

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРАНЗИСТОРЕН СТАБИЛИЗАТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ

Цел на упражнението:

След като се запознаят с принципа на работа на схемата на компенсационен стабилизатор на напрежение студентите самостоятелно да монтират схемата, да я оживят и да я настроят. Да изчислят и измерят стойността на изходното съпротивление и коефициента на стабилизация на схемата.

I. ЗАДАНИЕ

1. За дадената схема /фиг.7.1/ да се изчислят:

а/ потенциалите и токовете във възлови точки на схемата при изходно напрежение $U_2 = 12V$,

б/ стойността на резистора R_4 , при която се получава изходно напрежение $U_2 = 12V$,

в/ коефициента на стабилизация по напрежение,

г/ изходното съпротивление на схемата.

2. Да се монтира схемата и да се измерят:

а/ захранващото променливо напрежение и потенциалите във възловите точки на схемата при изходно напрежение $U_2 = 12V$,

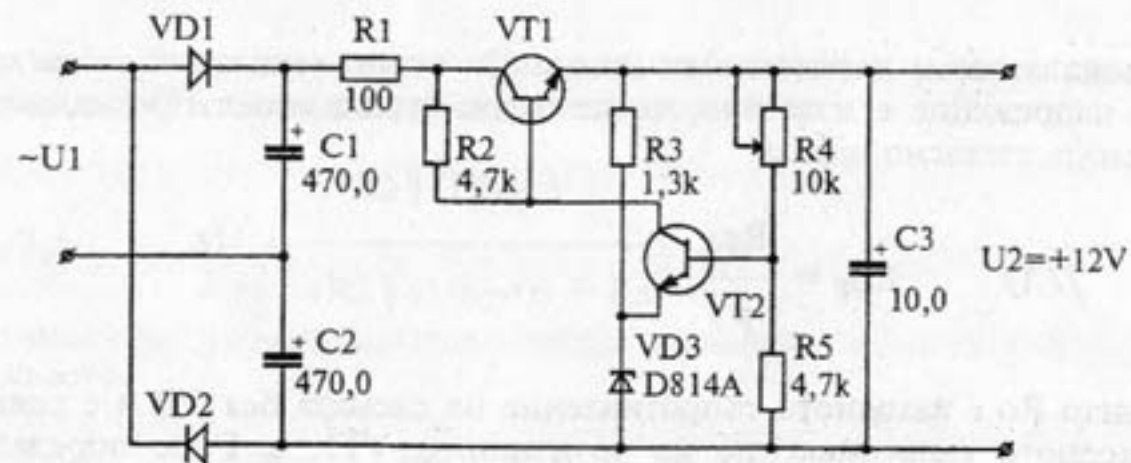
б/ диапазонът на регулиране на изходното напрежение,

в/ изходното съпротивление на схемата при $U_2 = 12V$,

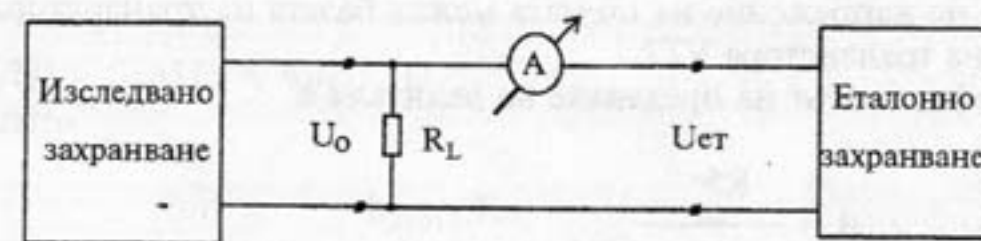
г/ коефициентът на стабилизация по напрежение при $U_2 = 12V$

II. Теоретични пояснения

Схемата /фиг.7.1/ се състои от изправител /VD1, VD2, C1, C2/, изпълнен като двуполупериоден удвоител на напрежение, и компенсационен стабилизатор на напрежение от последователен тип, изпълнен с транзисторите VT1 и VT2. Транзисторът VT1 е регулиращ, а транзисторът VT2 е управляващ. Ценер диодът VD3 заедно с резистора R3 образуват параметричен стабилизатор на напрежение. Върху ценер диода VD3 се получава опорно напрежение U_4 , необходимо за работата на стабилизатора. Резисторите R4 и R5 образуват делител на напрежение, който се захранва от изходното напрежение на стабилизатора. Към изхода на делителя е свързана базата на управляващия транзистор VT2. Емитерът на транзистора VT2 е свързан директно към ценер диода VD3. Резисторът R2 и паралелно свързаното на него еквивалентно входно съпротивление на



фиг. 7.1



фиг. 7.2

регулиращия транзистор VT1 изпълняват ролята на колекторно съпротивление на управляващия транзистор VT2. Резисторът R1 е ограничителен и в реалните схеми не съществува. Тук той се монтира за да предпази от повреда транзисторите VT1 и VT2 при неправилен монтаж или късо съединение по невнимание по време на измерванията. Кондензаторът C3 предпазва схемата от самовъзбуждане и намалява изходното съпротивление на стабилизатора при високочестотни и кратковременни импулсни натоварвания. Стабилизиращият ефект на схемата може да се обясни с въведената дълбока отрицателна обратна връзка, която обхваща двата транзистора VT1 и VT2 чрез делителя с резисторите R4 и R5. Транзисторът VT2 работи в схема на свързване ОЕ, а транзисторът VT1 - в схема ОК. Обратната връзка е от изхода на транзистора VT2 към входа на транзистора VT1. Тя е отрицателна тъй като транзисторът VT2 завърта фазата на входния сигнал на 180° , а транзисторът VT1 и делителят /R4, R5/ не изменят фазата и общата фазова разлика е 180° . Обратната връзка е по напрежение, тъй като сигналът за веригата на обратна

връзка се взема паралелно на изхода. За отрицателната обратна връзка по напрежение е известно, че намалява изходното съпротивление на схемата съгласно израза:

$$/7.1/ \quad R_{oF} = \frac{R_o}{F},$$

където R_o е изходното съпротивление на схемата без ОБ и е равно на изходното съпротивление на транзистора VT1, а F се определя от израза:

$$/7.2/ \quad F = 1 + \beta \cdot A_u.$$

β е дълбочината на отрицателната ОБ, а A_u е коефициентът на усилване по напрежение на схемата между базата на транзистора VT1 и емитера на транзистора VT2.

Коефициентът на предаване на делителя е

$$/7.3/ \quad \beta = \frac{R_5}{R_4 + R_5}.$$

За отрицателните ОБ е известно, че намаляват F пъти нелинейните изкривявания и другите дестабилизиращи фактори, действащи върху частта от схемата, обхваната от ОБ, спрямо същите при схемата без ОБ. Като се вземе предвид горното, може да бъде определен коефициентът на стабилизация по напрежение на компенсационния стабилизатор. По дефиниция коефициентът на стабилизация по напрежение е отношението между относителното изменение на входното напрежение към относителното изменение на изходното:

$$/7.4/ \quad K_{ст} = \frac{\Delta U_i}{U_i} / \frac{\Delta U_o}{U_o}.$$

Ако прекъснем ОБ така, че да не нарушим постояннотоковия режим на схемата /например като прекъснем връзката между единия извод на резистора R_4 и емитера на VT1 и същия извод свържем към източник на напрежение със стойност, равна на изходното на стабилизатора, а VT1 натоварим с резистор, еквивалентен на съпротивлението на делителя/ и подадем определен напрежителен

нарастък на входа на компенсационния стабилизатор, в колектора на транзистора VT2 ще се получи напрежителен скок:

$$/7.5/ \quad \Delta U' = \frac{R_2 \parallel (1/h_{22T})}{(R_2 \parallel (1/h_{22T})) + R_e} \cdot \Delta U_i,$$

където

$$/7.6/ \quad R_e = \frac{1}{h_{22}} \parallel h_{21} \cdot R_o.$$

Съответно на изхода на стабилизатора ще се получи:

$$/7.7/ \quad \Delta U_o = A_{uT1} \cdot \Delta U',$$

където

$$/7.8/ \quad A_{uT1} = \frac{h_{21cT1} \cdot R_o}{h_{11cT1} + R_o \cdot h_{21cT1}}.$$

След свързването на отрицателната ОБ това напрежение ще намалее F пъти:

$$/7.9/ \quad \Delta U_{oF} = \frac{1}{F} \cdot A_{uT1} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_e} \cdot \Delta U_i.$$

За коефициентът на стабилизация по напрежение на схемата се получава:

$$/7.10/ \quad K_{ст} = F \cdot \frac{R_e + R_2}{R_2} \cdot \frac{U_o}{U_i} \cdot A_{uT1}.$$

От /7.2/, /7.3/, /7.8/ и /7.10/ следва, че за да се увеличи коефициентът на стабилизация на схемата е необходимо да се осигури голямо усилване по напрежение на транзистора VT2, да се намали R_4 , да се увеличи R_2 и да се избере за транзистора VT1 такъв с голям коефициент на усилване по ток.

III. Указания за изпълнение на заданието

По т. 1а.

За схемата от фиг.7.1 е дадено:

$U_i=8V$; $h_{21CT1,T2}=100$; $U_{CTD3}=7,5V$; $r_{D3}=10\Omega$; $h_{22C}=0$; $h_{12C}=0$.

Потенциалът в базата на транзистора VT2 е

$$/7.11/ \quad U_{b2}=U_{CTD3}+U_{be2}.$$

Приемаме, че $U_{be2}=0.6V=const$.

От действието на схемата следва, че този потенциал ще зависи слабо от стойността както на входното, така и от тази на изходното напрежение. Токът през резистора R5 ще остане постоянен при изменение на изходното напрежение и при известни стойности на напреженията ще се определя от стойността на R4. Ще считаме, че входното напрежение на стабилизатора е равно на напрежението, до което се зареждат кондензаторите C1 и C2 при работа на изправителя на празен ход.

По т. 1б.

За определянето на коефициента на стабилизация е необходимо да се знае коефициентът на усилване по напрежение на транзистора VT2. Използват се формулите:

$$/7.12/ \quad A_u = \frac{R_2}{h_{11bT2} + r_{D3} + R/(h_{21T2}+1)}$$

$$/7.13/ \quad R = \frac{R_5 \cdot R_4}{R_5 + R_4}$$

е еквивалентното изходно съпротивление на делителя /R4,R5/.

По т. 1в.

Използува се /7.1/.

По т. 2.

Потенциалите в отделните точки на схемата и променливото напрежение се измерват с помощта на мултицет. Изходното напрежение се регулира с помощта на потенциометъра R4.

По т. 2в.

Изходното съпротивление на стабилизатора е малко и поради това използването тук на метода, препоръчан в упражнението No 3, е неподходящо. При свързването към изхода на товарен резистор със стойност от порядъка на изходното съпротивление на стабилизатора ще протече голям ток и върху изходния транзистор ще се отдели голяма мощност, която може да го повреди. Освен това изправителят не ще може да осигури необходимата захранваща енергия.

Допустимата минимална стойност на товарния резистор R се определя съгласно израза:

$$/7.14/ \quad R_{\min} = \frac{U_o \cdot (U_i - U_o)}{P_{\max}}$$

където $P_{\max} = 0.2W$ е максимално допустимата загубна мощност за използвания в схемата транзистор VT1.

Измерването на вътрешното съпротивление на стабилизатора се извършва по схемата, дадена на фиг.7.2. Схемата съдържа изпитвания и еталонен стабилизатор, товарно съпротивление и волтметър. Изходното напрежение на еталонния стабилизатор се настройва така, че разликата между двете напрежения да бъде по-малка от стойността на най-чувствителния обхват на волтметъра.

Правят се две измервания на разликата:

$\Delta U'$ - без товарно съпротивление и $\Delta U''$ - с товарно съпротивление.

Вътрешното съпротивление на стабилизатора се определя по формулата

$$/7.15/ \quad R_o = \frac{\Delta U' - \Delta U''}{U_o} \cdot R_o$$

Напрежителните разлики $\Delta U'$ и $\Delta U''$ участват със знаците си.

Същата измервателна постановка се използва и за измерване на коефициента на стабилизация по напрежение.

IV. Контролни въпроси

1. Какви елементарни схеми са използвани в транзисторния стабилизатор на напрежение /фиг.7.1/?
2. Какви умножители на напрежение познавате?
3. Как работи параметричният стабилизатор?
4. Как работи компенсационният стабилизатор от последователен тип?
5. Как се изчисляват изходното съпротивление и коефициентът на стабилизация по напрежение?
6. Как се измерват изходното съпротивление и коефициентът на стабилизация по напрежение?

V. Литература

1. Додик С.Д., Полупроводниковые стабилизаторы постоянного напряжения и тока, Сов. радио, Москва, 1962
2. Карпов В. И., Полупроводниковые компенсационные стабилизаторы напряжения и тока, Энергия, Москва, 1967
3. Рогинский В.Ю., Расчет устройств электропитания аппаратуры электросвязи, Связь, Москва, 1972