

Лабораторна робота № 27

ГЕНЕРАТОРИ ПИЛКОПОДІБНОЇ НАПРУГИ

До генераторів пилкоподібної напруги (ГПН) відносять функціональні вузли дискретної схемотехніки, що забезпечують формування імпульсів напруги (або струму) з лінійним законом зростання і спаду. Вони широко застосовуються в пристроях розгортання, перетворювачах час - амплітуда, знакогенераторах, та ін.

За методом керування ГПН поділяються на очікувальні та автоколивальні. Очікувальні ГПН забезпечують одержання лінійно змінюваного у часі сигналу, тривалість і амплітуда якого залежать від тривалості керуючого сигналу. Параметри вихідного сигналу очікувального ГПН не залежать від параметрів вхідного сигналу, котрий повинен забезпечити лише надійний запуск схеми. Частота вихідних сигналів очікувального ГПН визначається частотою запускаючих імпульсів. Параметри вихідних сигналів (амплітуда, тривалість, лінійність, частота проходження) автоколивальних ГПН визначаються параметрами компонентів схеми і напруг джерел живлення. Очікувальні і автоколивальні ГПН будуються на основі спускових релаксаційних схем з додатними зворотними зв'язками (ДЗЗ).

Принцип формування лінійно змінюваної в часі напруги, частіше всього заснований на заряді (розряді) конденсатора стабільним струмом. Схемні розходження ГПН пов'язані з реалізацією генераторів стабільного струму (ГСС) і використовуваними активними компонентами (транзисторами, тиристорами, ОП). Основний якісний показник ГПН - коефіцієнт нелінійності робочої ділянки сигналу:

$$\Gamma = \left(\left| \frac{dU_2}{dt} \right|_{max} - \left| \frac{dU_2}{dt} \right|_{min} \right) / \left| \frac{dU_2}{dt} \right|_{max} .$$

Автоколивальний генератор пилкоподібної напруги на основі операційного підсилювача

Мета роботи - дослідити схемні особливості і принцип роботи автоколивального ГПН на основі операційного підсилювача (ОП), визначити параметри коливачів і дослідити вплив на них параметрів компонентів схеми.

Опис досліджуваної схеми

Досліджуваний ГПН побудований на основі ОП (рис. 27.1). Схема підключається до джерела живлення за допомогою перемикача S_3 і працює

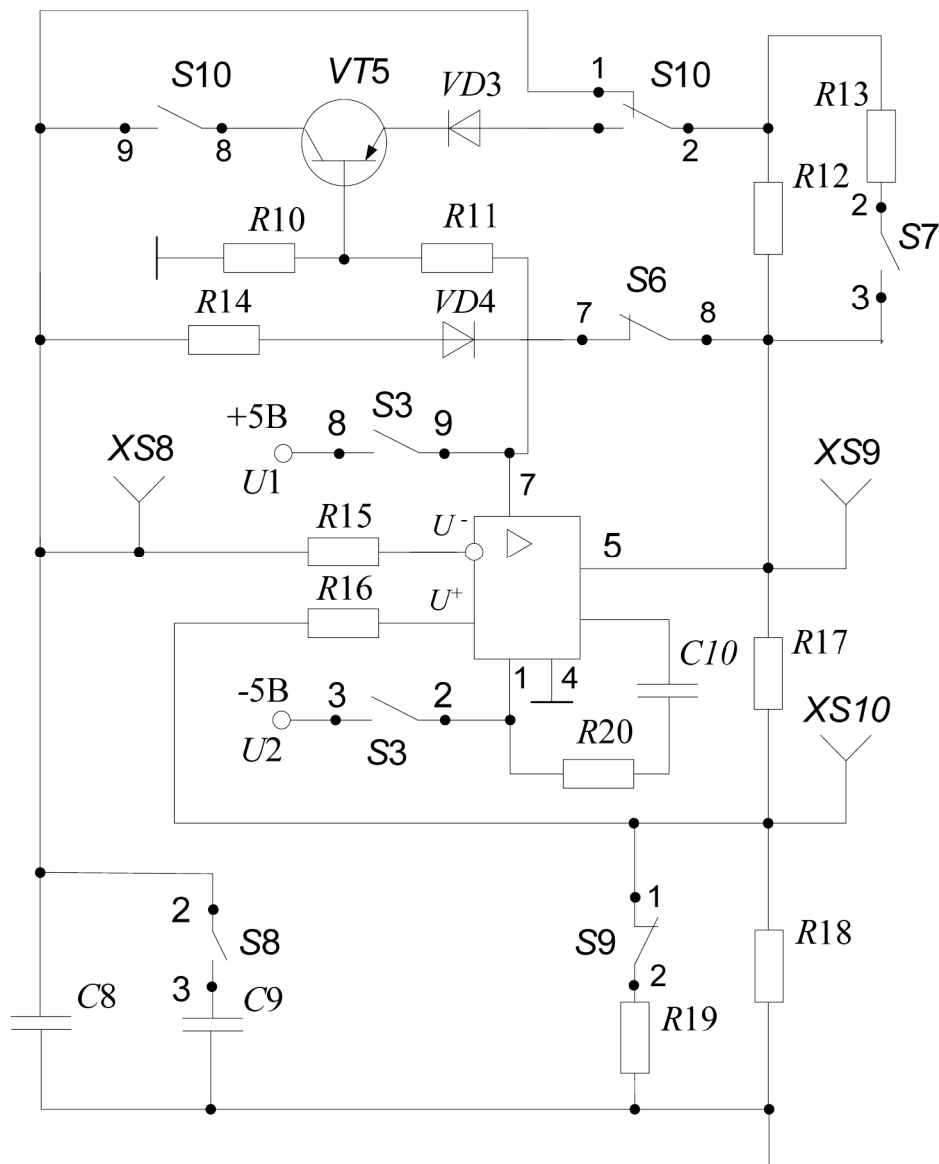


Рис. 27.1

в режимі самозбудження без зовнішнього запуску або синхронізації. Структурно даний ГПН являє собою мультивібратор на ОП, охоплений неінерційним ДЗЗ ($R17-R19$) і відстаючим ВЗЗ з виходу ОП ($XS9$) на інвертуючий вхід ($XS8$). У колі ВЗЗ включений конденсатор $C8(C9)$ з керованим колом перезаряду. При позитивному рівні потенціалу на виході ОП конденсатор $C8$ перезаряджається через ГСС на основі $VT5$ і напруга на ньому змінюється в часі за лінійним законом. Швидкий зворотний перезаряд конденсатора $C8$ відбувається через резистор $R14$ і діод $VD4$ при негативному рівні напруги на виході ОП. При цьому напруга на конденсаторі $C8$ змінюється за експонентним законом. Перемикачем $S10$ ГСС може бути включений або виключений з кола перезаряду накопичувального конденсатора $C8$ при негативному рівні напруги на

виході ОП. Перемикач $S8$ дозволяє змінювати ємність накопичувального конденсатора і, отже, крутість лінійної ділянки вихідного сигналу. Перемикачем $S9$ можна змінювати коефіцієнт передачі в колі ДЗЗ і амплітуду пилкоподібного сигналу, що формується на конденсаторі $C8$ (точка $X8$). На виході ОП ($X9$) формується періодичний сигнал прямокутної форми.

Робоче завдання

1. Зняти за допомогою осцилографа в режимі зовнішньої синхронізації тимчасові діаграми напруг у контрольних точках $X8-X10$; $S10$ - замкнутий. По побудованих діаграмах визначити основні параметри пилкоподібного сигналу: частоту генерації $f_{ген}$, амплітуду пилкоподібного сигналу U_m , тривалість прямого $t_{пр}$ і зворотного $t_{зв}$ ходу.

2. Дослідити вплив ємності накопичувального конденсатора на параметри генеруемого пилкоподібного сигналу (перемикач $S8$).

3. Дослідити вплив коефіцієнта передачі в колі ДЗЗ на параметри пилкоподібного сигналу (перемикач $S9$).

4. Дослідити вплив емітерного опору транзистора $VT3$ (перемикач $S7$) на параметри пилкоподібного сигналу.

Контрольні запитання

1. Поясніть принцип дії ГПН на основі ОП та призначення компонентів його схеми.

2. У яких режимах перебуває ОП на різних етапах періоду генерованих коливань?

3. За рахунок чого здійснюється в ГПН плавне регулювання частоти вихідного сигналу?

4. Від яких елементів схеми залежить амплітуда імпульсів ГПН?

Методичні вказівки

Інтегруюче включення ОП, що забезпечує одержання вихідної напруги, пропорційної інтегралу від вхідної напруги, припускає включення конденсатора в коло ВЗЗ. Тому генератори пилкоподібної напруги на ОП будують за принципом генераторів із ЗЗ, що інтегрують постійну напругу джерела живлення, яка для них є вхідною. На рис. 27.2, а показана схема генератора пилкоподібної напруги з інтегруючим RC - колом, включеним в коло ВЗЗ ОП. Часові діаграми вхідної і вихідної напруг генератора зображені на рис. 27.2, б.

Схема керується вхідними імпульсами позитивної полярності, які

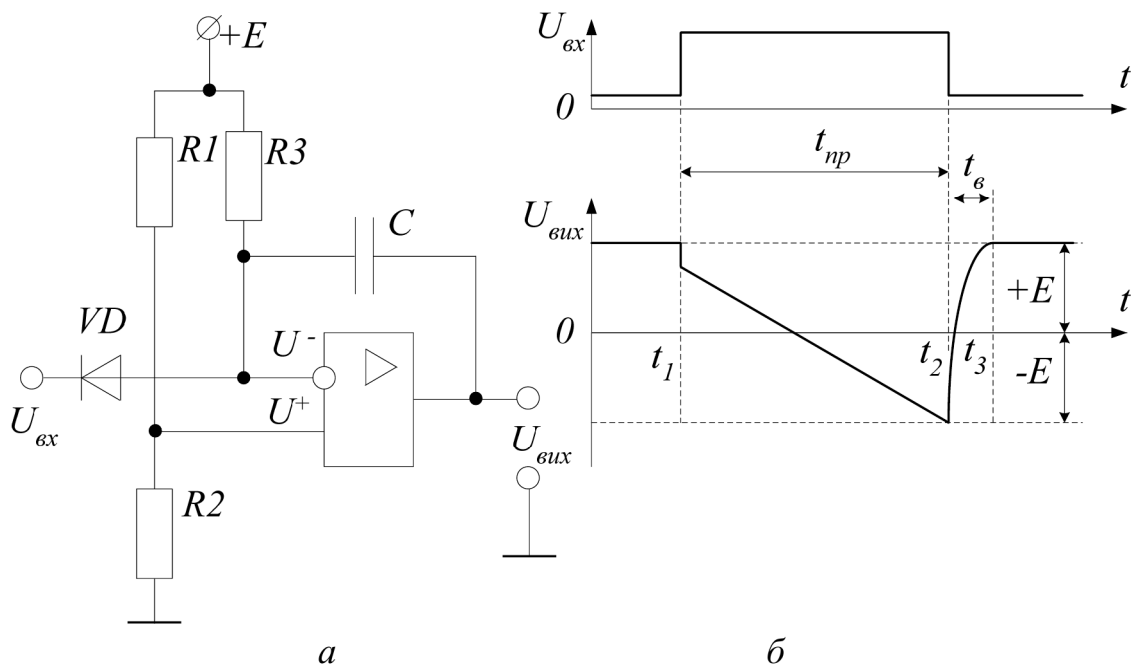


Рис. 27.2

подають на інвертуючий вхід підсилювача через діод VD і відключають схему від спільної шини на час їх тривалості.

До подачі керуючого імпульсу (відрізок часу $0-t_1$ - рис. 27.1, б) напруга на інвертуючому вході, U^- позитивна, однак незначно перевищує нульовий рівень. Напруга на неінвертуючому вході $U^+ = \beta E$, де $\beta = R2/(R1 + R2)$. Значення β за рахунок обраного співвідношення між опорами резисторів $R1$ і $R2$ задається таким чином, щоб рівень U^+ забезпечував стан ОП в режимі обмеження, при якому $U_{\text{вих}} \approx E$. Конденсатор інтегратора заряджений до напруги джерела E .

Позитивний імпульс, впливаючи на вхід генератора в момент часу t_1 , запирає діод VD . При цьому напруга на інвертуючому вході U^- росте до рівня, який забезпечує перехід підсилювача в активний режим, а напруга на виході стрибком незначно зменшується. Конденсатор C починає розряджатися через резистор $R3$. Оскільки ОП має не нескінченно велике значенням коефіцієнта підсилення K_U , то струм розряду конденсатора, включеного в коло ВЗЗ, не є постійним і у процесі розряду незначно зменшується. Тому напруга U^- незначно збільшується, викликаючи на виході в K_U разів більше зменшення вихідної напруги. Якщо розрахункове співвідношення між сталою часу інтегруючого кола $\tau=RC$ і тривалістю

робочого ходу задовольняє умові $RC = 0,5t_{np}$, то за час тривалості імпульсу конденсатор повністю розрядиться до нуля і перезарядиться до напруги $-E$.

Після закінчення в момент часу t_2 керуючого імпульсу діод VD відкривається, напруга на інвертуючому вході U^- стрибкоподібно зменшується до вихідного рівня, а конденсатор швидко розряджається через відкритий діод і вихідний опір підсилювача до нуля і заряджається до вихідної напруги E . Час відновлення генератора $t_B = 5C(r_{VD} + R_{вих})$, де r_{VD} - опір відкритого діода VD ; $R_{вих}$ - вихідний опір ОП.

Коефіцієнт нелінійності пилкоподібної напруги $\gamma = 1/K_U$ визначається підсилювальними властивостями ОП, а напруга у часі протягом тривалості робочого ходу лінійно падає.

Генератор лінійно наростаючої пилкоподібної напруги можна одержати, якщо інтегруюче RC коло включити в коло ДЗЗ ОП (рис. 27.3, а).

При відсутності вхідного керуючого імпульсу (відрізок часу $0 - t_1$, рис. 27.3, б) $U_{вх} \approx 0$, діод VD відкритий, напруга на неінвертуючому вході $U^+ = 0$ і конденсатор розряджений ($U_C(0) = 0$).

Напруга на інвертуючому вході U^- , при відповідним чином

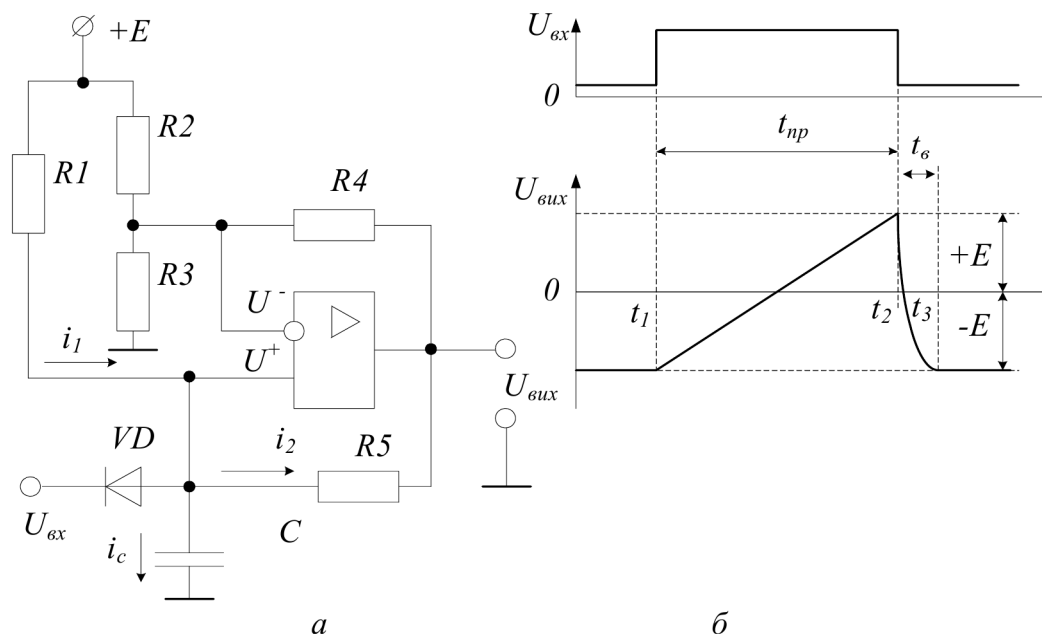


Рис. 27.3

розрахованих опорах діляника на резисторах $R2-R4$, задається такого рівня, при якому ОП перебуває в режимі обмеження $U_{вих} \approx -E$.

Вхідний керуючий імпульс, поданий на вхід схеми в момент часу t_1 запирає діод VD і конденсатор C , з урахуванням що $U_C(0) \approx 0$ і $U_{\text{вих}} = -E$, починає заряджатися струмом $I_C = i_1 - i_2 = E/R_1 - E/R_5$. Якщо відповідним чином розрахувати параметри елементів схеми генератора, щоб $\Delta i_1 = \Delta i_2$, то $I_C = \text{const}$ і конденсатор буде заряджатися незмінним струмом. При цьому напруга $U_{\text{вих}}$ лінійно зростає і наприкінці робочого ходу досягає значення $+E$. У момент закінчення керуючого імпульсу ($t = t_2$) діод VD різко відкриється і конденсатор з великою швидкістю розрядиться. Вихідна напруга впаде до рівня $-E$. Час відновлення вихідного стану схеми $t_B = 5C(r_{VD} + R_{\text{вих}})$.