

Практичне заняття 6

У відповідності до варіанту даних табл. 6.1 розрахувати схему підсилювача (рис. 6.1) на основі інтегрального операційного підсилювача (ОП), типи яких також вказані в таблиці.

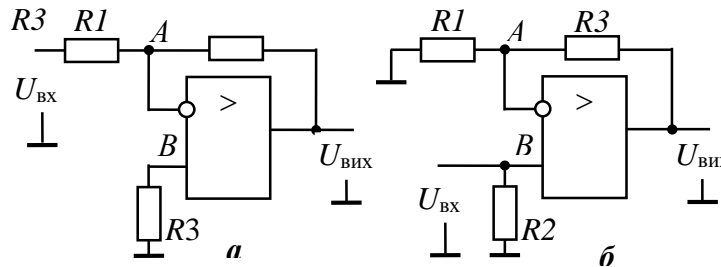


Рис. 6.1

Обсяг завдання:

- * розрахувати номінали та вибрати типи резисторів;
- * визначити вхідний і вихідний опір підсилювача;
- * визначити мінімальну смугу частот, у межах якої буде працювати підсилювач (критерій – спад коефіцієнта підсилення на 3 дБ);
- * визначити максимальне значення відносної похибки вихідного сигналу, обумовлену різницею вхідних струмів;
- * визначити відносну похибку вихідного сигналу від зміни параметрів інтегрального ОП при зміні температури на 40°C .

Стислі теоретичні відомості

Операційним підсилювачем (ОП) називається підсилювач, що характеризується набором параметрів, які дозволяють йому виконувати з електричними сигналами математичні операції (додавання, віднімання, інтегрування, логарифмування тощо). Ця властивість й визначила найменування “операційний підсилювач”. Спочатку підсилювачі такого класу призначалися, головним чином, для виконання математичних операцій в аналогових обчислювальних машинах. На даний час вони є основними інтегральними елементами аналогової електроніки і виготовляються як самостійні мікросхеми, так і як вузли більш складних приладів.

Основними параметрами, що забезпечують “математичні здібності”, є:

- великий коефіцієнт підсилення за напругою (в ідеалі $K_{ОП} \Rightarrow \infty$);
- великий вхідний опір (в ідеалі $R_{вх\ ОП} \Rightarrow \infty$);
- нижня частота підсилювальних сигналів $f_{н\ ОП} = 0$.

Останній параметр указує на те, що ОП повинен бути підсилювачем постійного струму (ППС). Ця вимога пояснюється тим, що однією з поширених математичних операцій є дія з константами, наприклад, їх додавання. У цьому випадку математична змінна реалізується змінним сигналом, константа – постійним. На даний час, коли сфера застосування ОП значно розширилася, у

багатьох випадках вимога $f_H = 0$ не є обов'язковою і навіть іноді недоцільною. Однак перетворити ППС в підсилювач змінного струму досить просто (наприклад, вводячи розділові ємності на вході та виході). Тому більшість операційних підсилювачів в інтегральному виконанні випускаються як підсилювачі постійного струму.

Таблиця 6.1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
K_u	10	10	15	15	20	20	5	5	25	25
$U_{BX}, \text{ мВ}$	100	100	50	50	30	30	45	45	30	30
Тип ОП	-----К140УД6-----									
Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Схема	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
K_u	25	25	10	10	15	15	20	20	30	30
$U_{BX}, \text{ мВ}$	15	15	20	20	100	100	10	10	5	5
Тип ОП	-----К140УД7-----									
Варіант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Схема	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
K_u	40	40	50	50	60	60	10	10	15	15
$U_{BX}, \text{ мВ}$	1	1	25	25	50	50	40	40	60	60
$R_{BX}, \text{ кОм}$	10	20	10	15	10	15	30	25	20	30
Тип ОП	-----К140УД8-----									

Примітки: 1. Позначення схем підсилювача надано у відповідності до рис. 9: а – схема інвертуючого, б – неінвертуючого підсилювача.

2. При розрахунку можна використати параметри означеного ОП будь-який модифікації (з будь-якими кінцевими літерами або без них). Параметри ОП, зі зазначенням на літературу, повинні бути наведені в звіті

Операційні підсилювачі мають два входи і один вихід. Фаза вихідного сигналу збігається з фазою вхідного сигналу на одному вході і протилежна фазі на іншому. Тому перший з входів називають неінвертуючим (прямим), а другий – інвертуючим (інверсним).

Таким чином, ОП є диференціальним підсилювачем, тобто він підсилює різницю вхідних сигналів, які поступають ці два входи. Це дозволяє при “математичному” варіанті застосування підсилювача досить просто здійснити операцію вирахування, при інших – поліпшити багато параметрів пристрою,

наприклад, реалізовувати кола як від'ємного, так і додатного зворотного зв'язку, позбавитись від синфазного сигналу і т.п.

На умовному графічному позначенні ОП вхід, що інвертує сигнал, позначають кружком. Інколи біля інвертуючого входу ставлять знак “-”, неінвертуючого – “+”.

Коефіцієнт підсилення за напругою, яким характеризують ОП, є коефіцієнтом підсилення різницевого, диференціального сигналу. Типове його значення лежить у діапазоні 10000...100000 (80...100 дБ), і в нових ОП має місце тенденція до збільшення.

Узагальнена амплітудно-частотна характеристика ОП наведена на рис. 5.2. Характеристика сформована апроксимаційними прямими до реальної і надана в логарифмічних координатах. Реальна АЧХ має вид плавної кривої, яка зазвичай лежить нижче наведених на рисунку ліній. В точках перетину останніх реальна крива проходить на 3 дБ нижче.

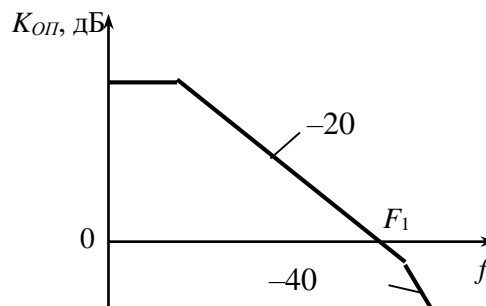


Рис. 6.2

Оскільки операційний підсилювач являє собою ППС, його АЧХ має ненульовий коефіцієнт підсилення на нульовій частоті. Зазначені вище високі коефіцієнти підсилення відповідають досить вузькому діапазону частот – від нуля до приблизно декількох десятків/сотень герц. Потім коефіцієнт підсилення починає зменшуватися з “швидкістю” мінус 20 дБ / дек. (– 6 дБ / октаву).

Швидкості спадання $K_{оп}$ може підвищитись до мінус 40 дБ / дек та більш. Точки перегину відповідають верхнім частотам окремих каскадів підсилювача і встановлюються при проектуванні ОП. Точку другого зламу АЧХ зазвичай прагнуть розташувати на частотах більших так званої *частоти одиничного підсилення* F_1 – частоти, на якій модуль коефіцієнта підсилення рівняється одиниці. Типове значення F_1 дорівнює 1...10 МГц.

При розгляді вхідних опорів розрізняють диференціальний та синфазний вхідні опори, тобто опори для диференціального і синфазного сигналів (однаковий з величиною та фазою сигнал, який одночасно приходить на два входи ОП). Диференціальний вхідний опір вимірюється між інвертуючим та неінвертуючим входами, а синфазний – між з'єднаними входами і землею. Диференціальний вхідний опір при побудові ОП на біполярних транзисторах зазвичай лежить у діапазоні 1...10 МОм. Для ОП з польовими транзисторами

на вході диференціальний опір складає сотні – тисячі мегом. Синфазний опір на кілька порядків більший диференціального. Тому що корисним є диференціальний сигнал, та, зазвичай, цікавляться диференціальним опором.

Операційному підсилювачу притаманні недоліки, які характерні для всіх ППС. Вони визначаються наступними параметрами:

- приведеною до входу напругою зміщення $U_{зм}$;
- вхідними струмами $I_{зм}$;
- різницею вхідних струмів $\Delta I_{зм}$;
- зміною (дрейфом) вказаних вище параметрів під впливом різноманітних дестабілізуючих факторів (в довідниках найчастіше наводять значення дрейфу параметрів при зміні температури).

Розкид значень перерахованих параметрів визначається, насамперед, типом використаних в ОП транзисторів. Типові значення вхідної напруги зміщення $U_{зм}$ для ОП загального призначення – 1...10 мВ при побудові на біполярних транзисторах й більше 10 мВ – на польових. Погіршення показника обумовлене складністю забезпечити ідентичність параметрів польових транзисторів. Для прецизійних ОП, в яких використовуються спеціальні технологічні міри для балансування каскадів (наприклад, лазерне припасування резисторів диференціального каскаду) або спеціальні схемотехнічні засоби (наприклад, динамічна компенсація вхідних похибок), ця величина може бути на порядок меншою. Типові величини дрейфу нуля при зміні температури – 1...10 мкВ/°С, а для прецизійних ОП – в десятки разів менш.

Вхідні струми ОП $I_{зм}$ – це струми баз або заслонів транзисторів вхідного каскаду. Відповідно, в ОП на польових транзисторах вхідні струми значно менші. Типова величина вхідного струму складає величину порядку 0,1...1 нА для ОП з вхідним каскадом на біполярних транзисторах та 1 пА – на польових. В ОП з польовими транзисторами різниця вхідних струмів практично не відрізняється від величини самих вхідних струмів. Це обумовлено тим, що в зв'язку з незначністю струмів заслонів польових транзисторів, як самі вхідні струми, так і їхня різниця порівнянні зі струмами, які залежать від якості монтажу і стану поверхні корпусу транзистора. Тому для ОП на польових транзисторах не ефективний метод зниження похибки, обумовленої вхідними струмами, шляхом забезпечення рівності опорів резисторів у колах подачі вхідних диференціальних сигналів.

Еквівалентна схема вхідного кола ОП представлена на рис. 6.3. На рисунку синфазний вхідний опір показаний у виді двох резисторів, що приєднані до двох входів, тому їх опір, вказаний на рисунку, у два рази більше реального $R_{син}$.

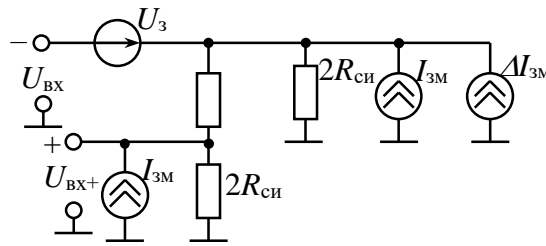


Рис. 6.3

Вихідний опір ОП являє собою внутрішній опір ОП без зворотного зв'язку. Величина вихідного опору визначає максимальний вихідний струм ОП, тому в довідниках наводиться тільки один з них. Типове значення вихідного опору – 10...1000 Ом, а максимального вихідного струму – 10...20 мА. Іноді в параметрах ОП вказується значення мінімального опору навантаження, за яким можна також визначити вихідний струм, знаючи максимально допустиму напругу на виході:

$$I_{\text{вих макс}} = \frac{U_{\text{вих макс}}}{R_{\text{нмін}}} \quad (6.1)$$

Перевищення вихідного струму (або, що те ж саме, надмірне зменшення опору навантаження) може вивести деякі ОП з ладу. Однак переважна більшість сучасних ОП має внутрішній захист вихідного каскаду від перевантаження за струмом. Такі ОП витримують короткі замикання виходу ОП не тільки на землю, але і на джерела живлення.

Наявність похибок ОП призводить до практичної неможливості безпосереднього його використання для підсилення аналогових сигналів, де неодмінною вимогою є незначні спотворення. Продемонструємо це на прикладі. Нехай ОП характеризується наступними параметрами: $U_{\text{зм}} = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ В; $K_{\text{оп}} = 10^4$; $E_{\text{ж}} = \pm 15$ В. Тоді навіть при відсутності вхідного сигналу на виході підсилювача може виникнути напруга

$$U_{\text{вих}} = K_{\text{оп}} \cdot U_{\text{зм}} = \pm 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 = \pm 50 \text{ В},$$

що неможливо бо отримане значення в декілька разів більше за напругу живлення. Навіть якщо її компенсувати зовнішніми засобами, то можливий дрейф напруги зміщення нівелює ефективність компенсації.

Причиною появи не рівної нулю напруги на виході ($U_{\text{вих}} \neq 0$ при $U_{\text{вх}} = 0$) може бути не тільки напруга зміщення нуля та її дрейф, але також вхідні струми. Ці струми з'являються в колах, через які подаються сигнали на бази транзисторів.

Для спрощення аналізу впливу вхідних струмів будьмо вважати, що у вхідних колах кожного входу мається окреме джерело вхідного струму I_1 та I_2 , а на входи каскаду подані сигнали U_1 та U_2 (рис. 6.4). Сигнали надходять на прямій і інверсний входи через резистори $R1$ і $R2$. Ці резистори враховують

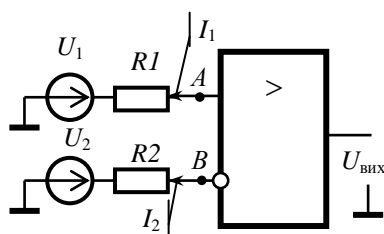


Рис. 6.4

зовнішні резистори і вихідні опори джерел сигналу. Як випадок, опори $R1$ або $R2$ можуть дорівнювати нулю.

Нехай ДП має нульову напругу зміщення нуля ($U_{з\text{м вх}} = 0$). Тоді

$$U_{\text{вих}} = K_{\text{ОП}}(U_A - U_B), \quad (6.2)$$

де U_A і U_B – напруга в точках A і B (на прямому та інверсному вході ДП), які визначаються виразами:

$$U_A = U_1 - I_1 R1; \quad U_B = U_2 - I_2 R2.$$

де $I_1 = (I_{\text{вх ні}} + I_{1c})$; $I_2 = (I_{\text{вх ін}} + I_{1c})$;

I_{1c}, I_{2c} – складові, обумовлені сигналами.

Підставляючи ці вирази у (5.2), одержуємо:

$$U_{\text{вих}} = K_{\text{ОП}}(U_1 - U_2) - K_{\text{ОП}}[(I_{\text{вх ін}} R1 - I_{\text{вх ні}} R2) - (I_{1c} R1 - I_{2c} R2)].$$

З останнього виразу випливає, що навіть у відсутності вхідної диференціальної напруги ($U_1 - U_2 = 0$) та нульовій напрузі зміщення напруга на виході може відрізнитись від нульової. Тобто маємо зміщення нульового рівня, обумовлене вхідними струмами ОП:

$$U_{\text{вих}} = -K_{\text{ОП}}(I_{\text{вх ін}} R1 - I_{\text{вх ні}} R2).$$

При конструюванні вхідних кіл ОП прагнуть до максимальної ідентичності каналів, тому можна припустити, що в реальних підсилювачах вхідні струми повинні бути близькими за значенням. Це підказує шлях зменшення похибки, яка обумовлена вхідними струмами: необхідно зробити однаковими опори резисторів у вхідних колах ($R1 = R2 = R$). Тоді напруга зміщення нуля буде визначатися різницею вхідних струмів:

$$U_{\text{вих зм}} = K_{\text{ОП}} R (I_2 - I_1) = K_{\text{ОП}} R \Delta I_{\text{вх}}. \quad (6.3)$$

Реально різниця вхідних струмів зміщення приблизно на порядок менше, вхідних струмів. Типове співвідношення між ними, яке наводяться в довідниках, знаходиться в межах 2...5. Тобто при забезпеченні однакових опорів резисторів у вхідних колах, не менш ніж у стільки ж разів може бути зменшена похибка, обумовлена вхідними струмами.

У схемах рис. 8 до інвертуючого входу приєднані резистори зворотного зв'язку $R1, R3$, які відносно вхідного струму виявляються включеними паралельно. Тому для зменшення похибки, обумовленої вхідними струмами у коло прямого входу введений резистор $R2$, опір якого визначається за формулою:

$$R = R2 = R1 R3 / (R1 + R3). \quad (6.4)$$

При використанні ОП для підсилення аналогових сигналів, де неодмінною вимогою є незначні спотворення, його охоплюють від'ємним (негативним) зворотнім зв'язком (ВЗЗ), вводячи ланцюги між виходом та інвертуючим входом.

В підсилювачах рис. 6.1 від'ємний зворотній зв'язок утворений ланцюгом $R3 R1$. Відносно вихідного сигналу він є зв'язком за напругою, відносно входу –

залежить від того, на який вхід подається сигнал. У інвертуючого підсилювача він паралельний, у неінвертуючого – послідовний.

Як звісно, введення ВЗЗ суттєво змінює більшість параметрів підсилювача. Насамперед, від’ємний зворотній зв’язок зменшує коефіцієнт підсилення. Для схем рис. 8 коефіцієнти підсилення дорівнюють:

$$K_{\text{інпід}} = \frac{3}{R1}, \quad K_{\text{ніпід}} = \frac{R3}{R1} + 1 \quad (6.5)$$

Однак, розширюється смуга частот, в якій підсилення сигналу відбувається з припустимими спотвореннями. На рис.6.5 надана АЧХ підсилювача, охопленого ВЗЗ. Вона утворена лінією, яка паралельна осі f з ординатою $K_{\text{під}}$, і частиною спадаючої ділянки АЧХ ОП (зображені неперервними лініями). $K_{\text{під}}$ – коефіцієнт підсилення інвертуючого або неінвертуючого підсилювача, в залежності від розгляду.

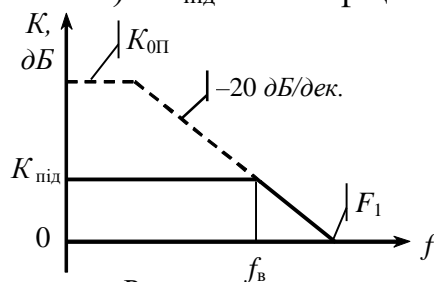


Рис. 6.5

дорівнює

Як було вказано, рівномірна часина АЧХ ОП без зворотного зв'язку відповідають досить вузькому діапазону частот (штрихові лінії рис. 5.5). З введенням ВЗЗ рівномірний коефіцієнт підсилення підсилювача розширюється до верхньої частоти, яка (по рівню спаду на 3 дБ)

$$f_{\text{в}} = F_1 / K_{\text{під}} \quad (6.6)$$

В подальшому необхідно пам'ятати, що прості формули для коефіцієнтів підсилення при ВЗЗ були отримані в припущенні $R_{\text{вх ОП}} \gg R3$. З врахуванням коефіцієнтів запасу на довідкові параметри можна вважати, що

$$R3 \leq R_{\text{вх ОП}} / (3...5) \quad (6.7)$$

Вихідний опір підсилювача з ВЗЗ за напругою

$$R_{\text{вих}} = R_{\text{вих ОП}} K_{\text{під}} / K_{\text{оп}}, \quad (6.8)$$

де $R_{\text{вих ОП}}$ – вихідний опір ОП.

Вхідний опір підсилювача з ВЗЗ в порівнянні з вхідним опором ОП змінюється по різному. При паралельному ВЗЗ (інвертуючий підсилювач) він зменшується і практично визначається опором зовнішнього резистора:

$$R_{\text{вх ін}} = R1.$$

При послідовному ВЗЗ (неінвертуючий підсилювач) він зростає і становиться рівним $R_{\text{сін}}$. Однак, в зв'язку з тим, що прямій вхід неінвертуючого підсилювача приєднаний до ґрунту через резистор $R2$, то

$$R_{\text{вх ін}} = R2.$$

Максимальне значення абсолютної похибки вихідної напруги, яка викликана зміною температури, дорівнює дрейфу напруги зміщення:

$$U_{\text{зм}} = [(dU_{\text{зм}}/dT) + (dI_{\text{зм}}/dI) R] \Delta T (K_{\text{під}} + 1), \quad (6.9)$$

де $dU_{\text{зм}}/dT$, $dI_{\text{зм}}/dI$ – температурні дрейфи напруги зміщення нуля та вхідних струмів ОП.

Додаткові вказівки

Необхідний коефіцієнт підсилення $K_{\text{під}}$, заданий в табл. 6.1 ($K_{\text{ц}}$), згідно вищенаведеного визначається співвідношенням значень опорів резисторів $R3$ та $R1$. В тому разі, якщо заданий вхідний опір (інвертуючий підсилювач згідно варіантів 21...30), то визначення номіналу опору другого резистору не викликає ніяких затруднень. Для неінвертуючого підсилювача згідно варіантів 21...30 з врахуванням значної величини коефіцієнта підсилення ($K_{\text{під}} \gg 1$) можна вважати

$$R2 = \frac{R1 R3}{R1 + R3} = \frac{R1(R3/R1)}{1 + R3/R1} \approx R1, \quad (6.10)$$

а умову (5.7) перевіряють.

В підсилювачах згідно варіантів 1...20 вхідний опір не заданий, тому один з резисторів необхідно вибрати з якісь додаткових угод. Пропонується визначити його з умови припустимої похибки, яка пов'язана в різницею вхідних струмів. На резисторах, крізь які проходять вхідні струми ОП, виникає вхідна напруга, обумовлена різницею вхідних струмів. Вона буде підсилена нарівні з напругою вхідного сигналу, що еквівалентно виникненню похибки. Якщо регламентувати відносне значення цієї похибки, то, з врахуванням (6.10), можна визначити значення опору резистора $R1$:

$$R2 \Delta I_{\text{вх ОП}} \approx R1 \Delta I_{\text{вх ОП}} < \delta U_{\text{вх}}, \quad (6.11)$$

де δ – відносне значення похибки (найчастіше беруть $\delta = 0,1$).

При виборі номіналу резистора $R3$ необхідно пам'ятати, що його опір не повинен бути малим бо це може призвести до значного зростання вихідного струму ОП. Враховуючи обмеження (6.7), маємо:

$$(5...10) U_{\text{вих макс}} / I_{\text{вих макс}} \leq R3 \leq R_{\text{вх}} / (3...5), \quad (6.12)$$

де $U_{\text{вих макс}}$, $I_{\text{вих макс}}$ – максимальні припустимі значення вихідної напруги та струму ОП.

Якщо для визначення лівої частини нерівності не вистачає довідкових параметрів, то мінімальне значення $R3$ можна знайти з одного з наступних виразів:

$$R3 \geq (5...10) R_{\text{вих ОП}}, \\ R3 \gg R_{\text{н мин}}, \quad (6.13)$$

де $R_{\text{н мин}}$ – мінімально припустимий опір навантаження. За $R3_{\text{н мин}}$ можна взяти з довідника значення опору навантаження, при якому визначені основні параметри ОП.

РЯДИ НОМІНАЛЬНИХ ОПОРІВ (ЄМНОСТЕЙ)

ТА ЇХ ДОПУСКІВ

Номинальний опір (ємність) – значення опору резистора (ємності конденсатора), на які розрахований відповідний виріб і яке на ньому позначене або вказане у нормативній документації, що супроводжує його. Номинальні значення опорів (ємностей), які випускає вітчизняна промисловість та зарубіжні фірми, стандартизовані і зведені у сім рядів: E3; E6; E12; E24; E48; E96; E192. Для конденсаторів значної ємності (більш 1...10 мкФ) номінали можуть встановлюватись поза рядів E і залежати від типу конденсатора.

Ряди E являють собою десяткові ряди геометричної прогресії із знаменником прогресії, що дорівнює $q^{1/N}$, де N – номер ряду. Цифра після букви E (номер ряду) вказує кількість номінальних величин у кожному десятковому інтервалі. Наприклад, ряд E6 містить шість значень номінальних опорів (ємностей) у кожній декаді, які відповідають числам 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 або числам, які отримані шляхом ділення або множення цих чисел на 10^n , де n – ціле додатне або від'ємне число. Значення номінальних чисел для рядів, які найбільш використовуються, наведені у табл. А1.

Таблиця А.1.

E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0		3,3	3,3	3,3
			1,1				3,6
		1,2	1,2			3,9	3,9
			1,3				4,3
	1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7	4,7
			1,6				5,1
		1,8	1,8			5,6	5,6
			2,0				6,2
2,2	2,2	2,2	2,2		6,8	6,8	6,8
			2,4				7,5
		2,7	2,7			8,2	8,2
			3,0				9,1

Фактичні значення опорів (ємностей) можуть відрізнятися від номінальних у межах допустимих відхилень. Ряд допустимих відхилень також нормований. Допуски на номінали опору наводяться у відсотках і обираються у відповідності з рядом:

$\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $\pm 2,0$; $\pm 5,0$; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 .

Для резисторів ряду E3 допуск $\pm 30\%$; E6 – $\pm 20\%$; E12 – $\pm 10\%$; E24 – $\pm 5\%$

Допуски на номінали ємностей конденсаторів вказуються у відсотках і обираються із ряду:

$\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 ; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 ; $0 + 50$;

-10 + 30; -10 + 50; -10 + 100; -20 + 50; -20 + 80.

Величина допуску, яка використовується, визначається не лише рядом номіналів (рядом Е), а також і типом конденсатора. Для конденсаторів із номінальними ємностями нижче 10 пФ відхилення, які допускаються, вказуються у абсолютних значеннях: $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$ та ± 1 пФ.

ДОДАТОК

Основні

Таблиця 1- Довідкові параметри ОП

Тип мікросхеми	U и.п, В	U _{см} , мВ	I _{вх} , нА	K _у , дБ	V _{ввих} , В/мкс	K _{ос.сф} , дБ	R _{вх} , МОм	P _{пот.} , мВт; (I _{пот.} , мА)	f _{пр} (f ₁), МГц	Тип корпусу
K140YD101A	$\pm 3... \pm 7$	7	7000	42	0.2	62	0.04	96	3	TO101(12pin)
K140YD101Б	$\pm 4... \pm 13$	7	9000	46	0.2	62	0.02	180	8	TO101(12pin)
K140YD101B	$\pm 4... \pm 13$	7	9000	48	0.2	62	0.02	180	8	TO101(12pin)
K140YD11	$\pm 5... \pm 18$	10	500	68	15	72	0.4	360	15	TO99(8pin)
K140YD1608	$\pm 5... \pm 21$	6	500	68	0.3	72	0.4	110	1	TO99(8pin)
K140YD1A	$\pm 3... \pm 7$	7	7000	42	0.2	62	0.04	96	3	TO101(12pin)
K140YD1Б	$\pm 1... \pm 13$	7	9000	42	0.3	62	0.02	180	8	TO101(12pin)
K140YD1B	$\pm 4... \pm 13$	7	9000	42	0.2	62	0.02	180	8	TO101(12pin)
K140YD201A	$\pm 9... \pm 18$	5	700	42	0.2	64	0.3	240	1	TO101(12pin)
K140YD201Б	$\pm 3... \pm 7$	7	700	48	0.2	64	0.3	240	1	TO101(12pin)
K140YD2A	$\pm 9... \pm 18$	5	700	42	0.2	64	0.3	240	1	TO101(12pin)
K140YD2Б	$\pm 3... \pm 7$	7	700	48	0.2	64	0.3	240	1	TO101(12pin)
K140YD6	$\pm 5... \pm 17$	10	30	68	0.3	72	1	145	68	TO99(8pin)
K140YD601	$\pm 5... \pm 17$	10	30	68	0.5	72	1	145	0.3	TO99(8pin)
K140YD7	$\pm 5... \pm 17$	6	400	68	0.3	72	0.4	120	0.8	TO99(8pin)
K140YD701	$\pm 5... \pm 17$	6	400	68	0.3	72	0.4	120	0.8	TO99(8pin)
K140YD9	$\pm 5... \pm 15$	5	350	68	0.2	72	0.3	240	1	TO101(12pin)
K140YD901	$\pm 5... \pm 15$	5	350	68	0.2	72	0.3	240	1	TO101(12pin)
K153YD5	$\pm 5... \pm 16.5$	2.5	125	96	0.01	110	1	160	0.2	TO99(8pin)
K153YD501	$\pm 5... \pm 16.5$	2.5	125	96	0.01	110	1	160	0.2	TO99(8pin)
K153YD6	$\pm 7... \pm 17$	2	75	36	0.5	110	1.5	102	0.7	TO99(8pin)
K153YD601	$\pm 7... \pm 17$	2	75	36	0.5	110	1.5	102	0.7	TO99(8pin)
K553YD101A	$\pm 8.1... \pm 18$	7.5	1500	90	0.2	105	0.5	87		DIP8
K553YD101B	$\pm 8.1... \pm 18$	7.5	1500	90	0.2	105	0.5	87		DIP8
K553YD1A	$\pm 8.1... \pm 18$	7.5	1500	90	0.2	105	0.5	87		DIP14
K553YD1B	$\pm 8.1... \pm 18$	7.5	1500	90	0.2	105	0.5	87		DIP14
K553YD2	$\pm 2... \pm 20$	7.5	500	62	0.5	78	0.3	240	1	DIP14
K553YD201	$\pm 2... \pm 20$	7.5	500	62	0.5	78	0.3	240	1	DIP8
K553YD6	$\pm 7... \pm 17$	2	75	86	0.5	110	1.5	102	0.7	DIP14
K553YD601	$\pm 7... \pm 17$	2	75	36	0.5	110	1.5	102	0.7	DIP8
KP1005YD1	$\pm 5... \pm 12$	0.8	3	94	0.7	95	6	120	1.5	DIP14
KP1408YD2	$\pm 5... \pm 22$	0.8	3	94	0.7	95	6	120	1.5	DIP14
KP140YD11	$\pm 5... \pm 18$	10	500	68	15	72	0.4	360	15	DIP8
KP140YD1101	$\pm 5... \pm 18$	10	500	68	15	72	0.4	360	15	DIP16

