

Операційні підсилювачі

Інтегруючий підсилювач (інтегратор)

Схема інтегратора зображена на рис.1. Вона створюється заміною в схемі інвертуючого підсилювача резистора зворотного зв'язку R_{33} конденсатором C .

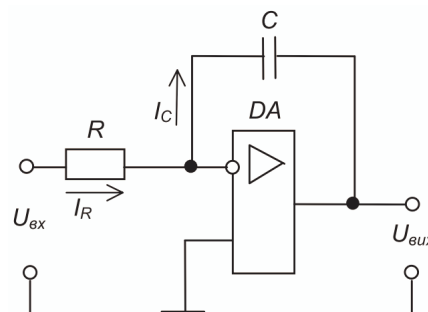


Рис. 1 Інтегратор

Оскільки $R_{вхОП}=\infty$, то маємо:

$$I_R = I_C; \quad \frac{U_{вх}}{R} = -C \frac{du_{вих}}{dt}$$

або

$$U_{вих} = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{вх} dt + U_{вих0}.$$

Як правило, при $t = 0$ $U_C = U_{вих0} = 0$, тому

$$U_{вих} = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{вх} dt.$$

$RC=t$ – стала часу. Реальному масштабу часу відповідає $t=1$ с. При подачі на вхід постійної за значенням напруги, струм, що заряджає конденсатор, має постійне значення $U_{вх}/R$ (не залежить від ступеня заряду конденсатора) і конденсатор заряджається рівномірно, а вихідна напруга зростає лінійно

$$U_{вих} = -\frac{1}{RC} U_{вх} t.$$

Тому інтегратор часто застосовують як основу генераторів лінійних напруг. На рис. 2 зображені часові діаграми роботи інтегратора при подачі на його вхід постійної напруги. При t_2 – параметри схеми вибрані неправильно, бо не забезпечується виконання інтегрування за весь час дії вхідного сигналу (ОП входить у режим насичення).

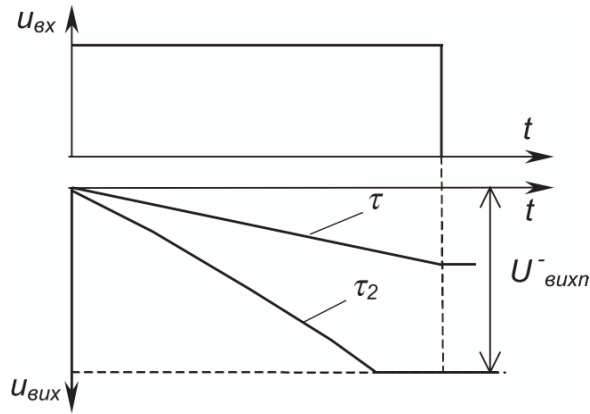


Рис. 3 Часові діаграми роботи інтегратора

Диференціюючий підсилювач (диференціатор)

Схема диференціатора наведена на рис. 3.

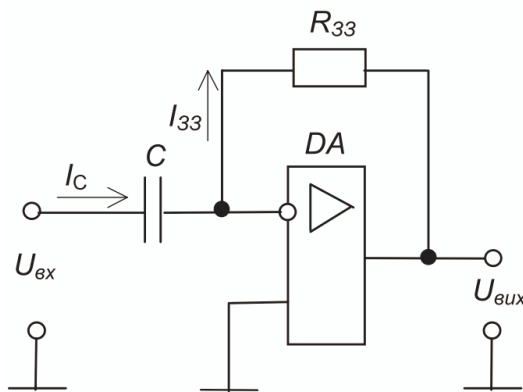


Рис. 3 Диференціатор

Від схеми інтегратора (рис. 1) вона відрізняється заміною місцями резистора і конденсатора. Тут

$$I_C = I_{33}; I_C = -C \frac{du_{\text{вых}}}{dt};$$

$$I_{33} = -\frac{U_{\text{вых}}}{R_{33}};$$

$$-C \frac{du_{\text{вых}}}{dt} = -\frac{U_{\text{вых}}}{R_{33}};$$

$$U_{\text{вых}} = -CR_{33} \frac{du_{\text{вых}}}{dt};$$

$$R_{33}C = \tau; U_{\text{вых}} = -\tau \frac{du_{\text{вых}}}{dt}.$$

Сталу часу t необхідно вибирати так, щоб у процесі диференціювання дотримувалась нерівність $U_{\text{вых}} < U_{\text{вих м}}$.

Компаратори (схеми порівняння)

Компаратори – це електронні пристрої, призначені для порівняння напруг. Схема найпростішого компаратора зображена на рис. 4а. Він виконує порівняння вхідного сигналу $U_{вх}$ з опорною напругою $U_{оп}$. Сигнал на виході ОП змінює полярність, коли ці напруги зрівнюються, як показано на часових діаграмах роботи компаратора, наведених на рис. 4б.

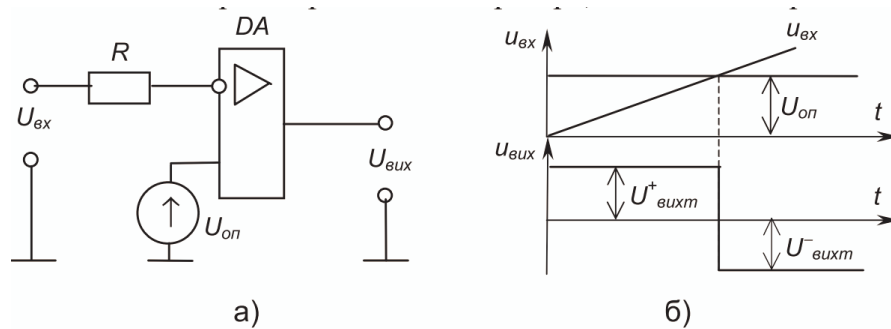


Рис. 4 Компаратор (а) і часові діаграми його роботи (б)

Якщо задати $U_{оп} = 0$, отримаємо нуль-орган, що фіксує відхилення $U_{вх}$ від нульового значення.

Компаратор – це чи не єдине застосування ОП без зворотних зв'язків, коли напряму використовується його великий коефіцієнт підсилення: найменша різниця потенціалів між входами призводить до насичення ОП. При цьому маємо знак вихідної напруги «+», якщо напруга на неінвертуючому вході більш позитивна, ніж на інвертуючому, і «-», якщо навпаки.

Живити ОП у даному разі можна і від однополярного джерела, бо він фактично порівнює синфазні напруги.

Підсилювач змінного струму на ОП з однополярним живленням

Забезпечення підсилення сигналів змінного струму при однополярному живленні ОП вирішується тими ж методами, що і у транзисторному підсилювачі класу А. А саме: введенням зміщення і розділяючих конденсаторів. Схема підсилювача наведена на рис. 5.

Тут R_1, R_2 – дільник, що задає зміщення точки спокою, C_1, C_3 – розділяючі конденсатори. Дільник сигналу зворотного зв'язку R_3, R_4 забезпечує коефіцієнт підсилення у даному разі $K_U=101$. Конденсатор C_2 забезпечує роботу схеми за постійним струмом як повторювача напруги, щоб виключити підсилення сигналу зміщення нуля.

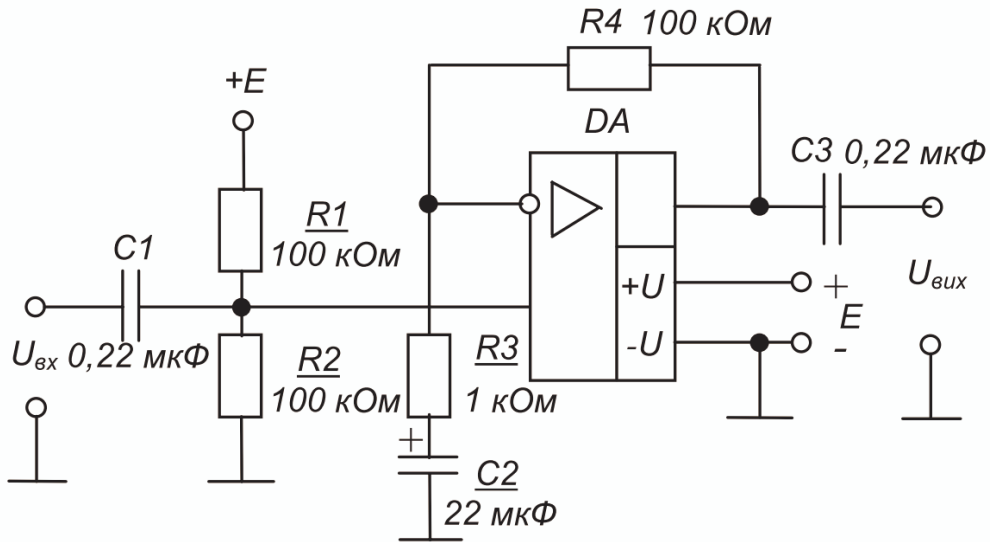


Рис. 5 Підсилювач змінного струму з однополярним живленням

Збільшення потужності вихідного сигналу ОП

Незважаючи на те, що є типи ОП з потужним виходом (з вихідним струмом до 5А), все ж основна їх маса має малопотужний вихід (струм до 10мА). Збільшення вихідної потужності можна забезпечити, наприклад, за допомогою схеми, наведеної на рис. 6.

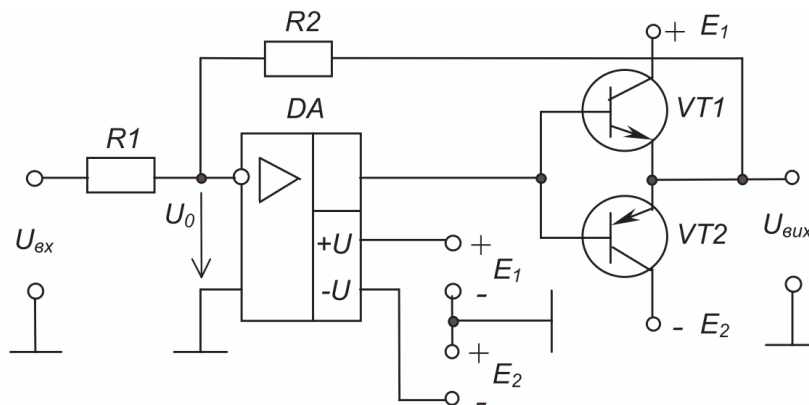


Рис. 6 Потужний підсилювач на ОП

Тут для підсилення потужності застосовано найпростіший двотактний підсилювач на транзисторах різного типу провідності. Відомо, що останній працює у режимі класу В, для якого характерні значні нелінійні викривлення. Позбавитися їх дозволяє підімкнення резистора зворотного зв'язку R_2 не до виходу ОП, а до виходу підсилювача потужності. Тепер ОП, забезпечуючи рівність $U_0=0$, створює на своєму виході напругу, що компенсує падіння на базоемітерних переходах транзисторів. Таким чином отримуємо режим роботи класу АВ без введення додаткових елементів.

Прецизійний випрямляч

Відомо, що для випрямлення сигналів змінного струму можуть бути застосовані випрямні діоди. Але наявність падіння напруги на діоді до 1 В при протіканні струму через нього призводить до того, що сигнали з напругою у десятки долі вольта взагалі не можуть бути випрямлені, а випрямлення сигналів у одиниці вольт супроводжується значною похибкою. Більше того, ця похибка залежить від змін температури. Отже, точний (*прецизійний*) випрямляч побудувати на діодах неможливо.

Але це можна зробити з використанням ОП. На рис. 7 наведено схему прецизійного однопівперіодного випрямляча.

Фактично це є повторювач для сигналів позитивної полярності. Як і у випадку потужного підсилювача, падіння напруги на діоді компенсується ОП.

Вихідний сигнал знімається з інвертуючого входу ОП. Для позитивної вхідної напруги, оскільки $U_0 = 0$, маємо:

$$U_{\text{вих}} = U_1 = U_{\text{н}} = U_{\text{вх}}.$$

При негативних значеннях $U_{\text{вх}}$ ОП знаходиться у режимі насичення, а на вихід пристрою через резистор R подається напруга $U_{\text{вих}} = 0$.

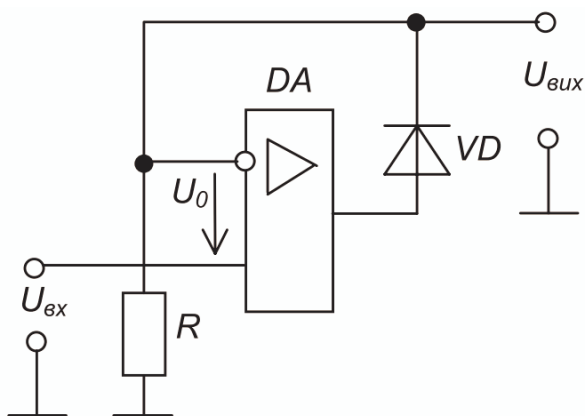


Рис. 7 Прецизійний випрямляч