настройката им ще разгледаме заедно със схемите на честотните демодулатори. Резисторът R_8 е за общо захранване на ограничителното стъпало, а кондензаторите C_{11} и C_{10} са подбрани с необходимите стойности за получаване на анодно-екранна неутрализация, предпазваща второто стъпало от самовъзбуждане.

При всички модели телевизори, използващи за МЧУЗ електронни лампи, са използвани подобни двустъпални усилватели. Изключение прави само приемникът "АТ 550", при който МЧУЗ е едностъпален - изпълнен само с лампата Λ_2 .

Предимства: Ламповото решение на групата за усилване на втората междинна честота на звука се характеризира с по-голямо усилване от транзисторното и с по-лесно ограничаване на междинночестотния сигнал. То работи добре и при силен входен сигнал без опасност от повреда на активните елементи.

Недостатъци: Заклучават се в по-голямата консумация на ламповото стъпало в сравнение с транзисторното, в по-голямата склонност към самовъзбуждане, в загряването на бобините и диодите на честотния

демодулатор от електронните лампи, което води до изменения в настройката и параметрите им.

Разновидности на схемното решение. Освен по броя на използваните радиолампи (обикновено две) междинночестотните усилватели за звука се различават главно по наличиостта на група за АРУ ("УНТ 47/59" и "Топаз"), по използването на някои други методи за отделяне на втората междинна честота на звука (с отделен диод при "Стадион" и "Рубин 102" и с отделен лентов филтър при "Топаз") и по възможността да приемат звуковия съпровод на два телевизионни стандарта (OIRT и CCIR при "53T816"). Тези схемни решения ще бъдат разгледани подробно при описване схемата на съответния телевизор.

Характерни напрежения при изправност на стъпалото. Различаваме два вида напрежения, които са характерни за ламповите МЧУЗ. Едните от тях съществуват независимо от входния сигнал - това са анодните и екранните напрежения на лампите Λ_1 и Λ , а така също и напрежението в катода на Λ_1 , когато последното се получава от група за преднапрежение. При "Рубин 102" това преднапрежение се измерва между управляващата решетка на Λ_3 и земя, защото се получава от допълнителния изправител.

Към втория вид напрежение се отнася това, което измерваме в двата края на гريد-лика на ограничителната лампа (R_5, C_9). То е отрицателно спрямо земята и има големина между 1 и 30 V само при наличност на входен сигнал. Без сигнал (когато телевизионният предавател не излъчва програма) това напрежение има нулева стойност.

Начини за установяване на изправността на лампов МЧУЗ. Изправността на МЧУЗ до решетъчната верига на втората лампа Λ_2 (включително и бобината L_4) установяваме чрез измерване отрицателното напрежение на гредилика R_5, C_9 . То трябва да бъде по-голямо от -1 V спрямо земя и да става равно на нула при изваждане антената на телевизора (или когато предавателят не работи).

Друг начин е използването на сигнал-генератор, от който към входа на МЧУЗ се подава честотномодулиран сигнал със средна честота 6,5 MHz. При изправност на честотния демодулатор и на нискочестотния усилвател за звука във високоговорителя трябва да се чуе звук.

Приложение

Лампови МЧУЗ притежават всички модели разглеждани телевизори, с изключение на „УЛППТ 47/59“, „УЛПТ 61“ и „Хемус“, в които за активни елементи са използвани транзистори.

Транзисторно изпълнение. Схемата му е дадена на фиг. Поради това, че транзисторните схеми още не са унифицирани, а това се дължи на неотдавнашното им внедряване в приемната телевизионна техника, трудно е да се даде и разгледа някакво типично решение. За това на

транзисторната схема за УМЧЗ ще се спрем накратко. Основното при нея е, че поради малкото входно и изходно съпротивление на транзисторите като усилвателни елементи последните се свързват към участващите трептящи кръгове частично - било чрез капацитивни делители (C_2, C_3 и C_5, C_6) или чрез изводи от бобините. Друга особеност е необходимостта от полупроводников диод за ограничаване на междинночестотното напрежение на звука - D_1 защото транзисторните схеми могат да ограничават сигнала само отгоре (т. е. те „режат“ само големите амплитуди на последния поради насищането на транзисторите). Обикновено към диода за ограничаване се подава малко запушващо напрежение за определяне прага на ограничаване.

Захранване на блок звук

Захранването на блок звук в телевизионния приемник "София 21" е реализирано чрез мрежов трансформатор, който отделя галванически мрежата от шасито на телевизионния приемник и осигурява понижено напрежение за захранване на всички блокове.

Нискочестотния усилвател - ИС 902 (МБА 810S) се захранва от намотката 7-8. След еднополупериодния изправител Д612 (КД 1113Ц) изправеното напрежение е 17 V. А другото захранване за блок звук 12 V се реализира с параметричен стабилизатор, който е съставен от: R618 (110 Ω), D605 (PL 127) с изходно напрежение $12 \pm 0,5V$.

Начин на реализирането на собственото захранване на блок звук

В макета трябва да бъде използвано и изчислено собствено захранване за 12 V и за 18 V. Схемата, която е използвана за реализирането е стабилизатор на напрежение с постоянно токов усилвател във веригата за обратна връзка. На схема е показан стабилизатор на напрежение с усилвател във веригата за обратна връзка, като регулируемият транзистор е съставен. Схемата стабилизира, като по отношение на входа (вариации на входното напрежение), така и по отношение на изхода (различен ток на консумация), като с нея може да се постигне $K_{CT} 10-50$, $R_{изх} 0,01 \div 0,1 \Omega$. Стабилното напрежение, което схемата осигурява, е по-голямо от това на употребения ценеров диод и освен това може да се регулира в определени граници чрез потенциометър R_4 . Тази схема се препоръчва тогава когато E_{CT} е примерно $12 \div 25 V$ а токът на консумацията не надвишава $0,5 \div 1 A$.

За да обясним стабилизационните явление нека разгледаме схема, където същата е дадена в опростен вид. При вариации на входното напрежение се получават изменения на U_{ec1} и U_{ec3} , обаче U_z , U_{r5} , U_{eb} , U_{c3} , U_{r3} и U_{eb1} и $I_{изх}$ почти не се променят. Когато товарът R_t (консумирания ток $I_{изх}$) се изменя в определени граници ($U_{вх} = \text{const}$), схемата стабилизира по следния начин. При намаляване на съпротивлението на товара възниква тенденция за нарастване на $I_{изх}$ и за намаляване $E_{ст}$. Но за управляващата верига на T_3 можем да напишем $U_z + U_{eb3} = U_{r5}$. И понеже $U_z = \text{const}$, то всяко намаляване на $E_{ст}$ ще води до съответно намаляване и на R_5 . С което T_3 ще се запушва и потенциалът на колектора му (спрямо шаси) ще става повече от отрицателен. Това от своя страна ще увеличи U_{eb1} и ще намали съпротивлението емитер - колектор на T_1 с което ще се компенсира възникналата тенденция за увеличаване на $E_{ст}$. При намаляване на $E_{ст}$, явленията протичат аналогично, но в обратна посока. Важното в случая е това, че малките изменения в изходното напрежение се увеличават от T_3 и се подават откъм базата на регулируемия транзистор T_1 и именно тази особеност обуславя малкото изходно съпротивление на този вид схеми.

Начин за изчисляване на стабилизатора

При изчислението на стабилизатор с постояннотоков усилвател за дадените величини са: стабилното напрежение $E_{ст}$, номиналният ток на консумация $I_{изх}$ (или граници в които той може да се изменя - например $I_{изхmin} \div I_{изхmax}$) вариации на входното напрежение b_n и b_v . При изчислението трябва да бъдат определени видът на транзисторите и ценовия диод, необходимо входно напрежение $U_{вх}$ и входен ток $I_{вх}$, стойността на резисторите R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , изходното съпротивление $R_{изх}$, коефициентът на стабилизация $K_{ст}$. При изчислението се предполага, че напрежението на токоизправителя $U_{вх}$ има минимум пулсации - например $P_1 = 3 \div 5\%$. В противен случай паралелно на R_T се включва кондензатор с достатъчно голям капацитет.

Първо се избира транзистора T_1 , така че неговите параметри да спазват условията:

$$\begin{aligned} I_{сmax1} &> (3 \div 5) I_{изхmax} \\ P_{сmax1} &> 1,2 U_{ec1} \cdot I_{изхmax} \\ U_{есmax} &> 1,2 (E_{ст} + U_{ec1}) \end{aligned}$$

След това се избира транзистора T_2 , който е маломощен (или средномощен), така че неговите параметри да удовлетворяват неравенствата:

$$P_{\text{сmax2}} > \frac{1,2}{b_2} \cdot U_{\text{ес1}} \cdot I_{\text{изхmax}}$$

$$I_{\text{сmax2}} > \frac{1}{b_1} \cdot (3 \div 5) \cdot I_{\text{изхmax}}$$

$$U_{\text{есmax2}} > 1,2 (E_{\text{ст}} + U_{\text{ес1}})$$

След това от справочник се избира ценеровия диод, като неговото напрежение на стабилизация трябва да бъде:

$$0,3 E_{\text{ст}} < U_z < 0,8 E_{\text{ст}}$$

А, динамичното му съпротивление да е по възможност по-малко. Освен това, неговите параметри $I_{\text{стmax}}$ и $I_{\text{стмин}}$ трябва да удовлетворяват неравенството:

$$I_{\text{стmax}} > 1,3 \cdot \left[\frac{1+b_v}{1-b_H} \cdot I_{\text{стмин}} + \frac{1}{b} \cdot (I_{\text{изхmax}} - I_{\text{изхмин}}) \right]$$

$$b = b_1 \cdot b_2$$

След това определяме напрежението и тока, нужен на входа по формулите, като:

$$U_{\text{ес}} = U_{\text{ес1}}$$

$$U_{\text{вх}} = \frac{1}{1 - b_H} \cdot (E_{\text{ст}} + U_{\text{ес}})$$

Токът през резистора R_6 се изчислява от израза:

$$I_{r6} = \frac{(0,2 \div 0,5) \cdot I_{\text{изхmax}}}{b_1 \cdot b_2}$$

А, стойността на самият резистор се намира от формулата:

$$R_6 = \frac{E_{CT}}{I_{r6}}$$

След това се избира транзисторът T_3 като неговият колекторен ток се определя от зависимостта:

$$I_{c3} = \frac{(3 \div 5) \cdot I_{изхmax}}{b_1 \cdot b_2}$$

като при това трябва да отговаря:

$$I_{c3} < 0,9 \cdot I_{CT max}$$

в противен случай се избират други транзистори - T_1 и T_2 с по-големи b_1 и b_2 . Мощността разсейвана от T_3 е:

$$P_{T3} = U_{ec3} \cdot I_{c3} \approx (U_{BX} - E_{CT}) \cdot I_{c3}$$

следователно трябва да е изпълнено неравенството:

$$P_{сmax3} > (U_{BX} - E_{CT}) \cdot I_{c3}$$

Стойността на резистора R_1 се определя от израза:

$$R_1 \approx \frac{(U_{BX} - I_{CT})}{I_{c3}}$$

А стойността на R_2 се намира от формулата:

$$R_2 = \frac{(1,2 \div 1,4) \cdot (E_{CT} - U_Z)}{I_{CT max}}$$

Големините на резисторите R_3 , R_4 и R_5 могат да се намерят от изразите:

$$R_3 = (1 \div 1,2) \cdot \frac{U_Z}{E_{CT}} \cdot b_3 \cdot R_{дин}$$

$$R_4 = 0,4 \cdot \frac{U_z}{E_{CT}} \cdot b_3 \cdot R_{дин}$$

$$R_5 = 0,8 \cdot \frac{U_z}{E_{CT}} \cdot b_3 \cdot R_{дин}$$

Изходното съпротивление на стабилизатора може да се определи по формулата:

$$R_{изх} \approx \frac{E_{CT}}{b_1 \cdot b_2 \cdot U_z} \cdot \left(\frac{0,026}{I_{C3}} + R_{дин} \right) + \frac{E_{CT} - U_z}{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot E_{CT}} \cdot (R_3 + R_4 + R_5)$$

Коефициентът на стабилизация се дава от израза:

$$K_{CT} \approx \frac{E_{CT} \cdot R_1 \cdot b_3}{U_{ВХ} \cdot \left(R_3 + \frac{E_{CT} \cdot R_{ВХТ3}}{U_z} \right)}$$

където входното динамично съпротивление на T_3 може да се определи от израза:

$$R_{ВХ} = \frac{0,03 \cdot b_3}{I_{C3}}$$

Изчисляване на стабилизаторите за 12 и за 18 V

В конкретния случай избираме транзистор AD314 на който данните са:

$$\begin{aligned} I_{сmax1} &= 6 \text{ A} \\ P_{сmax1} &= 45 \text{ W (с радиатор)} \\ U_{есmax1} &= 80 \text{ V} \end{aligned}$$

Избираме:

$$U_{ес1} = 5 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}
 E_{CT} &= 18 \text{ V} \\
 I_{\text{изхмин}} &= 0,05 \text{ A} \\
 I_{\text{изхмах}} &= 0,8 \text{ A} \\
 b_B &= 0,05 \\
 b_H &= 0,01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6 &> (3 \div 5) \cdot 0,8 = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \\
 45 &> 1,2 \cdot 5 \cdot 0,8 = 4,8 \\
 80 &> 1,2 \cdot (18 + 5) = 28
 \end{aligned}$$

Тоест транзистора T_1 е избран добре. Въз основа на това избираме T_2 да бъде силициев PNP транзистор 2Т6821, който има:

$$\begin{aligned}
 b_2 &= 50 \\
 I_{\text{смах2}} &= 0,5 \text{ A} \\
 U_{\text{ес2}} &= 60 \text{ V} \\
 P_{\text{смах2}} &= 0,6 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$0,6 > \frac{1,2}{30} \cdot 5 \cdot 0,8 = 0,16$$

$$0,5 > \frac{(3 \div 5) \cdot 0,8}{30} = 0,1$$

$$60 > 1,2 \cdot (18 + 5) = 28$$

Т.е. транзисторът T_2 е избран добре. Избираме ценов диод Д814В:

$$\begin{aligned}
 U_Z &= 10 \text{ V} \\
 I_{\text{стмин}} &= 3 \text{ mA} \\
 I_{\text{стмах}} &= 32 \text{ mA} \\
 R_{\text{дин}} &= 12
 \end{aligned}$$

$$32 > 1,3 \cdot \left[\frac{1 + 0,05}{1 - 0,1} \cdot 3 + \frac{1}{30 \cdot 50} \cdot (800 - 50) \right] = 4$$

Т.е. ценовия диод е добре избран.

Необходимото изправено напрежение е:

$$U_{\text{вх}} = \frac{1}{1 - 0,1} \cdot (18 + 5) = 26 \text{ V}$$

Големината на нужния ток е:

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{изхmax}} + I_{\text{стmax}} = 0,8 + 0,032 = 0,832 \text{ A}$$

Токът през R_6 е:

$$I_{r6} = \frac{0,3 \cdot 0,8}{30} = 0,008 \text{ A} = 8 \text{ mA}$$

Тогава, стойността му е:

$$R_6 = \frac{18}{8 \cdot 10^{-3}} = 2,3 \text{ k}\Omega$$

А, мощността разсейвана от него е:

$$P = I^2 \cdot R_6 = 0,15 \text{ W}$$

За да изберем T_3 първо намираме колекторния му ток:

$$I_{c3} = \frac{4 \cdot 800}{30 \cdot 50} \approx 2 \text{ mA}$$

$$P_{\text{смах3}} > (26 - 10) \cdot 0,002 = 0,032 \text{ W}$$

Избираме PNP транзистор 2Т6821, чийто параметри са дадени по-горе.

Стойността на R_1 е:

$$R_1 = \frac{26 - 18}{0,002} = 4 \text{ k}\Omega$$

$$P = 0,002^2 \cdot 4 \cdot 10^3 = 0,016 \text{ W}$$

Стойността на R_2 е:

$$R_2 = \frac{1,3 \cdot (18 - 10)}{0,032} = 330 \, \Omega$$

$$P = (18 - 10) \cdot 0,032 = 0,25 \text{ W}$$

Стойностите на R_3, R_4 и R_5 са:

$$R_3 = 1,1 \cdot \frac{10}{18} \cdot 50 \cdot 12 = 380 \, \Omega$$

$$R_4 = 0,4 \cdot \frac{10}{18} \cdot 50 \cdot 12 = 140 \, \Omega$$

$$R_5 = 0,8 \cdot \frac{10}{18} \cdot 50 \cdot 12 = 280 \, \Omega$$

$R_{\text{изх}}$ на стабилизатора е:

$$R_{\text{изх}} \approx \frac{18}{30 \cdot 50 \cdot 10} \cdot \left(\frac{0,026}{0,002} + 12 \right) + \frac{18 - 10}{30 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 18} \cdot (380 + 140 + 280) = 0,03 \, \Omega$$

Входното динамично съпротивление на T_3 е:

$$R_{\text{вх}T3} = \frac{0,03 \cdot 50}{0,002} = 750 \, \Omega$$

Коефициентът на стабилизация има големина:

$$K_{\text{ст}} \approx \frac{18 \cdot 4000 \cdot 50}{26 \cdot \left(380 + \frac{18 \cdot 750}{10} \right)} = 85$$

За схемата за 12 V отново ще изберем транзистор AD314, който отговаря на нужните условия.

Избираме:

$$\begin{aligned}U_{ec1} &= 5 \text{ V} \\E_{ст} &= 12 \text{ V} \\I_{изхмин} &= 0,05 \text{ A} \\I_{изхмах} &= 0,8 \text{ A} \\b_B &= 0,05 \\b_H &= 0,01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}6 &> (3 \div 5) \cdot 0,8 = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \\45 &> 1,2 \cdot 5 \cdot 0,8 = 4,8 \\80 &> 1,2 \cdot (12 + 5) = 22\end{aligned}$$

Тоест транзистора T_1 е избран добре. Въз основа на това избираме пак T_2 да бъде силициев PNP транзистор 2Т6821.

$$0,6 > \frac{1,2}{30} \cdot 5 \cdot 0,8 = 0,16$$

$$0,5 > \frac{(3 \div 5) \cdot 0,8}{30} = 0,1$$

$$60 > 1,2 \cdot (12 + 5) = 22$$

Избираме диод Д814В:

$$32 > 1,3 \cdot \left[\frac{1 + 0,05}{1 - 0,1} \cdot 3 + \frac{1}{30 \cdot 50} \cdot (800 - 50) \right] = 4$$

Необходимото изправено напрежение е:

$$U_{вх} = \frac{1}{1 - 0,1} \cdot (12 + 5) = 18,8 \text{ V}$$

Големината на нужния ток е:

$$I_{BX} = I_{изхmax} + I_{стmax} = 0,8 + 0,032 = 0,832 \text{ A}$$

Токът през R_6 е:

$$I_{r6} = \frac{0,3 \cdot 0,8}{30} = 0,008 \text{ A} = 8 \text{ mA}$$

Тогава стойността му е:

$$R_6 = \frac{12}{8 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \text{ k}\Omega$$

А, мощността разсейвана от него е:

$$P = 0,15 \text{ W}$$

Намираме I_{c3} на T_3 :

$$I_{c3} = \frac{4.800}{30.50} \approx 2 \text{ mA}$$

$$P_{сmax3} > (26 - 10) \cdot 0,002 = 0,032 \text{ W}$$

Избираме PNP транзистор 2Т6821.

Стойността на R_1 е:

$$R_1 = \frac{18,8 - 12}{0,002} = 3,4 \text{ k}\Omega$$

$$P = I^2 \cdot R_6 = 0,16 \text{ W}$$

Стойността на R_2 е:

$$R_2 = \frac{1,3 \cdot (12 - 10)}{0,032} = 81 \Omega$$

Стойностите на R_3, R_4 и R_5 са:

$$R_3 = 1,1 \cdot \frac{10}{12} \cdot 50 \cdot 12 = 549 \, \Omega$$

$$R_4 = 0,4 \cdot \frac{10}{12} \cdot 50 \cdot 12 = 200 \, \Omega$$

$$R_5 = 0,8 \cdot \frac{10}{12} \cdot 50 \cdot 12 = 400 \, \Omega$$

$R_{\text{изх}}$ на стабилизатора е:

$$R_{\text{изх}} \approx \frac{12}{30 \cdot 50 \cdot 10} \cdot \left(\frac{0,026}{0,002} + 12 \right) + \frac{12 - 10}{30 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 18} \cdot (549 + 200 + 400) = 0,14 \, \Omega$$

Входното динамично съпротивление на T_3 е:

$$R_{\text{вхт3}} = \frac{0,03 \cdot 50}{0,002} = 750 \, \Omega$$

Коефициентът на стабилизация има големина:

$$K_{\text{ст}} \approx \frac{12 \cdot 4000 \cdot 50}{18,8 \cdot \left(380 + \frac{12 \cdot 750}{10} \right)} = 80$$

Начин на изчисляване на мостов токоизправител (схема Грец)

След изчислението на стабилизатора трябва да бъде изчислен и мостов токоизправител (схема Грец) с полупроводникови диоди. На схема е показан двуполупериоден изправител на мостова схема без

изглаждащ филтър. Без филтър (т.е. в крайщата на C_1) схемата има коефициент на пулсации 10%, като честотата на пулсациите е 100 Hz. Тук зададените величини са изправеното напрежение I_0 . При изчислението трябва да бъдат определени видът и броя на диодите във всяко едно от четирите рамена на моста, напрежението U_2 и токът I_2 . Тук максималната стойност на токовия импулс в права посока:

$$I_{\max} = 3,5 \cdot I_0$$

А максималната амплитуда на обратното напрежение е върху вентила (за всяко едно от четирите рамена) е:

$$U_{\text{обр max}} = 1,5 \cdot U_0$$

На фиг. токовете и напреженията са представени в графична форма. След като знаем $I_{\max}$ и $U_{\text{обр max}}$, от справочниците избираме типа на полупроводниковите диоди, като $FM \geq I_{\max}$ (или $I_{0 \max}$ на диодите да е равен или по-голям от зададения изправен ток I_0).

Необходимия брой "n" на последователно свързаните диоди във всяко едно от четирите рамена се определя по формулата:

$$n = \frac{U_{\text{обр max}}}{U_{\text{rm}}}$$

като получената стойност за "n" се закръглява нагоре до цяло число. При изправяне на значителни токове се използват средно-мощни и мощни диоди. Мощността разсейвана в един диод се намира по формулата:

$$P = F \cdot I_0$$

като при еднополупериодно изправяне $F = 1,2$ а при двуполупериодно - $F = 0,6$. При разсейвана мощност до 1 W тези диоди не се нуждаят от радиатор. При мостова схема - необходимото вторично напрежение при номинален товар е:

$$U_2 = 0,75 \cdot U_0 + 1,9 \cdot I_0 \cdot (2 n R_i + R_{\text{тр}})$$

като токът е в амperi, а "n" е броят на диодите.

Вътрешното съпротивление на 1 диод при мостова схема се дава от израза:

$$R_i = \frac{A}{0,5 \cdot I_0}$$

като там е изяснена стойността на коефициента "A", и токът I_0 е в милиампери.

Съпротивлението $R_{тр}$ може да се определи от израза:

$$R_{тр} = \frac{B \cdot U_0}{4 \cdot I_0 \cdot \sqrt{U_0 \cdot I_0}}$$

като ми при мостова схема $B = 830$ и токът I_0 е в милиампери.
Ефективната стойност на вторичния ток се намира по формулата:

$$I_2 = 1,41 \cdot I_0 \cdot \frac{0,016 \cdot U_0}{2n \cdot R_l + R_{тр}}$$

като токът е в ампери.

Токът в първичната намотка се дава с израза:

$$I_1 = \frac{1,2 \cdot U_2 \cdot I_2}{U_1} + \frac{U_3 \cdot I_3}{U_1}$$

като и тук токът е в ампери.

Минималната стойност на кондензатора е:

$$C_1 = \frac{30 \cdot I_0}{U_0}$$

където C_1 [μ F], а I_0 [mA].

Номиналното напрежение върху C_1 :

$$UC_1 = 1,2.U_0$$

Коефициентът на пулсации (в краищата на C_1) е:

$$P_1 = \frac{30.I_0}{U_0.C_1} \%$$

където C_1 [μ F], а I_0 [mA].

Изчисляване на двете схеми Грец (за 12 V и 18 V)

Да се изчисли мостов токоизправител без изглаждащ филтър с дадени $U_0 = 12$ V и $I_0 = 1$ A.

Избираме схема с полупроводникови диоди. Тъй-като изправения ток $I_0 = 1$ A избираме силициев диод КД202А, който има $I_{0\text{ max}} = 5$ A и $U_{\text{гм}} = 50$ V. Максималното обратно напрежение, което действа на едното рамо е:

$$U_{\text{обр max}} = 1,5.12 = 18$$

Тогава броят на последователно свързаните диоди е:

$$n = \frac{18}{50} \approx 1$$

Мощността разсейвана от 1 диод е:

$$P = 0,6.1 = 0,6 \text{ W}$$

Вътрешното съпротивление на 1 диод е:

$$R_i = \frac{1000}{0,5.1000} = 2 \Omega$$

Намираме съпротивлението на вторичната намотка:

$$R_{\text{тр}} = \frac{830.12}{4} = 0,6 \, \Omega$$

$$300 \cdot \sqrt{12.300}$$

Определяме необходимото напрежение на вторичната намотка:

$$U_2 = 0,75.12 + 1,9.1.(2.1.0,66 + 0,4) = 18,7 \, \text{V}$$

Токът на вторичната намотка е:

$$I_2 = 1,41.1. \frac{0,016.12}{2.1.0,66+0,4} = 1,52 \, \text{A}$$

Токът в първичната намотка е:

$$I_1 = \frac{1,2.12.3}{220} = 0,21$$

Минималната стойност на кондензатора е:

$$C_1 = \frac{30.1000}{12} = 2500 \, \mu\text{F}$$

а номиналното напрежение върху него е:

$$UC_1 = 1,2.12 = 14,4$$

Определяме коефициентът на пулсации:

$$P_1 = \frac{30.1000}{12.2700} = 9,25\%$$

Изчисляваме и мостовия токоизправител за 18 V с данни:

$$U_0 = 18 \text{ V}, I_0 = 1 \text{ A}$$

Избираме отново същата схема и подходящите диоди.

Максималното обратно напрежение, което действа на едното рамо е:

$$U_{\text{обр max}} = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ V}$$

Тогава броят на последователно свързаните диоди в едното рамо е:

$$n = \frac{27}{50} \approx 1$$

приемаме че "n" = 1.

Мощността разсейвана в 1 силициев диод е:

$$P = 0,6 \text{ W}$$

Вътрешното съпротивление на 1 диод е:

$$R_i = \frac{1000}{0,5 \cdot 1000} = 2 \Omega$$

Намираме съпротивлението на вторичната намотка:

$$R_{\text{тр}} \approx 0,6 \Omega$$

Определяме необходимото напрежение на вторичната намотка:

$$U_2 = 0,75 \cdot 18 + 1,9 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 1 \cdot 0,66 + 0,4) = 26,5 \text{ V}$$

Токът на вторичната намотка е:

$$I_2 = 1,41 \cdot 1 \cdot \frac{0,016 \cdot 18}{2 \cdot 1 \cdot 0,66 + 0,4} = 1,58 \text{ A}$$

Токът в първичната намотка е:

$$I_1 = \frac{1,2 \cdot 18 \cdot 1}{220} = 0,1$$

Минималната стойност на кондензатора е:

$$C_1 = \frac{30 \cdot 1000}{18} = 166 \mu F$$

а номиналното напрежение върху него е:

$$UC_1 = 1,2 \cdot 18 = 21,6$$

Определяме коефициентът на пулсации:

$$P_1 = \frac{3000 \cdot 1000}{24 \cdot 1666} = 7,5\%$$

Приложения