

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНВЕРТИРАЩ, НЕИНВЕРТИРАЩ, СУМИРАЩ И ИЗВАЖДАЩ УСИЛВАТЕЛ С ОУ

Цел на упражнението:

Да се затвърдят знанията за операционни усилватели и да се усвои методиката за измерване на основните им параметри.

I. ЗАДАНИЕ

1. Да се измери входното напрежение на несиметрия на операционен усилвател 741.

2. Да се измерят входните токове на поляризация на инвертиращия и неинвертиращия вход, и входния ток на несиметрия на същия операционен усилвател.

3. Да се монтират следните основни схеми с операционни усилватели и се измери коефициентът на усилване:

- а/ инвертиращ усилвател;
- б/ неинвертиращ усилвател;
- в/ сумиращ усилвател;
- г/ изваждащ усилвател.

II. Теоретични пояснения

Понятието операционен усилвател е въведено първоначално от специалистите в областта на аналоговите изчислителни машини като наименование на усилвателна схема, която изпълнява математически операции от типа на интегриране, диференциране, събиране и изваждане. Необходимият изходен сигнал при такива схеми се получава чрез верига на отрицателна обратна връзка, съставена от елементи, свързани между входа и изхода на постояннотоковия усилвател, която в частност е известна като операционна обратна връзка.

Днес понятието операционен усилвател се употребява много свободно и означава произволен висококачествен постояннотоков усилвател, подходящ за използване с посочения вид обратна връзка. Използването на такива готови усилватели позволява усвояването на нов подход за решаване на много от проблемите на проектирането в електрониката. Това включва избор на подходящ усилвател и свързването към него на няколко дискретни елемента, с което се образува пълна подсхема.

При първоначалното разглеждане на операционната обратна връзка е удобно да се приеме, че усилвателят има някои идеални характеристики:

- а/ безкраен коефициент на усилване;
- б/ безкрайно входно съпротивление;
- в/ безкрайно широка честотна лента;
- г/ нулево изходно съпротивление;
- д/ нулеви входно напрежение и входен ток на несиметрия.

Тези характеристики на идеалния операционен усилвател образуват основата на всички опростени методи за анализ на вериги с операционна обратна връзка и ще бъдат използвани при извеждане на изразите за коефициента на усилване на схемите при затворена верига за обратна връзка.

В схемата от /фиг.8.1/ е въведена паралелна обратна връзка. От приемането, че входното напрежение клони към нула следва:

$$I_i = \frac{U_i}{R_1},$$

$$I_F = - \frac{U_o}{R_2}.$$

От твърдението, че входният ток е равен на нула следва:

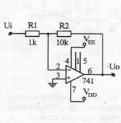
$$I_i = I_F \Rightarrow - \frac{U_o}{R_2} = \frac{U_i}{R_1}.$$

Следователно коефициентът на усилване на схемата от фиг.8.1 е:

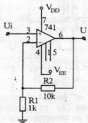
$$A_F = \frac{U_o}{U_i} = - \frac{R_2}{R_1} = -10.$$

В схемата от фиг.8.2 е въведена последователна обратна връзка. Тъй като през входовете на операционния усилвател не тече ток напрежението на инвертиращия вход е:

$$U_- = \frac{U_o}{R1+R2} \cdot R1$$



фиг. 8.1



фиг. 8.2

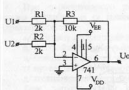
От условието, че входното напрежение е равно на нула следва, че $U_i = U_-$:

$$U_i = \frac{U_o}{R1+R2} \cdot R1,$$

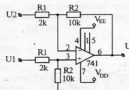
$$A_F = \frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R2}{R1} = 11.$$

В схемата от фиг.8.3 няколко входни напрежения са приложени към инвертиращия вход на усилвателя. Идеалният операционен усилвател поддържа потенциала на инвертиращия вход равен на потенциала на земята и следователно всеки от входните токове се определя независимо от останалите, от съответното приложено входно напрежение и от съпротивлението на последователния входен резистор. Стойността на изходното напрежение е:

$$U_o = -R3 \left(\frac{U1}{R1} + \frac{U2}{R2} \right).$$



фиг. 8.3



фиг. 8.4

Схемата от фиг.8.4 показва начина, по който операционният усилвател може да се използва за изваждане на напрежения. Напрежението на инвертиращия вход се получава чрез наслагване.

$$U_- = U2 \cdot \frac{R2}{R1+R2} + U_o \cdot \frac{R1}{R1+R2}$$

Напрежението на неинвертиращия вход е:

$$U_+ = U1 \cdot \frac{R2}{R1+R2}$$

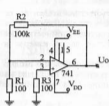
От твърдението, че входното напрежение е равно на нула следва, че $U_+ = U_-$. Следователно

$$U_o = \frac{R2}{R1} \cdot (U1 - U2).$$

В приложения, които изискват усилватели, чиято характеристика спада до нулева честота (постоянен ток), входното напрежение на несиметрия и поляризиращия ток, както и техните коефициенти на дрейф, обикновено са параметрите, които ограничават качеството на усилвателя и определят точността на извършваната обработка на сигнала.

Входното напрежение на несиметрия може да се измери посредством схемата от фиг.8.5.

$$U_{\text{нес}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_{\text{нес}}.$$



фиг. 8.5

Входните токове на поляризация и входния ток на несиметрия може да се измерят посредством схемата от фиг.8.6.

При затваряне на ключа K2 и отваряне на ключа K1 се измерва входния ток на поляризация на неинвертиращия вход:

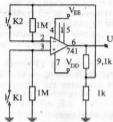
$$I_+ = - \frac{U_0[V]}{10}, \mu A.$$

При затваряне на ключа K1 и отваряне на ключа K2 се измерва входния ток на поляризация на инвертиращия вход:

$$I_- = \frac{U_0[V]}{10}, \mu A.$$

При отваряне на ключовете K1 и K2 се измерва входния ток на несиметрия:

$$I_{\text{нес}} = \frac{U_0[V]}{10}, \mu A.$$



фиг. 8.6

III. Указания за изпълнение на заданието

1. При изпълнение на т.1 изходното напрежение се измерва с мултицет. Стойностите на резисторите в схемата са подбрани така, че изходното напрежение е 1000 пъти по-високо от входното напрежение на несиметрия, следователно стойността на входното напрежение на несиметрия се получава в микроволти.

2. При изпълнение на т.2 стойността на съответния входен ток се получава, като се раздели на 10 измерената с мултицет стойност на изходното напрежение на операционния усилвател. Стойностите на резисторите са подбрани така, че входният ток да се измерва в микроампери.

3. При изпълнение на т.3 трябва да се подава постоянно входно напрежение със стойност, при която да не се достига до насищане на операционния усилвател със зададения коефициент на усилване по напрежение.

IV. Контролни въпроси

1. Какво е приложението на операционните усилватели в електрониката?
2. Кои са основните характеристики на идеалния операционен усилвател?
3. Какви схеми с операционни усилватели познавате?
4. Как се измерва входно напрежение на несиметрия?
5. Как се измерва входен ток поляризация и входен ток на несиметрия?

V. Литература

1. Стоянов И., Измервания в електрониката и изчислителната техника, Техника, С., 1987
2. Клайтън Д., Операционни усилватели, Техника, С., 1982