



ОРГАНИЗАЦИЯ
ЗА СЪДЕЙСТВИЕ
НА ОТБРАНАТА
ЦЕНТРАЛЕН СЪВЕТ



ЕЛЕКТРОНИК



Инж. ПЕТЪР Г. СТОЙКОВ

ЕЛЕКТРОНИК 5

ДЪРЖАВНО ИЗДАТЕЛСТВО „ТЕХНИКА“
СОФИЯ, 1990

УДК 62-52 (023)

Книгата е ръководство за работа с набор от електронни елементи. В нея са разгледани електронни автоматични устройства за кодиране и декодиране на команди за телеуправление на модели, сервоелектроника, терморегулатори и термометри, влагомери, оборотомери, устройства за сигнализиране напълването на съдове с течности и насипни материали, релета за време, превключващи автомати, електронни ключалки и др.

Предназначена е за младежи, обучаващи се в системата на ОСО и за радиолюбители, които притежават известен опит и знания.

Петър Ганчев Стойков. 1990
с/о Jusautor, Sofla

62

Електроник 5

Автор инж. *Петър Ганчев Стойков*

Рецензенти: ст. н. с. к. т. н. инж. *Николай Николов Недев*

н. с. к. т. н. инж. *Димитър Христов Стефанов*

Националност българска

Първо издание

95331

Код 03

3192-24-90

Изд. № 15736

Научен редактор инж. *Василка Петрова*

Художник *Димитър Капсаров*

Художествен редактор *Вихра Стоева*

Технически редактор *Юлия Йорданова*

Коректор *Виктория Атанасова*

Дадена за набор на 4. IX. 1989 г.

Подписана за печат м. декември 1989 г.

Излязла от печат м. януари 1990 г.

Формат 70 100 16

Печ. коли 5,50

Изд. коли 7,13

УИК 8,17

Тираж 5000 + 106

Безплатно

Държавно издателство "Техника", бул. Руски 6, София

Държавна печатница "Д. Благоев", София

ПРЕДГОВОР

Комплектът „Електроник-5“ съдържа транзистори, диоди, релета, кондензатори, резистори и др., както и ръководство за целенасоченото им използване.

В първия раздел на ръководството са разгледани електронни схеми за кодиране и декодиране на командни сигнали за телеуправление на модели. В този смисъл той е продължение на съответния раздел от "Електроник-4".

В останалите раздели последователно са описани електронни устройства за измерване и регулиране на температура, влажност, за измерване на линейни размери, скорост на въртене, за сигнализиране напълването на резервоари и хамбари, разгледани са електронни релета и превключващи автомати, устройства за сигнализация и предупреждение и др.

За всяка схема са дадени пълни данни за принципа на действие, изработване и настройка. Някои от по-сложните устройства са придружени с времедиаграми, снети в определени контролни точки, което ще улесни конструкторите и ще им помогне да вникнат в логиката на изпълняваните функции от устройството.

При съставянето и написването на книгата е използван богат чуждестранен и собствен опит по конструирането на електронни автоматични устройства. Повечето от апаратурите за телеуправление са реализирани на базата на стандартни, утвърдили се фирмени образци и серийно произвеждани системи. Всички схеми са модифицирани и изпробвани в лабораторни условия с български електронни елементи.

Изработването на цялостна система за телеуправление на модели изисква познаването на предавателния и приемния тракт, които подробно са описани в книгата „Електроник-4“. Реализацията на схемите, предложени в комплекта „Електроник-5“, изисква от радиолюбителите по-голям опит и познания, за които се предполага, че са придобити при усвояване на предхождащия материал от поредицата.

Авторът благодари на полковник инж. М. Петранов, както и на всички свои колеги, взели участие при съставянето, обсъждането, рецензирането и редактирането на ръкописа.

Всички забележки и препоръки, които имат за цел подобряването на книгата, ще бъдат приети с благодарност на адреса на издателството - София 1000, бул. "Руски" № 6.

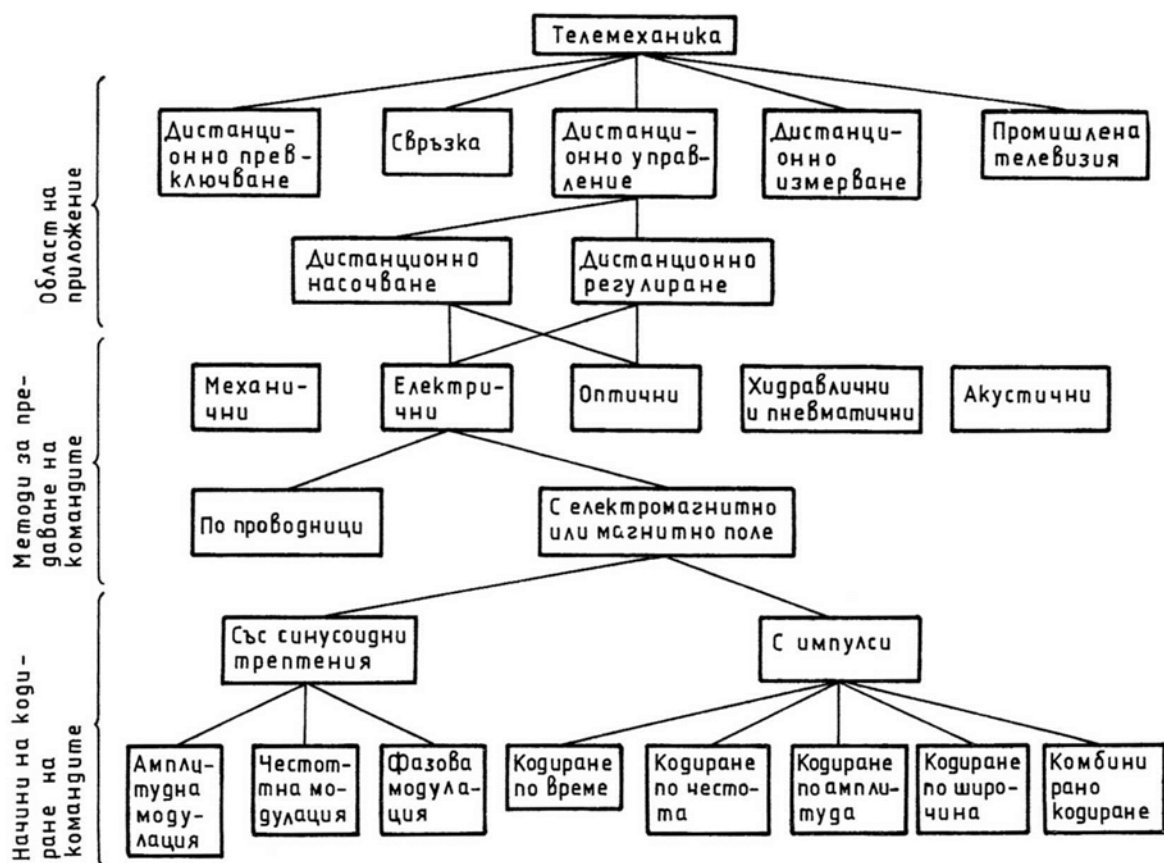
Авторът

1.ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

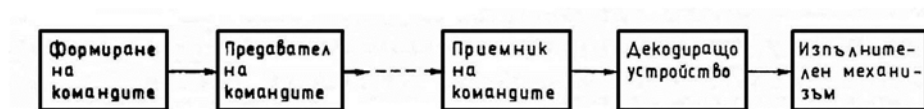
1.1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Телеуправлението на моделите е част от телемеханиката. В зависимост от задачите, които стоят пред системите за телеуправление, последните могат да бъдат класифицирани съгласно с фиг. 1.1.

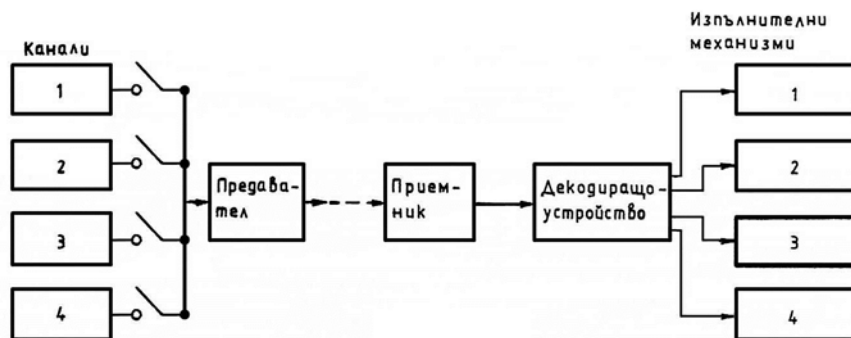
Под телеуправление (дистанционно управление) се разбира изпълнението на определени процеси в една точка от пространството в резултат на подаване



Фиг. 1.1



Фиг. 1.2



Фиг. 1.3

на команди от друга точка в пространството. При телеуправлението се променя или скоростта, или посоката на движение на модела с цел последният да се движи по определена траектория.

Ако е необходимо да се промени само посоката на движение на телеуправлявания модел, може да става дума за дистанционно насочване. Насочването на моделите, които се движат по земята или по водната повърхност, се осъществява чрез завъртането им около вертикалната ос. Подводните, летящите и космическите апарати се насочват по три взаимноперпендикулярни оси. Дистанционното насочване е частен случай на дистанционното управление.

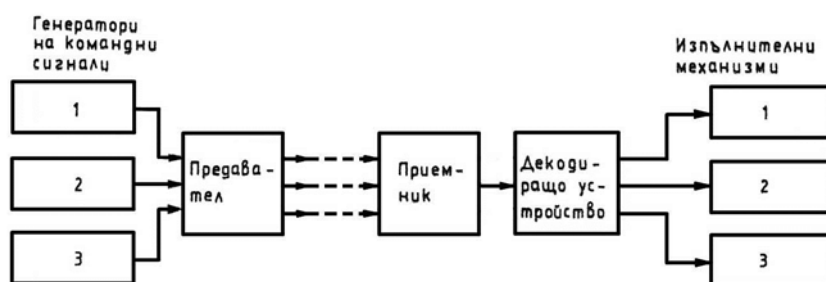
Разстоянието, на което се предават командите за телеуправление, е около 1000 m. Целта е да се осигури визуален контрол на управлявания обект. Командите се кодират и се излъчват в пространството с помощта на радиопредавател, монтиран в специален пулт за управление.

Радиоприемникът се монтира на управлявания модел и има за задача да приеме, усили и подаде командните сигнали на декодиращото устройство (фиг.1.2). Изходът на декодиращото устройство е свързан с изпълнителните механизми, които преобразуват електрическите импулси на командния сигнал в механическо усилие и въздействие върху управляващите органи.

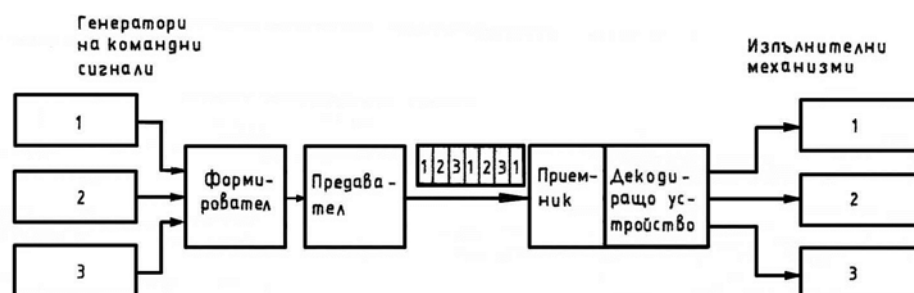
Когато на команден сигнал "включено" съответства отклонението на изпълнителния механизъм до крайно положение, а на команден сигнал "изключено" - връщане на изпълнителния механизъм в неутрално положение, дистанционното управление се нарича дискретно. Този вид управление се характеризира с малка точност на изпълняваните команди, но за някои случаи тя е достатъчна.

Ако командите се осъществяват по такъв начин, че изпълнителният механизъм може да се отклонява на какъв да е ъгъл между неговите крайни положения, тогава се говори за висока точност на изпълняваните команди. Такова управление се нарича пропорционално. При него съществува пропорционалност между отклонението на изпълнителния механизъм на модела и на ръчката за управление, разположена на пулта. Грешката при този вид управление не надвишава 1 %.

Предаването и изпълняването на повече от една команда се извършва по



Фиг. 1.4



Фиг.1.5

отделен канал за всяка една от тях. Апаратурите с дискретно управление могат да имат до 10 канала, а тези с пропорционално - до 6 (фиг. 1.3). Трябва да се има предвид, че при дискретното управление за предаване например на командите "надясно", "напред" и "наляво", "назад" са необходими два канала, а при пропорционалното - един.

Когато е поставено изискването за максимално доближаване на модела до реалния обект, необходимо е едновременното предаване и изпълняване на няколко команди. Апаратурата, която осигурява едновременно и независимо едно от друго управление на различни изпълнителни механизми, се нарича апаратура за дистанционно управление с едновременно предаване на няколко команди. Такава апаратура може да се реализира, като за всяка команда се предвижда отделен канал (фиг. 1.4).

Това решение не е рационално. По-изгодно е разделянето на командите по време, тъй като времето за последователното предаване на всички команди е по-малко от времето за тяхното изпълнение. Отделните команди се предават последователно във вид на пакети. Изпълнителните механизми трябва да притежават такава инерционност, която да запълва паузите, възникващи през времето на предаване на командите по другите канали.

Съществуват образци на апаратура за дискретно дистанционно управление с възможност за предаване до три команди едновременно (фиг. 1.5). Съвременните апаратури за пропорционално дистанционно управление позволяват едновременно да се предават всички необходими команди. Например при шест каналната апаратура за пропорционално управление непрекъснато се излъчват пакети от шест отместени по време импулсни сигнала. Това създава известни удобства за логическото обединяване на тези сигнали както в предавателя, така и в приемника.

1.2. КОДИРАНЕ НА КОМАНДИТЕ

Кодирането на командите е преобразуването им по такъв начин, че на всяка една от тях да съответства определен електрически сигнал. През дългото развитие на любителската апаратура за дистанционно управление са разработени много и разнообразни методи за кодиране на командите. На практика са се утвърдили само няколко от тях.

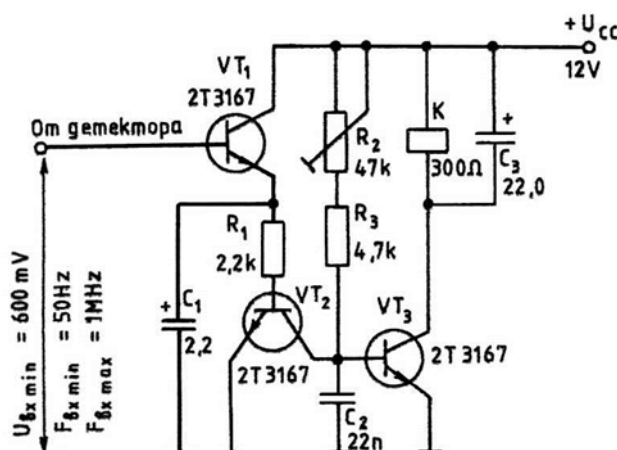
За едноканални апаратури с дискретно дистанционно управление най-прост е методът с превключване на изпълнителните механизми с реле, управлявано от шумовото напрежение. Кодирането се осъществява с включване и изключване на предавателя.

Най-простата схема на декодиращо устройство с използване на шумово напрежение е показана на фиг. 1.6. При изключване на радиопредавателя на изхода на свръхрегенеративния приемник се появява напрежение, наречено шумово. Ако се включи радиопредавателят, на изхода на свръхрегенеративния радиоприемник постъпва високочестотен немодулиран сигнал, а на изхода му шумовото напрежение силно намалява по амплитуда или съвсем изчезва. Това явление се използва за управление на стъпалото, монтирано по схемата от фиг. 1.6.

Шумовото напрежение от изхода на детектора се подава на базата на транзистора VT_1 , който се отпушва, а заедно с него се отпушва и транзисторът VT_2 . Напрежението на колектора му намалява и транзисторът VT_3 се запушва. Котвата на релето K се отпуска и неговите контакти прекъсват веригата към изпълнителните механизми. Когато предавателят се включи, амплитудата на шумовото напрежение намалява, транзисторите VT_1 и VT_2 се запушват, а се отпушва транзисторът VT_3 . Релето K се задейства и контактите му включват електрозахранването към изпълнителните механизми.

Настройването на устройството се извършва с потенциометъра R_2 до получаване на напрежение 0,7 V върху базата на транзистора VT_3 при липса на входен сигнал.

Използването на апаратура с повече от един канал изисква други методи за кодиране. Следващата стъпка към усъвършенстването на апаратурата за телеуправление е осигуряването на сигнал с точно определена ниска честота за всеки канал. Апаратурите с дискретно дистанционно управление при този вариант могат да имат до 10 канала, но едновременна работа се осъществява само на три от тях. При относително неголяма сложност те осигуряват добри резултати. Основен недостатък при тях е постоянният и



Фиг. 1.6

максимален ъгъл на завъртане на управляващия механизъм. За отстраняване на този недостатък са разработени варианти с пропорционално дистанционно управление, кодирани с нискочестотни сигнали.

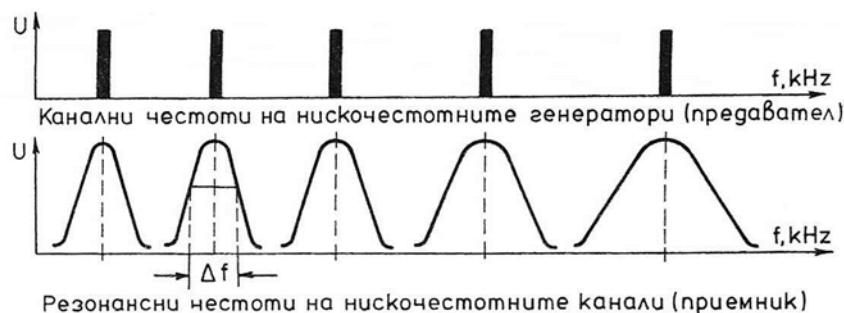
Развитието на цифровата техника позволява даже в любителски условия да се построи апаратура с пропорционално дистанционно управление, способна да предава команди по всички канали едновременно. Заедно с това определено развитие е намерила и системата с дискретно дистанционно управление и нискочестотно кодиране на командите.

1.3 ЧЕСТОТНО КОДИРАНЕ НА ДИСКРЕТНИ КОМАНДИ

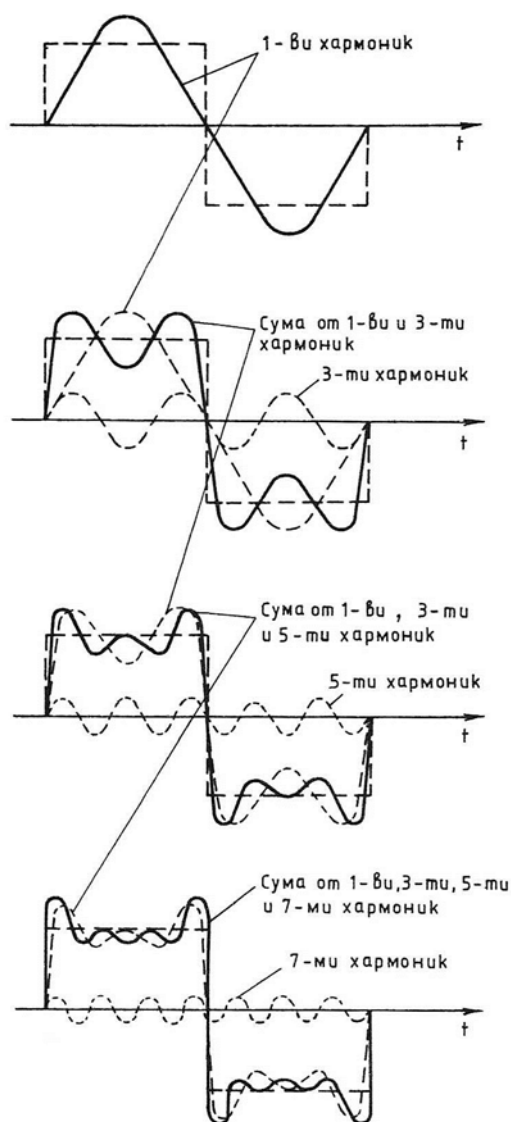
При този вид кодиране на командните сигнали съществуват някои проблеми. Например на всеки от каналите за дистанционно управление трябва да съответства сигнал с точно определена ниска честота. Ако се приеме, че предаването ще се извършва по десет канала, трябва да се изберат подходящи нискочестотни ленти за всеки от тях. За да не се разширява прекомерно лентата на канала за връзка, сигналите за кодиране на командите се избират по възможност в нискочестотната област. Но това пък води до използване на електронни елементи с големи размери (бобини и кондензатори). В нашата страна със стандарт са утвърдени следните ниски честоти за кодиране на командите: 0,75; 0,90; 1,08; 1,32; 1,61; 1,97; 2,4; 2,94; 3,58; 4,37; 5,31; 6,50, kHz $\pm 5\%$ - ОН 0574793 - 87.

Съображенията за избора на нискочестотните сигнали за кодиране на командите са следните. На всяка ниска честота, излъчвана от предавателя, съответства същата честота в радиоприемника (фиг. 1.7), на която е настроен нискочестотен резонансен кръг. За да се намали влиянието между съседните канали, резонансните криви на кръговете, използвани за декодиране, не трябва да се застъпват. Това се постига с разместване на каналите един спрямо друг.

Ако нискочестотният генератор изработва синусоидни трептения, те могат да се окажат силно деформирани поради ограничаване при предаването и приемането (фиг. 1.8). При това основното трептене се запазва, но възникват висши хармоници с честоти, които са кратни на основната честота. Тези сигнали могат да имат такива големи амплитуди, че да предизвикат задействането на няколко нискочестотни стъпала в приемника и лъжливо задействане на изпълнителните механизми. За предотвратяване на това нежелателно явление хармониците трябва да лежат между резонансните криви. Това ще рече, че честотата на високочестотните канали не трябва да се избира кратна на по-нискочестотните такива. На това условие отговарят изброените ниски честоти за кодиране на командите.



Фиг. 1.7

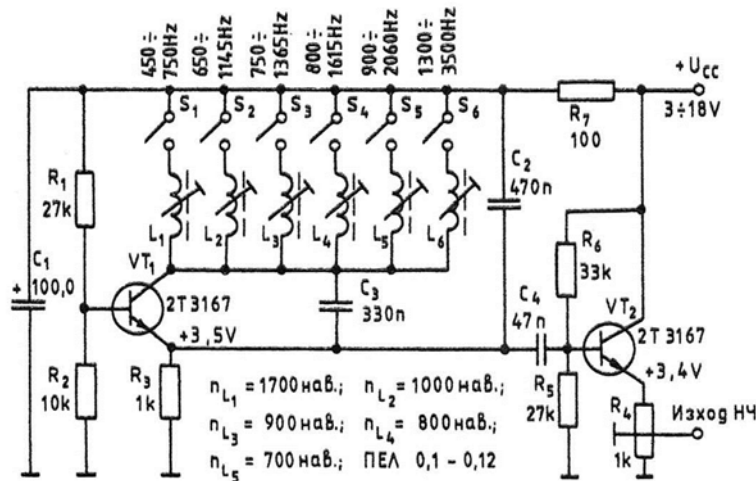


Фиг. 1.8

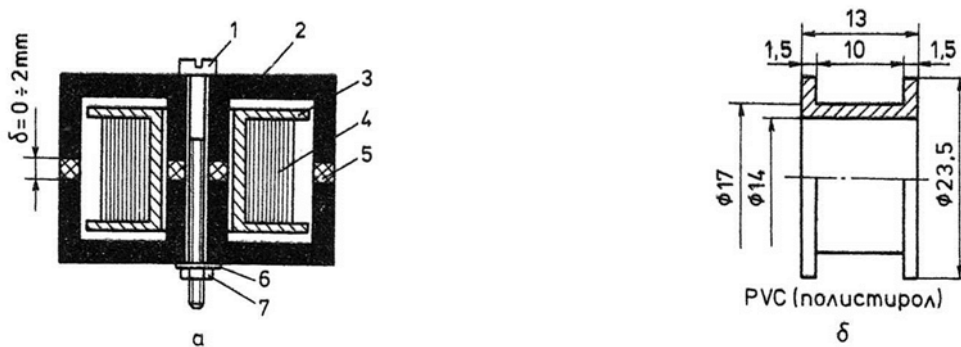
Изискванията към нискочестотните генератори за кодиране на командите в радиопредавателя са следните: постоянство на честотата, безотказно функциониране, изработване на сигнал с правилна синусоидна форма, възможност за промяна на честотата с прости средства и начини, простота на схемата и малък брой електронни елементи.

Един вариант на нискочестотен генератор, използван в апаратурата за телеуправление Start [9], е показан на фиг. 1.9. Той е монтиран по триточкова схема с капацитивна обратна връзка, известна като схема на Колпитц. Транзисторът VT_1 работи по схема с обща база. Дълбочината на обратната връзка се определя от капацитета на кондензаторите C_2 и C_3 .

Бобините се изработват съгласно с фиг. 1.10, като може да се използва феритно ядро 36x22 А1-250 п. ф. 195. Проводникът, от който е навита бобината, е с дебелина $0,1 \div 0,25$ mm. Макарата 3 се изработва от картон или пластмаса съгласно с фиг. 1.10 б. Под гайката 7 се поставя шайбата 6.



Фиг.1.9



Фиг. 1.10

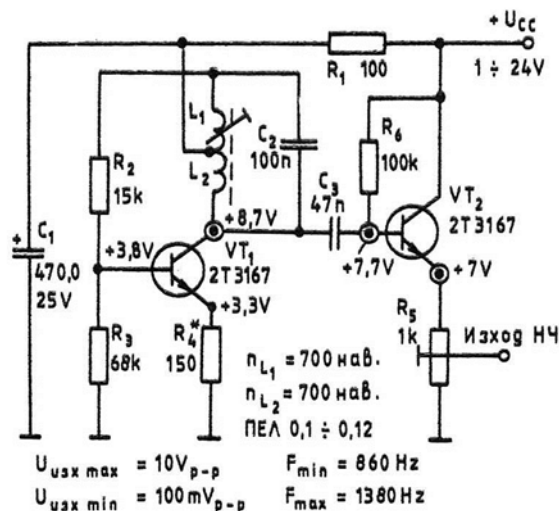
Винтът 1 служи за настройване и за закрепване на бобината към платката. Настройването се осъществява със завинтване или разхлабване на винта 1, при което феритните чашки 2 се приближават една към друга благодарение на свиването на каучуковите шайби 5. По този начин се променя индуктивността на бобината в определени граници. При едни и същи кондензатори C_2 и C_3 могат да се получат не повече от шест честоти, тъй като амплитудата на генерираните трептения започва да намалява. Честотата им слабо зависи от промяната на околната температура и захранващото напрежение. Транзисторът VT_2 е свързан по схема с общ колектор, като по този начин силно се намалява влиянието на следващите стъпала върху генератора. Постояннотоковият режим на транзистора VT_2 се осъществява с базовия делител R_5 , R_6 .

Честотата на генерираните трептения се изчислява по формулата

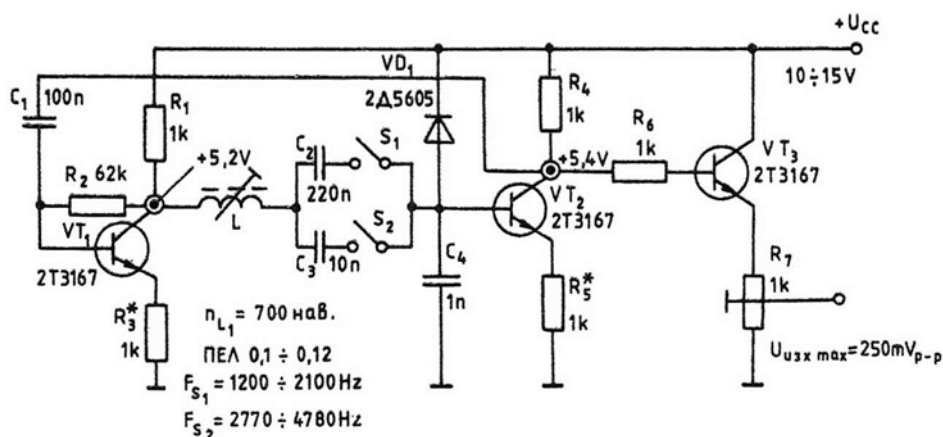
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \text{ Hz},$$

където L се измерва в хенри [H], а C във фаради [F].

Нискочестотен генератор с достатъчно добра стабилност може да се построи и по схемата на Хартлей, показана на фиг. 1.11. При нея (както и на фиг. 1.9) се използва един транзистор, като бобината се изработва с извод в средата и по този начин се получава индуктивен делител. Превключването на каналните честоти се извършва чрез



Фиг. 1.11

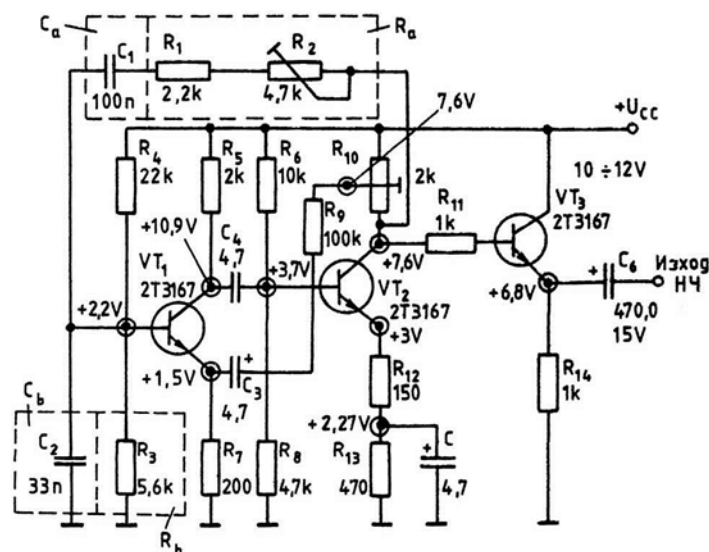


Фиг. 1.12

едновременно прекъсване на веригата към бобината и към кондензатора. Ако се прекъсне само кондензаторът, поради паразитния капацитет на бобината и монтажните капацитети генераторът продължава да работи на много по-висока честота. Получаването на нискофреkwентен сигнал с добра синусоидна форма се постига с подбора на отрицателната обратна връзка - съпротивлението на резистора R_4 . Генераторът притежава голямо изходно съпротивление. Влиянието на следващите стъпала върху стабилността на честотата се премахва с използването на буферно стъпало, както е при фиг. 1.9.

По друг начин е осъществена обратната връзка на генератора от фиг. 1.12. Използвано е второ усилвателно стъпало с транзистора VT_2 , като между неговия колектор и базата на VT_1 е свързан кондензаторът C_1 . Тази връзка осъществява самовъзбуждането на генератора. Честотата на генерираните трептения се определя от последователния трептящ кръг L_1C_3 - за единия канал, и L_1C_2 - за другия.

Генерирането на електрически трептения с ниска честота може да се постигне и с RC-елементи. Това се осъществява от едностъпален или двустъпален усилвател с подходяща обратна връзка, свързваща изхода на усилвателя с неговия вход. Напрежението, което се подава на входа на първото



Фиг. 1.13

стъпало, трябва да съответства по фаза и да има подходяща амплитуда, за да се самовъзбуди генераторът. Най-често използваната схема е мостът на Вин, който се състои от последователна и паралелна RC-верига. Такава схема има апаратурата Variophon 2 [9], показана на фиг. 1.13. Веригата на положителната обратна връзка съдържа елементите $R_1 + R_2$, C_1 и R_3 , C_2 . Отрицателната обратна връзка за поддържане на синусоидните трептения е съставена от кондензатора C_3 и резистора R_9 .

Честотата на генерираните трептения при генераторите с RC-елементи, свързани по схема на моста на Вин, се определя с формулата

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_a R_b C_a C_b}}, \text{Hz},$$

където R се измерва в омове $[\Omega]$, а C - във фаради $[F]$.

Когато $R_a = R_b$ и $C_a = C_b$, се получава $f = 1/2\pi RC$.

За разглежданата схема $R_a = R_1 + R_2$; $R_b = R_3$; $C_a = C_1$ и $C_b = C_2$.

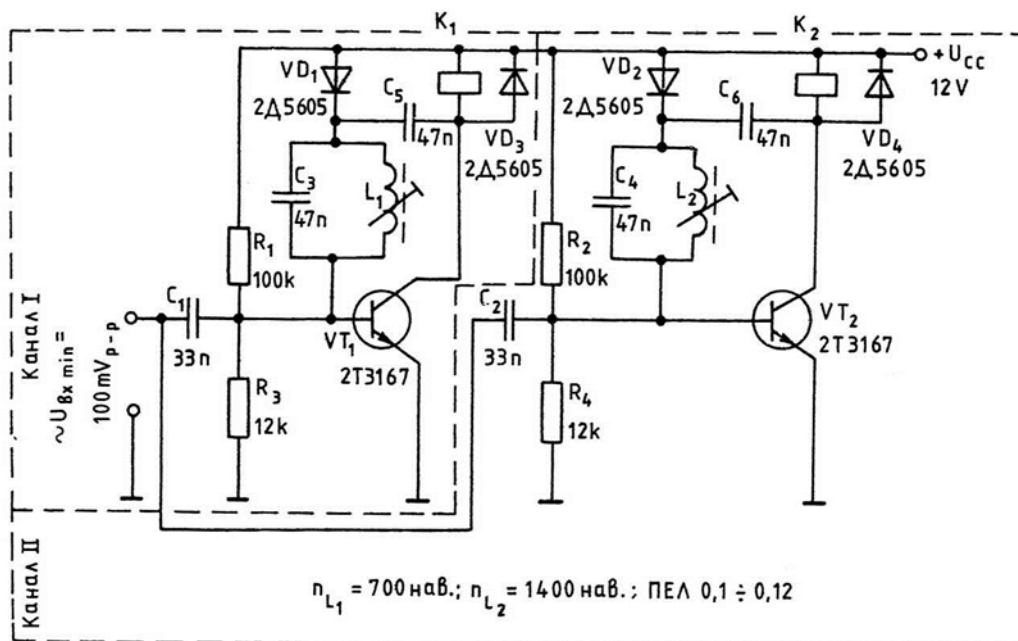
Схемата се характеризира и с втора отрицателна обратна връзка, която е по ток, и се получава поради липса на кондензатор, свързан паралелно на резистора R_7 - за първото стъпало, и разделянето на резисторите в емитерната верига на второто стъпало. При това паралелно на резистора R_{13} е свързан кондензаторът C_5 .

В предавателя се извършва кодиране, а в приемника - декодиране на командите. Декодиращото устройство има за задача да осигури правилно подаване на командата на съответния изпълнителен механизъм.

Голяма част от схемите, предназначени за честотно декодиране на командите, се конструират, като се използва способността на LC-трептящия кръг за честотно отделяне (селекция).

Както бе показано на фиг. 1.7, лентата на пропускане на LC-стъпалото (в нейната работна част) е от порядъка на 10%. Това осигурява достатъчно широк интервал между честотите на отделните канали и позволява да се използва един широколентов радиоприемник за работа на няколко канала.

Работата на стъпалата с честотно декодиране, всяко от които управлява реле, може да се поясни с фиг. 1.14, която е вариант на апаратурата Varioton [9].



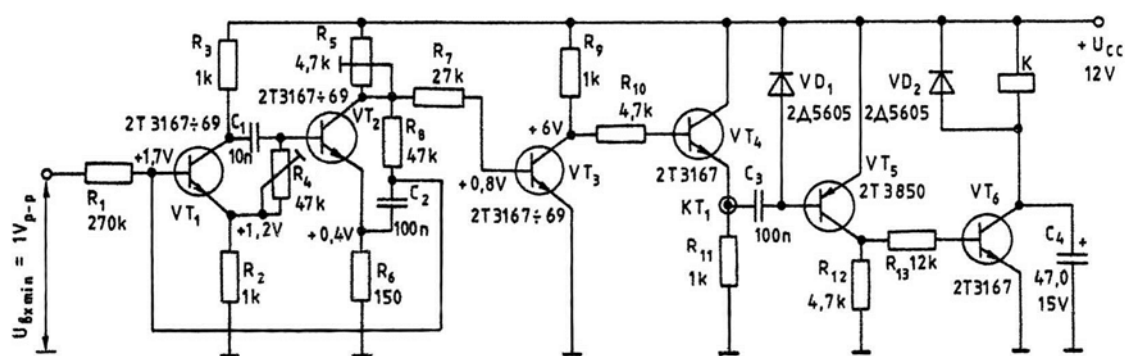
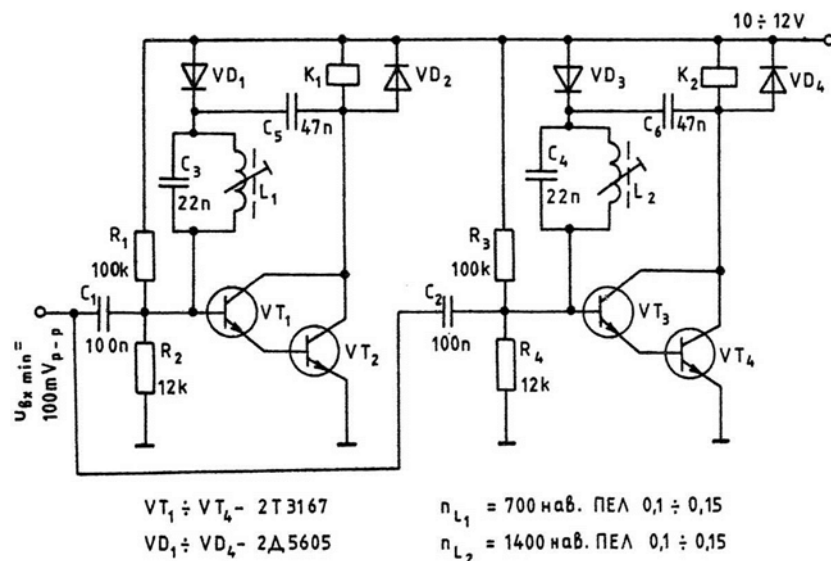
Фиг.1.14

Двете стъпала са симетрични с изключение на стойностите на елементите от трептящите кръгове. Ще разгледаме действието само на първото стъпало. Товарното му съпротивление е бобината на релето K_1 . Паралелният трептящ кръг, образуван от бобината E , и кондензатора C , е включен във веригата на отрицателната обратна връзка. Кондензаторът C_5 разделя отрицателната обратна връзка от постояннотоковата верига на изхода. Това дава възможност отрицателната обратна връзка да се задейства само при наличие на променливотоков сигнал на изхода на стъпалото.

Влиянието на отрицателната обратна връзка е минимално, ако съпротивлението на резистора, който е свързан с нея, е голямо. При използване на паралелен трептящ кръг това условие се изпълнява, когато входната честота е равна на резонансната. За всички други честоти кръгът има малко съпротивление, отрицателната обратна връзка става "по-дълбока" и усилването на стъпалото намалява.

За повишаване на входното съпротивление на стъпалото, последователно на кондензаторите C_1 и C_2 може да се свърже резистор. Върху него пада част от входното променливо напрежение. Това е причината съпротивлението на този резистор да се избира не много голямо ($50 \div 100 \text{ k}\Omega$). С промяната му може да се изменя чувствителността на стъпалото.

Когато на базата на транзистора VT_1 постъпи променливо напрежение с честота, равна или близка до резонансната на трептящия кръг L_1C_3 , поради слабата отрицателна обратна връзка напрежението ще се усили и ще предизвика спад върху намотката на релето K_1 . Така усиленото напрежение се подава на диода VD_1 през кондензатора C_5 . Изправеният от диода ток протича по проводника, от който е навита бобината L_1 , и постъпва на базата на транзистора VT_1 . При това последният се отпушва и привлича котвата на релето K_1 . Повишаването на усилването на този транзистор по мощност се постига с използването му както като усилвател на променливото напрежение, така и на постоянното. Делителят, свързан в неговата база и образуван от резисторите R_1 и R_3 и R_2 , R_4 (за VT_2), се настройва при липса на входен сигнал. Капацитетът на кондензатора C_5 (C_6) зависи от това, дали командите за отделните канали се подават последователно или едновременно.



При последователно подаване на командите неговият капацитет се избира от порядъка на $47 \div 100 \text{ nF}$. При едновременно подаване той може да достигне до $1,0 \div 2,2 \text{ }\mu\text{F}$, тъй като котвата на релето не трябва да се отпуска по време на паузите между отделните команди. Апаратурата за телеуправление "Пилот" (фиг. 1.15) е осъществена на този принцип. Използвана е схема Дарлингтон за свързване на транзисторите, с което значително се подобрява чувствителността на стъпалата.

В апаратурите за телеуправление, макар и рядко, се използват и RC-филтри. Схема с RC-филтър на Мюлер - Фогт за телеуправление със светлинен сигнал е показана на фиг. 1.16. Филтърът съдържа транзисторите VT_1 и VT_2 , както и RC-веригите C_1 , R_4 и C_2 , R_8 . Нискочестотният сигнал постъпва на базата на транзистора VT_1 през резистора R_1 . Съпротивленията на резисторите R_2 и R_3 са еднакви, поради което стъпалото не усилюва, а на изхода му се получават два отместени по фаза сигнала. Следователно на базата на транзистора VT_2 постъпва неусилен и отместен по фаза нискочестотен сигнал. Фазовото отместване зависи от капацитета на кондензатора C_1 и от съпротивлението на резистора R_4 . Транзисторът VT_2 усилюва и още веднъж отмества по фаза подадения на входа му сигнал, след което го връща в базата на първото

стъпало. Фазовото отместване на второто стъпало се осъществява от веригата R_8, C_2 . Ако фазовото отместване на двете стъпала е еднакво, напрежението на обратната връзка е равно на нула и RC-филтърът работи като селективен усилвател. Коефициентът на усилване на транзистора VT_2 може да се променя с потенциометъра R_5 , с което се извършва съгласуване на входната честота със собствената честота на филтъра. Възможно е да настъпи самовъзбуждане на усилвателя, защото сигналът за обратната връзка се подава във фаза с входния сигнал. Филтърът има максимална чувствителност малко преди самовъзбуждането. Транзисторът VT_3 е междинен усилвател. Влиянието на следващите стъпала върху работата на филтъра се премахва с използване на буферното стъпало, свързано по схема с общ колектор - транзистора VT_4 . Управлението на транзистора VT_5 се извършва от отрицателните полупериоди на входното напрежение, тъй като положителните се ограничават от диода VD_1 . Ако VT_5 е отпушен, то VT_6 също е отпушен и котвата на релето K се привлича. Кондензаторът C_4 изглажда остатъчното променливо напрежение и релето се задейства сигурно. Настройването на стъпалото се постига с резисторите R_4 и R_5 по максимума на сигнала в контролната точка KT_1 малко преди самовъзбуждането на стъпалото и при минимален сигнал на входа.

1.4. ФОРМИРАНЕ НА КОМАНДНИТЕ СИГНАЛИ

За да може управляваният модел да изпълнява маневри, подобни на маневрите на реалния прототип, необходимо е едновременно да се подават две и повече команди независимо една от друга. Решаването на тази задача се извършва по два метода - чрез наслагането на командите и чрез разделянето им по време.

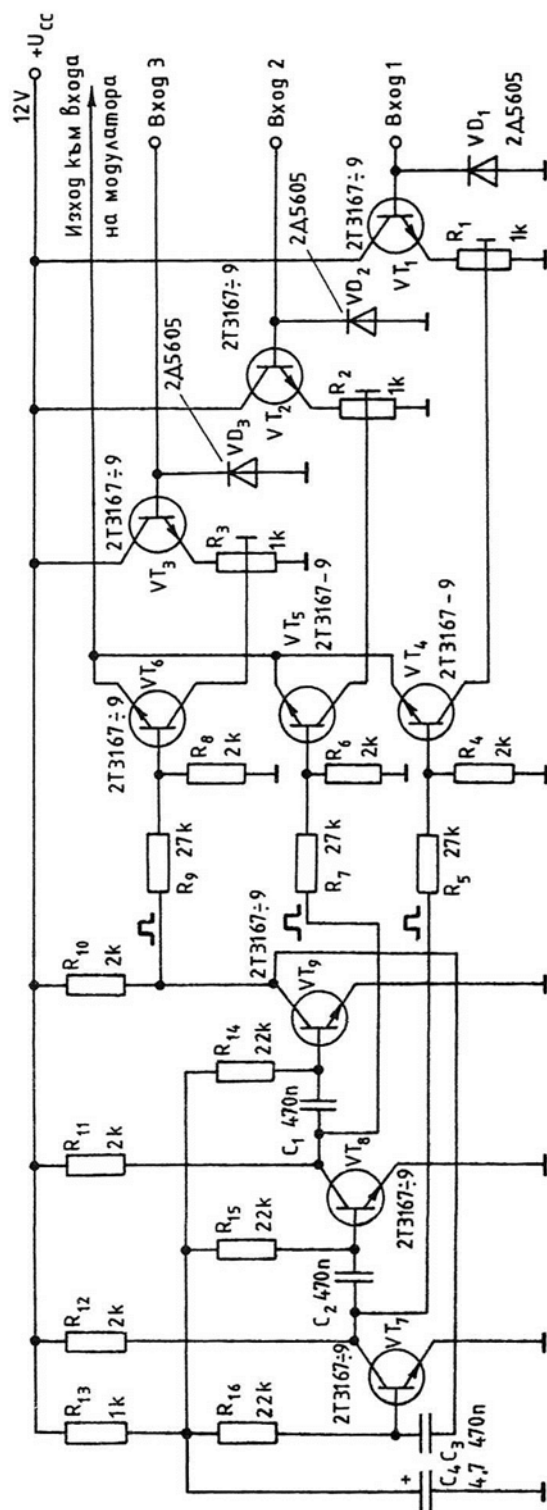
Най-прост е методът с наслагането. При него сигналите с ниски честоти се наслагват един върху друг и се получава смес от нискочестотни напрежения, с която се управлява високочестотното носещо трептене на предавателя. При едновременно подаване на две команди дълбочината на модулацията за всяка от тях с 50%. При подаване на три команди дълбочината на модулацията намалява до 33 %. По тази причина в радиоприемника може да се реализира мощност съответно 50% или 33%, което се отразява на радиуса на действие на апаратурата.

Този недостатък се премахва с метода на разделяне на каналите по време. Дълбочината на модулацията на всеки канал е 100%. Друго предимство на метода е възможността за използване на правоъгълни импулси за кодиране на командните сигнали.

Предаването на командите по метода на разделянето им по време се извършва по следния начин. Нискочестотните генератори се включват към модулатора един след друг с помощта на формирателя на командите. Манипулацията (честотата на включванията) на формирателя на командите се избира от 100 до 300 Hz. Разделянето на командите в приемника се извършва по честота.

Механичната инерционност на изпълнителните механизми, монтирани на управлявания модел, способства за прикриване на паузите между сигналите.

Работата на формирателя на командите може да се поясни със схемата от фиг. 1.17. Сигналите от нискочестотните генератори (които са три на брой) постъпват съответно на входовете 1, 2 и 3 на формирателя. Последният има изходна верига, образувана от транзисторите VT_4, VT_5 и VT_6 , чиито емитери са свързани помежду си. Генераторът на тактовите импулси е изпълнен с транзисторите VT_7, VT_8 и VT_9 .



Фиг. 1.17

Неговите три изхода последователно управляват формирователя, като отпушват и запускат транзисторите VT_4 , VT_5 и VT_6 . Ако предположим, че е отпушен транзисторът VT_4 , сигналът от нискочестотния генератор, който постъпва на вход 1, ще бъде подаден на модулятора. Останалите два входа също получават нискочестотни сигнали, но транзисторите VT_5 и VT_6 са запуснени и на изхода на формирователя се получава сигналът, подаден само на първия вход.

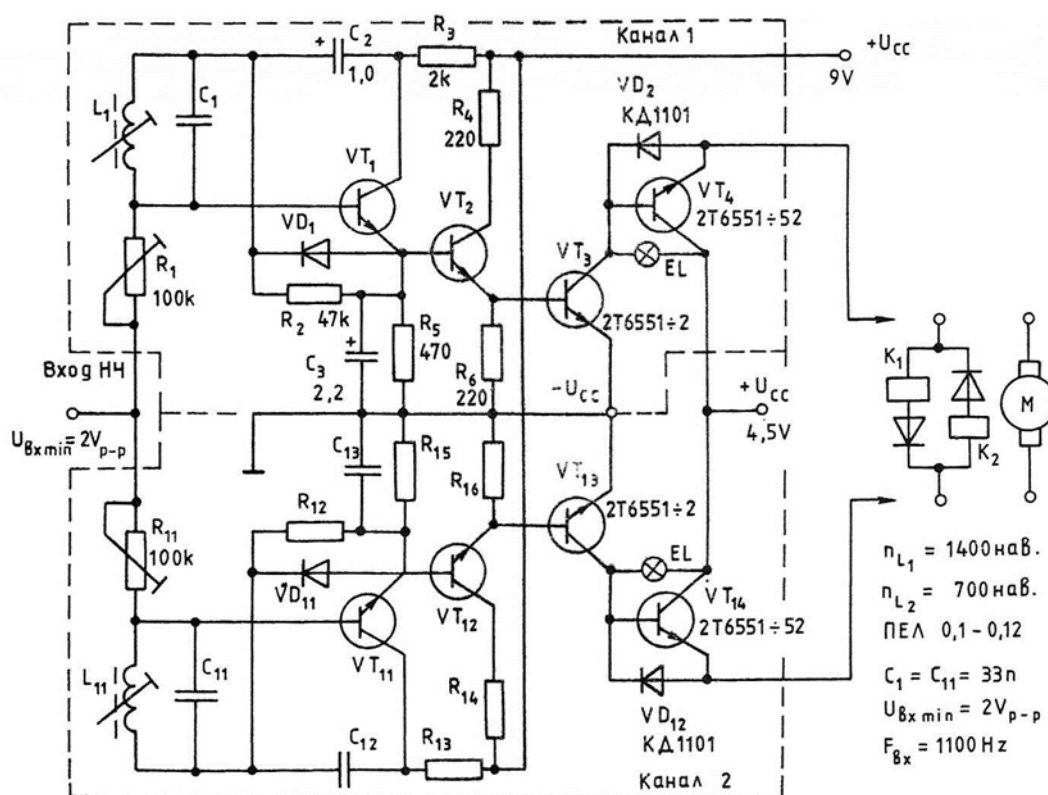
1.5. ИЗПЪЛНИТЕЛНИ МЕХАНИЗМИ ЗА АПАРАТУРИТЕ С ДИСКРЕТНО УПРАВЛЕНИЕ

Съществува голямо разнообразие от изпълнителни механизми, които се монтират на моделите. Такива са рулевете машинки, лебедките за платното на моделите, движещи се по вода, превключвателите и регулаторите на скоростта, светлинните и звуковите датчици и др. Рулевете машинки се класифицират според това, дали се връщат в неутрално положение или не, на следните видове:

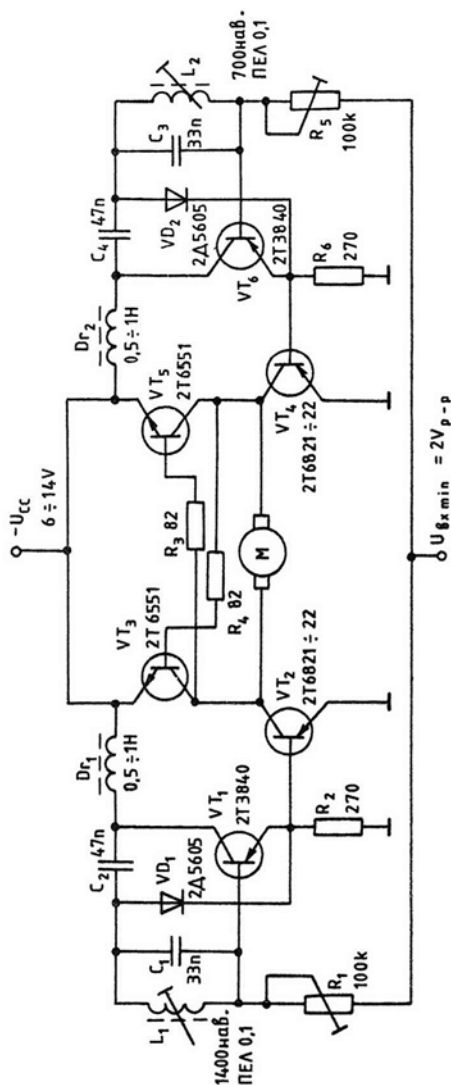
- без връщане в неутрално положение;
- с връщане в неутрално положение с помощта на пружини;
- с връщане в неутрално положение с помощта на електромотор.

При рулевете машинки без връщане в неутрално положение най-често се използват електромотор и центробежна муфа. Върху оста на електромотора са закрепени подвижни гърбици, които под действие на центробежната сила допират до муфата и по този начин предават движението. Когато изпълнителният механизъм се отмести до крайно положение, подвижните гърбици започват да трият по повърхността на муфата. Триенето продължава до спиране на командата, включила електромотора.

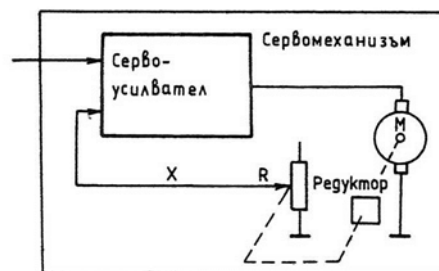
Рулевете машинки, които се връщат в изходно положение с помощта на пружини, могат да бъдат включвани или към декодиращи стъпала, управлявани от реле, или към мостова схема. Един вариант на апаратурата "Start" с мостова схема е показан на фиг. 1.18. Когато не се приема управляващ сигнал, транзисторите VT_3 и VT_{13} са запущени, ток през бобините на релетата K_1 K_2 и през електромотора M не протича. Ако например в канал 1 постъпи сигнал, транзисторът VT_1 се отпушва, а заедно с него се отпушват и



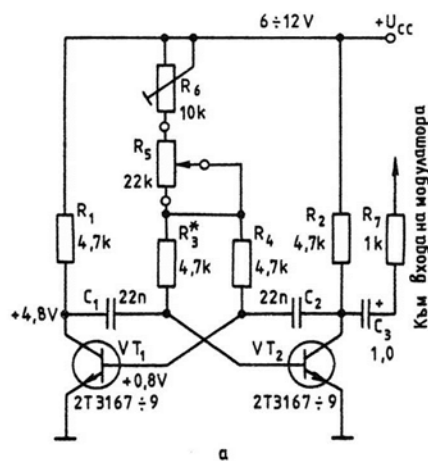
Фиг. 1.18



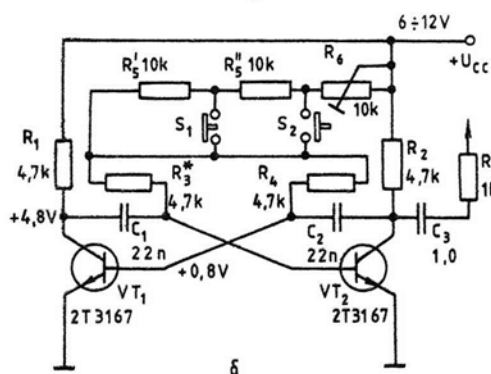
Фиг. 1.19



Фиг. 1.20



а



б

Фиг. 1.21

транзисторите VT_2 и VT_3 , а транзисторът VT_4 се запушва. Токът протича от $-U'_{CC}$ през транзистора VT_3 , диода VD_2 бобината на релето K_2 (електромотора M) и през транзистора VT_{14} , който е отпушен, се затваря на положителния полюс $+U'_{CC}$. Ако сигналът постъпи на втория канал, отпушват се транзисторите VT_{11} , VT_{12} и VT_{13} , а се запушва транзисторът VT_{14} . Токът протича от отрицателния полюс през транзистора VT_{13} , диода VD_{12} , бобината на релето K_1 (електромоторът M този път се завърта в посока, обратна на предишната) и през транзистора VT_4 се затваря на полюс $+U'_{CC}$. Изходът на устройството се включва или към бобините на релетата K_1 , K_2 , или към електромотора M .

Ако се приеме, че транзисторът VT_2 се отпушва от сигнала, идващ от VT_1 , то на неговия колектор има положителен потенциал. На базата на транзистора VT_5 ще има същия положителен потенциал и той ще бъде също отпушен. Останалите транзистори VT_3 и VT_4 ще бъдат запушени. Токът ще протича от $+U'_{CC}$ през транзистора VT_2 , електромотора M и транзистора VT_5 към отрицателния полюс на токоизточника. При рулевите машинки, които се връщат в неутрално положение с електромотор, се използва редуктор с предавателно отношение поне 200:1. Включването на електромотора се извършва с помощта на реле.

1.6. ЧЕСТОТНО КОДИРАНЕ НА ПРОПОРЦИОНАЛНИ КОМАНДИ

При този вид апаратури ъгълът на отклонение на "кормилото" на модела е пропорционален на ъгъла на отклонение на лоста за управление, разположен на пулта в радиопредавателя. Съществуват съвременни схемни решения, които осигуряват точност на изпълнение на пропорционалните команди, по-добра от 1 %.

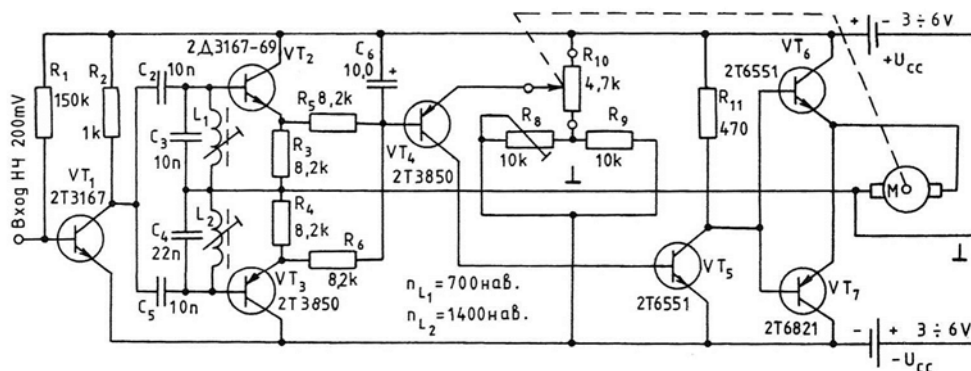
Положението на лоста за управление се определя от величината X_k , която се преобразува в електрически сигнал, пропорционален на ъгъла на отклонение на този лост. В радиоприемника (на изхода на нискочестотния усилвател) величината X_k отново се превръща в електрически сигнал, управляващ работата на сервоусилвателя (фиг. 1.20). Последният сравнява зададената стойност на X_k с фактически получената стойност на отклонението на кормилото X , която в повечето случаи се сменя от потенциометър, свързан със сервомотора чрез редуктор.

Блокът, който обединява регулиращия усилвател, електромотора, редуктора и потенциометъра, се нарича сервомеханизъм, а не рулева машинка, както е при дискретното управление.

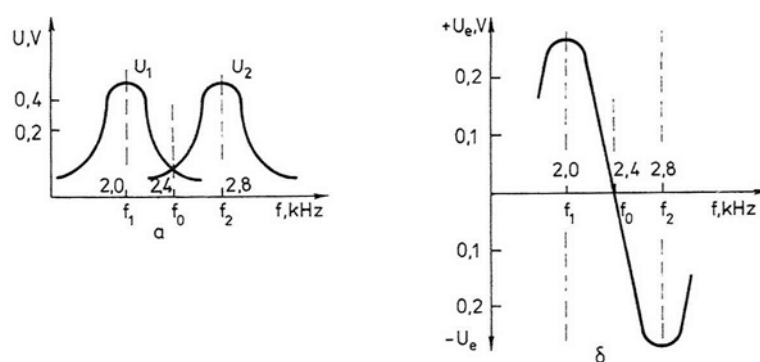
В резултат от сравнението на величините X_k и X на изхода на сервоусилвателя се получава сигнал на разсъгласуването - $Y = X_k - X$. Когато $X_k = X$, разсъгласуването е равно на нула и сервомоторът не се включва. Ако под въздействие на лоста за управление в предавателя се промени величината X_k , получава се разсъгласуване и на изхода на сервоусилвателя ще се появи напрежение. То ще задвижи мотора M и кормилото ще промени положението си. Едновременно с него ще се премести плъзгачът на потенциометъра и ще се промени величината X . Сервомоторът ще работи дотогава, докато се изпълни условието $X_k - X = 0$. При това кормилото ще заеме положение, пропорционално на положението на управляващия лост в радиопредавателя. Величините X_k , X и Y могат да бъдат във вид на постоянно напрежение или на правоъгълни импулси.

Когато апаратурата е аналогова за пропорционално отклонение, командите са пропорционални на ъгъла на отклонение на лоста за управление. Кодирането се извършва с нискочестотен сигнал, чиято честота се променя. Например на сигнал с честота 2 kHz може да съответства отклонение на кормилото в крайно ляво положение. Ако честотата на сигнала се повиши до 2,4 kHz, това може да съответства на неутрално положение на кормилото, а при 2,8 kHz - на крайно дясно положение. Междинните стойности на честотата на управляващия сигнал могат да съответстват на различни ъгли на отклонение на сервомеханизма.

Управляващият сигнал в предавателя обикновено се получава от мултивибратор. Честотата му зависи от напрежението на базите на транзисторите при постоянни капацитети на кондензаторите от колекторно-базовите връзки.



Фиг. 1.24



Фиг. 1.23

На фиг. 1.21 а е показана схемата на един вариант на аналогова едноканална апаратура за пропорционално управление - генераторната част на "Рисоргор", Лостът за управление е свързан с оста на потенциометъра R_5 . С тример-потенциометъра R_6 по време на работа се донастройва положението на кормилото (неговото неутрално положение). Резисторът R_3 се подбира при първоначалната настройка. С промяна на неговото съпротивление се настройва основната честота, съответстваща на неутралното положение на лоста за управление и на кормилото на управлявания модел.

Разгледаната схема може да се използва и в апаратура с дискретно дистанционно управление (фиг. 1.21 б). При това положение резисторите $R_5 = (R'_5 + R''_5)$ и R_6 трябва да се превключват за всеки канал с помощта на ключовете S_1 и S_2 .

Излъченият от предавателя нискочестотен управляващ сигнал се приема и усилва от радиоприемника и постъпва на входа на нискочестотния дискриминатор (фиг. 1.22). Схемата съдържа два трептящи кръга L_1, C_3 и L_2, C_4 , чиито резонансни честоти са отместени една спрямо друга, както е показано на фиг. 1.23 а, б. Транзисторите VT_1 и VT_2 са емитерни повторители, работещи в детекторен режим, резисторите R_5 и R_6 образуват пасивна изваждаща схема, а VT_4 - сравняващо устройство. Ако на трептящия кръг L_1, C_3 е подадено напрежение с честота, равна на неговата резонансна честота, в базата на транзистора VT_2 ще протече ток, предизвикан от усиления спад на напрежението върху резистора R_3 . Това е причината базата на транзистора VT_4 да получи положителен потенциал през резистора R_5 . Ако на трептящия кръг L_2, C_4 се подаде променливо напрежение с честота, равна на неговата резонансна честота,

спадът на това напрежение върху резистора R_4 се подава през R_6 на базата на транзистора VT_4 и потенциалът и става по-отрицателен. По такъв начин напрежението на базата на транзистора VT_4 се променя в зависимост от честотата на входното напрежение, както е показано на фиг. 1.23 б. По същество това напрежение представлява зададената функция X_k . Действителната функция X се задава от плъзгача на потенциометъра R_{10} .

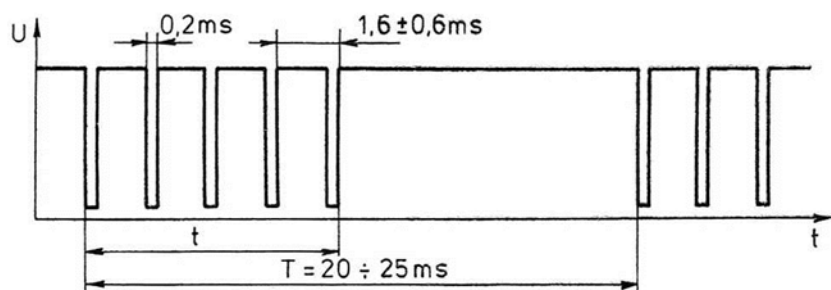
Сравняването на двете функции се извършва от транзистора VT_4 . Когато двете функции X_k и X са еднакви и имат противоположни знаци, те ще се унищожат. Ако базата на VT_4 поради изменението на X_k получи по-висок положителен потенциал, транзисторът ще се запуши. Мостовата схема, образувана от транзисторите VT_6 и VT_7 , ще излезе от равновесие, транзисторът VT_5 ще се запуши, а VT_6 ще се отпусне. Сервомоторът M ще започне да се върти, защото получава захранване през транзистора VT_6 . Но заедно с оста на неговия редуктор ще се премества и плъзгачът на резистора R_{10} , тъй като съществува механична връзка между тези два механизма. Моторът ще се върти дотогава, докато мостът се уравни. Процесът на регулиране е същият и в обратната посока, т. е. когато X_k е отрицателен. При равновесие транзисторите VT_6 и VT_7 са запущени. С помощта на резистора R_8 сервомеханизмът се установява в неутрално положение.

Аналоговото управление напоследък се заменя от цифрово по чисто технически причини. Аналоговите системи при използване за телеуправление осигуряват относително добра шумоустойчивост и позволяват значително намаляване на габаритите на апаратурата. Основният им недостатък е намалената чувствителност под въздействие на температурни промени, вариации на захранващото напрежение и на интензитета на електромагнитното поле, осъществяващо предаването на командните сигнали. При необходимост от едновременно предаване на повече от една команда сложността на аналоговата апаратура силно нараства.

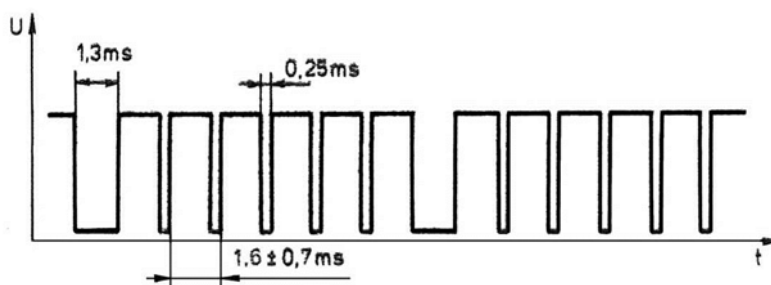
1.7. ЦИФРОВО КОДИРАНЕ

Съвременното състояние на цифровата техника позволява с един радио-предавател без особени проблеми да се предават едновременно до 8 командни сигнала. В целия обхват на регулиране изпълнителните механизми осигуряват точност до 1 % при време на изпълнение на командите 0,4 s.

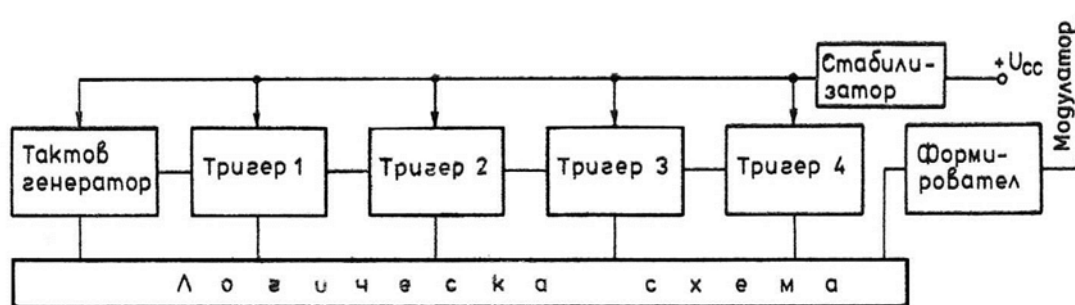
Приета е единна стандартна система за кодиране на командните сигнали. Импулсният блок в радиопредавателя генерира поредица от къси импулси. Тяхната продължителност е в границите от 0,2 до 0,4 s в зависимост от типа на апаратурата (фиг. 1.24). Информацията за пропорционалните команди се съдържа в разликата в паузите между импулсите манипулации, която в повечето случаи е $\pm 0,6$ ms.



Фиг. 1.22



Фиг. 1.25



Фиг. 1.26

Паузата между два импулса на манипулацията съответства на един канален импулс. Средната дължина на каналния импулс (за неутрално положение на сервомеханизма) за различните образци апаратура е от 1,5 до 1,8 ms. От сериите канални импулси, получавани чрез преобразуване на късите импулси на манипулацията, в предавателя се формират импулсни поредици, които заедно с една удължена пауза между тях се излъчват в пространството. Удължената пауза между пакетите импулси служи за синхронизиране работата на импулсните блокове на радиопредавателя и радиоприемника. Тъй като синхронизиращата пауза винаги се образува като разлика от продължителностите на такта T и на последователността от импулсите t , тя може да бъде по-голяма или по-малка в зависимост от разположението на лоста за управление в предавателя. За подобряване на сигурността на синхронизацията паузата не трябва да е по-малка от 6 ms. Само в апаратурата "Varioprop" е използван удължен импулс на манипулацията, равен на 1,3 ms (фиг. 1.25). Това води до известно изменение на импулсните блокове на приемника и предавателя.

Стандартната функционална схема на четириканална цифрова система за телеуправление (предавателен тракт) е показана на фиг. 1.26. Тя съдържа генератор на тактови импулси (мултивибратор), четири ключови каскади (в зависимост от типа на предавателя те могат да бъдат до осем), формирова̀тел на импулсите (чакащ мултивибратор) и стабилизатор на захранващото напрежение.

Действието на системата се пояснява с принципната схема от фиг. 1.27. Тактовият генератор е изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 . Времето на такта (периодът на трептенето) се определя с формулата $T = 1,4R_2 \times C_1 = 1,4 \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \approx 20 \text{ ms}$. На фиг. 1.28 са показани импулсите в съответните контролни точки. Предният фронт на тактовия импулс след диференциране от групата R_5C_4 добива формата, показана за к. т. 6. След преминаване през диода VD_1 той попада на общия проводник - к. т. 11. Когато тактовият генератор не работи, транзисторите VT_3 , VT_4 , VT_5 и VT_6 са отпушени и колек-

торите им имат нисък потенциал. Ако транзисторът VT_2 премине от запушено в отпушено състояние, кондензаторът C_3 ще се презареди. Това ще доведе до запушване на първото стъпало (VT_3), което работи в ключов режим. Кондензаторът C_3 ще започне да се разрежда през резисторите R_6 и R_7 , и след период от време, равен на време-константата $t = 0,7 (R_6 + R_7) C_3$, транзисторът VT_3 отново ще се отпусне. Промяната на напрежението на колектора на транзистора VT_3 ще доведе до запушване на следващото стъпало. Този процес продължава и се повтаря за транзисторите VT_4 , VT_5 и VT_6 . На изхода на всеки ключ е свързана диференцираща верига, която за транзистора VT_3 се състои от елементите C_6R_9 , за VT_4 – $C_{10}R_{13}$, за VT_5 – $C_{13}R_{17}$ и за VT_6 – $C_{16}R_{21}$. Островърхите диференцирани импулси се подават на общия проводник чрез диодите VD_2 , VD_3 , VD_4 и VD_5 , и имат вида, показан за к. т. 11.

Времето за превключване на транзистора VT_3 зависи от следните фактори:

- капацитета на кондензатора C_3 ;
- съпротивлението на резисторите R_6 и R_7 ;
- амплитудата на импулса, подаван от тактовия генератор. То може да се

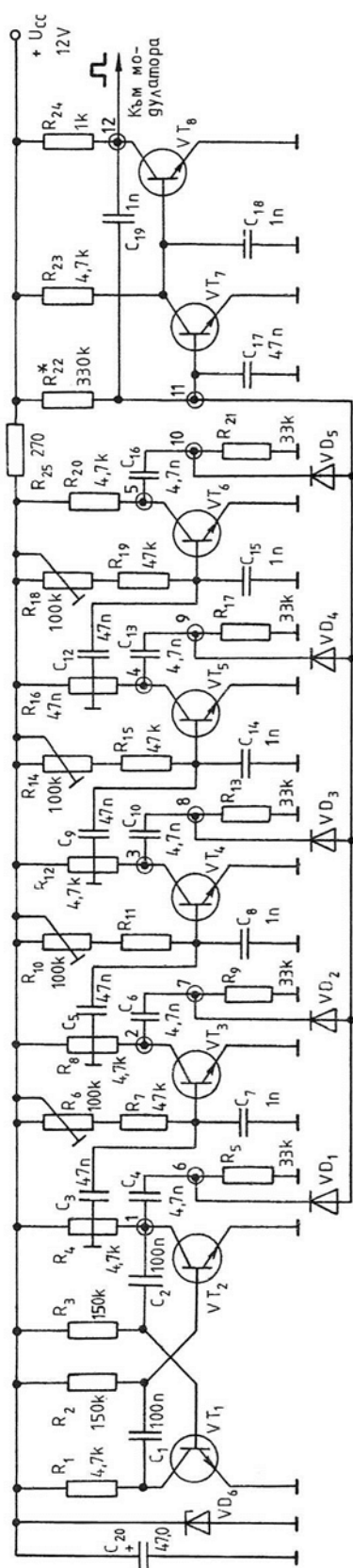
променя в границите $1,6 \pm 0,6$ ms чрез преместване на плъзгача на потенциометъра R_6 .

Времето на първия канален импулс се задава чрез преместване на плъзгача на потенциометъра R_4 и е от порядъка на 1,6 ms при средното му положение. Оста на потенциометъра R_4 е свързана с лоста за управление на първия пропорционален канал. Разстоянията между отделните островърхи импулси, които се получават в общата точка 11, съдържат информацията за всичките четири пропорционални канала.

Импулсният блок може да се опрости и да се използва за предаване на команди само по два канала. За целта не се монтират транзисторите VT_4 и VT_5 и свързаните с тях елементи. Кондензаторът C_{12} се включва направо към плъзгача на R_8 и на общия проводник 11 постъпват само три импулса. По подобен начин импулсният блок може да се разшири и да се предават команди по седем канала. Тогава съпротивлението на резисторите R_2 и R_3 трябва да бъде 160 k Ω , а основното време на тактовия генератор – 25 ms. Необходимо е също така последователно на първоначалната схема (между транзисторния ключ VT_5 и VT_6) да се монтират още три такива ключа.

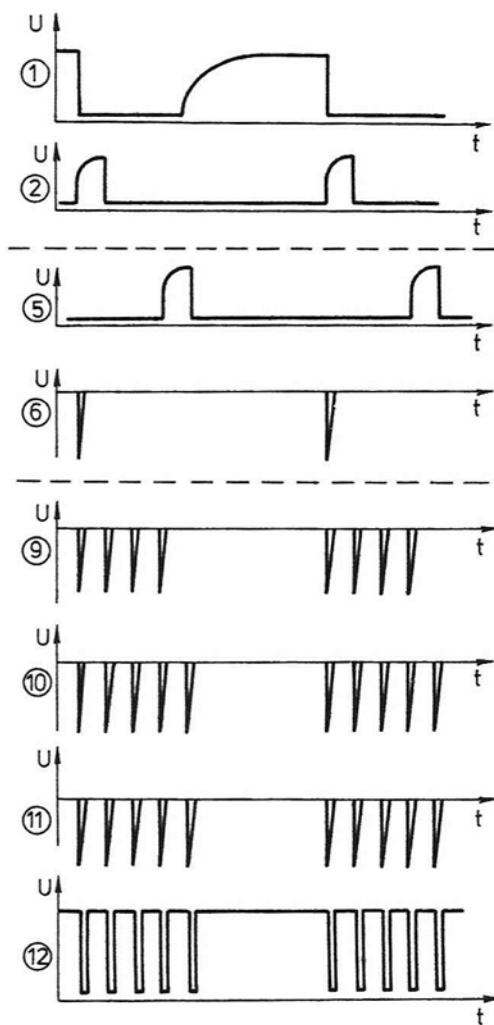
Транзисторите VT_7 и VT_8 образуват чакан мултивибратор. Времето за неговото превключване се определя от формулата $T = 0,7.R_{22}.C_{19} = 0,7.33.10^3.10.10^{-9} = 0,23$ ms. Това време е подбрано така, че на всеки островърх кратък импулс чаканият мултивибратор да може да формира по един правоъгълен импулс, без да се променя тяхната последователност. С тези импулси може без проблеми да се управлява модулаторът на радиопредавателя. Кондензаторите C_7 , C_8 , C_{14} , C_{15} и C_{17} , се поставят с цел да предотвратят появата на паразитни връзки по висока честота, както и да предпазят устройството от възникване на импулсни смущения. Стабилизаторът VD_6 осигурява постоянство на периода и на продължителността на генерираните импулси.

На фиг. 1.29 е показана схема на импулсен блок на апаратурата "Varioprop 6" с три канала и възможност за превключване от стандартен режим на "Varioprop". Тактовият генератор е изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 , и е несиметричен. Режимът на транзистора VT_1 може да се нагласи с помощта на резистора R_3 така, че продължителността на импулса му да бъде 1,3 ms, а тази на импулса на транзистора VT_2 – 21 ms. От колектора на VT_1 се снемат синхронизиращите импулси, които през ключа S и диода VD_2 се подават към следващите стъпала. Транзисторът VT_2 извършва познатите вече превключвания, при което каналните импулси се побират в период с продължителност 21 ms, защото те са четири и всеки има продължителност от 2,3 ms или $4.2,3 = 9,2$ ms.

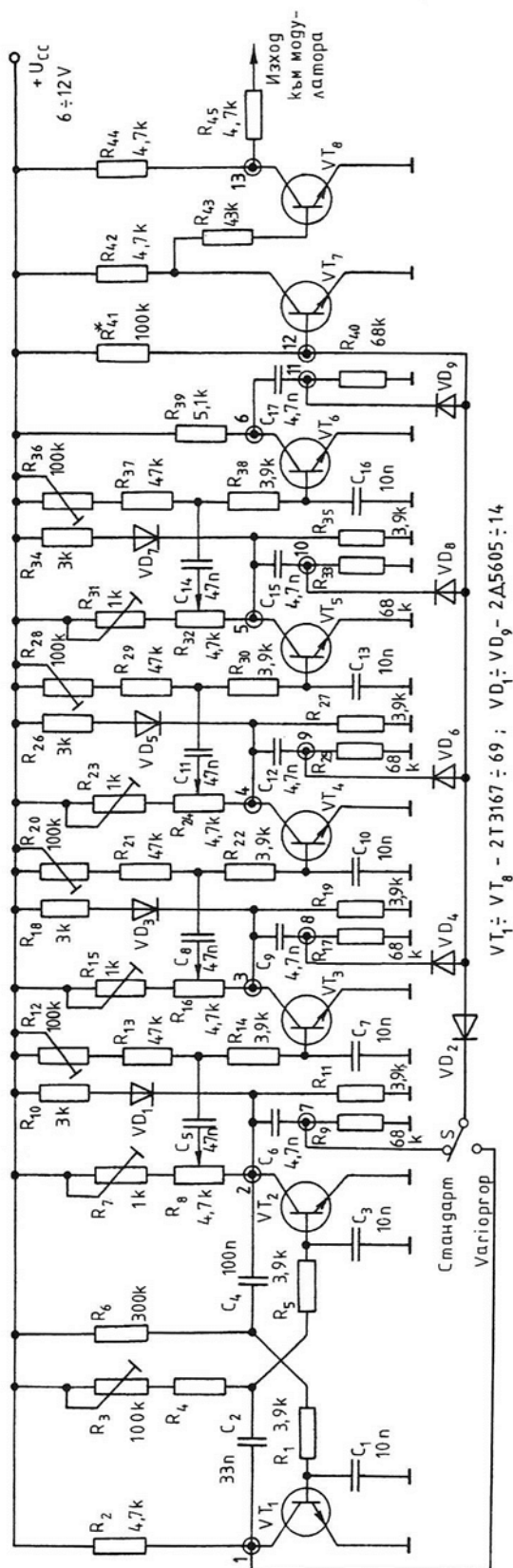


Фиг. 1.27

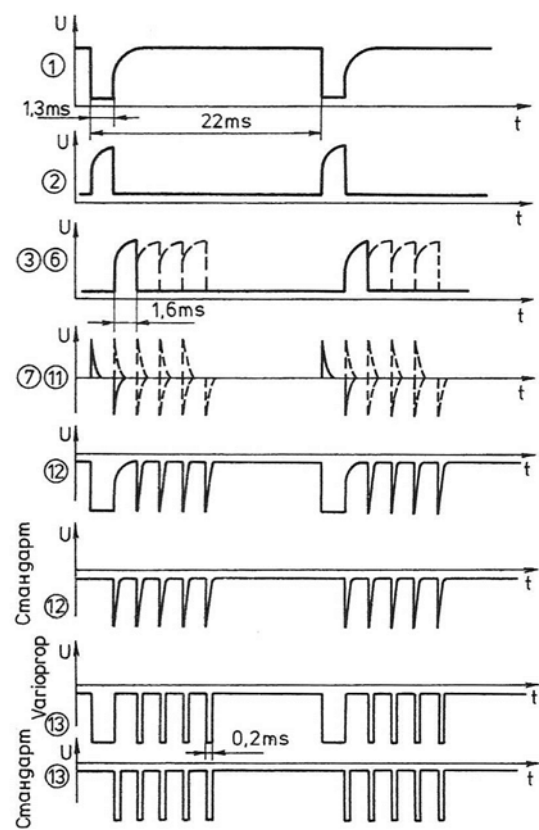
$VT_1 \div VT_8 - 2T3167 \div 69$; $VD_1 \div VD_5 - 2A5605 \div 14$; $VD_6 - KC162A$



Фиг. 1.28



Фиг. 1.29



Фиг. 1.30

Каналните импулси се диференцират от RC-вериги и във вид на отрицателни островърхи импулси през диодите VD₂, VD₄, VD₆, VD₈ и VD₉ се подават на общия проводник. Комбинацията от резистори в колекторните вериги на ключовите транзистори е предназначена да предотврати обратните връзки между стъпалата. Транзисторните ключове добавят по 1,3 ms към продължителността на импулсните паузи на транзистора VT₁, а така също и към получените островърхи импулси, управляващи модулятора. Работата на схемата е илюстрирана с времедиаграмата от фиг. 1.30.

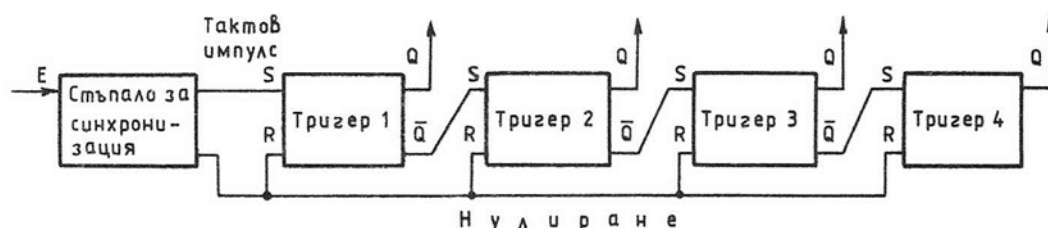
1.8. ИМПУЛСНИ СХЕМИ В РАДИОПРИЕМНИЦИТЕ ЗА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

Броят на импулсите на манипулацията в радиопредавателя зависи от броя на каналите. Например четириканалният предавател излъчва пет, а шестканалният - седем манипулиращи импулса с продължителност 0,2 ms. Информацията за пропорционалните команди се съдържа в изменящата се продължителност на паузите между импулсите (вж. фиг. 1.25). Задачата на декодиращото устройство в радиоприемника е да отдели каналните импулси с продължителност $1,3 \pm 0,6$ ms от последователно предаваните импулси и да ги подаде на каналните входи. При това първият канален импулс, намиращ се между импулсите, с които се извършва манипулацията, съответства на канала с номер 1, а вторият импулс, намиращ се между импулсите, с които се извършва манипулацията с номера 2 и 3, съответства на канал с номер 2 и т. н.

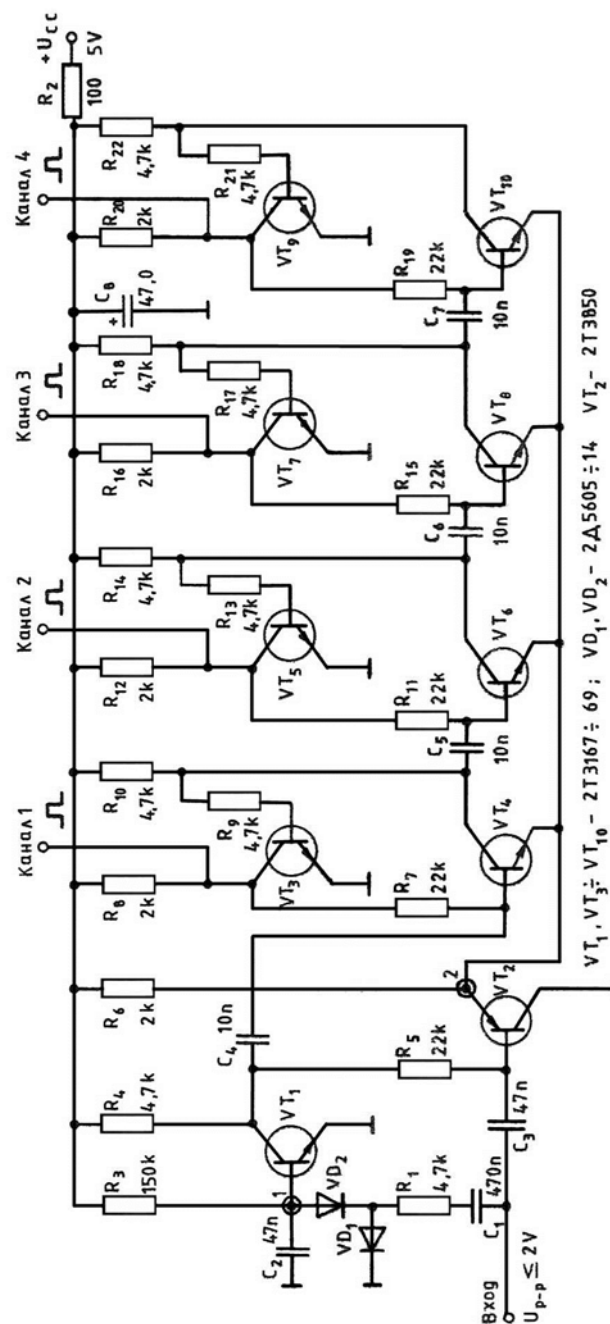
Импулсите се броят от броячи (фиг. 1.31), като всеки нов импулс на манипулацията променя състоянието на брояча, което се запазва до постъпване на следващия импулс. Това налага броячът да притежава памет с две устойчиви състояния на превключване. На тези условия отговарят тригерите или превключващите елементи с аналогова характеристика. Броячът на импулсите работи по определен цикъл. При последователното преминаване на манипулиращия импулс броячът се връща в изходно състояние от синхронизиращия импулс. По този начин се осъществява синхронизацията между импулсните блокове на предавателя и приемника, което е необходимо условие за сигурната работа на цифровата апаратура за телеуправление.

Синхронизиращите импулси способстват за подобряване на шумоустойчивостта на системата и я правят по-малко уязвима от външни импулсни смущаващи сигнали. Например, ако последните нарушат нормалната работа на брояча, то след преминаване на последователността от импулси броячът се връща в изходно състояние от синхронизиращия импулс и смущаващият ефект изчезва. Броячите с такава характеристика се наричат изместващи регистри. Те могат да бъдат синтезирани както от дискретни елементи, така и от интегрални схеми.

Принципът на действие на четириканално декодиращо устройство може да се поясни с фиг. 1.32. Важна особеност на тази схема е липсата на директна връзка



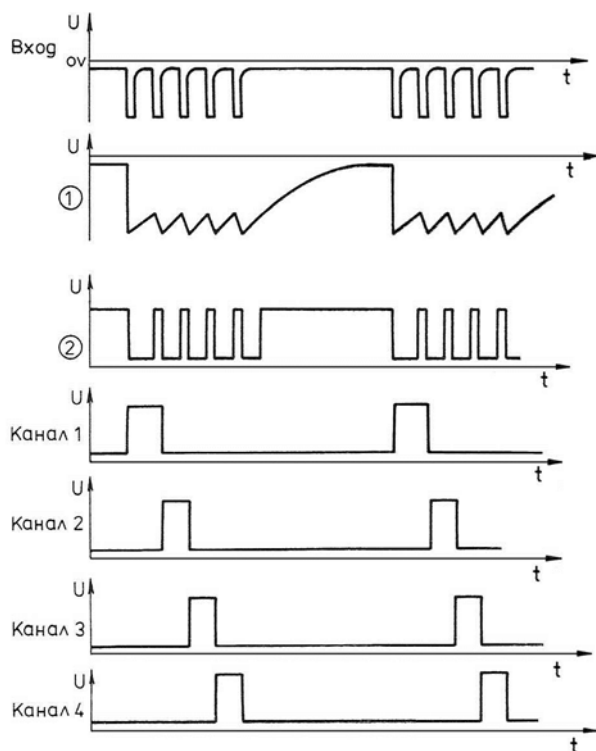
Фиг. 1.31



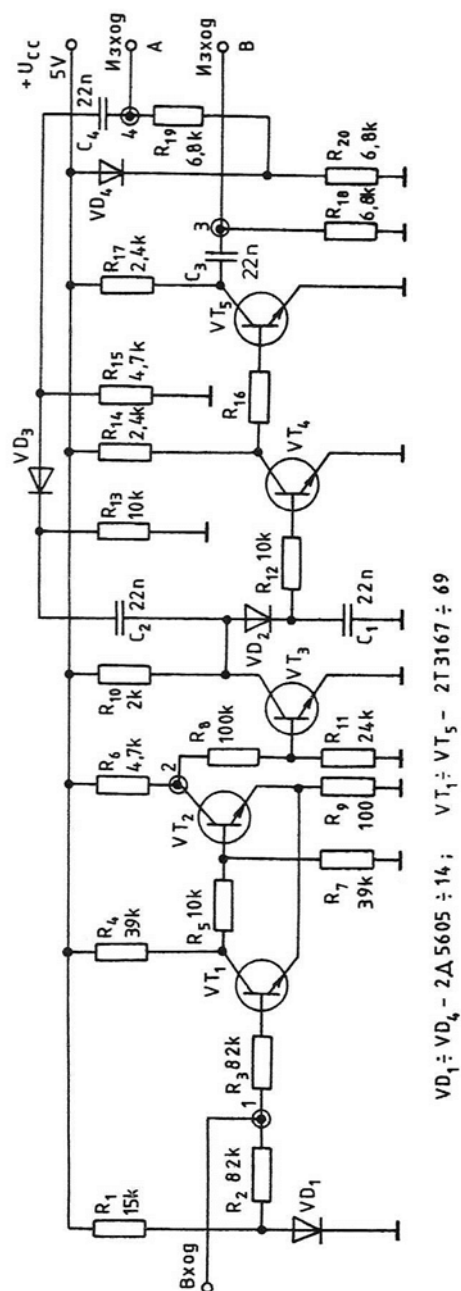
Фиг. 1.32

между двата транзистора, от които е образуван тригерът. Освен това емитерите на всички горни (по схемата), както и на всички долни транзистори са съединени помежду си с общи проводници. Стъпалото се намира в състояние h , ако е отпушен долният транзистор, или в състояние l , ако е отпушен горният транзистор. Състоянието h произлиза от английската дума *high* и означава висок потенциал, а l от *low* - нисък потенциал на разглежданата точка.

Тъй като от n стъпала едно се намира в състояние h , а $n - 1$ е в състояние l , тогава е отпушен долният транзистор само на едно от стъпалата, а в останалите $n - 1$ стъпала са отпушени горните транзистори.



Фиг. 1.33



$VD_1 \div VD_4 - 2A5605 \div 14$; $VT_1 \div VT_5 - 2T3167 \div 69$

Фиг. 1.34

В състояние на покой всички транзистори имат еднакви потенциали. Делителите на напрежение във веригите на базите на транзисторите са избрани по такъв начин, че броячът може да остане само в едно устойчиво състояние. Когато поне един от долните транзистори се отпусти, спадът на напрежението върху транзистора VT_2 нараства и с това намалява неговата проводимост. Превключването на кръговия брояч се извършва при постъпване на положителни импулси на общия проводник, съединяващ долните транзистори VT_4 , VT_6 , VT_8 и VT_{10} (фиг. 1.33). При това горният транзистор, който до момента е бил отпушен, се запущва. Промяната на напрежението на неговия колектор при прехода от състояние l в h се подава на базата на следващия долен транзистор през кондензатор с капацитет 10 nF (C_4 , C_5 , C_6 , C_7). При това информацията h се премества

към следващото стъпало. Импулсите, подавани на долните транзистори, трябва да бъдат много къси. В противен случай е необходимо да се увеличи капацитетът на прехвърлящите кондензатори, в които се пази информацията, отразяваща състоянието на брояча. От друга страна, преброяният и отделен импулс трябва да се подава на стъпало с нискоомен вход. Това налага към проводника, съединяващ емитерите на долните транзистори, да се включи управляващ транзистор по схема с общ колектор (VT_2). В такъв случай продължителността на входните импулси може да бъде произволна. Само нарастването на фронта на сигнала при прехода от l към h ($l-h$ фронт) трябва да бъде по-малко от $2\text{ V}/\mu\text{s}$. Състоянието на брояча се оценява по потенциала на колекторите на горните транзистори, като каналният импулс сменя сигнала от тях.

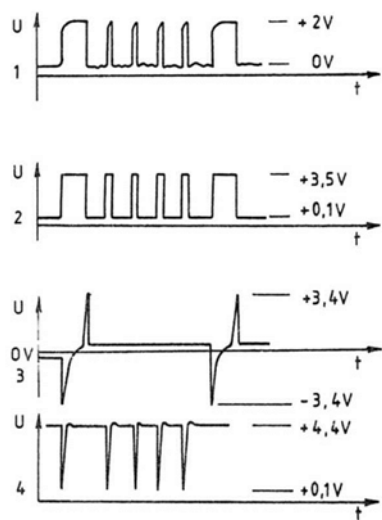
До постъпване на входните импулси кондензаторът C_2 е разреден, транзисторът VT_1 , е отпушен, а VT_2 - запушен. По тази причина транзисторите VT_4 , VT_6 , VT_8 и VT_{10} са отпушени, а транзисторите VT_3 , VT_5 , VT_7 и VT_9 - запушени. Първият h - фронт през веригата C_1R_1 и диодите VD_1 и VD_2 зарежда кондензатора C_2 с отрицателен потенциал и транзисторът VT_1 преминава от отпушено в запушено състояние. Едновременно с това през резисторите R_4 и R_5 протича базовият ток на транзистора VT_2 и той може да възприема сигнала, съдържащ импулсната последователност. Първият $h-l$ фронт, постъпващ от входа, отпушва транзистора VT_2 и свързва "на маса" емитерите на транзисторите VT_4 , VT_6 , VT_8 и VT_{10} . Това подготвя всичките тригери за броене. При постъпване на следващия импулс от манипулацията броячът се превключва така, както вече беше описано.

Ако постъпва импулсна последователност, на каналните изходи се появяват отместени по време импулси. След това изместващият регистър се връща в изходно състояние, синхронизиран от предавателя благодарение на транзисторите VT_1 и VT_2 . По време на синхронизиращите паузи (превишаващи 6 ms) между последователността от манипулиращите импулси кондензаторът C_2 се разрежда през резистора R_3 и транзисторът VT_1 се връща в отпушено състояние. Вследствие на това транзисторите VT_2 , VT_4 , VT_6 , VT_8 и VT_{10} се запушват, а VT_3 , VT_5 , VT_7 и VT_9 се отпушват. Това е предпоставка изместващият регистър да се върне в изходно състояние.

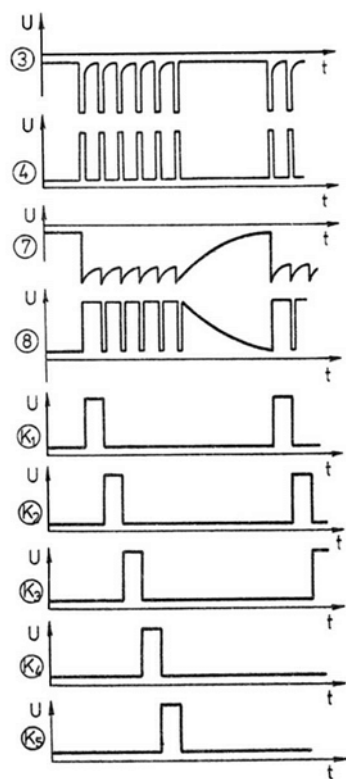
Друг метод на синхронизация е показан на схемата от фиг. 1.34. Информацията за пропорционалните команди се съдържа в импулса с променлива продължителност $1,6 \pm 0,65\text{ ms}$. Приетият сигнал се формира в правоъгълни импулси от тригера на Шмит, изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 . Каналните и синхронизиращите импулси се отделят върху колектора на транзистора VT_3 . Кондензаторът C_1 се зарежда през диода VD_2 от удължения импулс на манипулацията и се разрежда през резистора R_{12} и участъка база-емитер на транзистора VT_4 в паузата до постъпването на поредния импулс.

Следващите къси импулси зареждат кондензатора C_1 през диода VD_2 . Поради малката продължителност на импулсите ($0,2\text{ ms}$) потенциалът върху колектора нараства, но съвсем незначително. Ето защо само удълженият импулс, равен на $1,3\text{ ms}$, се появява на колекторите на транзисторите VT_4 и VT_5 в качеството на синхронизиращ импулс. Импулсите на колектора на транзистора VT_3 се диференцират от веригата, съдържаща кондензатора C_2 и резистора R_{13} . Диодът VD_3 се запуща от положителните островърхи импулси. Поради това пълната последователност от отрицателни канални импулси постъпва на изход А. На фиг. 1.35 е показана времедиаграмата на импулсите в контролните точки.

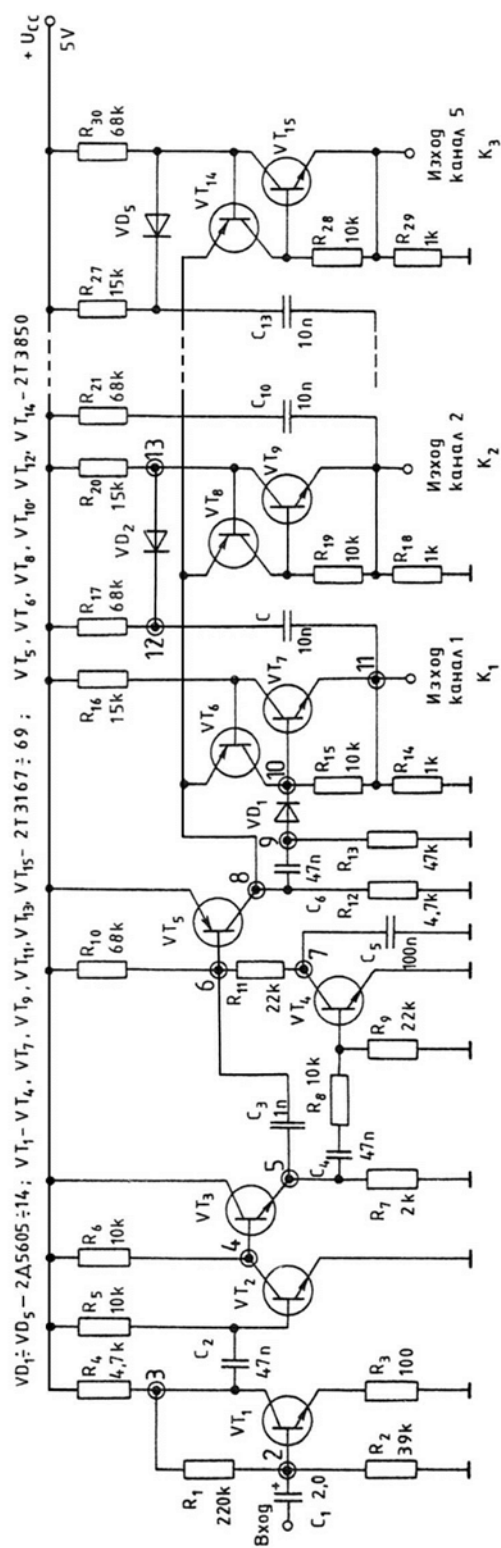
Схемата на изместващ регистър на апаратурата Start dP 5 е показана на фиг. 1.36, а времедиаграмата - на фиг. 1.37.



Фиг. 1.35



Фиг. 1.37



Фиг. 1.36

Постъпващата импулсна поредица зарежда с отрицателен потенциал кондензатора C_5 през транзистора VT_4 . Базата на транзистора VT_5 получава отрицателно напрежение и той се запуща. Първият $l-h$ фронт се диференцира от групата $R_{12}C_6$. Пикът, получен при диференцирането, постъпва на базата на транзистора VT_7 през диода VD_1 и по този начин отпуща първото стъпало. Следващият входен импулс запуща първото стъпало и отпуща второто. Така процесът се повтаря при всички ключове.

По време на синхронизиращите паузи между последователностите от импулси с продължителност, по-голяма от 6 ms, кондензаторът C_5 се зарежда през резисторите R_{10} и R_{11} . Транзисторът VT_5 се запуща и всички емитери на транзисторите се свързват на "маса", а броячните стъпала преминават в готовност за броене независимо от това, в какво състояние са били до този момент. По такъв начин се осъществява синхронизацията на изместващия регистър и само следващият $l-h$ -фронт на първия импулс може да го "стартира".

Такова устройство за декодиране работи много сигурно и почти не се влияе от известно намаляване на захранващото напрежение.

1.9. ИЗПЪЛНИТЕЛНИ МЕХАНИЗМИ В ЦИФРОВИТЕ АПАРАТУРИ С ПРОПОРЦИОНАЛНО УПРАВЛЕНИЕ

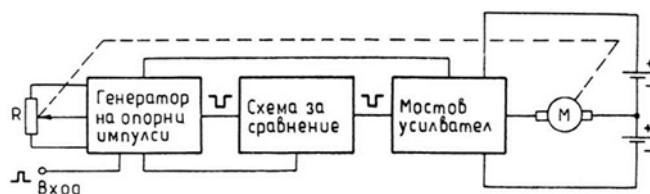
При приемането на командите на каналните изходи на приемния блок се появяват импулси с променлива продължителност $1,6 \pm 0,6$ ms. Задачата на изпълнителния механизъм е да преобразува тези импулси в необходимата физическа величина. В зависимост от предназначението това може да бъде усилие за преместване на кормилото, промяна на напрежението, захранващо електромотора, с цел да се измени скоростта на движение и т. н. В зависимост от задачите, стоящи пред изпълнителните механизми, те се подразделят на следните групи:

1. *Рулеви или направляващи сервомеханизми.* Осигуряват пропорционалност между ъгъла на завъртане на кормилото или преместване на управляващия орган на модела и ъгъла на отклонение на лоста за управление в предавателя при запазване на усилието върху органите за управление, докато трае предаването на командата. Силовият елемент в този вид сервомеханизми е въртящ се диск или гърбица. Наричат се още рулеви сервомеханизми,

2. *Превключващи сервомеханизми и лебедки за промяна на разположението на платното при корабни модели.* В тези сервомеханизми силовият мотор се управлява посредством превключващ усилвател. Въртящият момент от мотора към барабана на лебедката се предава чрез редуктор. Управлението на лебедката може да бъде пропорционално или дискретно ("включено - изключено").

3. *Регулатори на скоростта на модела.* За пропорционалното управление на електромотора, задвижващ ходовите механизми (колела, винт и др.), се използват специални регулатори. С тяхна помощ въртящият момент или скоростта на въртене на електромотора, работещ в коя да е посока, може да се променят пропорционално на ъгъла на отклонение на лоста за управление.

4. *Аналогово-цифрови рулеви сервомеханизми.* Състоят се от сервоелектромотор, серворедуктор, сервопотенциометър и съответна електронна апаратура, наречена *сервоелектроника*. Тя преобразува каналните импулси в аналогово работно напрежение за захранване на сервоелектромотора и привеждането му в движение в една или друга посока. Сервоелектромоторът предава механическото усилие на управляващите механизми обикновено чрез редуктор с предавателно отношение 200:1. Сервопотенциометърът фиксира необходимата за процеса на регулиране фактическа стойност X на регулируемата величина, която се сравнява от сервоелектрониката със



Фиг.1.38

зададената от предавателя стойност X_k . В зависимост от резултата от сравняването на тези две величини сервоелектрониката извършва процеса на регулирането.

Принципът на действие на рулевия сервомеханизъм може да се поясни с функционалната схема от фиг. 1.38. Тя се състои от три блока: генератор на опорни импулси, схема за сравнение и мостов усилвател. На изхода на импулсия блок на приемника се появява положителен импулс с продължителност, която съответства на ъгъла на отклонение на лоста за управление на предавателя. За да се преобразува този импулс в пропорционален ъгъл на отклонение на органа за управление, сервоелектрониката трябва да притежава собствен мащаб от продължителност за измерване или сравняване на постъпващите управляващи импулси. Такъв мащаб са изработваните от самата сервоелектроника импулси.

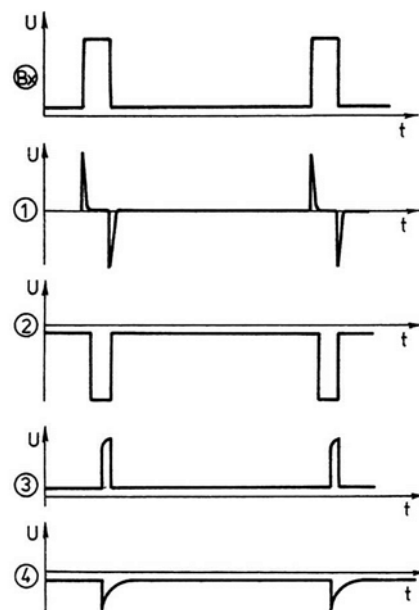
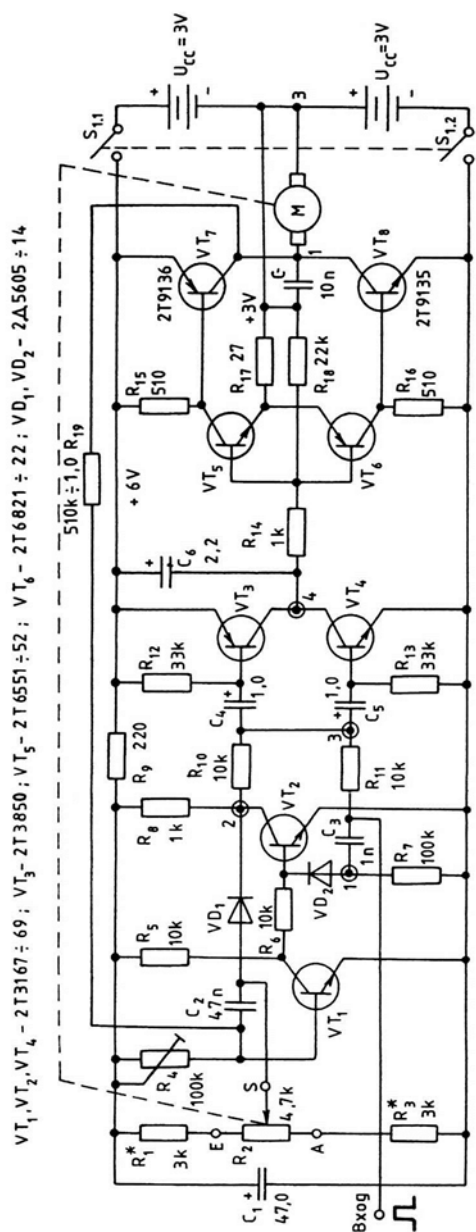
Постъпващият канален импулс пуска генератора на опорни импулси (най-често чакащ мултивибратор), на изхода на който се появява опорен импулс с противоположна полярност. Каналният и опорният импулси се сумират в схемата за сравнение. Ако продължителностите на двата импулса са еднакви, те взаимно се унищожават. На изхода на мостовия усилвател не се образува управляващо напрежение и моторът M не се задвижва. Ако чрез лоста за управление в предавателя се промени продължителността на каналния импулс от съответстващата на неутралното положение продължителност $1,6\text{ ms}$ до крайното положение $2,2\text{ ms}$, каналният импулс ще стане с $0,6\text{ ms}$ по-дълъг от опорния. При това на изхода на схемата за сравнение се появява импулс, съответстващ на разликата в продължителностите между двата импулса. Този разливков импулс постъпва в мостовия усилвател. Едното от рамената му се отпушва и сервомоторът M започва да се върти.

Плъзгачът на потенциометъра R е свързан чрез редуктор с оста на електромотора. Електрически този потенциометър е свързан в схемата, определяща продължителността на импулсите на опорния генератор. Моторът ще се върти, а заедно с него ще се премества и плъзгачът на потенциометъра дотогава, докато продължителността на опорния импулс не се изравни с тази на постъпващия канален импулс ($2,2\text{ ms}$). При достигане на това състояние мостовият усилвател отново се уравновесява и сервомоторът спира. Такъв е процесът на регулиране при постъпване на канален импулс с по-малка продължителност от опорния. Тогава сервомоторът ще се завърти в обратна посока, тъй като се отпушва срещуположното рамо на мостовия усилвател.

За предотвратяване на самовъзбуждането на системата са осъществени локални отрицателни обратни връзки между опорния генератор и схемата за сравнение и между мостовия усилвател и опорния генератор.

Схема на сервоелектроника, подходяща за монтиране и настройване в любителски условия, е показана на фиг. 1.39.

Генераторът на опорни импулси е изпълнен по схема на чакащ мултивибратор с транзисторите VT_1 и VT_2 . Той трябва да отговаря на някои допълнителни изисквания и



Фиг.1.40

◀ Фиг. 1.39

затова схемата му малко се различава от тази на обикновените чакащи мултивибратори. Характерна особеност е обратната връзка, която е осъществена с елементите $R_{19}C_2$.

Продължителността на импулсите се установява в процеса на сравнение и при всяко регулиране. Това се осъществява по следния начин. С тример-потенциометъра R_4 генераторът на опорни импулси се нагласява да генерира импулс със средна продължителност 1,6 ms. За автоматичното регулиране на сервоелектрониката е предвиден потенциометърът R_2 . С него се изменя продължителността на импулса в границите от 1,0 до 2,2 ms. Тези граници могат да се променят с подбор на резисторите R_1^* и R_3^* . При увеличаване на съпротивлението им ъгълът на завъртане на управлявания механизъм нараства.

Действието на схемата се илюстрира с времедиagramата от фиг. 1.40. Постъпващият през кондензатора C_3 и диода VD_2 положителен правоъгълен импулс извежда генератора от устойчиво състояние. Времето за запазване на това състояние зависи от съпротивлението на резисторите R_1, R_2, R_3, R_4 и капацитета на кондензатора C_2 . Съпротивлението на резистора R_4 фиксира работната точка на транзистора VT_1 и средната продължителност на импулса.

Опорният импулс от к. т. 2 през резистора R_{10} се подава за сравнение в к. т. 3. Управляващият импулс, който носи пропорционална информация, постъпва в същата точка през резистора R_{11} . Съпротивлението на резисторите R_{10} и R_{11} е така подбрано, че амплитудите на двата импулса да бъдат еднакви. Ако положителният управляващ импулс и отрицателният опорен импулс имат еднакви продължителности, те взаимно се унищожават в к. т. 3. Ако продължителностите им са различни, в к. т. 3 се появява положителен или отрицателен остатъчен импулс. Положителният остатъчен импулс отпушва транзистора VT_4 , а отрицателният - VT_3 .

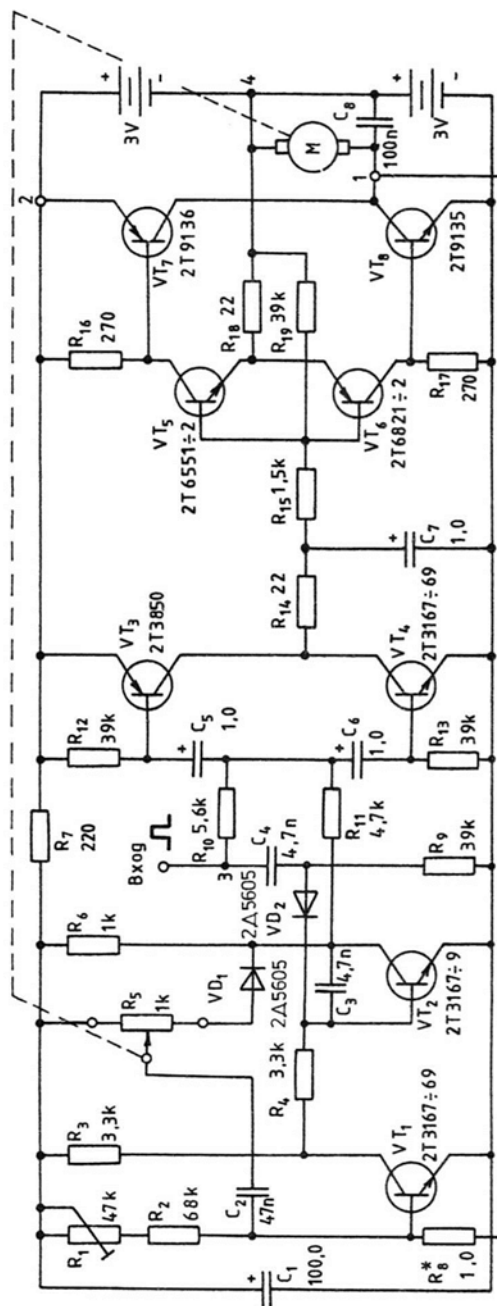
Усиленият импулс (к. т. 4) В по-голяма или по-малка степен (в зависимост от неговата продължителност) зарежда кондензатора C_6 . В резултат се получава преобразуване на импулсната поредица в пропорционално на нея пулсиращо напрежение.

Ако няма сигнал в к. т. 3, транзисторите VT_3 и VT_4 остават запушени и напрежението в к. т. 4 е равно на $1/2 U_{CC}$. Двете рамена на мостовия усилвател са образувани от транзисторите VT_5, VT_7 и VT_6, VT_8 . Сервомоторът М е включен между средния извод на батерията (+ 3V) и изхода на усилвателя. Ако и двата транзистора VT_7 и VT_8 са запушени, ток през мотора не протича и той не се върти. Когато продължителността на подаваните на входа импулси се промени, процесът на регулиране се извършва по следния начин. Управляващият сигнал пуска генератора на опорни импулси. Двата сигнала се сравняват в к. т. 3 и се образува остатъчен импулс. Ако е положителен, той отпушва транзисторите VT_4 и VT_6 , а запушва VT_5 . В резултат се отпушва транзисторът VT_8 и се запушва VT_7 , т. е. ток ще протече през транзистора VT_8 , сервомотора и захранващия токоизточник. Моторът ще започне да се върти и чрез редуктора ще се премества плъзгачът на потенциометъра R_2 . Въртенето на мотора ще продължи, докато продължителността на опорните импулси се изравни с тази на управляващите. Тогава тези импулси ще се унищожат в к. т. 3 и схемата ще премине в състояние на равновесие, при което сервомоторът ще спре.

Когато управляващите импулси са по-къси от опорните, процесът се повтаря в другото рамо и сервомоторът се върти в обратна посока.

При осъществяването на процеса на регулиране сервомоторът може да започне да извършва колебания, като преминава ту от едната, ту от другата страна на зададеното от командния сигнал положение. Плъзгачът на потенциометъра R_2 също ще се отклонява от зададеното положение, ще се променя продължителността на опорните импулси и процесът на регулиране ще започне в обратна посока. В края на краищата това води до непрекъснато колебание на рулевия механизъм около едно средно положение.

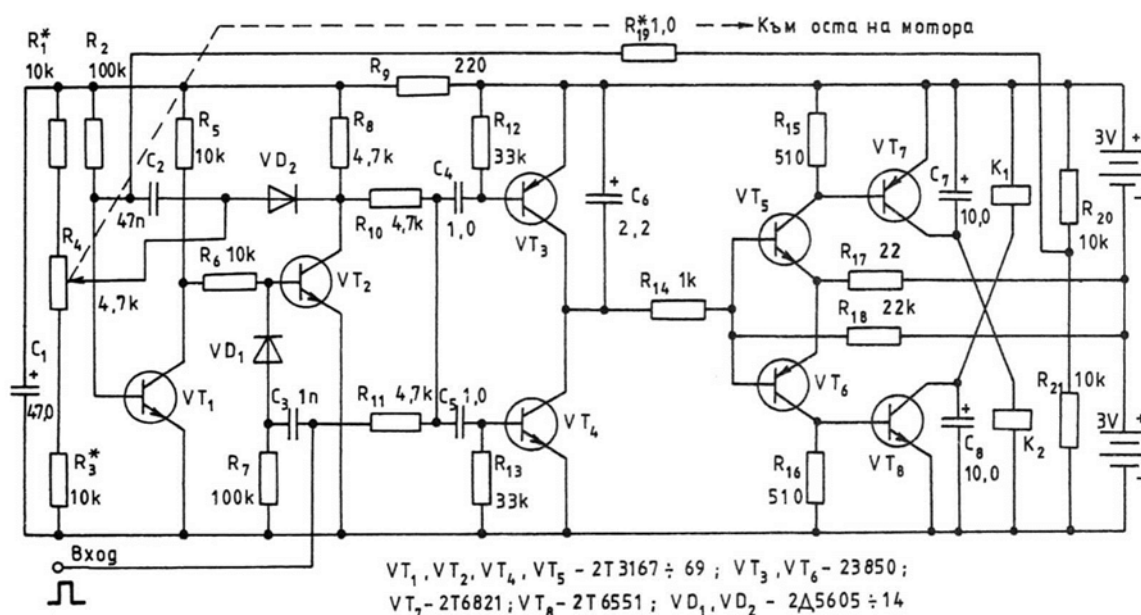
Това неприятно явление се отстранява чрез т. нар. *електронно демпфиране*, при което се осигурява връщане чрез обратна връзка на част от напрежението, захранващо сервомотора към генератора на опорни импулси. Това довежда до забавяне на въртенето на сервомотора при спирането му, т. е. осъществява се неговото демпфиране. Този процес не оказва влияние на ъгъла на отклонение на сервомеханизма и на скоростта на мотора. Неговото влияние се проявява само при спиране на последния. Демпфирането се извършва с резистора R_{19} , а работната точка на крайните транзистори се установява с подбор и подмяна на резисторите R_{17} и R_{18} .



Фиг. 1.41

Настройването на сервоелектрониката се извършва по следния начин. Най-напред се изключва сервоелектромоторът. Подава се сигнал на входа и се проследяват с осцилоскоп импулсите в контролните точки при включен сервопотенциометър. Ако тези импулси съответстват на показанията на фиг. 1.40, сервоелектромоторът се свързва и се измерва консумираният от него ток. Последният зависи от типа на електромотора и може да бъде около 50 mA при покой и 150 mA при въртене на празен ход. Когато усилвателят работи правилно съгласно с осцилограмата, а сервомоторът застана заедно с механизма в едно от крайните положения, трябва да се разменят или клемите на електромотора, или изводите Е и А на сервопотенциометъра.

Схемата от фиг. 1.41 се различава от тази на фиг. 1.39 по това, че за установяване в средно положение е предвиден потенциометърът R_1 , докато R_5 е регулировъчен. Основно правило при изработването на сервоелектрониката е печатната платка да бъде по възможност малка и да се разположи близо до сервомеханизма.



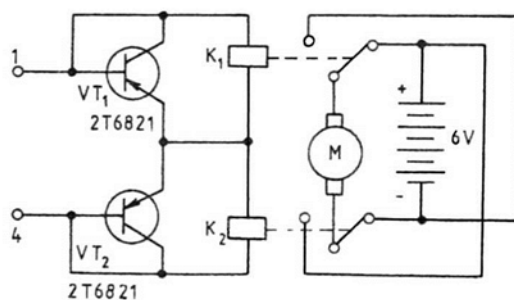
Фиг. 1.43

що постоянно напрежение, а само включва и изключва захранващия източник към клемите на електромотора.

От схемата на фиг. 1.42 се вижда, че превключващият усилвател значително се различава от схемата на сервоелектрониката. Транзисторите VT_1 и VT_2 образуват генератор на тактови импулси. Стъпалото за сравнение включва транзисторите VT_3 и VT_4 . Към него обаче, не е свързан двутактен усилвател, а двата превключващи транзистора VT_5 и VT_6 . Сравняването на положителния входен импулс с отрицателния опорен импулс се извършва в т. 2.

Положителният или отрицателният остатъчен импулс (в зависимост от неговия поляритет) управлява транзисторите VT_3 и VT_4 . Усиленият сигнал зарежда кондензаторите C_6 и C_7 , при което се филтрира. Това е причината транзисторите VT_5 и VT_6 да се управляват от слабо пулсиращ ток. Капацитетът на тези кондензатори оказва влияние върху широчината на обхвата на действие, на който е необходимо да бъде отместен лостът за управление на предавателя и котвата на превключващото реле. Паралелно на бобините на K_1 и K_2 са включени диодите VD_3 и VD_4 , предназначени да предпазят транзисторите VT_5 и VT_6 от напрежителните пикове при превключването на релетата. Триммер-потенциометърът R_4 задава фактическата стойност на функцията X

Превключващият усилвател може да бъде реализиран в два варианта в зависимост от това, как е използван потенциометърът R_4 - като тример, монтиран на платката на сервоусилвателя или свързан с оста на сервомотора. Ако се използва като донастройващ регулатор, с него се променя продължителността на опорните импулси. Когато каналният импулс е по-дълъг от опорния, остатъчният импулс ще бъде положителен и транзисторът VT_4 ще се отпусне. Това води до отпушване на VT_6 и действие на релето K_2 . Когато каналният импулс е по-къс от опорния, остатъчният импулс ще бъде отрицателен, транзисторите VT_3 , и VT_5 ще се отпушат и ще се задейства релето K_1 . Следователно при отклонение на лоста за управление в предавателя в едната посока от средното положение ще се задейства едното реле, а при отклонение в противоположната посока - другото реле. По този начин с по-мощта на превключващ



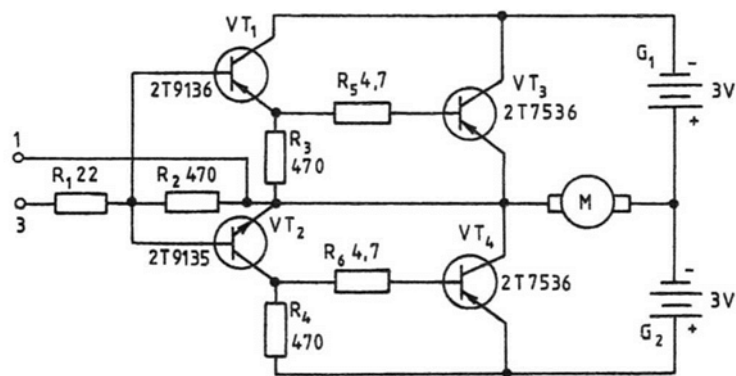
Фиг. 1.44

усилвател може удобно да се управляват ходовите електромотори на моделите, като се изпълняват командите "стоп", "напред" и "назад", могат да се включват подедни механизми и др. В сравнение с апаратурата с дискретно дистанционно управление, която изпълнява само функции по превключването, тази за пропорционалното управление има по-широки възможности, тъй като изпълнява функции и по управлението.

Когато управлението трябва да бъде пропорционално, потенциометърът R_4 се свързва със сервомотора чрез редуктор. Схема от този вид е показана на фиг. 1.43. Нейна отличителна особеност са малкият брой електронни елементи. Главен недостатък на схемата е широката мъртва зона на регулиране, която е причина за понижената точност на управление. Този недостатък може да се избегне, като се използва схемата от фиг. 1.44. Тя представлява сервоусилвател с релейен изход и е удобна за използване като превключващ усилвател и като схема за изпълнение на пропорционални команди. Получена е от схемата на фиг. 1.41, като вместо мотора в точките 1 и 4 е свързано изходно релейно стъпало. В зависимост от това, кое рамо на усилвателя работи, на изводите 1 и 4 се подава напрежение $+3V$ или $-3V$. Транзисторите VT_1 и VT_2 са свързани като диоди и предотвратяват едновременното включване на двете релета. Ако извод 1 има положителен потенциал, транзисторът VT_1 е запушен и котвата на релето K_1 е привлечена. В същото време транзисторът VT_2 е отпушен и котвата на релето K_2 е отпусната. Когато извод 1 има отрицателен потенциал, транзисторът VT_1 е отпушен, VT_2 е запушен и котвата на релето K_2 е привлечена.

1.11. РЕГУЛИРАНЕ НА СКОРОСТТА

Възможностите на апаратурата за пропорционално управление могат да бъдат използвани и за регулиране на скоростта на ходовите електромотори. Както е и при сервоусилвателите, електромоторът се включва между изхода на усилвателя и средната точка на захранващите токоизточници (фиг. 1.45). Входът на регулатора на скоростта може да се включи например към изхода (точки 1 и 3) на сервоусилвателя от фиг. 1.39. Потенциометърът R_2 се заменя с тример-потенциометър, с който може точно да се нагласи нулевото положение. При поставяне на лоста за управление в средно положение мостът, в който са свързани транзисторите VT_7 и VT_8 (вж. фиг. 1.39), се уравновесява и между точките 1 и 3 напрежението става нула. Ако лостът за управление се изведе от неутралното положение, между тези точки (в зависимост от посоката, в която е отклонен, както и от ъгъла на отклонението му) се появява положително или отрицателно напрежение. Положителното напрежение отпушва транзисторите VT_2 и VT_4 , а отрицателното – VT_2 и VT_3 . В първия случай се отпушва долното (по схемата) рамо на моста и ходовият мотор получава



Фиг. 1.45

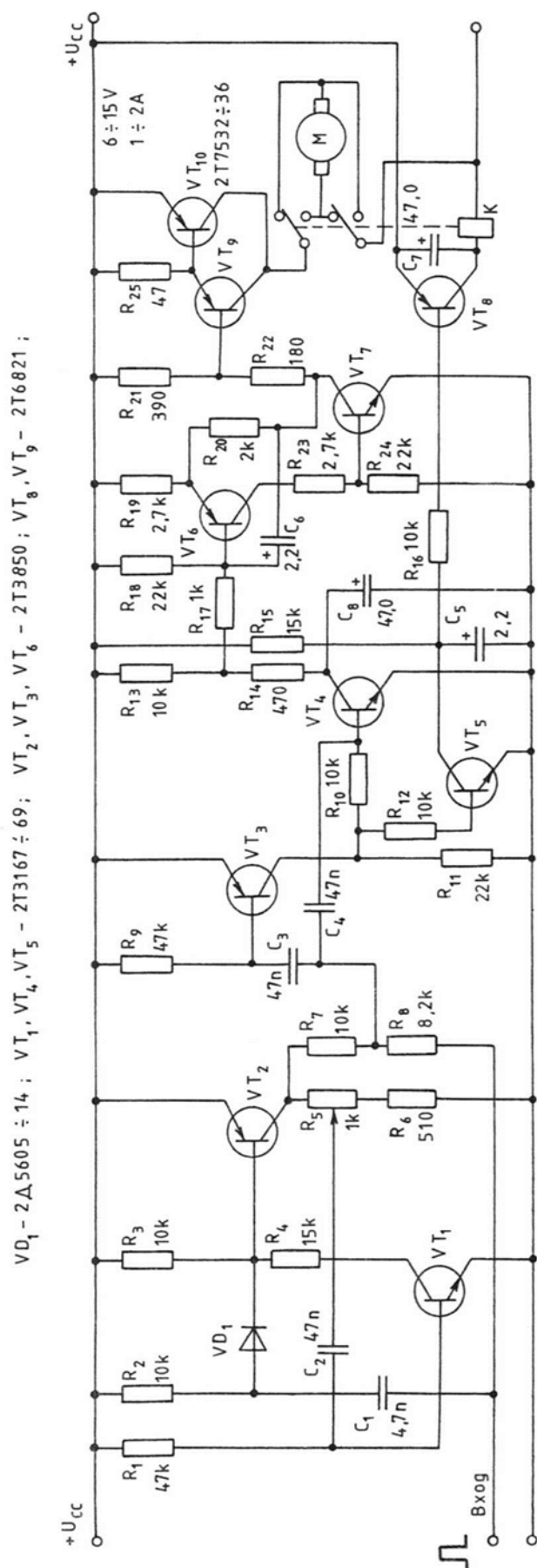
напрежение от източника G_2 , чиято големина е пропорционална на ъгъла на отклонение на лоста за управление. Посоката на въртене на ходовия мотор се променя, ако при отрицателно напрежение, подадено на входа, се отпуси горното рамо на моста и моторът получи захранване от източника G_1 . Резисторите R_1 и R_3 в този случай трябва да имат по-малки съпротивления в сравнение със същите от фиг. 1.39. С подбора на тези съпротивления се постига плавно регулиране на скоростта на въртене на ходовия мотор при малки отклонения на лоста за управление. Техните стойности тук са в границите от $270\ \Omega$ до $1\text{k}\Omega$.

При конструиране на регулаторите на скоростта трябва да се съобразяваме с някои изисквания по отношение на крайните транзистори. Недопустимо е да се превишава максимално допустимият ток и максималната разсейвана мощност даже при принудително спрян мотор. Ходовият мотор и захранващите източници трябва да се подбират съобразно с тези изисквания.

Цифровата апаратура за телеуправление е чувствителна към импулсни смущения. По тази причина ходовият мотор е снабден със система за намаляване и премахване на тези смущения. Дроселите и шумопоглъщащите филтри трябва да бъдат оразмерени за протичащия през тях ток, а проводниците, свързващи мотора със схемата, да бъдат възможно най-къси.

Схемата, разгледана на фиг. 1.46, притежава някои несъществени различия в сравнение с тази от фиг. 1.39. В крайното стъпало е използван само един мощен транзистор и едно превключващо реле. Освен това захранването се осъществява само от един токоизточник. При всичко това възможностите за управление не са ограничени. Електронната схема е изпълнена по такъв начин, че може да бъде включена непосредствено към импулсния блок на радиоприемника и без допълнителни устройства. Генераторът на опорните импулси е изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 (които са взаимнодопълваща се структура) по схема на чакащ мултивибратор. Последният се пуска от каналния импулс, постъпващ през кондензатора C_1 . Продължителността на опорния импулс се определя от капацитета на кондензатора C_2 , съпротивлението на резистора R_1 и разположението на плъзгача на потенциометъра R_5 . С помощта на този потенциометър може да се нагласи средната продължителност на импулса да бъде равна на $1,6\text{ ms}$.

Схемата за сравнение се осъществява с транзисторите VT_3 , VT_4 и VT_5 . Каналният и опорният импулс се сравняват чрез спада върху резисторите R_7 и R_8 . Опорните импулси имат постоянна продължителност $1,6\text{ ms}$. Ако каналният импулс е с продължителност, по-голяма от $1,6\text{ ms}$, в точката за сравнение се образува положителен остатъчен импулс. Неговата продължителност е пропорционална на ъгъла на отклонение на лоста за управление и е в границите от 0 до $0,6\text{ ms}$.



Фиг. 1.46

Ако продължителността на каналния импулс е такава, че остатъчен импулс не се образува (т. е. неговата продължителност е 0), тогава на транзистора VT_3 през резистора R_9 се подава положително преднапрежение, а на транзистора VT_4 през R_{10} и R_{11} - отрицателно. Поради тази причина двата транзистора са запушени. При постъпване на отрицателен остатъчен импулс транзисторът VT_3 се отпушва. Неговият колектор получава потенциал, почти равен на потенциала на положителния полюс на токоизточника, а през резистора R_{10} се отпушва и транзисторът VT_4 . На колектора на VT_4 се появява усиленият остатъчен импулс, филтриран от кондензатора C_8 в слабо пулсиращо напрежение. Средната стойност на това постоянно напрежение е пропорционална на продължителността на остатъчния импулс. Ако този импулс в точката на сравнение има положителна стойност, той отпушва транзистора VT_4 , без да променя състоянието на VT_3 . В резултат на това на колектора на транзистора VT_4 също се образува пулсиращо постоянно напрежение, чиято средна стойност е пропорционална на продължителността на остатъчния импулс. Следователно при такова включване на транзисторите VT_3 , и VT_4 на зарядния кондензатор C_8 постъпва постоянно напрежение, чиято големина е пропорционална на ъгъла на отклонение на лоста за управление в предавателя независимо от това, в коя посока е отклонението.

Работата на мултивибратора, изпълнен с транзисторите VT_6 и VT_7 , се управлява с постоянно напрежение, пропорционално на ъгъла на отклонение на лоста за управление и постъпващо от колектора на транзистора VT_4 . Този мултивибратор работи като задаващ генератор за крайното стъпало от регулатора на ходовия електромотор. Неговата задача е да преобразува изменящите се по продължителност (в границите от 0 до 0,6 ms) остатъчни импулси, повтарящи се през всеки 20 - 25 ms, в последователност с коефициент на запълване, най-благоприятен за управление на крайното стъпало.

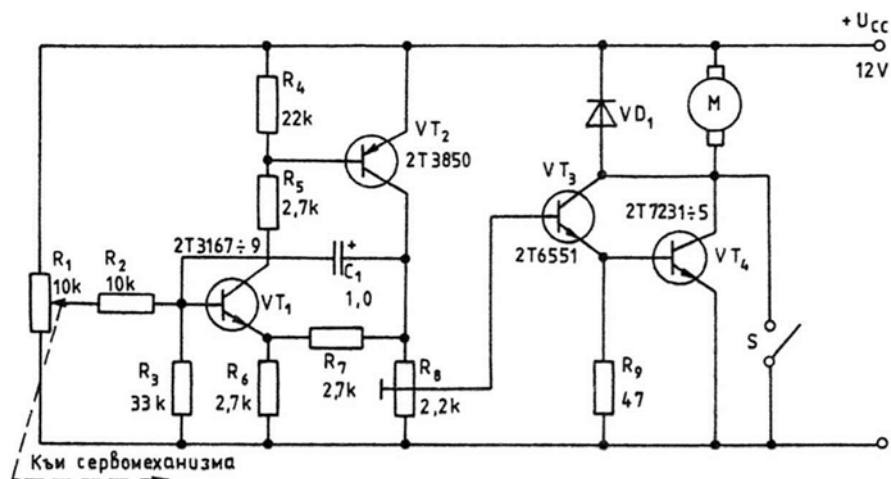
С подаването (от колектора на транзистора VT_4 , през резисторите R_{13} , R_{14} и R_{17}) на изменяемо постоянно напрежение на транзистора VT_6 неговото действие се управлява по такъв начин, че продължителността на импулсите, постъпващи от генератора, може да се променя от 0 до максималната им стойност.

Крайното стъпало е изградено с транзисторите VT_9 и VT_{10} . То работи като допуска голямо претоварване усилвател, свързан по схема Дарлингтон, и представлява регулируемо гасящо съпротивление, включено последователно на ходовия мотор. Захранващото напрежение се включва и изключва към клемите на мотора в такт с постъпващите импулси от тактовия генератор. Крайното стъпало е оразмерено за ток 1 А, но за кратко време може да понесе ток и до 2 А.

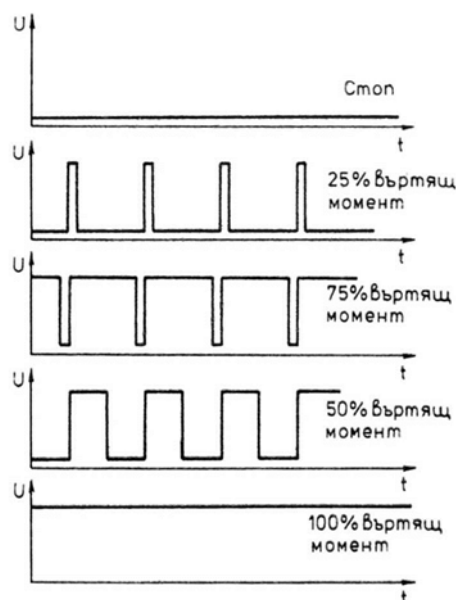
Промяната на посоката на въртене на ходовия мотор се осъществява от транзисторите VT_5 и VT_8 заедно с релето К. Транзисторът VT_5 е включен към колектора на транзистора VT_3 през резистора R_{12} и се отпушва при постъпване на всеки отрицателен остатъчен импулс. Зарядният кондензатор C_5 изглажда постоянното напрежение на колектора на транзистора VT_5 , което през резистора R_{16} управлява превключващия транзистор VT_8 .

Когато транзисторът VT_5 е отпушен от отрицателния остатъчен импулс, отпушен е и VT_8 , защото имат взаимнодопълваща се структура. Отпушването на VT_8 води до задействане на релето К и промяна на полярността на мотора М. Кондензаторът C_7 намалява остатъчните пулсации на тока, протичащ през бобината на релето, като осигурява неговото сигурно включване. Моторът трябва да е свързан така, че при отпусната котва на релето да осигурява движение на модела "напред", а при включено реле - команда и ход "назад" .

Достойнството на схемата е в това, че промяната на посоката на въртене на ходовия мотор се осъществява в положение "стоп". Управлението на транзистора VT_5



Фиг. 1.47



Фиг. 1.48

през резистора R_{12} е по-ефективно отколкото управлението на транзистора VT_4 през резистора R_{10} . Благодарение на това моторът успява да спре преди подаване на командата "назад".

Промяната на полярността на ходовия мотор при нулев ток е причината при включване да липсва искрене и да не е необходимо включването на искрогасящо устройство. Освен това контактите на релето се предпазват от нагар и износване.

1.12. ПРИСТАВКИ КЪМ СЕРВОМЕХАНИЗМИТЕ ЗА РЕГУЛИРАНЕ НА СКОРОСТТА НА ВЪРТЕНЕ НА ХОДОВИЯ МОТОР

Възможностите за използване на готов сервомеханизъм могат да бъдат значително разширени с приставки. Например с помощта на допълнително

релейно стъпало, включено към сервоусилвателя (вж. фиг. 1.44), сервоелектрониката може да управлява консуматори с повишена мощност. Използването на допълнително стъпало позволява сервомеханизмът да регулира плавно броя на оборотите или въртящия момент на ходовия мотор на модела.

Функционалната схема на такъв регулатор е показана на фиг. 1.47. Тя съдържа автогенератор - мултивибратор, изграден с транзисторите VT_1 и VT_2 , и усилвател на мощност, изграден с VT_3 и VT_4 . Управляващият орган има механична връзка с плъзгача на потенциометъра R_1 и може да го премества, при което се регулира тактът на автогенератора. С подбор на потенциометъра R_1 и последователно свързване към двата му края на постоянни резистори може да се регулира обхватът на управление и дори да се стигне до спиране на генерациите, когато плъзгачът на потенциометъра R_1 е в единия край. Този режим съответства на команда "стоп" и ходовият мотор не се върти. В другото крайно положение на плъзгача на R_1 транзисторите VT_1 и VT_2 са отпушени и това съответства на команда "пълнен напред". Използването на цялото захранващо напрежение става възможно с ключа S , който шунтира транзистора VT_4 и с това отпада влиянието му върху работата на мотора.

В границите между състоянията "запушени" и "отпушени напълно" транзисторите VT_1 и VT_2 работят като мултивибратор. Продължителността на генерираните импулси (фиг. 1.48) зависи от положението на плъзгача на потенциометъра R_1 . Тези импулси управляват транзистора VT_3 , а чрез него и мощния краен транзистор VT_4 . По този начин се променя токът през мотора. Благодарение на това е възможно плавно да се регулират оборотите на ходовия мотор или въртящият момент.

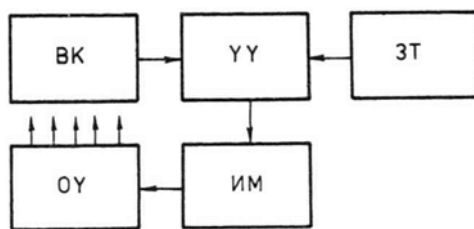
2. ИЗМЕРВАНЕ И РЕГУЛИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА

Устройствата за измерване на температура обикновено съдържат датчик за температурата, усилвател и индикатор. Когато е необходимо регулиране на температурата, към изхода на усилвателя се свързва управляващо устройство, а към него - изпълнителен механизъм или електронна схема за включване или управление на топлинен източник или вентилатор.

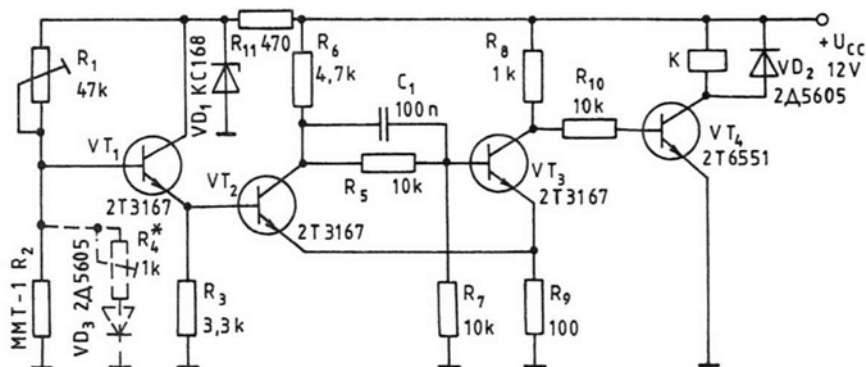
Функционалната схема на регулатор на температурата е показана на фиг. 2.1. Датчикът ВК е или контактен термометър, или електронен елемент, параметрите на който се променят в зависимост от температурата. Когато температурата надвиши определена стойност, управляващото устройство УУ сравнява сигнала, постъпващ от датчика ВК, с този, изработван от задаващото устройство ЗТ, и на изхода на системата се получава команден сигнал, който задейства изпълнителния механизъм ИМ. Последният може да бъде електромеханично реле или електронен елемент (тиристор, транзистор и др.). Ако изпълнителният механизъм е реле, неговите контакти включват или изключват обекта за управление (ОУ) - нагревателен уред или вентилатор, и по този начин се регулира температурата в определени граници.

Датчиците за температура могат да бъдат контактни и живачни термометри, термистори (резистори, на които съпротивлението силно зависи от температурата), електронни елементи (диоди и транзистори, на които характеристиките се "отместват" в зависимост от температурата).

Принципната схема на температурен регулатор с датчик силициев диод (начертан с прекъснати линии) или термистор е показана на фиг. 2.2. Първото стъпало е изпълнено по схема с общ колектор с транзистора VT_1 . Второто стъпало представлява тригер на Шмит и съдържа транзисторите VT_2 и VT_3 .



Фиг. 2.1



Фиг. 2.2

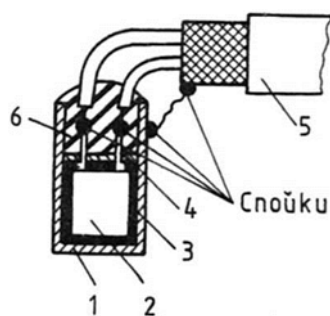
Третото стъпало управлява изпълнителния механизъм - релето К. Използван е транзисторът VT4, в колекторната верига на който е свързана бобината на релето.

При температура от порядъка на $18 \div 20^{\circ}\text{C}$ транзисторите VT1 и VT2 са запущени, VT3 - отпушен, VT4 - запущен и релето К - изключено. Когато температурата намалее, съпротивлението на датчика (терморезистора R2) се променя (ако е диод, съпротивлението му в права посока се увеличава) и спадът на напрежението върху него нараства. Транзисторът VT1 е включен по схема с общ колектор, за да се намали влиянието му върху работата на датчика. При отпушването на VT1 се задейства тригерът на Шмит и се отпушва транзисторът VT4. Тогава се задейства релето К и неговите контакти могат да се използват за включване на нагревател или вентилатор за поддържане на температурата в необходимите граници.

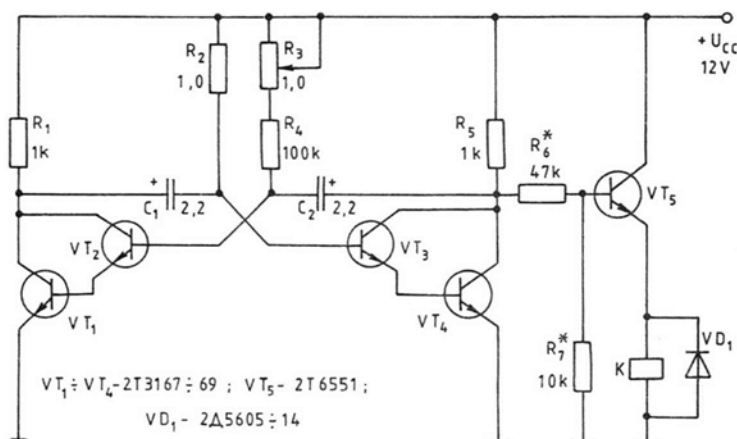
С нарастване на температурата съпротивлението на диода VD1 намалява. Напрежението върху него също намалява. Когато напрежението на базата на транзистора VT1 спадне под определена стойност, тригерът се превключва, транзисторът VT4 се запущва и релето К изключва. Неговите контакти съответно изключват нагревателя или вентилатора и притокът на топлина в отопляваното помещение се преустановява. По този начин температурата може да се регулира в границите от 16° до 20°C при точност от $1 \div 2^{\circ}\text{C}$. Желаната температура се регулира плавно с потенциометъра R1. При вариант на схемата с датчик полупроводников диод регулирането се осъществява грубо с R1 и фино с R4.

Когато терморегулаторът се използва за регулиране на температурата в купето на автомобил, трябва да се спазят следните препоръки:

1. Датчикът да се постави около водача и мястото му да се подбере опитно.
2. Релето К да се монтира извън платката.
3. Датчикът VD1 да се монтира в тънкостенна медна или оловна тръбичка, корпусът му да се потопи в силиконова паста, а изводите му да се залееят с епоксидна смола (по този начин датчикът се запазва от механични повреди).



Фиг. 2.3



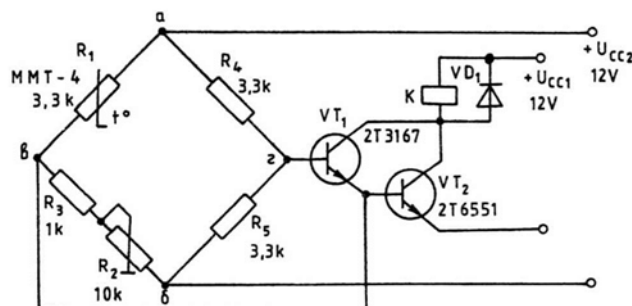
Фиг. 2.4

Едно примерно изпълнение на такъв датчик е показано на фиг. 2.3. Той се състои от цилиндър 1, диод 2, силиконова паста 3, епоксидна смола 4, двужилен ширмован кабел 5 и картонена шайба 6. Металният цилиндър се изработва от медна или калайдисана желязна ламарина с дебелина от 0,2 до 0,5 mm. Диаметърът му е $5 \div 6$ mm, а височината му - $10 \div 12$ mm. Има дъно само от едната страна. След изработването му той се обръща с дъното надолу и в него се слагат няколко капки силиконова паста, която може да се извади от повреден мощен транзистор. Поставя се диодът 2 и ако е необходимо, се добавя силиконова паста, така че тя да покрие корпуса му и да излезе на около 1 mm над него. Тогава се поставя и шайбата 6, която предварително е пробита, за да минат през нея изводите на диода. Шайбата се притиска, докато допре плътно до диода. Изводите на последния се запояват към жилата на ширмования кабел, така че спойките да останат в цилиндъра, но да не контактуват със стените му. Заливането на цилиндъра отгоре може да стане или с епоксидна смола, или с друго лепило. Ширмовката на кабела се запоява към цилиндъра най-накрая. С това датчикът е готов.

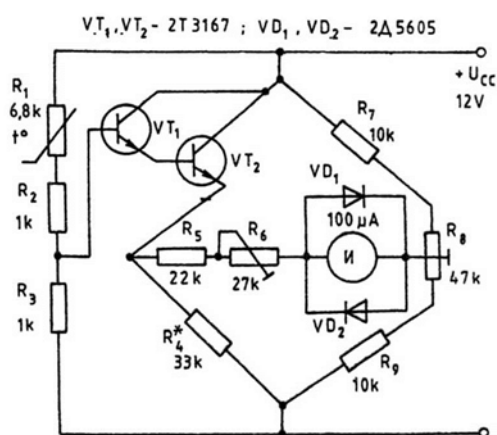
Схема на импулсен регулатор на температурата, подходящ за абсорбционни хладилници, които нямат вграден терморегулатор, е показана на фиг. 2.4. Този вид регулатори са без обратна връзка за управление и са известни като схеми за едностранно управление. Те позволяват да се икономисва електроенергия особено през зимата и в неотоплени помещения. Принципът на действие на регулатора се заключава в периодичното включване и изключване на електрозахранването към консуматора, т. е. хладилникът се включва към електрозахранването през определени интервали от време. Регулаторът позволява плавно да се променят интервалите на включване и изключване, така че времето за работа да е в границите от 50 до 95 %.

Схемата съдържа мултивибратор, изпълнен с транзисторите VT_1 , VT_2 и VT_3 , VT_4 . Изходното стъпало е свързано по схема с общ колектор и има за товар бобината на релето К. Продължителността и честотата на действие на релето се определят от капацитета на кондензаторите C_1 и C_2 и съпротивлението на резисторите R_1 и R_2 . Плавното регулиране на температурата в хладилника се осъществява с промяната на коефициента на запълване на импулсите, които управляват крайното стъпало.

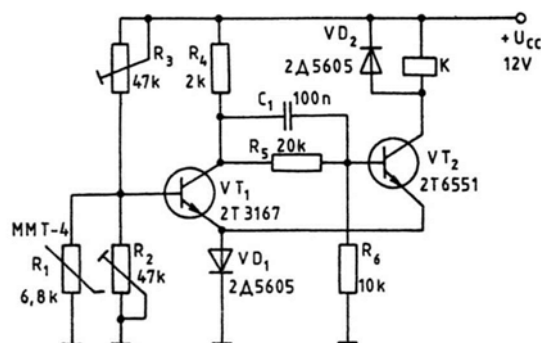
Настройването на регулатора се свежда до градуиране на скалата на потенциометъра R_3 , като температурата в хладилника се следи с термометър. На фиг. 2.5 е показан автомат за регулиране на температурата в хладилник от абсорбционен тип. Характерното за него е, че датчикът (терморезисторът R_1)



Фиг. 2.5



Фиг. 2.6

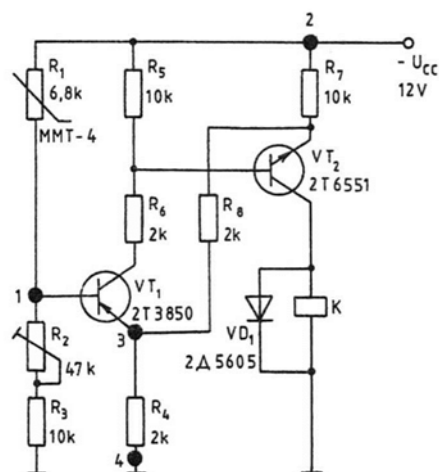


Фиг. 2.7

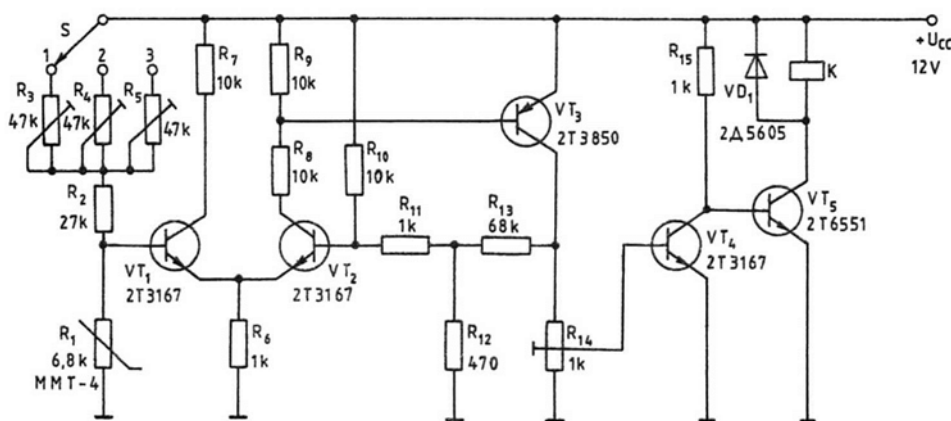
е включен по мостова схема [13]. Неговото съпротивление се променя в зависимост от температурата на околната среда. Основен параметър, който характеризира терморезистора, е изменението на неговото съпротивление при промяна на околната температура с 1°C . Началното му съпротивление е стойността, измерена при 20°C . За терморезистора ММТ-4 началното съпротивление е от порядъка на $2 \div 10 \text{ k}\Omega$. Съпротивленията на резисторите $R_2 + R_3$, R_4 и R_5 се избират в зависимост от началното съпротивление на датчика за температура.

Единият диагонал на моста (т. a и b) е свързан с източника на постоянното напрежение $U_{CC} = 12 \text{ V}$, а на другия (точките b и d) се получава напрежението на разбаланса. Когато мостът е балансиран, на неговия изход (между точките b и d) липсва напрежение и усилвателят, осъществен с транзисторите VT_1 и VT_2 , не работи. Щом настъпи промяна на околната температура, съпротивлението на терморезистора се променя и мостът се разбалансира. На изхода му се появява напрежение на разбаланса, което се усилва от транзисторите VT_1 и VT_2 и релето K се задейства. Последното чрез своите контакти включва (когато температурата се повиши) и изключва (когато температурата се понижи) нагревателя, монтиран в изпарителя на хладилника.

Градуирането на терморегулатора се извършва най-добре с термометър, който заедно с термодатчика се поставя в хладилника. След един час работа на последния се отчита температурата от термометъра, завъртва се оста на потенциометъра дотогава, докато релето изключи, и се нанася измерената температура върху скалата на потенциометъра. Така с няколко измервания се определят началната и крайната температура, а след това и междинните и стойности.



Фиг. 2.8



Фиг. 2.9

Мостова схема на термометър е показана на фиг. 2.6. Датчик за температурата тук е терморезисторът R_1 , който заедно с резисторите R_2 и R_3 образува температурнозависим делител на напрежението. Последното управлява рамото на измервателния мост, изграден от транзисторите VT_1 и VT_2 и резистора R_4 . Претоварването на измервателната система се предотвратява чрез десеткратно разширяване на обхвата, като се свързва подходящ шунт [13]. След първоначалното включване и настройване на термометъра шунтът се премахва.

Терморегулатор с тригер на Шмит е показан на фиг. 2.7. Той позволява регулиране на температурата в границите от 25 до 50°C с грешка от порядъка на $\pm 1^\circ\text{C}$.

Тригерът на Шмит е реализиран с транзисторите VT_1 и VT_2 . Терморезисторът R_1 е включен в базовия делител на първия транзистор. Товар на втория транзистор е бобината на релето K . Прагът на задействане на тригера на Шмит се нагласява с тример-потенциометъра R_2 при определена температура, която терморегулаторът трябва да поддържа. При промяна на температурата (например в положителна посока) съпротивлението на терморезистора намалява и тригерът на Шмит се връща в изходно

състояние. Обратно, когато температурата намалее, съпротивлението на терморезистора нараства и тригерът на Шмит отново включва.

Мостова схема с тригер на Шмит и възможност за поддържане на постоянна температура в по-широк обхват - от 15 до 60°C при грешка $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, е показана на фиг. 2.8.

Превключването на релето се осъществява при разбалансиране на моста, обхващащ точките 1, 2, 3 и 4. Елементите, включени в рамената на моста, са R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_7 и R_8 .

Температурата, която регулаторът трябва да поддържа, се избира с тример-потенциометъра R_2 . При тази температура транзисторите VT_1 и VT_2 са запущени и отоплителният уред се захранва през нормално затворените контакти на релето К. Когато температурата се повиши, съпротивлението на терморезистора намалява, а това води до отпушване на транзисторите VT_1 и VT_2 . Релето се задейства и прекъсва веригата на нагревателния уред. Обратният процес се извършва при понижаване на температурата.

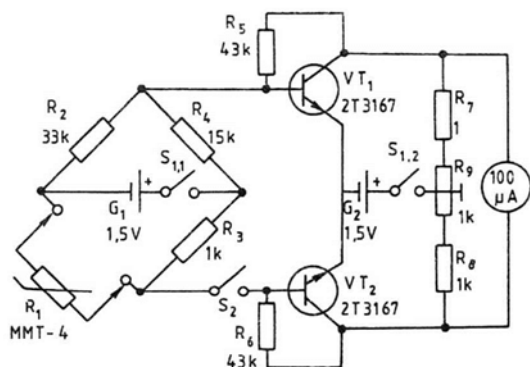
Хистерезисът на превключването може да се изменя с промяна на съпротивлението на резистора R_7 . При повишаването на това съпротивление хистерезисът също нараства.

Терморегулатор с мостова схема и диференциален усилвател е показан на фиг. 2.9. Датчик за температурата тук е терморезисторът R_1 . Той е включен в едното рамо на моста, образуван от резисторите R_2 , R_3 , R_{10} , R_{11} и R_{12} .

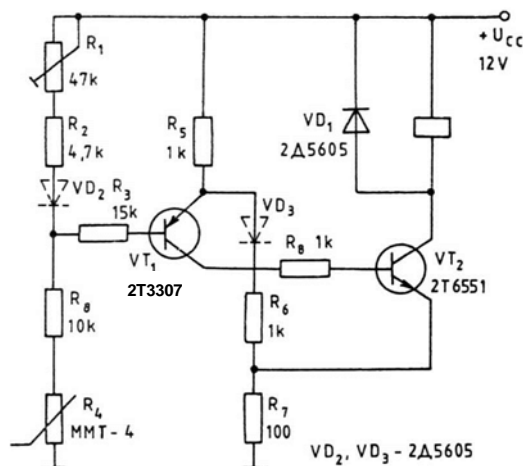
Диференциалният усилвател е осъществен с транзисторите VT_1 и VT_2 . При студен термистор транзисторът VT_1 е отпушен, а VT_2 - запущен. Транзисторите VT_3 и VT_4 са също запущени, а VT_5 - отпушен, при което релето К се задейства и неговите контакти включват нагревателния уред.

При повишаване на температурата съпротивлението на терморезистора намалява, а заедно с това намалява и спадът на напрежението върху него. Отпушват се транзисторите VT_1 и VT_2 , тъй като спадът върху резистора R_6 намалява и нараства напрежението база - емитер. Процесът на отпушване на транзистора VT_2 и запущване на VT_1 се ускорява поради наличието на общия резистор в емитерната верига. В определен момент бързо се отпушва транзисторът VT_3 , транзисторът VT_4 става проводим и шунтира прехода база емитер на транзистора VT_5 , при което релето К изключва.

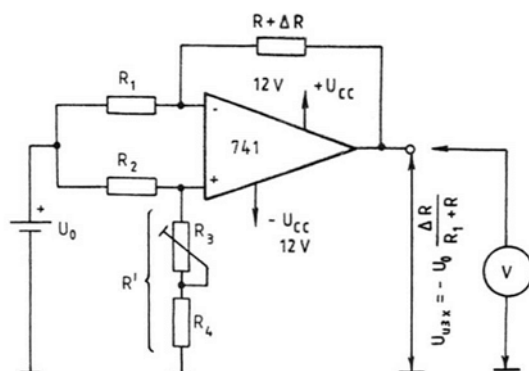
С превключвателя S грубо се избира температурният обхват на регулиране, а финото поддържане на температурата вътре в обхвата се регулира с



Фиг. 2.10



Фиг. 2.11



Фиг. 2.12

тример-потенциометрите R_3 , R_4 и R_5 .

Медицински транзисторен термометър е показан на фиг. 2.10. С него за около 5 s може да се премери температурата на човешкото тяло с грешка от порядъка на $\pm 0,05^\circ\text{C}$ в границите от 34 до 42°C .

Термометърът е монтиран по мостова схема. Датчик за температурата е терморезисторът ММТ-4, включен в едното рамо на моста. Схемата съдържа още постояннотоков усилвател, изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 . За индикатор е използвана система тип МР 40 с ток на пълното отклонение $100\ \mu\text{A}$; скалата и се градуира в $^\circ\text{C}$.

При допиране на терморезистора до човешкото тяло мостът се дебалансира, защото се променя съпротивлението на терморезистора. През диагонала на моста протича ток, който се усилюва от транзисторите, и стрелката на измервателната система се отклонява. Отместването на обхвата на измерваните температури се осъществява с подбиране на резистора R_2 . Разширяването и свиването на измервания температурен обхват се извършва с подбор на резисторите R_5 и R_6 .

Ключовете $S_{1.1}$ и $S_{1.2}$ включват едновременно и двата захранващи токоизточника G_1 и G_2 . Стрелката на системата се нагласява на 34°C в началото на скалата с помощта на резистора R_9 при изключен превключвател S_2 . Измерването на температурата се осъществява при включен ключ S_2 .

На фиг. 2.11 е показана друга мостова схема на терморегулатор, която съдържа два транзистора и терморезисторен датчик.

Големината на емитерния ток на транзистора VT_2 се определя от съпротивлението на резистора R_7 . То може да бъде в границите от 0 до $100\ \Omega$, с което се променя хистерезисът на терморегулатора. Температурата, при която релето се задейства, се нагласява с потенциометъра R_1 в границите от 35 до 95°C .

Диодите VD_2 и VD_3 могат да се монтират, както е показано на схемата с прекъснати линии. Те подобряват температурната компенсация на устройството, тъй като оказват влияние и на двете стъпала.

Термометър, изпълнен с интегрален операционен усилвател, е показан на фиг. 2.12. Използвана е мостова схема с терморезисторен датчик. Последният има съпротивление R , което при изменение на температурата ще се промени с ΔR , т. е. новото му съпротивление ще бъде $R + \Delta R$.

Захранването на мостовата схема се осъществява от опорния стабилизирания токоизточник с напрежение U_0 . Обикновено резисторите R_1 и R_2 се избират с еднакви съпротивления. Големината на последните зависи от съпротивлението на терморезистора при температурата, която се избира като опорна (например 20°C).

При $R_1 = R_2 = R$ изходното съпротивление се определя по формулата

$$U_{\text{изх}} = -E \frac{\Delta R}{R_1 + R}.$$

Настройването на термометъра се извършва с потенциометъра R_3 до получаване на $U_{\text{изх}} = 0$. Напрежението U_0 се избира в границите от 5 до 15 V. Волтметърът, включен в изхода на интегралната схема, може да бъде с нула в средата на скалата и да отчита по-малките и по-големите температури от опорната.

3. ИЗМЕРВАНЕ НА ВЛАЖНОСТ

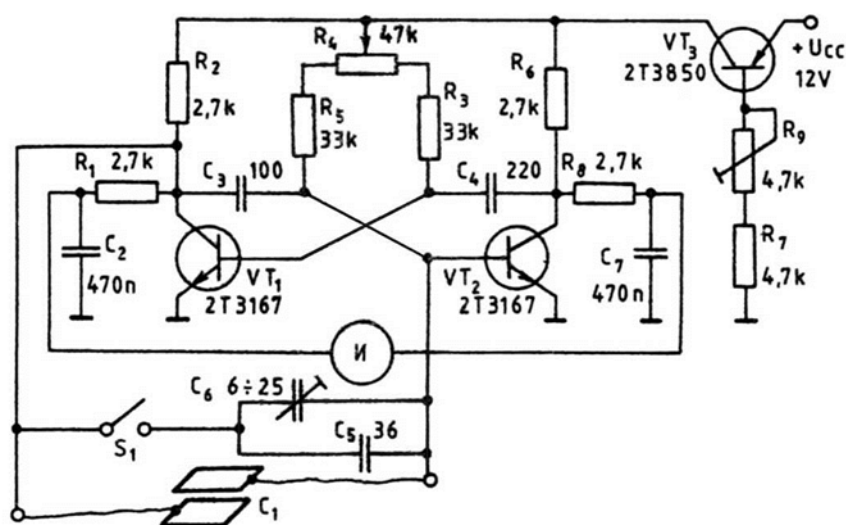
2.1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

При измерването на влажността най-често се използват капацитивни датчици. Известно е, че капацитетът на кондензатора зависи от диелектричната проникваемост на веществото, разположено между неговите плочи, от размера им и от разстоянието между тях.

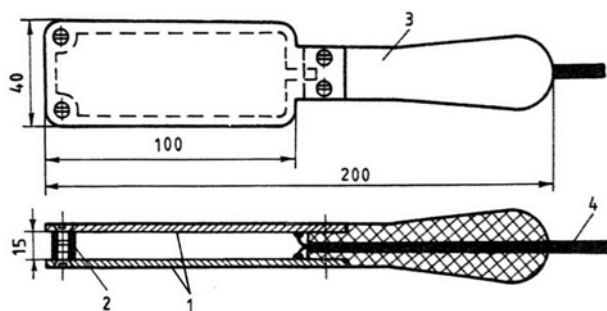
Изменението на капацитета на датчика може да се определи по промяната на честотата на генератора, в който датчикът е включен като честотноопределящ елемент. Чувствителността на измервателите на влажност може да се подобри с повишаване на честотата на генератора, а така също с използване на чувствителни индикатори.

3.2. ВЛАГОМЕРИ ОТ МУЛТИВИБРАТОРЕН ТИП

Принципната функционална схема на влагомер с капацитивен датчик е разгледана на фиг. 3.1.



Фиг. 3.1



Фиг. 3.2

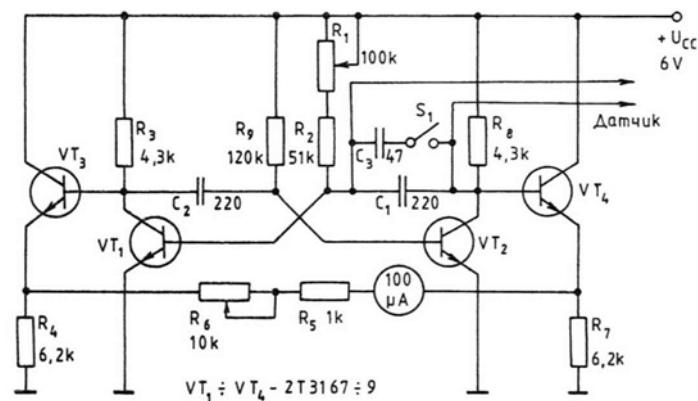
Устройството съдържа генератор, изпълнен по схема на мултивибратор, измервателна верига, калибратор и датчик. Мултивибраторът е осъществен с транзисторите VT_1 и VT_2 . Датчикът C_1 притежава известен капацитет и е включен паралелно на кондензатора C_3 . Мултивибраторът е симетричен. Продължителността на генерираните импулси се регулира с резистора R_4 . Измервателната верига съдържа резисторите R_1 , R_8 , кондензаторите C_2 , C_7 и индикатора I . Тези елементи, включени по подходящ начин, образуват интегриращи вериги. С това се изключва влиянието на външните капацитети върху показанието на индикатора при значителното му отдалечаване от мултивибратора.

Нарастването на капацитета на датчика води до увеличаване на продължителността на импулсите в колекторната верига на транзистора VT_2 . Това предизвиква повишаване на напрежението върху кондензатора C_7 . В този случай токът през индикатора протича от резистора R_8 към резистора R_1 . При намаляване на капацитета на датчика посоката на тока се променя.

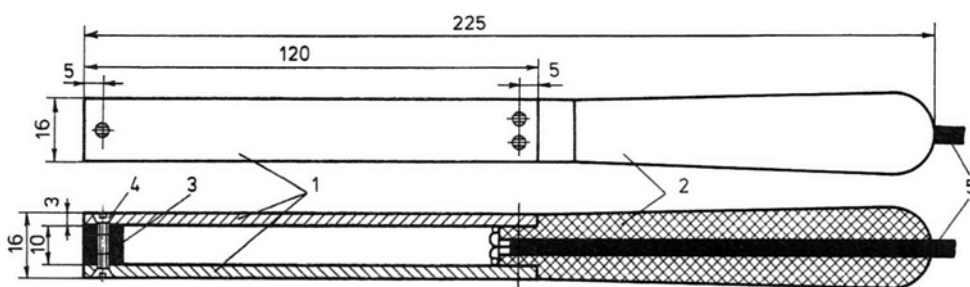
Влиянието на захранващото напрежение се използва за нулиране на влагомера. Схемата за нулиране съдържа регулатор на захранващото напрежение, осъществен с транзистора VT_3 и потенциометъра R_9 . С помощта на последния стрелката на измервателния индикатор се нагласява на максимално отклонение при натиснат бутон S_1 - "нулиране". Транзисторът VT_3 е свързан по схема с общ колектор. За калибровка на уреда се използва фабричен влагомер с клас на точност, по-висок от този на новопостроения влагомер.

Датчик, подходящ за измерване на влажността на насипни материали (захар, пясък, семена от растения и др.), е показан на фиг. 3.2. Той се състои от две плочи 1, направени от едностранно фолиран стъклотекстолит с дебелина от 1,5 до 2,5 mm. Изработва се по следния начин. Плочите се изрязват според чертежа, медното им фолио се премахва на 3 mm от страни, след което се намазват с епоксидна смола, за да се избегне галваничната връзка между тях и измерваното вещество, и се закрепват една към друга с медното фолио навътре. Разстоянието между тях се фиксира с дистанционните втулки 2. Връзката на датчика с измервателя се осъществява с двоен многожилен ширмован кабел 4 с дължина 1 m. Едното жило на кабела се запоява за горната плоча, а другото - за долната. След това кабелът се прокарва през отвора на дръжката и последната се закрепва към датчика с два болта М3. Ширмовката на кабела се свързва с общата "маса" на уреда. Преди монтирането на кабела трябва да се провери големината на капацитета между неговите жила - той не трябва да надвишава 150 pF.

Датчик с размер на пластините, посочен на фиг. 3.2, е подходящ за измерване на влажността на семена. С него може да се измерва влажност до 40%, при което капацитетът му се увеличава с 20 до 40 pF в зависимост от размера и вида на семената. Ако капацитетът на датчика се променя в много



Фиг. 3.3



Фиг. 3.4

малки граници, трябва да се увеличи площта на плочите или да се използва по-чувствителен индикатор.

Намаляване на грешката може да се постигне, като плътността на измервания материал се поддържа същата както при градуирането на уреда. Най-добри резултати се получават, когато плочите на датчика се държат вертикално и се поставят по-дълбоко в изпитвания материал. При същите условия трябва да се извършва и градуирането на уреда.

Преди градуирането се установява "нулата" на измервателния уред *И* и се извършва калибриране по напрежение. След това на точен кантар се премерва 2 кг от проверяваното вещество (което може да притежава максимална влажност) и датчикът се поставя в него. Натиска се бутонът *S*₁ и с кондензатора *C*₆ стрелката на индикатора се нагласява да показва максимално отклонение. След това материалът се изсушава. В процеса на сушенето масата му се проверява 10 ÷ 15 пъти и се измерва влажността му в скални деления, които се записват. При тези измервания веществото трябва да се охлади до 20 ÷ 25⁰С, тъй като нагряването му води до погрешни показания на уреда. Сушенето завършва в сушилна камера, снабдена с вакуумпомпа. Процесът е завършен, ако масата на веществото не се променя повече. Като се знае масата на веществото при нулева влажност, може да се определи влажността в проценти при всяко измерване и да се построи графика на зависимостта на показанията на индикатора във функция от влажността, която служи за градуиране на индикатора.

Мултивибраторен влагомер с четири транзистора е показан на фиг. 3.3. С него може да се измерва влажността на различни материали: дървесина, картон, хартия, кожа, пясък, жито и др.

Влагомерът се състои от измервател на капацитет и капацитивен датчик от т. нар. повърхностен тип.

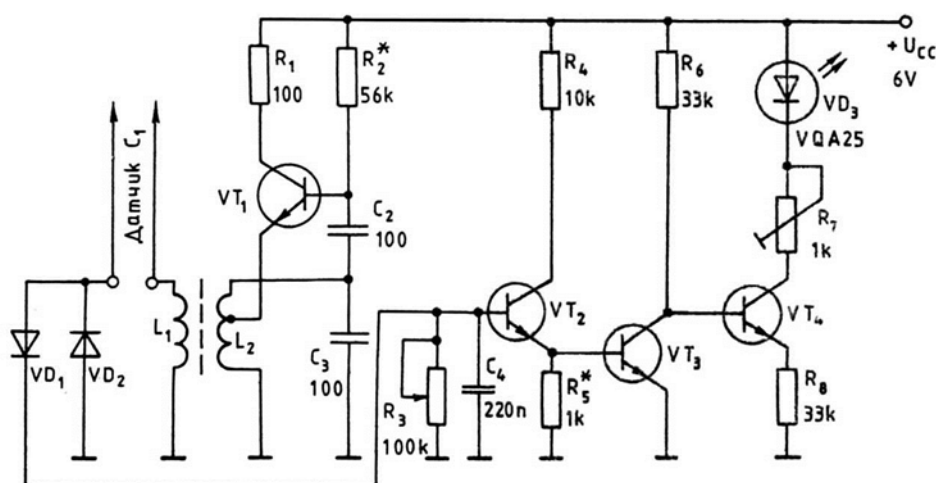
Принципът му на действие се заключава в следното. Мултивибраторът, изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 , генерира правоъгълни импулси. Съгласуването на изхода му (който е високоомен) с измервателния уред се извършва с помощта на транзисторите VT_3 и VT_4 , свързани по схема с общ колектор. Капацитетът на датчика се увеличава, когато последният се допре до изпитвания материал. Настъпилата промяна на капацитета води до изменение на коефициента на запълване на генерираните импулси. Постоянната съставка на тока, който протича през микроамперметъра, е пропорционална на коефициента на запълване на генерираните импулси, а следователно и на влажността на изпитвания материал.

Измерването се извършва в следната последователност. Стрелката на измервателния уред се установява на показание 0 с въртене на потенциометъра R_1 . По този начин се компенсира началният капацитет на датчика и на съединителните проводници. Натиска се бутонът S_1 и се извършва калибровка с потенциометъра R_6 до получаване на максимално отклонение на уреда. Отпуска се бутонът S_1 и целият датчик се поставя в изпитвания материал. Градуирането на уреда се извършва по описания вече начин.

Датчикът се изработва съгласно с фиг. 3.4. Означените позиции тук са: 1 - плочи от фолиран стъклотекстолит или гетинакс, 2 - дървена дръжка, 3 - дистанционна втулка от плексиглас или полистирол, 4 - закрепващи винтове М3, 5 - двужилен ширмован кабел.

Друга схема на влагомер е показана на фиг. 3.5. Тя съдържа капацитивен датчик C_1 генератор на синусоидни трептения с честота около 10 MHz, изпълнен с транзистора VT_1 , усилвателни стъпала (транзисторите VT_2 и VT_3), индикаторно стъпало (транзистора VT_4) и диода VD_3 .

В изходно състояние захранването е включено, но датчикът не е поставен в изпитвания материал, транзисторът VT_4 е отпушен и индикаторът VD_3 свети. Положителните импулси от генератора през кондензатора-датчик C_1 и диода VD_1 попадат на кондензатора C_4 и го зареждат. Ако капацитетът на датчика е малък, VT_2 и VT_3 са запушени. При увеличаването му тези транзистори се отпушват, а VT_4 се запушва и индикаторът изгасва. Преходите база-емитер на транзисторите VT_2 и VT_3 служат



$VT_1, \dots, VT_4 - 2ТЗ167 \div 9$; $VD_1, VD_2 - 2Д5605 \div 14$
 $n_{L_1} = 15 \text{ нВ.ПЕЛ } 0,41$; $n_{L_2} = 2 \times 15 \text{ нВ.ПЕЛ } 0,41$; $\Phi_{L_1, L_2} = 6 \text{ мм}$;

Фиг. 3.5

за прагово устройство. Чувствителността на влагомера се настройва с потенциометъра R_3 . Датчикът се изработва съгласно с чертежа на фиг. 3.2 или на фиг. 3.4.

Настройването на уреда започва с поставянето на плъзгача на потенциометъра R_3 в горно (по схемата) положение; при него транзисторите трябва да бъдат сигурно запущени. Устройството се захранва от токоизточник, който има възможност да регулира изходното напрежение от 5 до 10 V. Когато захранващото напрежение падне под 6 V, светодиода трябва да изгасне. Ако той изгасва при друго напрежение, трябва резисторът R_5 да се подбере с подходящо съпротивление.

Работата на генератора се проверява най-добре с осцилоскоп. Генерираните трептения трябва да бъдат с амплитуда около 2 V, честота от 9 до 10 MHz и да имат правилна синусоидна форма. Датчикът се поставя в съд с материал, който има минимална влажност, проверена точно с друг влагомер. Завърта се плъзгачът на потенциометъра R_3 дотогава, докато светне диодът VD_3 . Скалата на потенциометъра R_3 се градуираща в % влажност.

В режим "измерване" датчикът напълно се вкарва в изследвания материал и се завърта потенциометърът R_3 , докато изгасне светодиода. След това влажността се отчита по скалата на потенциометъра.

Бобините се разполагат една върху друга, като първо се навива L_2 , а върху нея точно по средата – L_1 .

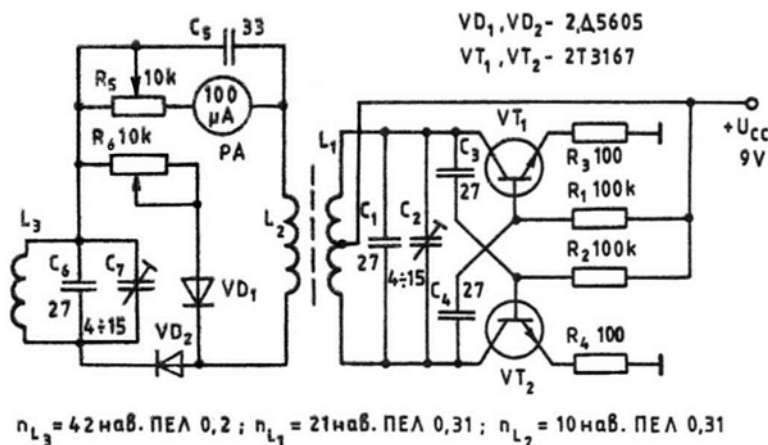
4. ИЗМЕРВАНЕ НА ДРУГИ НЕЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕЛИЧИНИ

4.1. ЕЛЕКТРОНЕН МИКРОМЕТЪР

Електронният микрометър е предназначен за измерване на диаметъра на медни проводници, с които се навиват бобини и трансформатори. Устройството се характеризира с това, че проводникът се измерва без изолацията.

Схемата на микрометъра е показана на фиг. 4.1. Той съдържа генератор на електрически трептения с честота 15 MHz, изпълнен с транзисторите VT_1 и VT_2 . Напрежението с висока честота, което ще се измерва, се подава от индикатора РА чрез в. ч. трансформатора L_1, L_2 на генератора.

По време на положителните полупериоди на високочестотното напрежение ток протича през диода VD_2 , кръга L_3, C_6, C_7 , резистора R_5 и микроамперметъра РА.



Фиг. 4.1

По време на отрицателните полупериоди ток протича през диода VD_1 , резисторите R_6 , R_5 и микроамперметъра PA . Уредът се нулира с потенциометъра R_6 чрез изравняване на токовете, протичащи по време на положителната и отрицателната полувълна.

Измерването се извършва с помощта на бобината L_3 . Проводникът с неизвестен диаметър се поставя в отвора на тази бобина, при което резонансната честота на кръга L_3 , C_6 , C_7 се променя. Тогава пропорционално на дебелината на проводника се променя и токът през кръга.

Бобината L_1 се навива върху тяло с диаметър $6 \div 7$ mm. Изводът и се прави точно по средата на бобината. Върху нея се навива бобината L_2 , а бобината L_3 се навива върху керамично тяло с външен и вътрешен диаметър съответно 4 mm и 2 mm.

Градуирането на уреда се извършва с проводници, които са предварително измерени с фабричен микрометър. Скалата на микрометъра може да се градуира направо в десети от милиметъра или може да се направи таблица с показанията на уреда, които съответстват на дебелини от проводници, и от нея да се извършва отчитането.

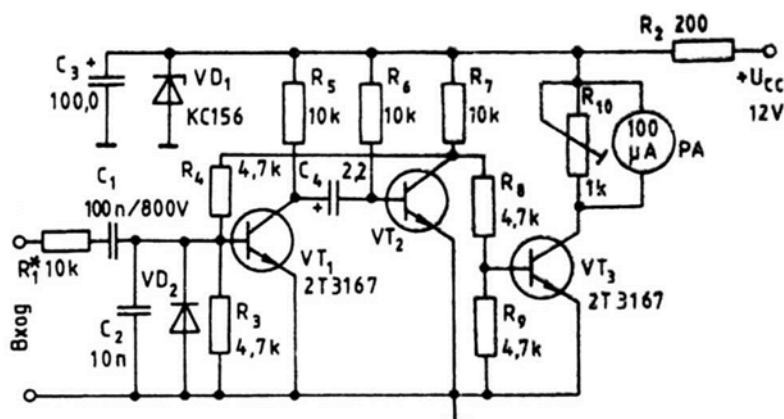
4.2. ИЗМЕРВАНЕ НА ОБОРОТИ

Схемата на оборотомер с три транзистора и измервателна система е показана на фиг. 4.2. Тя съдържа чакащ мултивибратор (VT_1 и VT_2), усилвател (VT_3), индикатор (PA) и стабилитрон (VD_1).

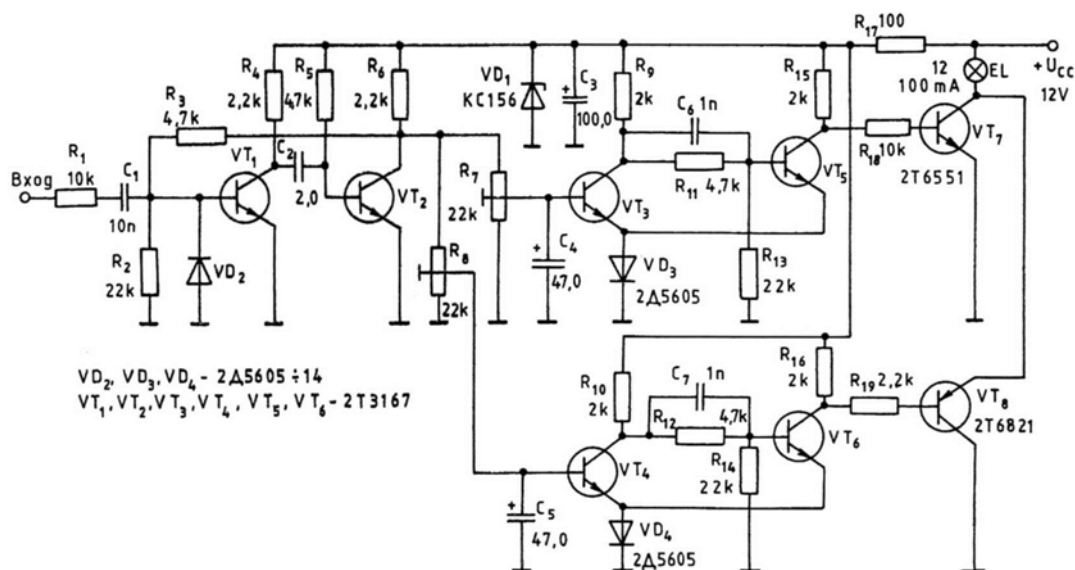
Управляващият импулс се сема от прекъсвача на автомобила и през резистора R_1 и кондензатора C_1 се подава на базата на транзистора VT_1 . Вследствие на зареждането на кондензатора C_4 на базата на транзистора VT_2 , възниква запушващ отрицателен потенциал. Високото ниво на колектора на този транзистор поддържа (през резистора R_4) отпушен транзистора VT_1 до пълното разреждане на кондензатора C_4 и връщането на устройството в изходно състояние. Така при всяко отваряне на контактите на прекъсвача чакащият мултивибратор получава импулси с продължителност, която се определя от стойностите на елементите C_4 , R_6 .

Настройването на оборотомера се извършва с тример-потенциометъра R_{10} , като на входа му се подава напрежение от мрежата чрез звънчев или друг понижаващ трансформатор. При честота на захранването 50 Hz честотата на въртене на двигателя ще бъде 1500 min^{-1} . При двутактови двигатели оборотите ще бъдат двойно повече.

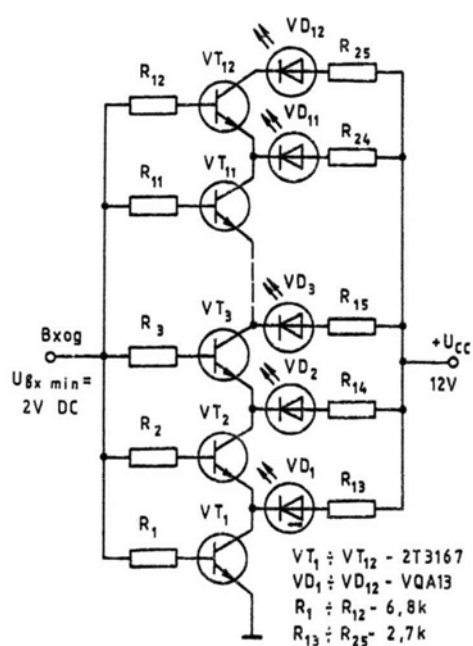
На фиг. 4.3 е показана друга схема на оборотомер със светлинна индикация. Характерна особеност при него е, че работи с две прагови устройства.



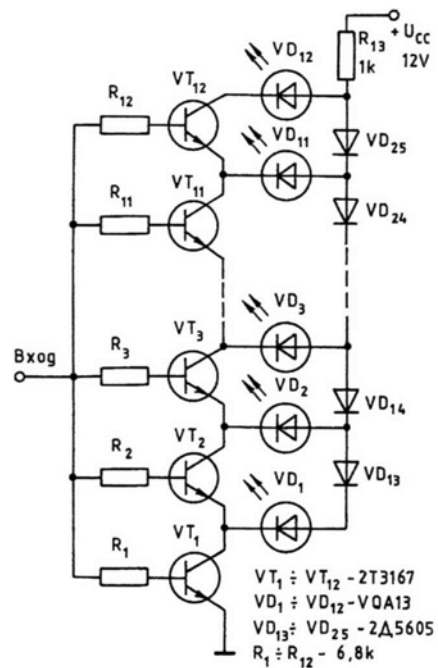
Фиг. 4.2



Фиг. 4.3



Фиг. 4.4



Фиг. 4.5

Предназначен е да сигнализира оптималните обороти на автомобил или друга машина (получава се голям въртящ момент, голяма мощност, малък разход на гориво и др.).

Управляващият импулс се сема от чукчето и се подава на букса "Вход". Когато постъпи сигнал, чакащият мултивибратор, осъществен с транзисторите VT₁ и VT₂, се задейства. Той изработва импулси с еднаква продължителност независимо

от честотата на въртене на мотора. Тези импулси постъпват на тример-потенциометрите R_7 и R_8 , а от плъзгачите им се подават на двата тригера на Шмит (единият, реализиран с транзисторите VT_3 , VT_5 , а другият с VT_4 , VT_6), които следят натрупания заряд съответно върху кондензаторите C_4 и C_5 . Изходите на тригерите на Шмит са свързани с входовете на два ключа, осъществени с транзисторите VT_7 и VT_8 . Използвани са транзистори с различна проводимост, което прави възможно сигнализирането на оптималните обороти само с една индикатор на лампа EL, при това светенето на лампата означава, че двигателят не работи в оптималната зона от обороти.

Настройването на оборотомера се извършва по следния начин. Базата и емитерът на транзистора VT_7 се свързват накъсо. Плъзгачите на потенциометрите се поставят в долното по схемата положение. Моторът се пуска с 80% от оборотите при максимален въртящ момент. Завърта се оста на потенциометъра R_8 дотогава, докато угасне лампата EL. Премахва се проводникът, с който е шунтиран транзисторът VT_7 . Повишават се оборотите на мотора до 120% от необходимото за получаване на максимална скорост. Завърта се оста на потенциометъра R_7 до светване на сигналната лампа EL. По този начин е спазено правилото по арматурното табло да работи светлинен индикатор само при отклонение от нормалната работа.

Схема на оборотомер със светодиодна стълбица, при която се запалват последователно всички светодиоди, е показана на фиг. 4.4. Светодиодната стълбица представлява подредени по определен начин едноцветни или разноцветни светодиоди, които излъчват светлина, когато на входа на стълбицата се подаде напрежение. В зависимост от големината на това напрежение светят различен брой диоди. Съществуват и схемни решения, при които светването на един диод е свързано с изгасването на друг, така че винаги остава да свети само един индикатор.

Светодиодната стълбица може да се включи вместо индикатор (например към изхода на оборотомера от фиг. 4.2).

Към входа на светодиодната стълбица се подава напрежение, което е пропорционално на измерваните обороти. Ако моторът е спрял, входното напрежение на светодиодната стълбица е равно на нула и светодиодите не светят, защото транзисторите VT_1, \dots, VT_{12} са запушени. Когато входното напрежение надхвърли прага на отпушване на транзистора VT_1 , последният се отпушва и светва диодът VD_1 поради протичането на ток през резистора R_1 . Върху транзистора VT_1 , се получава пад на напрежението, приблизително равен на входното напрежение. По този начин напрежението, подадено на прехода база - емитер на VT_2 , е значително по-малко от необходимото за неговото отпушване. С нарастване на входното напрежение се отпушва VT_2 и т. н. до отпушване на VT_{12} и светване на диода VD_{12} .

На фиг. 4.5 е показана схемата на усъвършенствана светодиодна стълбица. Характерно за нея е, че светването на следващия светодиод е свързано с изгасването на предишния. Входната верига не се различава от тази на фиг. 4.4. Новото тук са диодите $VD_{13} \div VD_{25}$, които не позволяват светодиодите да светят, след като се включи следващият от стълбицата. Когато входното напрежение достигне стойност, при която транзисторът VT_2 се отпушва и светва светодиодът VD_2 , на анода на VD_1 се подава потенциал, съизмерим с потенциала на колектора на транзистора VT_1 , и светодиодът VD_1 загасва. Същото се повтаря при по-нататъшно повишаване на входното напрежение - при запалване на следващия светодиод загасват първите.

УСТРОЙСТВА ЗА СИГНАЛИЗИРАНЕ НАПЪЛВАНЕТО НА ВОДНИ БАСЕЙНИ, РЕЗЕРВОАРИ, ХАМБАРИ И ДР.

5.1. УСТРОЙСТВА ЗА СИГНАЛИЗИРАНЕ НАПЪЛВАНЕТО НА ВОДНИ БАСЕЙНИ

Когато е необходимо продължително наблюдение, за да се осигури минимална влажност на растенията, електрониката може да облекчи значително този ангажимент. Пример за устройство, подходящо за саксия с цветя или друго растение, е разгледано на фиг. 5.1. То сигнализира, когато нивото на водата падне под минимално допустимата стойност. За електроди могат да се използват графитни пръчки, извадени от изтощен галваничен елемент. Към металните им капачки се запоява по един изолиран многожилен проводник. Местата на спойките трябва да се намажат с устойчива на влага боя или лаково покритие, за да се предпазят от корозия.

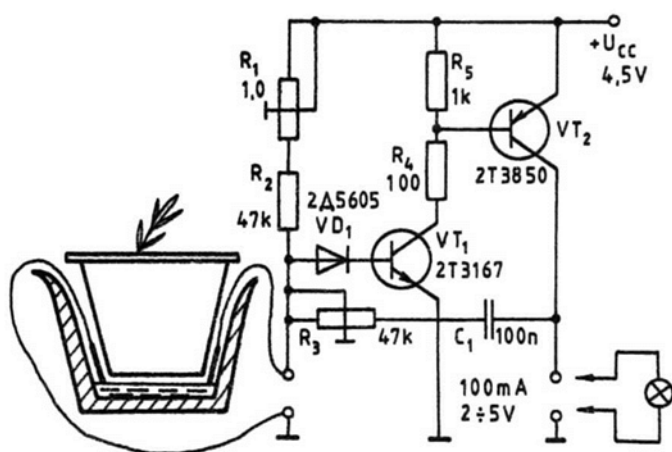
Сигнализацията може да се осъществи или с периодично запалване на лампа, или със звук от високоговорител. Схемата позволява да се реализират и двата варианта.

Устройството съдържа два транзистора, свързани по схема на мултивибратор, който започва да работи при прекъсване на веригата през проводящата течност. Честотата на генерираните трептения зависи от капацитета на кондензатора C_1 и съпротивлението на резистора R_1 . Потенциометърът R_3 влияе със своето съпротивление на продължителността на периода на светене на лампата или звученето на сигнала от високоговорителя. Продължителността на паузите между сигналите се определя от съпротивлението на резисторите R_1 и R_2 .

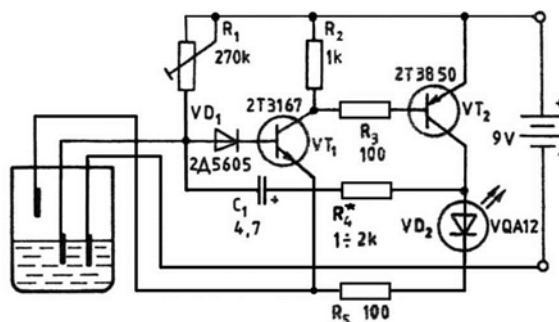
Най-голяма консумация на електрическа енергия има схемата с електрическа лампа, а най-икономична е схемата със светодиоди (фиг. 5.2). Възможностите на втория вариант са разширени с използване на допълнителен електрод. По този начин може да се следи и сигнализира както максимално допустимото ниво на напълване с вода, така и минималното ниво.

Друга схема, удобна за следене напълването на вана с вода, е разгледана на фиг. 5.3. За сигнализация могат да се изберат две нива на напълване на ваната с вода - "долно", когато не се достига до максимално възможното, и "горно", когато се достига до максималното.

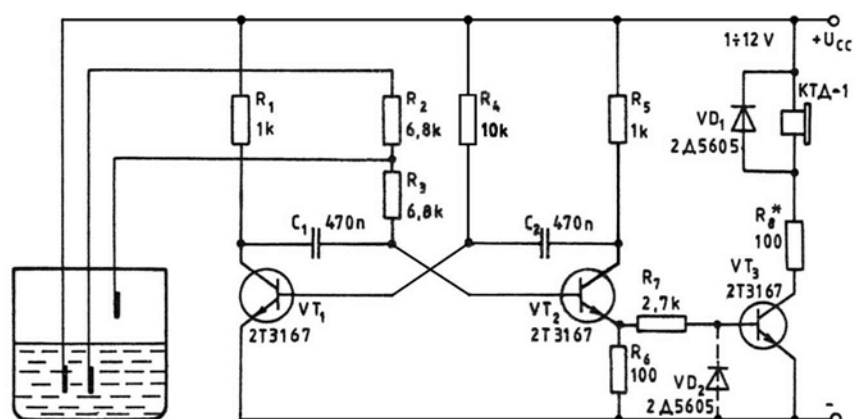
Следенето на нивото на водата във ваната се извършва с помощта на три



◀ Фиг. 5.1



Фиг. 5.2

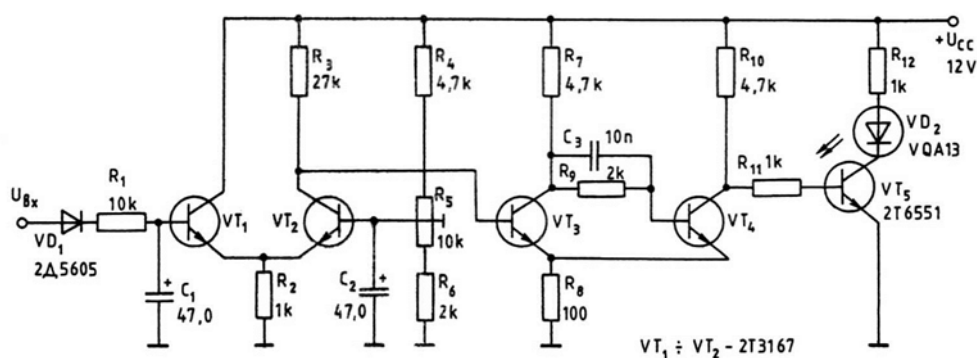


Фиг. 5.3

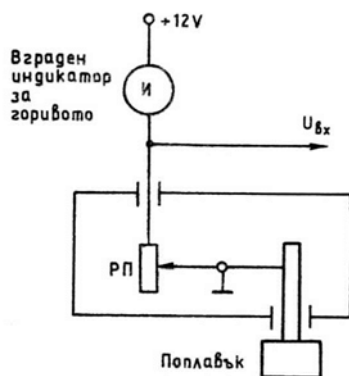
електрода, изработени от парчета меден проводник с дължина по 10 mm всяко. Трите проводника се усукват един към друг, фиксират се към ваната, а краищата им се свързват към електронната схема.

За сигнализиране се използва симетричен мултивибратор. Неговата честота може да се променя в зависимост от съпротивлението във веригата на базата на единия транзистор. Вместо това съпротивление се свързва съпротивлението "вода - електроди", което е от порядъка на 10 k Ω . Получаването на два различни тона за двете различни нива на водата във ваната предполага използването на две различни съпротивления във веригата на базата, които се прибавят към съпротивлението от 10 k Ω . Вместо високоговорител тук успешно може да се използва телефонен капсул тип КТД-1 със съпротивление 260 Ω . Честотата на генерираните трептения се повишава при постепенното напълване на ваната.

Не по-малко важни и полезни за практиката са и устройствата, сигнализиращи изпразването на резервоарите. Пример за такова приложение е сигнализаторът за привършване на горивото в резервоара на автомобила. Обикновено количеството на горивото се сигнализира със стрелкова измервателна система, изнесена на арматурното табло, или от сигнализация, която се включва, когато е останало гориво за около 50 ÷ 60 km. Схемата на устройството е показана на фиг. 5.4. Тя получава входно напрежение $U_{вх}$ от реостата на поплавъка РП (фиг. 5.5), с който се измерва количеството на горивото в резервоара.



Фиг. 5.4



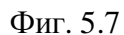
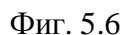
Фиг. 5.5

Първото стъпало представлява диференциален усилвател, изграден с транзисторите VT_1 и VT_2 . На единия му вход (базата на VT_1) се подава входното напрежение U_{bx} , а на другия му вход (базата на VT_2) - напрежението, до което е зареден кондензаторът C_2 . Когато напрежението U_{bx} спадне под определена стойност, при която напрежението на емитерите на транзисторите VT_1 и VT_2 да е по-ниско от това на кондензатора C_2 , транзисторът VT_2 се отпушва и напрежението на колектора му започва да намалява. Когато то падне под праговата стойност на превключване на тригера на Шмит, осъществен с транзисторите VT_3 и VT_4 , последният променя състоянието си. Транзисторът VT_3 , който дотогава е бил запущен, се насища, а VT_4 се запуща. Сега транзисторът VT_5 се отпушва и светодиода VD_2 светва.

Когато резервоарът се напълни с гориво, напрежението U_{bx} нараства дотолкова, че става по-голямо от зададеното с потенциометъра R_5 . Транзисторът VT_2 се запуща, тригерът се превключва. VT_5 се запуща и светодиода VD_2 загасва.

Настройването на устройството се извършва по следния начин. В празен резервоар се налива толкова гориво, колкото е необходимо за изминаване на $50 \div 60$ km-около 5 l. Автомобилът се паркира на равно място. Завърта се плъзгачът на потенциометъра R_5 дотогава, докато индикаторът светне. Долива се гориво и се установява изгасването на индикатора.

Количеството на гориво в резервоара може да се сигнализира с помощта на схемата, показана на фиг. 5.6. Тя съдържа генератор, осъществен с транзистора VT_1 и трансформатора Tr , мостов измервател на капацитет, съставен от елементите C_3 , $R_3 + R_4$, R_5 и паралелната комбинация от R_6 , R_9 , глимлампата EL и



61

цялостното му изпълнение, се извършва по начина, описан в глава 1 (фиг. 1.10). Ако генераторът не заработи, трябва да се разменят изводите на намотките w_1 или w_2 . Честотата на генерираните трептения е от 22 до 25 kHz при амплитуда на изходното напрежение около 2,5 V.

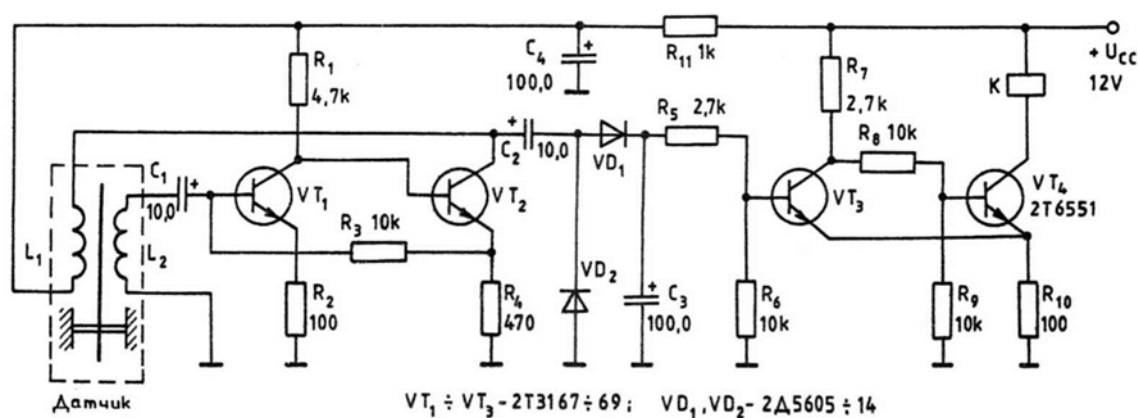
Балансирането на моста се извършва с резистора R_3 при празен резервоар. Тогава изходното напрежение, снето от диагонала на моста и подадено за усилване, е максимално. Към изхода на схемата може да се включи някой от индикаторите, разгледани на фиг. 4.4 или фиг. 4.5. Захранващото напрежение се стабилизира с диода VD_3 . Глимлампата EL предпазва резервоара от самозапалване със статичното електричество. Ако се появи такава опасност, разрядът се извършва в самата лампа.

5.2. СИГНАЛИЗИРАНЕ НАПЪЛВАНЕТО НА ХАМБАРИ И БУНКЕРИ

Сигнализаторът за напълване на бункер със зърно (фиг. 5.8) е предназначен за определяне на зададено ниво. Той съдържа датчик от вибрационен тип, двустъпален усилвател-генератор, детектор и тригер на Шмит.

Датчикът (бобините L_1 и L_2) е така конструиран, че когато през L_1 протича ток, пластинката, намираща се в прозореца между бобините, започва да трепти. Това трептене предизвиква изменение на магнитния поток, в резултат на което се поражда електродвижещо напрежение в бобината L_2 . То се подава на базата на транзистора VT_1 , усилва се от него и постъпва на базата на VT_2 , а оттам в бобината L_1 , предизвиквайки усилване на трептенето на еластичната пластинка. При намаляване на тока в бобината L_1 пластинката се връща обратно под действието на еластичните сили. Когато пластинката се доближава към бобината L_2 , нейната скорост на преместване се намалява. Намалява се и скоростта на изменението на магнитния поток, а това води до понижаване на напрежението на базата на транзистора VT_1 . Тогава намалява силата на електромагнитното привличане, пластинката спира да трепти и в определен момент започва да се връща в изходно състояние. В този момент се променя знакът на напрежението, постъпващо на входа на усилвателя, и пластинката преминава в трептене, като осъществява положителна обратна връзка, превръщайки усилвателя в генератор. Честотата на трептенията на генератора е равна на собствената честота на механичните трептения на пластинката.

Електрическите трептения се изправят от диодите VD_1 и VD_2 и задържат тригера на Шмит (VT_3 и VT_4) в такова състояние, при което транзисторът VT_4 е запушен и



Фиг. 5.8

през бобината на релето К не протича ток. Когато нивото на насипния материал в бункера достигне до мястото, в което е разположен датчикът, трептенията на пластинката се затормозяват, генерациите спират, тригерът на Шмит се задейства и включва изпълнителния механизъм чрез релето К₁.

Датчикът може да се изработи от високоомни слушалки, като се използват бобините заедно с електромагнита. Трептящата пластинка се прави от стоманена лента и има размери 40 x 20 x 0,2 mm. Тя се свързва по механичен начин с мембраната на слушалката и с чувствителния елемент, който представлява метална пръчка с дължина 40 mm и диаметър от 7 до 8 mm. Връзката между тези два детайла е показана на фиг. 5.9.

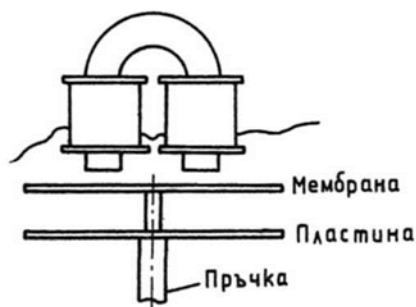
5.3. АВТОМАТИКА ЗА АКВАРИУМИ

Редовното хранене на рибите в аквариум при по-продължително отсъствие на любителя на живата природа може да се осъществи от автоматично устройство, чиято схема е показана на фиг. 5.10.

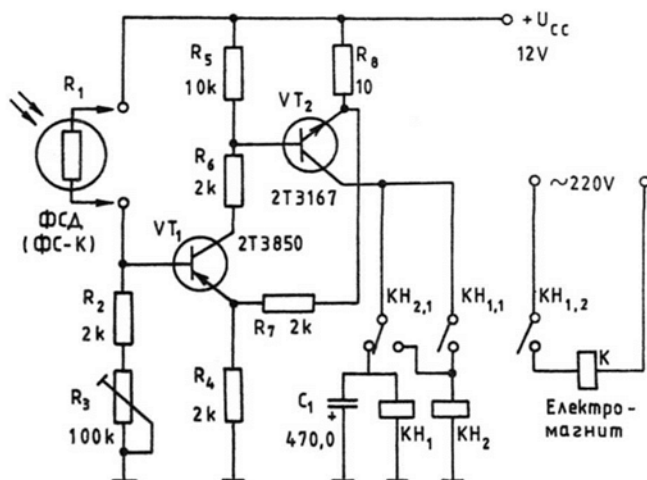
Времето за подаване на храната се задава от чувствителен към светлината датчик (фототранзистор, фотодиод или фоторезистор). Светлочувствителният елемент се монтира близо до прозореца. При настъпване на утрото съпротивлението на фоторезистора намалява, потенциалът на базата на транзистора VT₁ се повишава и последният се отпушва. Заедно с него се отпушва и транзисторът VT₂. Релето КН₁ се задейства. Неговите контакти КН_{1,1} включват бобината на релето КН₂ към транзистора VT₂ и то също се задейства. Контактите му КН_{2,1} изключват релето КН₁ от транзистора VT₂ и блокират неговите контакти КН_{1,1}. Но релето КН₁ не изключва веднага, а след известно време, което се определя от разреждането на кондензатора С₁ през неговата намотка. В продължение на това време през контактите КН_{1,2} към бобината на електромагнита ще се подава напрежение и механизмът, който той управлява, ще изсипва в аквариума необходимата храна за едно денонощие.

При смрачаване съпротивлението на фоторезистора ще нарасне и транзисторите ще се запушат. През намотката на релето КН₂ ще престане да протича ток и автоматът се връща в изходно състояние.

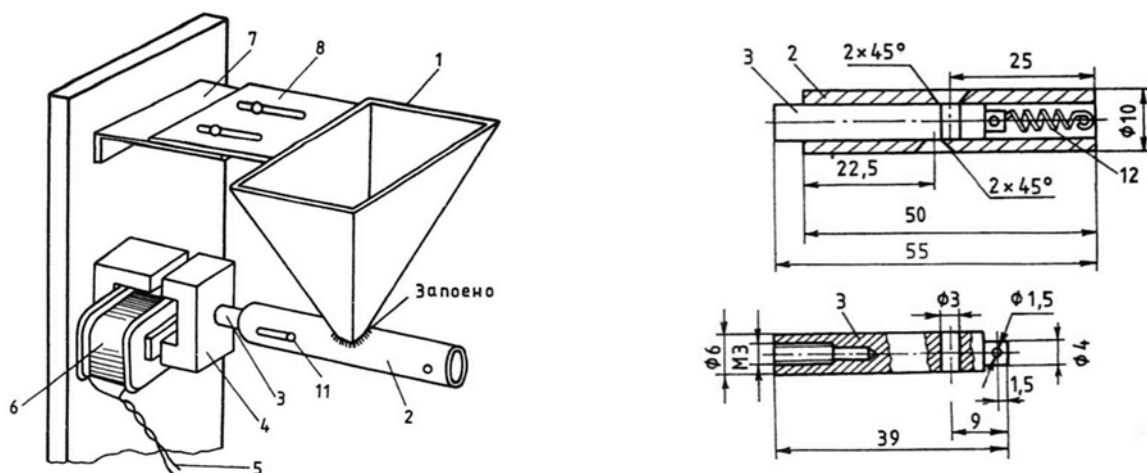
Автоматът се настройва, като фоторезисторът се обръща със светлочувствителния слой към прозореца. Завърта се роторът на тример-потенциометъра до включване на електромагнита. Работата на автомата се проверява с периодично закриване с ръка на светлочувствителния слой. При това релето



Фиг.5.9



Фиг.5.10



Фиг. 5.11

КН₂ трябва да изключва. За препоръчване е настройването да се извърши в облачен ден, с което се гарантира безупречната работа и при ясно време.

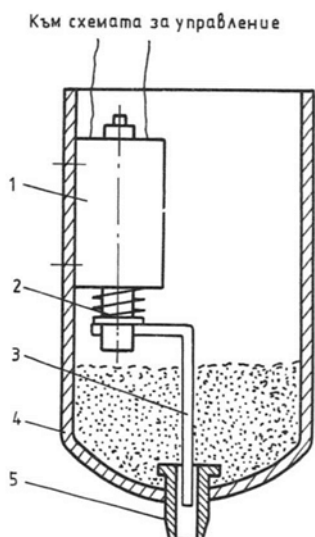
Схема на механичната конструкция на хранилката е показана на фиг. 5.11. Самата хранилка се монтира над аквариума. В бункера 1 се поставя храната. Определена порция от нея, предназначена за изсипване в аквариума, попада в дозатора. Той се състои от цилиндър 2, щифта 3 и котвата 4. Срещу котвата е разположен магнитопроводът на електромагнита 6 с навита бобина 5. Когато се подаде напрежение на последната, котвата заедно с щифта се привлича от магнитопровода и през отвора в цилиндъра на дозатора в аквариума се изсипва една порция храна. При изключване на напрежението, захранващо бобината на електромагнита, котвата заедно с щифта се връща в изходно положение благодарение на пружината 12 и дозаторът подготвя порцията храна за следващия ден.

Бункерът може да се изработи от листов материал - метална ламарина или пластмаса. Към едната от страните му се закрепва държателят 8. Закрепването на последния може да се направи с регулиране, като отворите за болтовете се оформят във вид на канали.

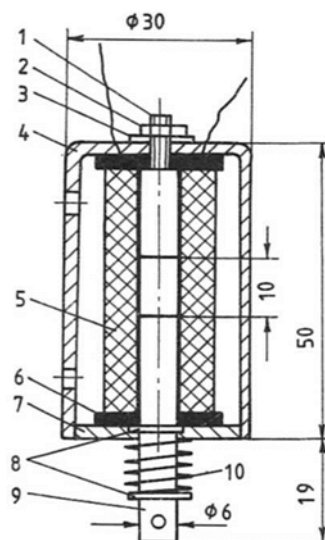
Дозаторът се прави от метал или пластмаса. Цилиндърът 2 се изработва на струг от стомана или месинг. На разстояние 25 mm от единия му край се пробива отвор със свредло 3 mm, на който се прави фрезенк. В него ще постъпва храната от бункера. Цилиндърът се запоява или залепва към бункера така, че този отвор да бъде обърнат към отвора на бункера. Между бункера и цилиндъра не трябва да има преграда. В противоположната страна на цилиндъра успоредно на първия отвор се пробива втори, но на разстояние 22,5 mm от края.

Вътре в цилиндъра се поставя металният щифт 3. На единия му край е нарязана резба М3 за закрепване на котвата, а на другия - отвор за закрепване на пружината 12. На разстояние 9 mm от този край е пробит отвор с диаметър 3 mm, през който храната попада в аквариума. Под ъгъл 90° спрямо него на разстояние 18 mm от противоположния край на щифта е пробит отвор и е нарязана резба М3 за водача 11.

Щифтът се поставя в цилиндъра и се закрепва към пружината. Навиват се водачите. В изходно положение преходното отверстие на щифта трябва да съвпада с горния отвор на цилиндъра, а при преместване наляво - с долния. Когато бункерът е напълнен с храна, част от нея се изсипва в отвора на щифта. При преместване на последния под действие на електромагнита тази порция се изсипва през долния отвор на цилиндъра в аквариума.



Фиг. 5.12



Фиг. 5.13

Електромагнитът се изработва от П- или Ш-образен магнитопровод от трансформатор, с котва от желязо, закрепена към щифта. За създаване на необходимия магнитен поток магнитопроводът трябва да има сечение най-малко 3 cm^2 . В разглежданата конструкция е използван магнитопровод от трансформатор с пластини Ш-20 и дебелина на пакета 20 mm. Разстоянието между магнитопровода и котвата не трябва да надвишава 5 mm.

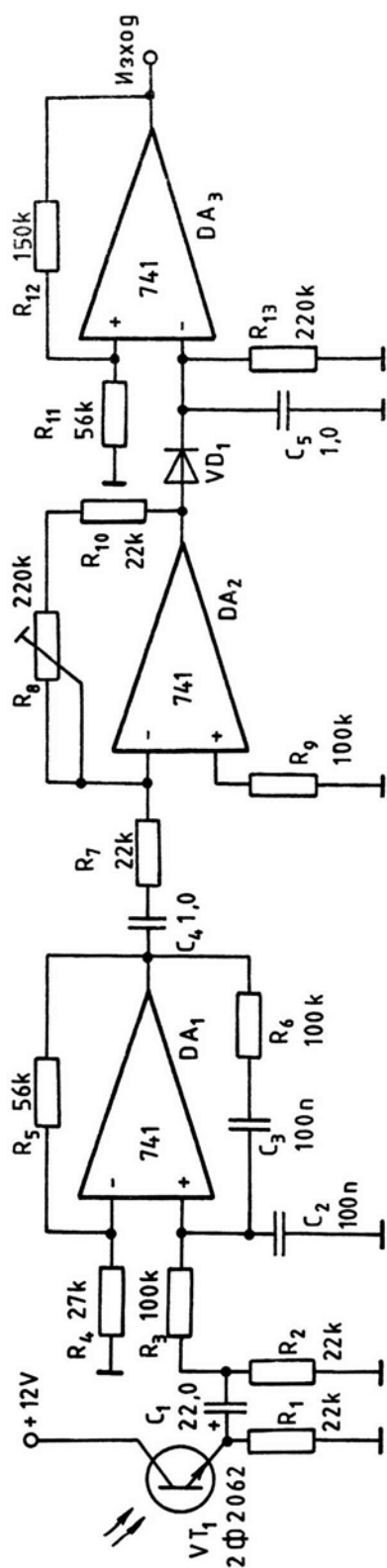
Друга конструкция на дозатор е показана на фиг. 5.12. За изработването му е използван празен балон от аерозолен разпръсквател (напр. дезодорант), електромагнит и парче стоманена тел с диаметър 2 mm и дължина около 100 mm. Дозаторът се състои от следните части: електромагнит 1, пружина 2, щифт 3, бункер 4 и дюза 5. След като се установи, че в балона няма налягане, върху дъното му внимателно с тънък ръчен свредел се пробива отвор, за да излязат остатъците от газовете. Едва тогава корпусът му се разрязва през средата или на разстояние $2/3$ от дюзата. Демонтира се вентилът, като се внимава да не се повреди дюзата. Ако е необходимо, отворът на последната се разширява. Изработва се нов вентил от стоманена или месингова пръчка, който свободно може да се придвижва в отвора на дюзата. Горният край на вентила се огъва на 90° и се закрепва към подвижната котва на електромагнита. На фиг. 5.13 е показана една примерна конструкция на електромагнит. Той съдържа следните части: неподвижен електромагнит 1, гайка 2, шайба 3, корпус 4, бобина 5, ограничител на бобината 6, капачка 7, сцепени шайби 8, котва 9 и пружина 10. Когато се включи напрежение 12 V към изводите на бобината, котвата 9 се привлича нагоре под действието на електромагнита 1, а когато се изключи електрозахранването, котвата се връща в изходно положение под действието на пружината 10. Върху котвата са направени два напречни канала, в които при монтажа се поставя по една сцепена шайба. Последователността на сглобяването е следната. Бобината се поставя в корпуса, като в отвора и се слага електромагнитът и се затяга гайката 2. Монтира се долната (по чертежа) сцепена шайба 8, върху котвата се надява пружината 10, притиска се с металния капак 7 и се закрепва горната сцепена шайба. Така оформеният възел се поставя в корпуса, като котвата внимателно се пъха в отвора на бобината, а металният капак се набива в отвора на корпуса, докато остане неподвижен. Ако пружината е много силна и не позволява движение на котвата при подаване на захранване към бобината на електромагнита,

Управлението на електромагнита се осъществява от разгледаното електронно устройство (вж. фиг. 5.10). Разликата между електрическите схеми на описаните два дозатора се състои в това, че електромагнитът на втората се захранва с постоянен ток.

При устройствата, предназначени да определят или сигнализируют нарушаването на прозрачността на разтвори, се използва фотоелектричен метод. Обикновено се измерва изменението на интензивността на светлината, преминаваща през разтвора. Конкретна схема на такова устройство е показана на фиг. 5.14. За датчик е използван фотодиодът VD_1 . Фототокут се усилва от транзисторите VT_1 , и VT_2 и се измерва от индикатора I . Скалата на последния може да се градуираща в % прозрачност.

Течността преминава през прозрачната тръба, от външната страна на която един срещу друг са монтирани фотодиодът и лампата. За удобство при работата потенциометрите R_1 и R_7 са с ключ и управляват съответно ключовете S_1 и S_2 . При завъртане на оста на потенциометъра R_1 се прекъсва веригата на лампата EL и стрелката на индикатора се нулира, а с помощта на R_7 се включва шунтът R_8 и през индикатора протича ток, който съответства на прозрачността на дестилираната вода.

ФИГ. 5.14



◀ Фиг. 5.15

Прозрачността на разтвора се определя в проценти непосредствено по скалата на уреда, а мътността - като разлика между 100% и показанието на индикатора.

Друга схема, която се използва за сигнализиране на горенето на масла или газ, е показана на фиг. 5.15. При нея се използва фактът, че при горенето на масла или газ се получава мигане на светлината с честота от 1 Hz до 20 Hz.

Устройството съдържа фотодатчик VT_1 , лентов филтър, усилвател DA_1 , усилвател DA_2 , детектор VD_1 и тригер на Шмит DA_3 . За фотодатчик може да се използва фотодиод или фототранзистор. Диференциращата група R_2C_1 не позволява бавните промени на светлината да въздействат на устройството.

Изискванията за стръмност на лентовия филтър се поставят само от страната на високите честоти. Преди детектора се свързва усилвателят DA_2 , с което се подобрява чувствителността на устройството. VD_1 е свързан по обикновена схема на амплитуден детектор, тъй като към него не се предявяват специални изисквания. При първоначалната настройка е възможно да се използват тример-потенциометри вместо резисторите R_1 и R_9 . Изходът на тригера на Шмит може да се свърже в схема за управление на светлинен или звуков индикатор.

6. РЕЛЕТА

6.1. ЕЛЕКТРОННИ РЕЛЕТА

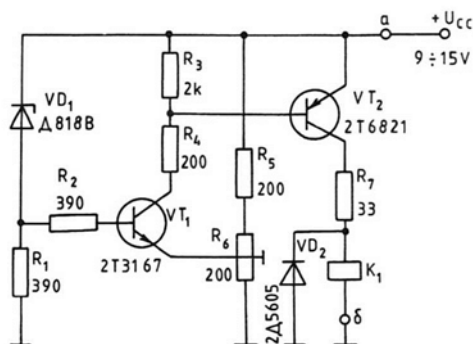
Едни от най-разпространените автоматични устройства са електронните релета. С тях се включват и изключват консуматори на електрическа енергия през определен интервал от време. Интервалите се определят и задават от прости RC-вериги. Независимо от това, че имат незадоволителна точност, поради простотата и сигурността им те се използват широко в практиката.

Според характера на времезадаването се различават два вида релета за време - зарядни и разрядни. При малки времена на задържане тези два типа по принцип не се различават. Когато времената на задържане са по-големи, се използват релета от типа "разряден". Това е така, защото голямото времезадържане може да се осигури или с увеличаване на капацитета на кондензатора, или с намаляване на зарядния или разрядния ток. Значителното увеличаване на капацитета на кондензатора е нецелесъобразно поради уголемяване на размерите на апаратурата. Затова се препоръчва намаляване на зарядния (разрядния) ток, което не винаги е възможно, защото електролитните кондензатори, използвани като времезадаващи елементи, имат сравнително големи утечни токове, които нарастват с повишаване на напрежението. От друга страна, намаляването на зарядния ток до тока на утечката предоставя възможност да се зареди кондензаторът до пълното напрежение. При това напрежението на кондензатора се повишава, докато зарядният ток стане равен на утечния. В релетата за време, построени на принципа на разряда на кондензатора, такъв проблем не съществува, защото кондензаторът се зарежда до пълното напрежение с по-голям ток.

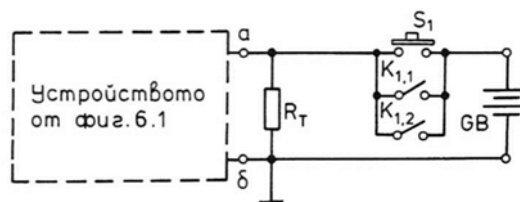
В устройствата на автоматиката е целесъобразно да се използват релета за време както с малки, така и с големи времена на задържане.

Електронно реле с малък хистерезис е показано на фиг. 6.1. Електромеханичното реле K_1 е изпълнителен механизъм, свързан с изхода на електронната схема. Характерна особеност на устройството е, че релето се задейства при ток, значително по-голям от тока на отпускане.

Схемата съдържа постояннотоков усилвател, осъществен с транзисторите VT_1 и VT_2 . Към входа на този усилвател е свързан резисторът R_1 , който влиза в параметричния стабилизатор, изпълнен с диода VD_1 . При определена големина на захранващото напрежение U_{CC} спадът на напрежението върху този резистор е достатъчен за отпушване както на транзистора VT_1 , така и на VT_2 . Точно в този момент се задейства и релето K_1 . Неговите контакти $K_{1.1}$ могат да включат светлинен, звуков или друг сигнализатор или верига. Ако захранващото напрежение намалее, спадът върху резистора R_1 също



Фиг. 6.1



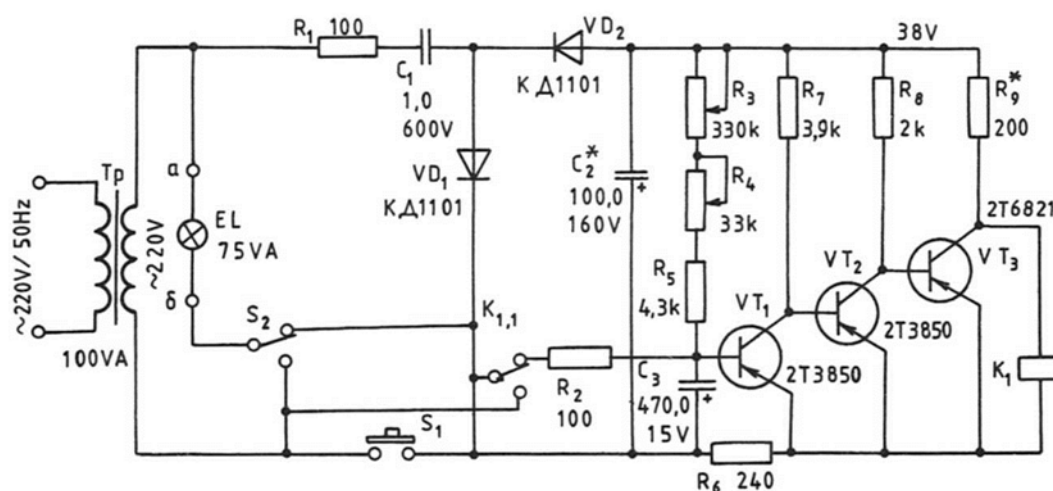
Фиг. 6.2

намалява и релето K_1 ще се върне в изходно състояние. Прагът на задействане на релето може да се променя при изменение на захранващото напрежение в границите от 9 до 15 V с помощта на потенциометъра R_1 . Диодът VD_2 предпазва транзистора VT_2 от напрежението на самоиндукцията, възникващо поради наличието на индуктивен товар (бобината на релето K_1) в колекторната верига. Релето може да се използва за различни цели, например за автоматично поддържане на температурата в аквариума, ако резисторът R_5 се замени с терморезистор ММТ-13 със съпротивление 360 Ω . За целта последният трябва да се постави в меден цилиндър, за да се изолират изводите му, а свободното пространство в цилиндъра се запълва със силиконова паста. Тези мерки са необходими, тъй като терморезисторът не трябва да се мокри, а същевременно средата, в която е разположен, трябва да притежава добра топлопроводност.

Нормално отворените контакти на релето K_1 свързват захранващото напрежение на нагревателя за затопляне на водата. При понижаване на температурата във ваната съпротивлението на терморезистора ще се увеличи. Напрежението на емитера на транзистора VT_1 ще намалее. Транзисторите ще се отпушат и релето K_1 ще включи. Неговите контакти ще подадат електрозахранване на нагревателя на водата в аквариума. Точността на поддържане на температурата ще зависи от масата на водата, мощността на нагревателя, температурата на водата и др. Инерционността на релето може да се сведе до части от градуса. За нагревател на водата е възможно да се използва и електрическа лампа, разположена близо до аквариума. Мощността на нагревателя не трябва да надвишава 300 W.

Друг пример за приложение на устройството може да бъде контролирането на зареждането на акумулаторна батерия. Това се налага при определяне капацитета на батерията или при цикличното ѝ зареждане и разреждане (например при възстановяване на сулфатизирани акумулатори). Схемата е показана на фиг. 6.2. Тя се включва към акумулаторната батерия чрез бутона S_1 , шунтиран с контактите на релето $K_{1,1}$ и $K_{1,2}$. При натискане на бутона S_1 релето K_1 се задейства и започва процесът на разреждане на батерията през товарния резистор R_T . Когато напрежението на изводите на батерията намалее до 10,5 V, релето ще изключи и неговите контакти ще прекъснат връзката на батерията с товара.

Реле за време с три транзистора и захранване с разделителен трансформатор е показано на фиг. 6.3. Схемата съдържа времезадаваща група, образувана от елементите



Фиг. 6.3

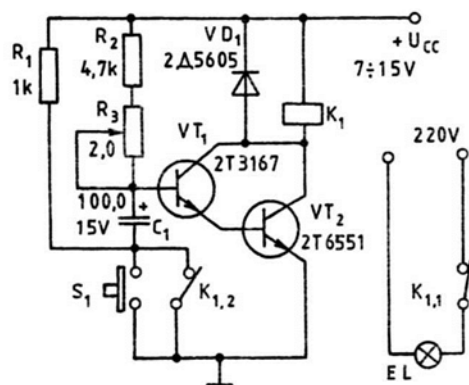
R_3 , R_4 , R_5 и C_3 , електронен ключ, съставен от транзисторите VT_1 , VT_2 и VT_3 , електромеханично реле K_1 , лампа EL , която се захранва през контактите $K_{1.1}$. Релето може да намери приложение във фотолюбителска лаборатория - за включване и изключване на фотоувеличителя при копиране на снимки. На схемата е отразено изходното състояние на релето. За пускането му в действие е необходимо да се натисне бутонът S_1 . Напрежението от вторичната намотка на трансформатора Tr през ограничителния резистор R_1 и кондензатора C_1 постъпва на токоизправителя, съставен от диодите VD_1 и VD_2 . След изправяне то се филтрира от кондензатора C_2 . Резисторът R_1 ограничава пусковия токов импулс и по този начин предпазва диодите VD_1 и VD_2 . Напрежението върху кондензатора C_2 съществено зависи от товарното съпротивление и когато токоизправителят работи на празен ход, може да достигне до 600 V. С повишаването на това напрежение се увеличава токът през товара, който е съставен от последователно свързаните резистори R_9 и R_6 и бобината на релето K_1 . При определено напрежение релето K_1 се задейства, неговите контакти $K_{1.1}$ блокират бутона S_1 и едновременно с това изключват левия (по схемата) извод на резистора R_2 от плюсовия извод на кондензатора C_3 . Последният веднага започва да се зарежда през резисторите R_3 , R_4 , и R_5 . Когато напрежението на неговите изводи превиши спада върху резистора R_6 , транзисторът VT_1 ще се отпусти, VT_2 ще се запуши, а VT_3 ще се отпусти. Вътрешното съпротивление на последния ще намалее, а това ще доведе до шунтиране на намотката на релето K_1 . То ще се върне в изходно състояние, при което се прекъсва веригата през контактите $K_{1.1}$. В резултат лампата EL и релето се оказват изключени от захранването, а кондензаторът C_3 започва да се зарежда през резистора R_2 .

Продължителността на това зареждане зависи от капацитета на кондензатора C_3 , от съпротивлението на резисторите R_3 , R_4 , R_5 и големината на захранващото напрежение. Следователно при повишаване на мрежовото напрежение би трябвало да се намали времето на заряда. Но това не става, защото нараства токът през товара, а заедно с него и спадът върху резистора R_6 .

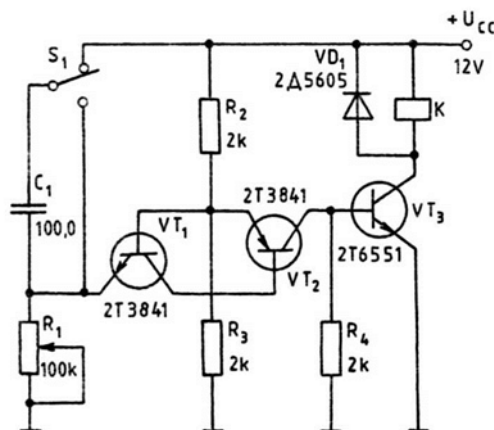
Когато плъзгачите на потенциометрите R_3 и R_4 се намират в долното (по схемата) положение, в зарядната верига остава само резисторът R_5 и времето на задържане е 1 s. При преместване на плъзгача на потенциометъра R_4 това време може да се променя от 1 s до 9 s, а при преместване на плъзгача на потенциометъра R_3 (при плъзгач на R_4 в долното по схемата положение) времето се променя от 1 s до 60 s.

Настройването на релето изисква особено внимание, тъй като напрежението на входа му е 220 V. Всички работи по релето трябва да се извършват при изваден от контакта захранващ щепсел. Най-напред се свързва с парче проводник левият (по схемата) извод на резистора R_2 с плюсовия край на кондензатора C_3 , свързват се накъсо контактите на бутона S_1 , както и емитерът с колектора на транзистора VT_2 . Включва се мрежовият шнур в контакта и се измерва напрежението на изводите на кондензатора C_2 . То трябва да бъде около $38\text{ V} \pm 20\%$. Тази стойност се постига чрез подбор на капацитета на кондензатора C_1 .

След това последователно на бобината на релето K_1 се свързва милиамперметър и се измерва токът в тази верига. Той трябва да бъде равен или близък до тока на задействане на релето, а спадът на напрежението върху резистора R_6 трябва да бъде 12 V. Изпълнението на тези две условия се постига с подбор на резистора R_9 . След това проводникът, с който е бил шунтиран транзисторът VT_2 , се премества по същия начин върху VT_1 . При това токът през релето трябва да намалее почти до нула, което е гаранция, че транзисторът VT_3 сигурно е отпущен. Ако токът през бобината на релето намалява, но котвата все още не се отпуска, необходимо е да се намали съпротивлението на резистора R_9 .



Фиг. 6.4



Фиг. 6.5

След това се премахва шунтът през транзистора VT_1 . За работоспособността на релето се съди по измервания ток през бобината му и по положението на котвата. Ако релето не отпуска, а токът през бобината не се променя значително, тогава се изменя съпротивлението на резистора R_7 или се подбира друг транзистор VT_2 с по-голям коефициент на усилване по ток.

След тези настройки се премахват всички окъсяващи проводници и към буксите *a* и *b* на автомата се включва настолна лампа с мощност на крушката, не по-голяма от 75 VA. Плъзгачите на потенциометрите R_3 и R_4 се поставят в горното по схемата положение. При натискане на бутона S_1 релето трябва да се задейства и лампата да светне. След известно време ($2 \div 3$ min) лампата трябва да угасне. Ако това не стане, автоматът се изключва от мрежата, паралелно на кондензатора C_3 се свързва електронен волтметър, включва се автоматът и се натиска бутонът. Увеличението на напрежението върху кондензатора се измерва с волтметъра. Ако при максималното напрежение на кондензатора автоматът не се задейства, трябва да се премери спадът върху резистора R_6 . Ако напрежението върху кондензатора е по-малко от това върху резистора, последният трябва да се подмени с такъв, напрежението върху който при окъсен C_3 е по-малко от това на заредения кондензатор.

Градуирането на скалата на потенциометрите се извършва с помощта на секундомер.

Схема на реле за време с постояннотоков усилвател и време на задържане до 180 s е показано на фиг. 6.4. Постояннотоковият усилвател е съставен от транзисторите VT_1 и VT_2 . Той се характеризира с повишено входно съпротивление и висок коефициент на усилване.

При включване на захранването базата на транзистора VT_1 получава положителен потенциал през резисторите R_2 и R_3 , двата транзистора се отпушват и релето K_1 се задейства. Контактите му $K_{1,1}$ изключват от мрежата лампата EL , а $K_{1,2}$ деблокират бутона S_1 . Кондензаторът C_1 започва да се зарежда през резистора R_1 и емитерния преход на транзисторите. Пускането на автомата в действие се осъществява с натискане на бутона S_1 . Кондензаторът C_1 се оказва включен към емитерния преход на съставния транзистор и последният се запуща. Релето K_1 се отпуска и контактите му $K_{1,1}$ и $K_{1,2}$ се затварят, в резултат на което се включва лампата EL и се блокират контактите на бутона S_1 . Кондензаторът C_1 започва да се разрежда. Продължителността на разреждането му се определя от съпротивлението на потенциометъра R_3 . Когато кондензаторът се разрежи, на базата на съставния транзистор отново се появява положителен потенциал,

релето K_1 се задейства и изключва лампата EL . Настройването на релето се свежда до градуиране на скалата на потенциометъра R_3 . Отчитането на времето се извършва със секундомер, а за индикатор на включванията може да се използва настолна лампа.

Друга схема на електронно реле за време е показана на фиг. 6.5. Тя се характеризира с това, че транзисторите VT_1 и VT_2 са свързани като еднопреходен транзистор. Прагът на задействане на последния се определя от съпротивлението на резисторите R_2 и R_3 . Времето на задържане може да се регулира плавно с потенциометъра R_1 .

При натискане на бутона S_1 кондензаторът C_1 се разрежда. Когато бутонът бъде отпуснат, кондензаторът C_1 се зарежда и потенциалът на емитера на транзистора VT_1 нараства, така че той се запушва. Заедно с него се запушват и останалите два транзистора и релето K изключва. Времето за зареждане на кондензатора C_1 се определя от съпротивлението на потенциометъра R_1 и от разположението на неговия плъзгач и може да бъде в границите от 1 до 10 s.

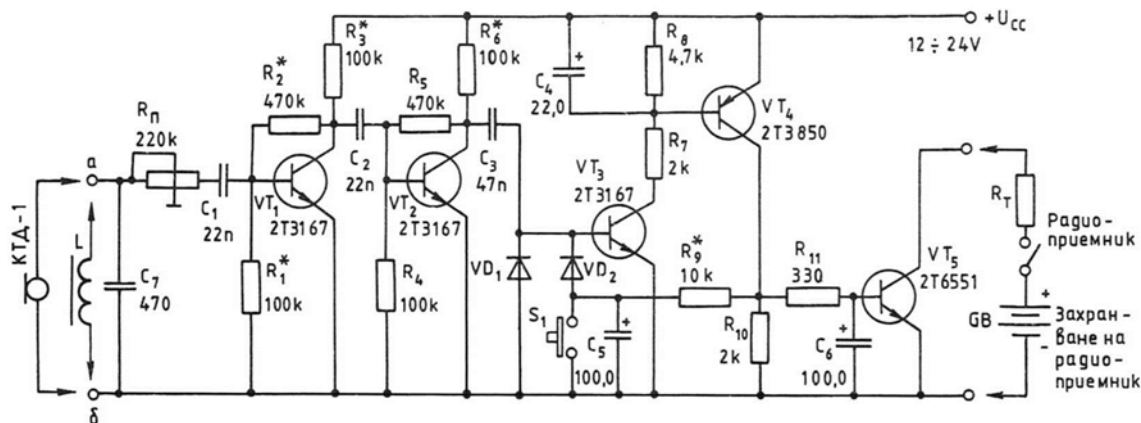
Настройването на релето се свежда до определяне на времето на задействане (с подбор на кондензатора C_1) и градуиране скалата на потенциометъра. В зависимост от целите, за които релето се конструира, могат да се използват както нормално отворените, така и нормално затворените му контакти.

6.2. ПРЕВКЛЮЧАЩИ АВТОМАТИ С АКУСТИЧНО, ИНДУКТИВНО И СВЕТЛИННО УПРАВЛЕНИЕ

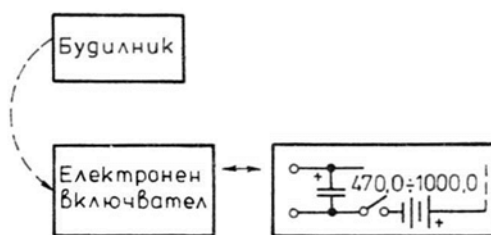
Разглежданите превключващи автомати са предназначени за управление на различни битови уреди.

Например акустичният автомат от фиг. 6.6 осигурява връзката между будилника и радиоприемника, без да се променя конструкцията на единия или на другия.

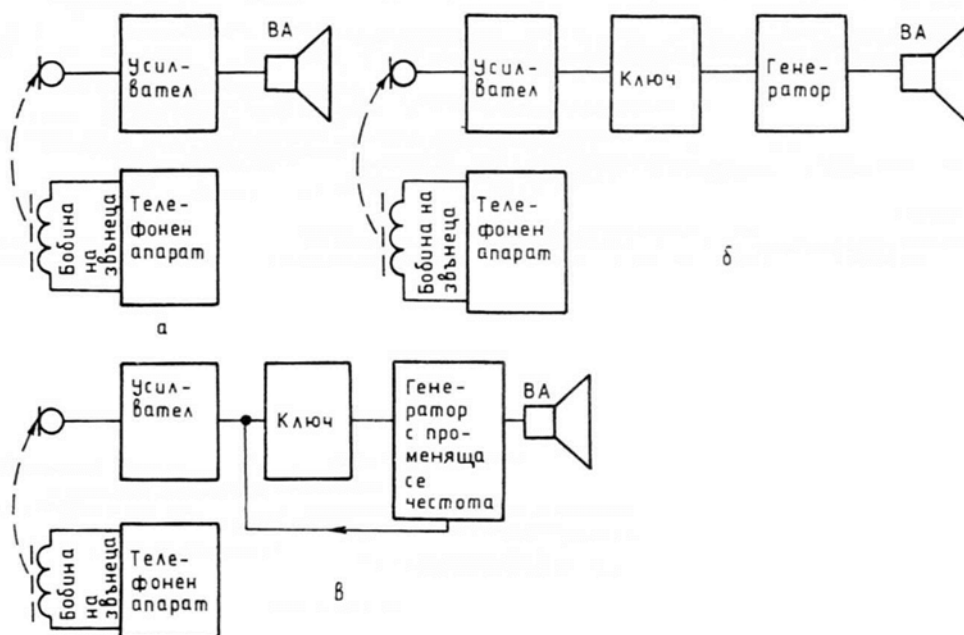
Изходът на автомата се свързва последователно на захранването на радиоприемника. Самият автомат се разполага близо до будилника. В зависимост от типа на будилника могат да се използват два вида датчици за сигнал: телефонен капсул КТД-1 или бобина с феромагнитно ядро. В първия случай се осъществява акустична връзка с обикновен будилник чрез телефонния капсул, изпълняващ ролята на микрофон. Във втория случай будилникът е електронен и излъчва звуков сигнал, изработван от



Фиг. 6.6



Фиг. 6.7



Фиг. 6.8

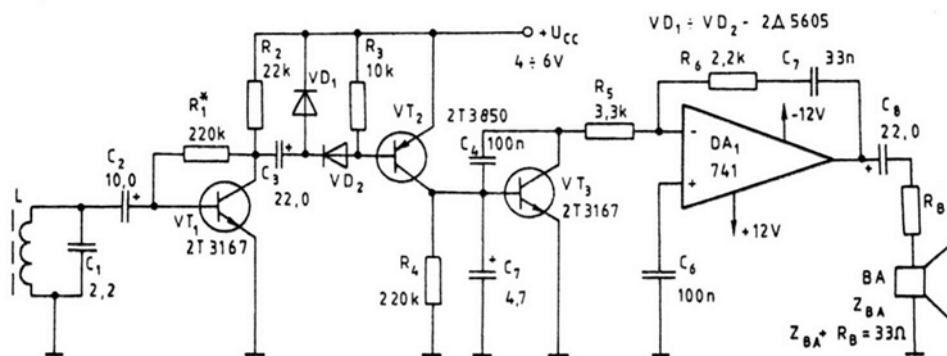
специален вграден генератор. Връзката се осъществява по индуктивен принцип между излъчвателя и приемника.

Схемата притежава задържане по време и след задействането, така че радиоприемникът остава включен и след прекъсване на звъненето на будилника. Изключването на автомата се извършва с натискане на бутона стоп S_1 .

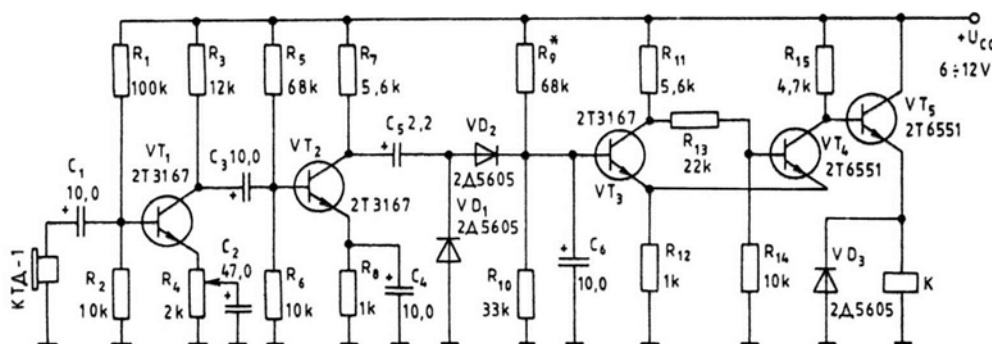
Устройството има входни букси a и b , към които се включва един от двата датчика. Бобината се навива върху феритна пръчка с диаметър от 8 до 10 mm. Тя съдържа 1000 навивки от проводник ПЕЛ 0,3.

Постъпилият от датчика сигнал се усилва от първите две стъпала, изградени с транзисторите VT_1 и VT_2 . Диодите VD_1 и VD_2 изправят този сигнал, след което положителните полуълни се подават за управление на следващото стъпало, съставено от транзисторите VT_3 и VT_4 . Предпазването на входа на това стъпало от късо съединение по променлив ток се осъществява с отрицателната обратна връзка, реализирана с резистора R_9 .

Настройването на автомата се извършва, като вместо резистора R_T се свърже лампа за напрежение от 3,5 до 6,3 V и ток $200 \div 500$ mA. Тя остава включена и свети дотогава, докато на изхода на усилвателя има достатъчно по амплитуда променливо напрежение. Кондензаторите C_5 и C_6 се поставят за увеличаване на само задържането на изходното стъпало. Лампата се гаси с натискане на бутона S_1 . Когато устройството се захранва с напрежение, по-голямо от 2 V, резисторът в обратната връзка R_9



Фиг. 6.9



Фиг. 6.10

трябва да е по-високоомен, а при захранващо напрежение над $4 \div 12V$ този резистор може напълно да се премахне.

Безконтактно включване на портативен транзисторен радиоприемник от сигнал, излъчван от електронен часовник-будилник, е показано на структурната схема от фиг. 6.7. Будилникът и автоматът са разположени на малко разстояние един от друг. След задействане на будилника включвателят подава захранване на радиоприемника, който предварително е настроен на някоя радиостанция. Предвидено е закъснение от $2 \div 3$ s за включване на радиоприемника, за да се предотврати въздействието на приемника върху електронния включвател. Това е осъществено с шунтиране на изходния транзистор с кондензатор с капацитет от 470 до 1000 μF . Електронната схема на включвателя може да бъде като описаната на фиг. 6.6.

Структурните схеми на устройство за подаване на вторичен телефонен сигнал в три варианта са показани на фиг. 6.8. Такива устройства са много полезни, когато жилището е голямо или е акустично неблагоприятно устроено и звънецът на телефонния апарат не може да бъде чул от всички помещения. Решаването на проблема се постига с разнесени в отделните помещения високоговорители и с осигуряване на мелодичност на излъчените от тях сигнали. Основната трудност в този случай е предаването на сигнала от телефонния апарат на сигналното устройство, защото отварянето на телефона и свързването на проводници към него не се допуска. Затова единствено възможните варианти са акустичната или индуктивната връзка. Тези методи не са лишени от недостатъци. Например акустичната връзка изисква наличието на звуков източник от

телефонния апарат, при това без да се влияе от други източници на звук или шум.

Разглежданите варианти на автоматични включватели на звук се характеризират със следното. Вариант *a* не се нуждае от пояснение, тъй като при него телефонният апарат чрез звука от звънеца предизвиква включване на друго устройство, излъчващо звук. Вариантите *б* и *в* се различават един от друг по начина на сигнализиране. Докато устройството от фиг. 6.8 *б* генерира звуков сигнал само в такт с телефонните позвънявания, а в паузите "мълчи", то това от вариант *в* излъчва непрекъснат звуков сигнал със сила, пропорционална на силата на звъненето.

Сигналът, получен от изхода на микрофона или бобината за връзка, е от порядъка на няколко десетки mV и се нуждае от предварително усилване. Такава схема на усилвателно устройство е разгледана на фиг. 6.9.

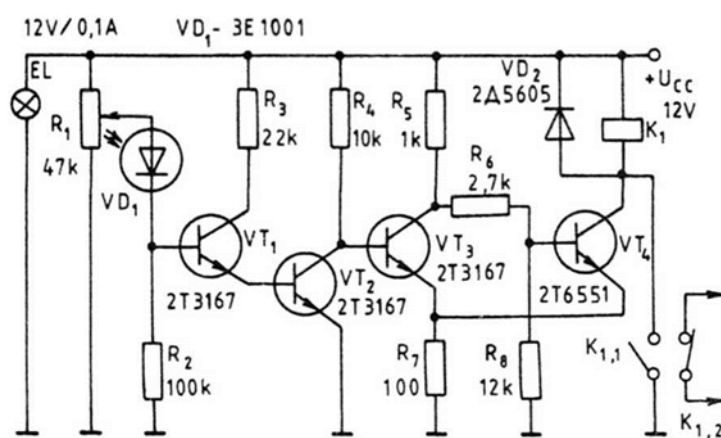
Тя съдържа датчик - бобината L, едностъпален усилвател, изпълнен с транзистора VT₁, детектор с удвояване на напрежението - с диодите VD₁ и VD₂, постояннотоков усилвател - с транзисторите VT₂ и VT₃, и управляван звуков генератор - с интегралната схема DA₁.

Когато телефонният апарат започне да звъни, около него се създава електромагнитно поле, независимо колко голяма е силата на звъненето. Това поле се възприема от близко разположената бобина L и във вид на електрически трептения с малка амплитуда постъпва за усилване в първото стъпало на устройството. Усиленият и удвоен от детектора сигнал отпуща постояннотоковия усилвател VT₃ и по този начин се осъществява положителна обратна връзка, съдържаща транзистора VT₃ и резистора R₅. Самият генератор е реализиран с интегралната схема. Към изхода на тази схема е включен високоговорителят ВА.

Акустичното реле, чиято схема е показана на фиг. 6.10, може да намери приложение за автоматичното изключване на магнетофона по време на паузите, за изключване на телевизионния приемник след спиране на програмата и др.

Схемата съдържа предусилвателно стъпало, осъществено с транзисторите VT₁ и VT₂, тригера на Шмит - с транзисторите VT₃ и VT₄, и релето K, свързано към емитера на крайния транзистор VT₅.

Чувствителността на устройството се регулира с промяната на дълбочината на отрицателната обратна връзка по променлив ток чрез потенциометъра R₁. В изходно състояние (когато липсва входен сигнал) транзисторите VT₃ и VT₅ са запущени, а VT₄ - отпушен. В емитерната верига на VT₅ ток не тече и релето K не се задейства. Появилният се звуков сигнал се възприема от микрофона, усилва се от транзисторите VT₁ и VT₂,



Фиг. 6.11

детектира се от диодите VD_1 и VD_2 и се подава на входа на тригера на Шмит. Транзисторът VT_4 се запуща, VT_5 се отпушва и релето K се задейства. Контактите на това реле могат да се използват за включване или изключване на друг апарат или машина.

Автоматичните устройства с фоторелета също намират широко приложение за целите на управлението и сигнализацията. Един пример на фотореле, използвано за спиране на магнетофон, който няма вграден автоматичен стоп при свършване на лентата или при маркиране на зададено място от нея, е показан на фиг. 6.11.

Фоторелето се състои от постояннотоков усилвател, изграден с транзисторите VT_1 и VT_2 . На неговия вход постъпва сигнал от фотодиода VD_1 . Крайното стъпало представлява тригер на Шмит, осъществен с транзисторите VT_3 и VT_4 . В колекторната верига на транзистора VT_4 е включено релето K_1 . Неговите контакти включват или изключват лентодвижещия механизъм на магнетофона.

Фотодатчикът се състои от лампата EL и фотодиода VD_1 . Тези два елемента са монтирани един над друг върху парче от пластмаса, така че върху фотодиода да пада само отразената от обекта светлина.

При движение на лентата пред датчика транзисторите VT_1 , VT_2 и VT_4 са запущени, а VT_3 - отпушен. Контактите на релето K_1 се намират в положението, показано на схемата. При скъсване на лентата или при преминаване пред лампата EL на прозрачен или бял участък от нея отразената светлина попада на фотодиода, транзисторите VT_1 и VT_2 се отпушват и тригерът на Шмит променя състоянието си. Тогава транзисторът VT_3 се запуща, а VT_4 се отпушва. В резултат релето K_1 се задейства. Контактите му $K_{1.1}$ блокират захранващата верига, а $K_{1.2}$ прекъсват електрозахранването на мотора или на електромагнита на притискащата ролка.

Настройването на релето се извършва с регулиране на режима на транзистора VT_1 с помощта на тример-потенциометъра R_1 .

7. УСТРОЙСТВА ЗА СИГНАЛИЗАЦИЯ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ОХРАНА

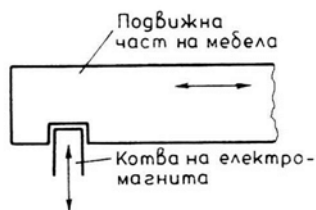
7.1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Електронните ключалки се използват най-често за заключване на чекмеджета, врати на автомобили, шкафови, бюра, библиотеки и др.

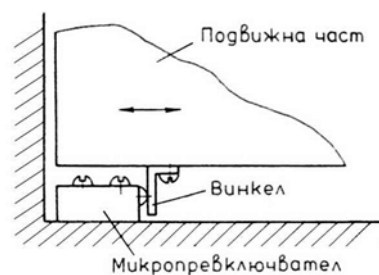
При някои електронни ключалки е създадена възможност за дистанционно програмиране. Други могат да излъчват звук при злоумишлено отключване. Основното предимство на електронните ключалки е, че могат да бъдат програмирани и в това отношение техните възможности са безгранични.

Електронните ключалки могат да се повреждат както обикновените брави и ключове. В такива случаи, ако не е предвидена деблокировка на електрониката, бравата може да се отвори само със сила. Обикновено електронната брава се комбинира с механичната по такъв начин, че при превъртане на механичния ключ и подаване на тока за отварянето се осигурява освобождаване на "езичето" на бравата, т. е. двете брави действат паралелно. Съществуват конструкции и с последователно действие.

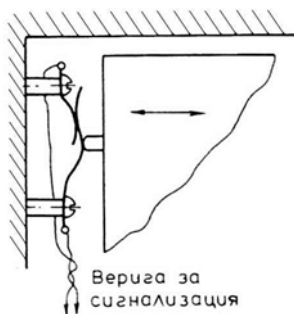
Основното правило при монтажа на електронните или електромеханичните брави е да се поставят от вътрешната страна на помещението и да могат да се отворят без особени проблеми при прекъсване на електрозахранването или по друга причина.



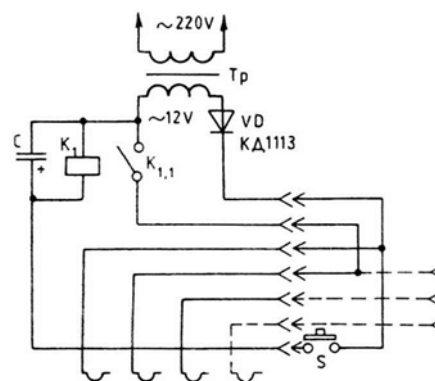
Фиг. 7.1



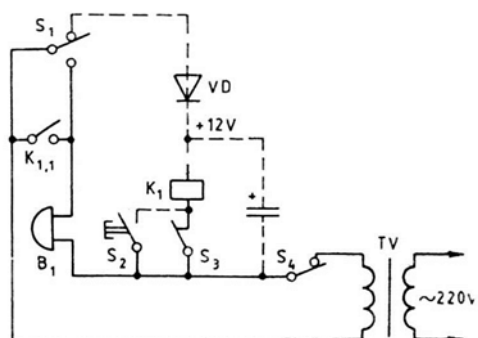
Фиг. 7.2



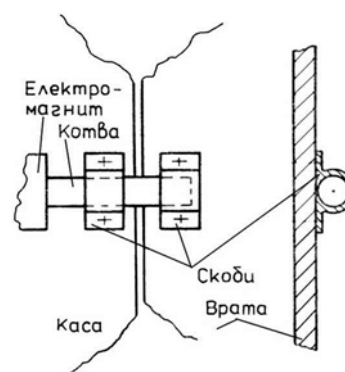
Фиг. 7.3



Фиг. 7.4



Фиг. 7.5



Фиг. 7.6

При използване на електромагнит в качеството на "език" за заключване трябва да се създаде възможност за лесното му деблокиране по всяко време. Това се постига със закрепване към него на специален щифт, който е достъпен, без да се налага допълнително разглобяване.

7.2. ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ БРАВИ

Заклучването на бюрата, шкафовете и масите в домашни условия много често е необходимо, за да се предпазят те от любопитството на децата. Като правило тези брави

се конструират с минимално изменение на конструкцията на мебелите. По желание могат да се комбинират с устройство, излъчващо звуков сигнал. Основен възел на ключалките е електромагнитът, разгледан на фиг. 5.11, или този от фиг. 5.13.

Електрозахранването се поставя близо до мебела или под него. Включването се извършва с бутон, който е скрит.

Един пример за монтаж на електромеханична ключалка към мебел е показан на фиг. 7.1. Вграждането на микропревключватели (фиг. 7.2, фиг. 7.3 и фиг. 7.5) позволява да се включва алармен сигнал (звук или светлина) при отваряне на вратата. Схемата от фиг. 7.4 е с повишена сигурност. Тя притежава няколко кодиращи контакта и верига за сигнализация. Известно усложняване на тази схема е показано на фиг. 7.5. При нея S_1 е микропревключвател, S_4 - ключ, задействащ се при отваряне, S_2 - бутон за изключване на алармения сигнал след затваряне на вратата, а S_3 - самоблокиращ се контакт за подаване на продължителен сигнал. Схемата е показана в режим на покой.

Описаните конструкции могат да се използват за усъвършенстване на обикновените брави, монтирани на вратите на жилищата, при условие че се осигури отваряне и деблокиране на автоматиката отвътре.

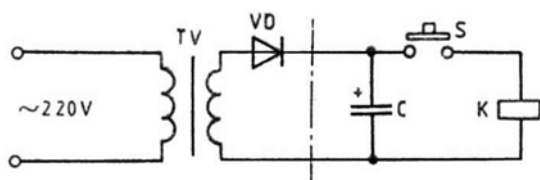
Електромагнитът, който беше разгледан, не е в състояние в този случай да поеме механичното усилие, което се прилага върху него. Необходимо е следователно да се поставят усиливащи детайли, които да поемат повишеното натоварване върху котвата. Най-лесният начин за решаването на тази задача е използването на подходящи скоби, монтирани на касата и на вратата (фиг. 7.6), които поемат главното усилие и освобождават котвата от претоварването.

7.3. ЕЛЕКТРОННИ КЛЮЧАЛКИ С РЕЗОНАНСНИ КРЪГОВЕ

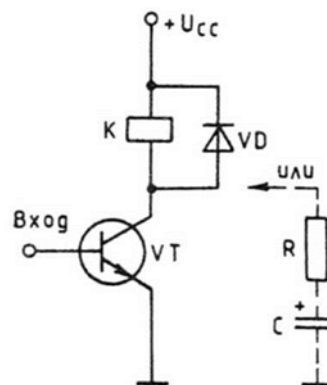
Електромеханичните ключалки могат да се преработят в електронни, когато или бутонът (фиг. 7.7), или неговото привеждане в действие се извършва от електронно устройство. Ролята на бутона S може да се изпълнява от контакт на реле, управлявано от транзистор. Ако командата за управление на релето постъпва чрез схема за кодиране, свързана с него само с контакти, става дума за електромеханична ключалка.

Ако сигналът за управление на бобината на електромагнита се формира от транзистор, необходимо е да се вземат предпазни мерки за защита на последния от пробив. Това се осъществява от диод или развързващ резистор за ограничаване на тока (вж. фиг. 7.8).

Най-простата електронна ключалка има директно подаване на сигнала за отключване (фиг. 7.9).



Фиг. 7.7



Фиг. 7.8 ►

Променливото напрежение постъпва на базата на транзистора VT₂ през кондензатора C₄. В случай че неговата честота съвпадне с резонансната честота на кръга L₁C₅, свързан между базата и колектора на същия транзистор, в този кръг възникват трептения. Върху колектора на VT₂ се появява много малък сигнал поради отсъствие на преднапрежение на базата му. Обратната връзка, осъществена с кондензатора C₆, подава на базата на VT₂ изправените от диода VD₅ положителни полуълни на този сигнал. В резултат усилването нараства, на изхода на резонансния кръг напрежението се повишава и колекторният ток на транзистора VT₂ става достатъчен за отпушването на транзистора VT₃ и задействането на релето К.

Управлението на устройството може да се осъществи и директно, като от нискочестотен генератор през кондензатора C₄ се подава напрежение с ниска честота.

Входната част на устройството работи по следния начин. Постъпващият през кондензатора C₁ сигнал се подлага на двустранно ограничение от диодите VD₁ и VD₂ до амплитуда 0,6 ÷ 0,7 V: а от диодите VD₃ и VD₄ - до 60 ÷ 70 mV. Кондензаторът C₂ играе ролята на нискочестотен филтър. С потенциометъра R₃ се подобрява шумоустойчивостта на устройството, като се регулира нивото на полезния сигнал.

Ограничаването на тока в базата на транзистора VT₃ се постига от резисторите R₈ и R₉. В комбинация с кондензаторите C₇ и C₈ те осигуряват задръжка при включването на релето с около 1 s.

Честотите за отключването могат да бъдат същите както тези, използвани за честотното кодиране на командите за телеуправление. Те зависят от капацитета на кондензаторите C₄ и C₅, като C₄ може да бъде от 22 nF до 100 nF.

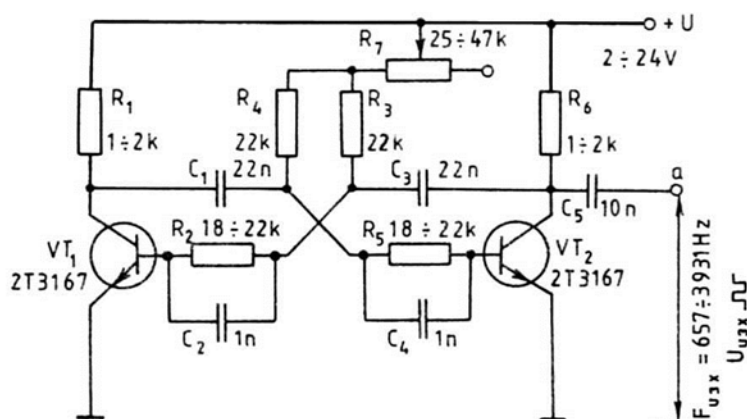
Резонансната честота на трептящия кръг се определя с формулата

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_5}}$$

При избрана честота f и капацитет на кондензатора C₅ от 1 μF до 6,8 μF от посочената формула се изчислява индуктивността L₁, а след това и броят на навивките w :

$$w = \sqrt{\frac{L_1}{A_L}},$$

където A_L е параметър на феритния материал, от който е направено ядрото.



Фиг. 7.9

Той се дава от завода производител и може да бъде от 100 до 2200 nH. Бобината се изработва съгласно с фиг. 1.10.

Схемата на електронен ключ за описаната брала е показана на фиг. 7.10. Основните изисквания по отношение на ключа са: да има минимални размери и да консумира минимална мощност.

Тези условия могат да бъдат изпълнени с използването на мултивибратор с колекторно-базови връзки. С посочените номинали на елементите може да се отговори на изискванията и да се покрие необходимият обхват от честоти. В базовата верига и на двата транзистора са свързани съответно групите R_2C_2 и R_5C_4 , които са предназначени за подобряване на формата на генерираните импулси. Честотата на генерираните трептения може да се променя с помощта на потенциометъра R_7 .

Настройването на ключа се извършва по резонансната честота на бравата. Необходимо е изходът на ключа (т. а) да се свърже с входа на бравата (т. 1 от фиг. 7.9). След това се свързва волтметър между 5 и "земя" на фиг. 7.9 и се измерва напрежението база-емитер на транзистора VT_2 . Бавно се завърта плъзгачът на потенциометъра R_7 . При достигане на резонанс напрежението, измерено с волтметъра, нараства до 0,6 V, бравата се задейства и котвата на електромагнита се привлича. Ако при резонанс котвата на електромагнита не се привлича и напрежението, измервано с волтметъра, не се увеличава, това показва, че напрежението след ограничителните групи е малко и трябва да се регулира с тример-потенциометъра R_3 . След настройването на бравата в резонанс потенциометърът R_3 не трябва да се пипа. За подобряване на тумоустойчивостта на системата тези настройки се извършват при намалено захранващо напрежение. Ключът трябва да работи до 50% намаляване на захранващото напрежение.

МЕТАЛОТЪРСАЧИ

8.1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Металотърсачите са преносими и леки електронни устройства, които служат за откриване на метални части в различни среди. Намират приложение при откриване на пирони в дървени трупи, при почистване на плажните ивици, откриване на редки метали, търсене на закопани съкровища и тръби под земята и др. Най-главните показатели, по които могат да се сравняват, са: висока чувствителност към малките обекти, дълбочина на откриването и точност при определянето на местоположението на обекта.

Металотърсачът има предавателно устройство, което създава високочестотно електромагнитно поле в изследваната област, и приемно устройство, което реагира на всяко изменение на това поле от наличието на метални части. Най-често двете устройства се свързват с рамкови антени поради възможностите им да създават електромагнитно поле с точно определена конфигурация.

Наличието на метални части в близост до рамковата антена предизвиква изменение на индуктивността (самоиндукцията) на антенната бобина. Ако металът притежава магнитни свойства, самоиндукцията ще се увеличи. Когато металът е немагнитен, самоиндукцията на антенната бобина ще се намали. От друга страна, близостта на метала ще предизвика деформиране на конфигурацията на създаденото от рамковата антена поле. Тези изменения могат да бъдат регистрирани по различни начини от приемната електронна част. Мястото на металния предмет може да бъде

определено и на принципа на радиолокацията чрез приемане на отразения от излъчвателната антена сигнал.

Използваните честоти имат пряко отношение към възможностите на металотърсачите за откриване на малки метални предмети на голяма дълбочина независимо от прилаганите принципи. С увеличаване на честотата се засилва индуктивната връзка между антената и търсения предмет. Същевременно обаче се увеличава и поглъщането на високочестотната енергия от почвата, което до голяма степен зависи от нейния вид и влажност. Това е основната причина за избора на честотата на любителските и фабричните металотърсачи. С известни компромиси най-често се работи в обхвата от 50 kHz до 2 MHz, като има и изключения.

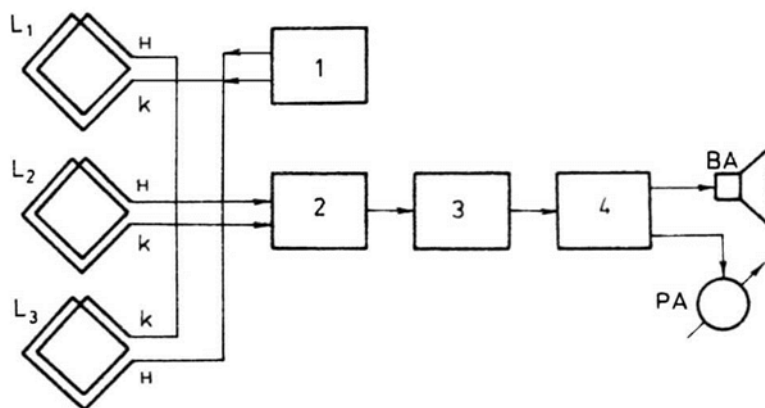
8.2. МЕТАЛОТЪРСАЧ, РАБОТЕЩ ПО МЕТОДА НА ЧЕСТОТНОТО БИЕНЕ

Този вид металотърсачи се характеризира с добра чувствителност към относително малки обекти, твърде ограничена дълбочина на проникване и ниска цена. Най-голямо приложение намират за прочистване на плажните ивици от монети и метални предмети. Имат ограничена възможност за откриване на метални предмети, минерали и др., намиращи се на по-голяма дълбочина.

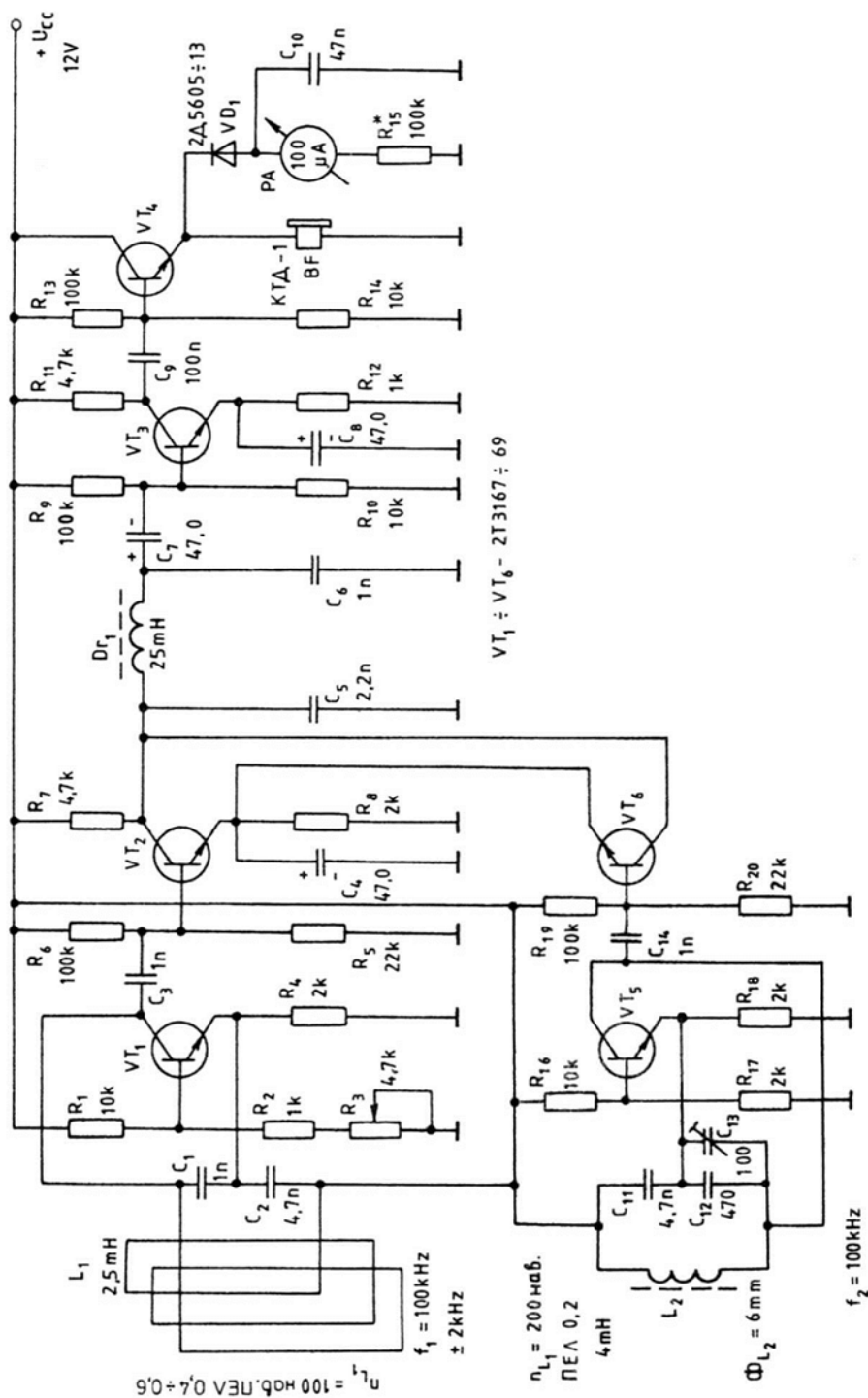
Принципът им на действие се пояснява от структурната схема на фиг. 8.1. В основата му лежи изменението на самоиндукцията на рамковата антена 1 поради наличието на метален предмет в близост до нея. Използват се два еднакви високочестотни генератор 2 и 5. Генераторът 2 има неизменна честота f_1 и търсачната рамкова антена участва като елемент на трептящия му кръг. Другият генератор 5 изработва напрежение с честота f_2 и служи за честотно сравняване.

Сигналите от двата генератора се смесват в смесителя 3, а на изхода му се получава напрежение с честота $f_1 - f_2$. То се усилва от усилвателя 4 и се подава към индикатора, който може да бъде измервателен апарат от магнетоелектричен тип или високоговорител ВА.

При работа честотата на сравняващия генератор 5 се настройва на няколко десетки килохерца по-ниско от тази на основния генератор 2 и на изхода се чува звук с честота, равна на разликата между двете. Ако рамковата антена се доближи до феромагнитен материал, индуктивността на антената ще нарасне и честотата на основния генератор ще намалее. Това ще доведе до намаляване на честотната разлика между двата генератора и звукът на изхода на усилвателя ще стане по-басов.



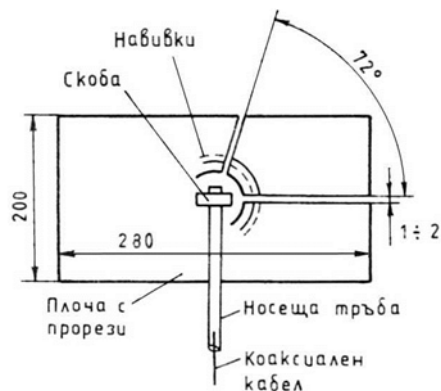
Фиг. 8.1



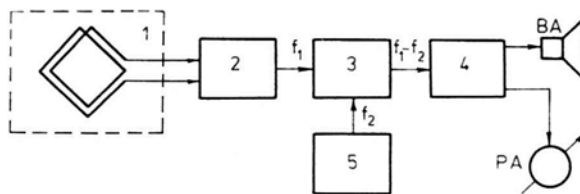
◀ Фиг. 8.2

При приближаване на антената до немагнитен метален предмет се получава обратният ефект. Индуктивността на антената ще намалее и честотата на основния генератор ще се повиши. Тогава сигналът на изхода ще бъде с по-висока честота. Следователно този вид металотърсачи могат да различават магнитните от немагнитните метални обекти по понижаването или повишаването на тоналността на изхода при откриването им.

Размерите на търсачната рамкова антена определят дълбочината на про-



Фиг. 8.3



Фиг. 8.4

никването и разрешаващата способност спрямо малките предмети. По-големите размери увеличават дълбочината на проникване и възможността за откриване на предмети с малки размери.

Въпреки простотата на принципа на честотното биене съществуват редица трудности при изработването и настройването на качествен и чувствителен металотърсач. Генераторите трябва да бъдат много стабилни, като изменението на честотата им не бива да надвишава няколко херца в минута. В противен случай металотърсачът трябва непрекъснато да се настройва. От друга страна, генераторите не могат да бъдат кварцово стабилизирани поради използвания принцип за честотното биене.

Вторият проблем представлява увличането между двата генератора по честота и фаза. Това явление се забелязва при генераторите, които работят на много близки честоти, и се проявява като склонност към синхронизиране на всеки генератор от другия. Основната причина за появяването му е прехвърлянето на високочестотна енергия от единия към другия генератор чрез излъчване или чрез вътрешното съпротивление на общия токоизточник.

Смесителното стъпало трябва да отговаря на редица изисквания: грижливо да се екранират и разделят токозахранващите вериги, входовете трябва да бъдат с високо съпротивление и малка склонност към честотно увличане.

Друг важен проблем е наличието на паразитен капацитет спрямо земята. Всяко изменение на паразитния капацитет ще променя честотата на антенния генератор. Този ефект се проявява при промяна на разстоянието между антената и земята, при движение на оператора и т. н. За антена с една навивка отношението капацитет-индуктивност (C/L) е най-голямо и шунтиращото влияние на паразитния капацитет е най-малко. Когато антената е с много навивки, трябва да се използва електростатичен екран. Той премахва всякакви външни паразитни капацитети, влияещи върху резонансната честота на генератора. Екранът може да се изработи от тръба, която се огъва във формата на тороид, без да се допират двата срещуположни края. В противен случай екранът действа като навивка, дадена накъсо, и влошава Q -фактора на бобината. Когато антената е от типа "пчелна пита", трябва да се изработи екран от листов материал (най-добре от алуминий) и антената да се постави между двата листа, като се оформи във вид на сандвич.

На фиг. 8.2 е показана една функционална схема на металотърсач с честотно биене. Схемата съдържа търсачна рамкова антена L_1 , основен генератор, изграден с транзистора VT_1 , спомагателен генератор - с транзистора VT_5 , смесител - с транзисторите VT_2 и VT_6 , предусилвател - с транзистора VT_3 , и крайно стъпало - с транзистора VT_4 , свързано с индикатора PA и микрофонния капсул BF .

Основният генератор работи на фиксирана честота 100 kHz. Бобината L_1 е оформена като търсачна рамка тип "пчелна пита". Най-удобно е тя да се навие върху плоча от гетинакс или стъклотекстолит, върху която са направени нечетен брой прорези. Размерите на плочата и разположението на прорезите е показано на фиг. 8.3.

Двата края на намотката се свързват към кръга с коаксиален кабел с дължина, не по-голяма от 1 m.

Спомагателният генератор работи също на честота 100 kHz, като е създадена възможност за промяна в малки граници с помощта на кондензатора C_{13} .

След смесване на сигналите с двете честоти разликовият сигнал се филтрира от елементите C_5 , $L_{Dг}$, C_6 и се подава за усилване, а оттам и на индикаторната част.

Настройването на уреда се състои в регулиране на честотите на двата генератора - на основния чрез R_3 , а на спомагателния - чрез C_{13} . Разликата между честотите на генераторите може да бъде от 2 до 5 kHz. Тогава във високоговорителя се чува звук, а стрелката на индикатора има някакво отклонение, което с подбор на R_{15} може да се направи до 1/2 от скалата. При доближаване на метален предмет към търсачната рамка стрелката ще се отклони и звукът ще се промени. Ако металният предмет е от магнитен материал, индуктивността на бобината L_1 ще нарасне и честотата на изходния звуков сигнал ще се понижи, а стрелката на индикатора ще се отклони наляво. Когато металът е немагнитен, ще настъпи обратното - звукът ще повиши честотата си, а стрелката ще се отклони надясно.

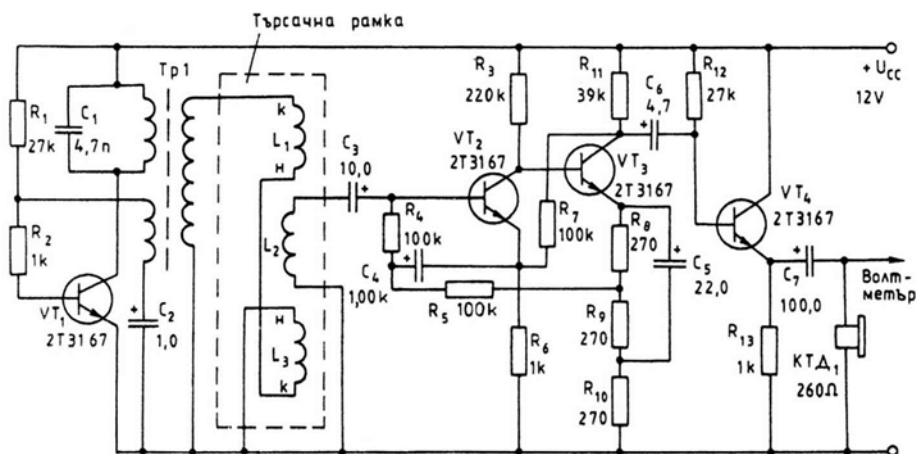
8.3. МЕТАЛОТЪРСАЧ С ИНДУКТИВЕН БАЛАНС

Този вид металотърсачи са по-сложни, но имат по-добра чувствителност и разделителна способност към малките метални обекти. Функционалната схема на такъв металотърсач е показана на фиг. 8.4. Използвани са три рамкови антени L_1 , L_2 , L_3 , поставени вертикално една над друга. Горната и долната антена са свързани последователно към изхода на генератора 1, а антената L_2 - към входа на високочестотния усилвател 2. Двете антени L_1 и L_3 са свързани противофазно, така че създават еднакви по големина и обратно насочени електромагнитни полета. Когато в близост до рамката няма метални предмети, индуктираните от тях напрежения почти се унищожават взаимно в приемната антена L_2 . В резултат на това в приемника постъпва напрежение с много малка амплитуда. Наличието на метал под долната антена ще разстрои балансно индуктираните напрежения и ще предизвика появата на сигнал в приемната антена. Последният се подава на високочестотния усилвател, усилва се, детектира се в стъпалото 3 и през изходния усилвател 4 постъпва на индикатора.

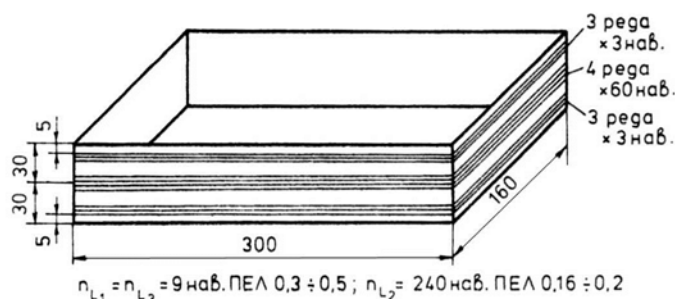
Конструктивните проблеми при този вид металотърсачи се различават от тези с честотно биене. Механичната стабилност на търсачната рамкова антена трябва да бъде много добра, а отделните бобини да бъдат плоски и строго успоредни. Температурните и механичните деформации предизвикват взаимно разместване на антените и нарушаване на индуктивния баланс. Наличието на метални закопчалки и други метални части в близост до антената е нежелателно. Честотата на генератора трябва да е стабилна и да се променя при доближаване на търсачната рамка до земята.

Сигналят, получен при дебаланса след детектирането, е постоянно напрежение, което може да се използва за управление на звуков генератор по честота или да бъде директно измервано с волтметър.

По-лесни за изпълнение са схемите с честота, понижена до около $4 \div 5$ kHz, с което се намалява чувствителността на уреда, но се намалява или напълно премахва паразитният капацитет на почвата.



Фиг. 8.5



◀ Фиг. 8.6

Схемата на такъв металотърсач е показана на фиг. 8.5. Той съдържа генератор, изграден с транзистора VT_1 съгласно със схемата от фиг. 5.6. Вторичната намотка на трансформатора Tr е свързана с бобините L_1 и L_3 . Сигналът на дебаланса се усилва от усилвателя, съставен от транзисторите VT_2 , VT_3 и VT_4 (последният е свързан по схема с общ колектор). Към емитера на VT_4 са свързани индикаторите, които могат да бъдат телефонен капсул, високоговорител, слушалки или електронен волтметър. Търсачната глава се състои от бобините L_1 , L_2 и L_3 , които се изработват съгласно с фиг. 8. 6. Рамката се прави от дърво или пластмаса. След навиване на бобините и настройване на уреда проводникът се намазва с лепило, за да се закрепи здраво за рамката. За правилната настройка на уреда е необходимо намотките на бобините да бъдат навити строго успоредно и индикаторната бобина L_2 да бъде разположена на еднакво разстояние от L_1 и L_3 . Освен това по рамката и на разстояние 0,5 mm от нея не трябва да има метални предмети.

Уредът се настройва в следната последователност. Премества се бобината L_2 спрямо L_1 и L_3 така, че в телефонния капсул да се чува минимален по сила сигнал. При това положение бобината L_2 се фиксира върху рамката с лепило. Допуска се увеличаване броя на навивките на L_2 с $10 \div 15\%$, което води до известно подобряване на чувствителността на уреда. Ако в процеса на настройването не е възможно да се получи точно балансиране, трябва да се намали броят на навивките на L_2 .

Освен за откриване на метални предмети в почвата уредът може да се използва и за проследяване на кабели, по които тече ток с промишлена честота. При този режим на работа генераторът се изключва, а остава включена само търсачната бобина L_2 . Дълбочината, на която могат да се открият такива кабели, зависи от степента на натоварването им.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Берг, А. И. и др. Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей. М., Энергия, 1979.
2. Борисов, В. Г. Юный радиолюбитель. М., Энергия, 1979.
3. Борноволоков, Э. П. и др. Радиолюбительские схемы. К., Техніка, 1982.
4. Величков, П. В. и др. Електроника за свободното време. С., Техника, 1982.
5. Дробница, Н. А. 30 схем радиолюбительских устройств. М., Радио и связь, 1982.
6. Иванов, Б. С. В помощь радиокружку. М., Радио и связь, 1982.
7. Клаше, Г. и др. Промислени електронни схеми. С., Техника 1984.
8. Конов, К. И. Импулсни схеми в радиолюбителската практика. С., Техника, 1981.
9. Миль, Г. Электронное дистанционное управление моделями. М., Мир, 1979.
10. Пономарев, Л. Д. Конструкции юных радиолюбителей. М., Радио и связь, 1985.
11. Рейър, Ф. Д. Електронни устройства в любителската практика. С., Техника, 1982.
12. Стефанов, С. М. Практически електронни схеми за автомобиля. С., Техника, 1987.
13. Стойков, П. Г. Електроник-4. С., Техника, 1989.
14. Шленциг, К. и др. Самодельные электронные устройства в быту. М., ДОСААФ, 1984.
15. Thobois, F. Construction d'ensembles de radiocommande. Editions techniques et scientifiques Francaises, Paris, 1979.

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор	3
1. Телеуправление.....	4
1.1. Общи сведения	4
1.2. Кодирание на командите.....	7
1.3. Честотно кодиране на дискретни команди	8
1.4. Формиране на командните сигнали.....	15
1.5. Изпълнителни механизми за апаратурите с дискретно управление.....	17
1.6. Честотно кодиране на пропорционални команди.....	19
1.7. Цифрово кодиране.....	21
1.8. Импулсни схеми в радиоприемниците за телеуправление.....	26
1.9. Изпълнителни механизми в цифровите апаратури с пропорционално управление.....	31
1.10. Превключващи усилватели.....	36
1.11. Регулиране на скоростта	38
1.12. Приставки към сервомеханизмите за регулиране на скоростта на въртене на ходовия мотор.....	42
2. Измерване и регулиране на температура.....	43
3. Измерване на влажност.....	50
3.1. Общи сведения.....	50
3.2. Влагомери от мултивибраторен тип.....	50
4. Измерване на други неелектрически величини.....	54
4.1. Електронен микрометър.....	54
4.2. Измерване на обороти.....	55
5. Устройства за сигнализиране напълването на водни басейни, резервоари, хамбари и др.....	58
5.1. Устройства за сигнализиране напълването на водни басейни.....	58
5.2. Сигнализиране напълването на хамбари и бункери.....	62
5.3. Автоматика за аквариуми.....	63
5.4. Устройства за определяне на прозрачността на разтвори.....	66
6. Релета.....	68
6.1. Електронни релета.....	68
6.2. Превключващи автомати с акустично, индуктивно и светлинно управление.....	72
7. Устройства за сигнализация, предупреждение и охрана.....	76
7.1. Общи сведения.....	76
7.2. Електромеханични брави.....	77
7.3. Електронни ключалки с резонансни кръгове.....	78
8. Металотърсачи.....	81
8.1. Общи сведения.....	81
8.2. Металотърсач, работещ по метода на честотното биене.....	82
8.3. Металотърсач с индуктивен баланс.....	85
Използвана литература.....	87