



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГАРМОНІЙНИХ
КОЛИВАНЬ ТА ЛІНІЙНО-ЗМІНЮВАНОЇ НАПРУГИ**

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання,
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГАРМОНІЙНИХ
КОЛИВАНЬ ТА ЛІНІЙНО-ЗМІНЮВАНОЇ НАПРУГИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету ЕРКТ
Протокол № 1 від 20
жовтня 2022 р.

Харків
2023

УДК 615.47+57.08
О 75

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії
та електротехніки
Протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.

Рецензент:

О.М. Мороз, д-р тех. наук, проф. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державний біотехнологічний університет.

О 75 Дослідження генераторів гармонійних коливань та лінійно–змінюваної напруги: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: О.Д. Черенков, М.О. Чорна – Харків: [б. в.], 2023. – 24 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи на тему: «Дослідження генераторів гармонійних коливань та лінійно–змінюваної напруги» з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка», розроблено відповідно до навчальної програми.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

УДК 615.47+57.08

Відповідальний за випуск: М. О. Чорна, к.т.н., доцент

© О.Д. Черенков, 2023

© М.О. Чорна, 2023

© ДБТУ, 2023

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПО МЕТОДИЦІ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Практичні навички по експериментальному дослідженню студенти одержують у лабораторії кафедри. Лабораторний практикум містить вісім робіт.

Підготовка до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити відповідний теоретичний матеріал, засвоїти мету, суть роботи і її зміст, виконати домашнє завдання, що містить розрахунок параметрів досліджуваних схем, підготувати бланк звіту.

Допуск до виконання лабораторної роботи

До виконання роботи допускаються студенти, які не мають заборгованості за попередні лабораторні роботи.

Студенти, які не допущені до роботи, залишаються в лабораторії для самостійної підготовки до виконання лабораторної роботи. Якщо студент підготувався, він може бути допущений до роботи, у іншому випадку – відпрацювання призначається на додатковий час.

Порядок виконання роботи

Лабораторний практикум побудований так, що всі роботи виконують бригади, що складаються з 2–3-х студентів, фронтальним методом, тобто всі бригади виконують аналогічні роботи.

При необхідності, перед початком виконання робіт, студенти вивчають методику користування вимірними приладами.

У процесі експерименту перевіряються результати розрахунків, фіксуються осцилограми, що дають уяву про фізичну суть процесів у схемах, з'ясовується вплив елементів схеми на параметри вихідних сигналів.

Робота вважається закінченою, якщо протокол досліджень перевірений та підписаний викладачем.

На виконання експериментальної частини роботи студенти витрачають 2–4 учбових години.

Протоколи досліджень і запропоновані розрахунки схем по всіх роботах заносяться в зошит, що є єдиним для бригади і зберігається до кінця лабораторного практикуму.

Оформлення звіту

Звіт про лабораторну роботу, що складається студентами, повинен відповідати протоколу проведеного експерименту. Звіт повинен містити досліджувані схеми, мету роботи, перелік використаних приладів, таблиці вимірюваних та обчислених параметрів, часові діаграми напруг, що дають уявлення про фізичні процеси в схемі, висновки по кожному пункту роботи. Зразок оформлення звіту приведено у додатку А.

При оформленні звіту необхідно дотримуватись ДСТУ (креслення схем, літерні позначення основних величин, елементів схем та ін.) Найменування ДСТУ приведені в додатку Б.

Правила безпеки роботи в лабораторії

Щоб запобігти ураження електричним струмом під час проведення лабораторних робіт і забезпечення збереження приладів та устаткування, необхідно дотримуватись наступних правил:

- до лабораторних робіт допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що виконується запис у спеціальному журналі;
- виконання експерименту проводиться бригадами, що складаються не менш чим з 2-х студентів;
- перед виконанням роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами експлуатації всієї наявної на робочому місці апаратури;
- зібрану схему дозволяється вмикати тільки після перевірки її викладачем або лаборантом;
- при виявленні оголених провідників або інших неполадок апаратури студент зобов'язаний вимкнути схему і доповісти про це викладачу або лаборанту;
- категорично забороняється під час роботи з електронною чи радіовимірювальною апаратурою доторкатися до радіаторів центрального опалення;

- у випадку ураження електричним струмом негайно вимкнути електроживлення робочого місця, потерпілому надати першу допомогу, у важких випадках викликати лікаря;
- при виникненні пожежі вимкнути електроживлення робочого місця і погасити вогонь вогнегасником;
- під час виконання лабораторних робіт не дозволяється вести голосну розмову, займатися сторонніми справами.

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ ТА ЛІНІЙНОЗМІНЮВАНОЇ НАПРУГИ

Мета роботи:

Вивчити та дослідити схеми:

- генератора синусоїдних (гармонійних) коливань на LC та RC елементах;
- резонансного генератора на транзисторах та інтегральних мікросхемах (ІМС);
- генератора пилкоподібної напруги (лінійно змінюваної напруги).

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 3.2) складається:

- лабораторний стенд зі схемами генераторів;
- двопроменевий осцилограф С1–93;
- частотомір, тип Ч2–36 (Ч3–34).

Загальні відомості

Генерування періодичних синусоїдних та несинусоїдних напруг здійснюється за допомогою генераторів – пристроїв, в яких виникають та автоматично підтримуються незатухаючі електричні коливання.

Такі пристрої перетворюють енергію джерела живлення в енергію незатухаючих коливань. Генератори містять в собі: активний елемент та частотно–вибірковий чотириполюсник. Активний елемент це, як правило, транзистори (біполярні або польові), операційні підсилювачі (ОП). Як чотириполюсники в звуковому діапазоні (на низьких частотах) використовують диференціальні, або інтегральні RC –ланцюжки (рис. 3.6, 3.7).

Для генерування коливань більш високих частот використовують LC – контури. Такі генератори засновані на використанні вибіркового LC – підсилювачів, що мають частотну характеристику як показано на рис. 3.1.

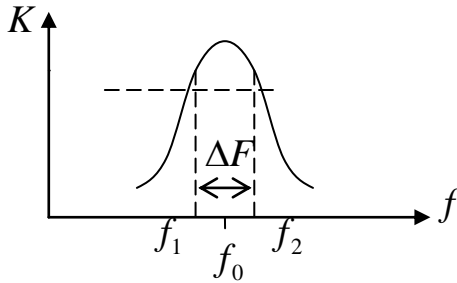


Рисунок 3.1 – Частотна характеристика вибіркового підсилювача

Загалом генератори виконуються на основі підсилювачів з ланцюгом позитивного зворотного зв'язку (ПЗЗ), який забезпечує стійкий режим виникнення коливань (режим самозбудження).

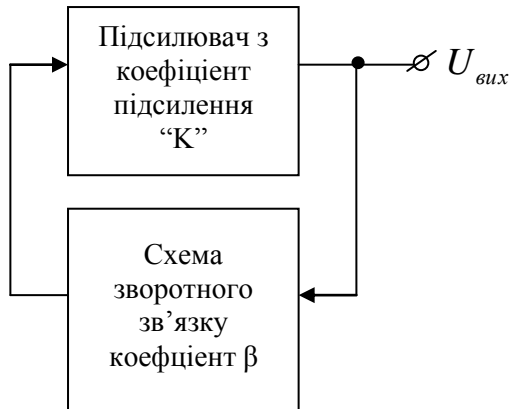


Рисунок 3.2 – Структурна схема генератора синусоїдних коливань

Вхідний сигнал для підсилювача в схемі генератора є частина вихідної напруги, що передається ланцюгом ПЗЗ. Коефіцієнт зворотного зв'язку $\beta > 1$.

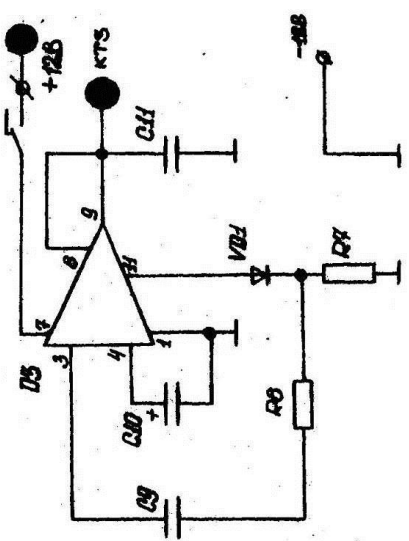
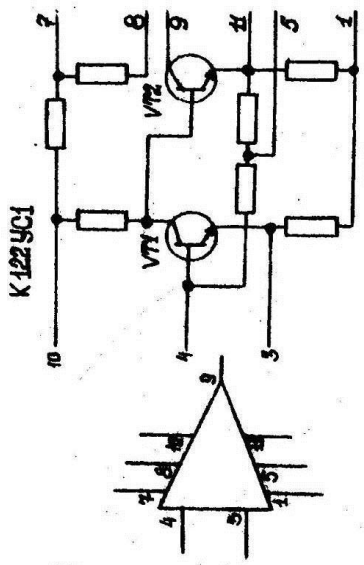


Схема генератора пьезоподібної напруги



Двокаскадний подільювач на ІМС К122УС1

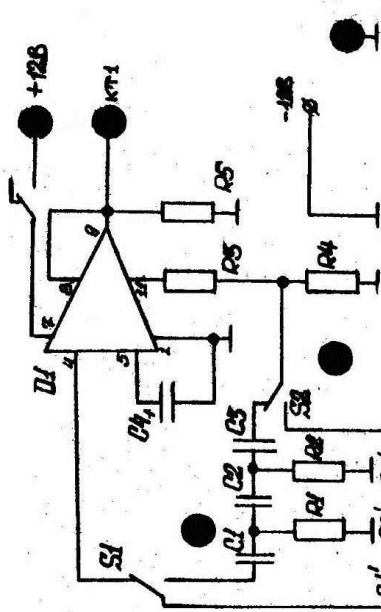
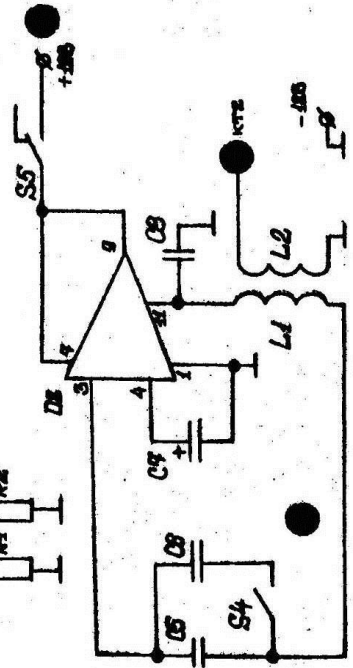


Схема НЧ R-С генератора на ІМС (з фазовим зсувом)



НЧ резонансний генератор на ІМС (последовний резонансний контур)

Рисунок 3.3 – Лабораторна установка “Генератори”

Для того, щоб в генераторі виникли незатухаючі коливання необхідне виконання двох умов:

а) Фазові зсуви сигналу, що створює підсилювач – $\varphi_{\text{підс}}$ та ланцюг зворотного зв'язку – φ_{β} в сумі повинні бути кратні $2\pi(360^\circ)$:

$$\varphi_{\text{підс}} + \varphi_{\beta} = 2n\pi \quad (n=0, 1, 2, \dots). \quad (3.1)$$

Вказане співвідношення визначає умови балансу фаз в підсилювачі з ПЗЗ.

Таким чином, коло зворотного зв'язку та активний елемент підсилювача повинні забезпечити фазу напруги зворотного зв'язку таку, щоб вона співпала з фазою коливань в коливній системі на виході генератора.

б) Щоб коливання в коливній системі були незатухаючими, необхідне виконання в схемі ще другої умови: умову балансу амплітуд:

$$K \times \beta > 1. \quad (3.2)$$

Це означає: сигнал збільшений підсилювачем в K -раз і ослаблений ланцюгом зворотного зв'язку в β раз повинен бути на вході коливної системи в тій же фазі, але з більшою амплітудою чим амплітуда втрат сигналу в колі зворотного зв'язку та втрат на елементах схеми, тобто амплітуда коливань зворотного зв'язку була достатня для підтримки незатухаючих коливань в вихідному колі генератора (RC – ланцюгах, або LC – контурі). Стале значення напруги зворотного зв'язку залежить від коефіцієнта підсилення – K для малих сигналів, а також від нелінійності характеристик використаних транзисторів в схемі генератора

LC – генератор з трансформаторним зворотним зв'язком

Схема RC – генератора приведена на рис. 2.4.

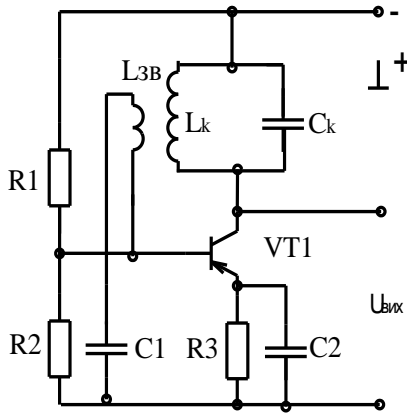


Рисунок 3.4 – Генератор синусоїдних коливань

В даній схемі підсилюючий каскад виконаний на транзисторі, що увімкнений по схемі з спільним емітером (СЕ). Елементи $R1$, $R2$, $R3$, $C2$ – забезпечують режим спокою та температурну стабілізацію. Вихідний сигнал виділяється на LC – контурі, що настроєний на частоту f_0 :

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C_K}}. \quad (3.3)$$

Якщо індуктивність L_K вимірюється в Гн, а ємність C_K – в Ф, то частота f_0 – в Гц.

Таким чином, в генераторі LC типу частота коливань визначається тільки параметрами (величинами) L_K – індуктивності та C_K – ємності контуру.

Для того, щоб виконалась умова балансу фаз, котушка зворотного зв'язку L_{3B} повинна зробити поворот фази сигналу LC –контур на кут 180° і подати цю напругу в базу транзистора. Для цього котушка L_{3B} намотується на каркас в протилежному напрямку, чим котушка L_K . На схемі ця відмінність в обмотках показана точками – початком намотки котушок. Транзистор додатково поверне фазу вхідного сигналу на кут 180° : умова а) буде виконана. Баланс амплітуд виконується

розрахунками кількості витків котушки L_{36} та відстанню на якій буде знаходитись котушка L_{36} від L_K на єдиному каркасі для обох котушок.

Коливна система генератора складається з двох реактивних елементів: індуктивності L , та ємності – C .

Під'єднання до реактивних елементів джерела енергії – E_K призведе до появи в цих елементах перехідних процесів, що мають коливний характер: в контурі $L_K C_K$ буде спостерігатися обмін енергією: магнітною, що накопичується в індуктивності L_K та електричною, що є в ємності C_K при її заряді – розряді на котушку.

Ці коливання будуть затухаючими (рис. 3.5). Тривалість перехідних процесів в контурі визначається ступінню згасання цих коливань. Чим більший активний опір контуру r , тим швидше при інших рівних умовах згасають в ньому коливання. Так як згасання та встановлення коливань відбувається за експоненціальним законом, то для визначення тривалості та швидкості перехідних процесів в контурі також користуються постійною часу $\tau = 2L/r$. Фізичний зміст цієї величини полягає в даному випадку в тому, що через відрізок часу $t = \tau$ після початку перехідного процесу амплітуда вільних коливань зменшиться в e раз (e – основа натуральних логарифмів – 2,71...)

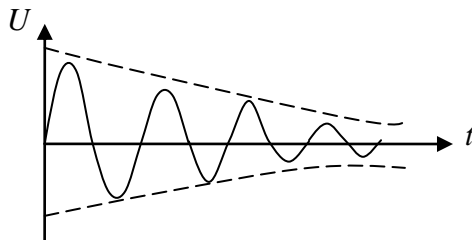


Рисунок 3.5 – Перехідні процеси в коливному LC контурі

При виконанні умов а), б) коливання через короткий проміжок часу стануть незгасаючими.

Стабільність частоти коливань залежить, в основному, від таких чинників як стабільність джерела E_K , температури середовища, типу транзистора, якості елементів L , R , C та ін.

Частоту генератора можна регулювати зміною величини L_K , C_K . Частіше змінюють величину C_K плавно, або дискретно.

RC– генератор з поворотом фази в колі зворотного зв’язку

RC – генератори будують на частоти від десятків кГц до самих нижчих – одиниць Гц.

Принцип роботи таких генераторів базується на використанні частотно–залежних кіл, що складені із резисторів та конденсаторів і мають таку ж саму структурну схему як і LC – генератори (див. рис. 3.3).

Для виникнення незатухаючих коливань в RC –генераторах повинні виконуватися дві умови, (подібних як і для LC –генераторів) – тобто виконання балансу фаз та балансу амплітуд.

На рис. 3.6. показано схему, що виконує зміни фази сигналу, переданого з виходу генератора на вхід, на кут 180° .

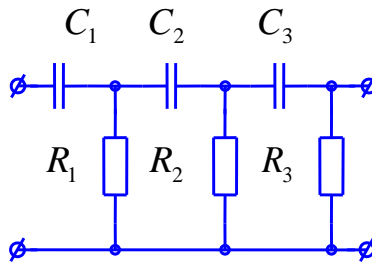


Рисунок 3.6 – Диференціювальні RC ланцюги

$$f_{ген} \approx \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \quad (3.4)$$

В схемі на рис. 3.6 кожний диференціювальний ланцюжок CR здійснює зсув фази сигналу на кут $60^\circ \div 90^\circ$. Тобто, щоб зсув фази сигналу був 180° , необхідно не менше трьох ланцюгів CR.

Елементи зворотного зв’язку можуть складатися з інтегрувальних ланцюгів RC (рис. 3.7).

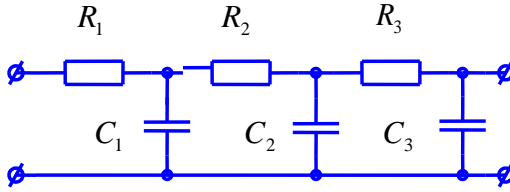


Рисунок 3.7 – Інтегровальні RC ланцюги

$$f_{ген} \approx \frac{\sqrt{6}}{2\pi RC} \quad (3.5)$$

Схема генератора синусоїдних коливань на ОП з триланцюговим RC чотириполюсником, показана на рис. 3.8.

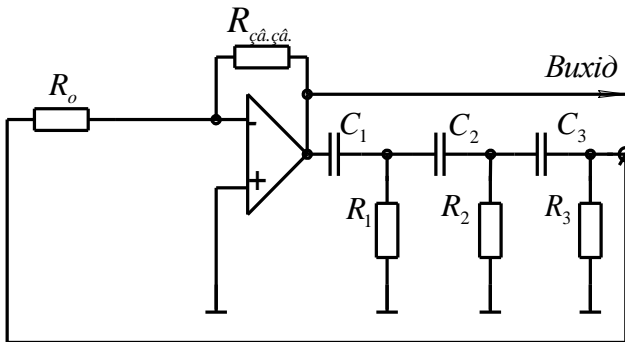


Рисунок 3.8 – RC генератор (НЧ) синусоїдних коливань на ОП

Ланцюг частотно-залежного зворотного зв'язку приєднаний між виходом та інвертувальним входом ОП. Необхідний коефіцієнт підсилення досягається вибором співвідношення $R_{36.36}/R_o$, що повинно бути не менше 30.

Для розрахунку робочої частоти генератора за виразом $f_{ген} \approx \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$ необхідно, щоб $R_1 = R_2 = R_3$, $C_1 = C_2 = C_3$.

На лабораторному стенді НЧ RC генератор показаний з двома фазозсувними ланцюжками: $R_1 - R_2 - R_3 - C_1 - C_2 - C_3$ та $R'_1 - R'_2 - R'_3 - C'_1 - C'_2 - C'_3$ (рис. 3.1).

Генератор пилкоподібної напруги(ГПН).

Генератори такого типу широко використовують в різноманітних пристроях автоматики, в перетворювачах аналогових величин в дискретні, для формування розгортки в електронно-променевих трубках осцилографів, телевізорів та ін.

Для одержання пилкоподібної напруги необхідно забезпечити на протязі часу, коли діє імпульс запуску, заряд або розряд постійним струмом конденсатора великої ємності.

Так як заряд-розряд конденсатора через опір R носить нелінійний характер (експоненціальний), то для одержання лінійної напруги (спадаючої чи зростаючої) необхідно використовувати тільки початкову частину експоненти, або забезпечити спеціальні заходи для стабілізації зарядного (розрядного) струму.

Різні практичні схеми генератора лінійно-змінюваної напруги відрізняються по суті тільки способами стабілізації зарядного струму конденсатора. Основні схеми такі:

1. Схеми, що використовують початкову частину зарядної експоненти. При тривалості вхідного сигналу значно меншої чим час заряду конденсатора через опір R , зарядний струм зміниться незначно від своєї початкової величини і приблизно можна рахувати його постійним.
2. Використання негативного зворотного зв'язку в підсилювачі з зарядним конденсатором, що значно стабілізує величину зарядного струму.
3. Ввімкнення послідовно з джерелом постійної напруги змінної зростаючої компенсуючої ЕРС. Це збільшує напругу заряджання конденсатора і, таким чином, підтримує струм заряду стабільним.
4. Використання, як зарядного елементу, приладів, що мають незначну залежність струму від напруги, наприклад, в транзисторі ввімкненого по схемі з СБ.

Генератор пилкоподібної напруги зібраного на RC ланцюгу та ключовому транзисторі

Схема генератора (рис. 3.9) містить в собі інтегрувальний ланцюг із резистора R_k та конденсатора C , ключовий транзистор VT з базовим резистором R_b та розділового конденсатора C_p , що зв'язує генератор з джерелом керуючих сигналів $U_{вх}$.

При відсутності вхідних імпульсів транзистор VT насичений (відкритий), так як його база зв'язана з джерелом живлення $+E_k$ через резистор R_b . Струм бази $I_b = E/R_b$ достатній для насичення транзистора. Колекторний струм в цьому випадку $I_{кнас} = E_k/R_k$, а умова насичення: $R_b \ll \beta \times R_k$, де β – коефіцієнт передачі струму транзистора.

Негативний вхідний імпульс, що поступає через конденсатор C_p на базу VT , виводить транзистор з режиму насичення і через малий проміжок часу транзистор закривається. Конденсатор C починає заряджатися по колу:

$$(+E_k) \rightarrow R_k \rightarrow C \rightarrow \text{корпус} \rightarrow (-E_k).$$

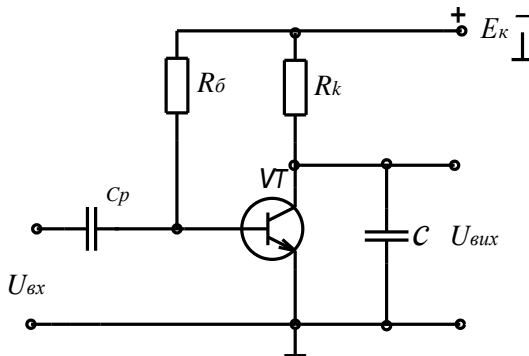


Рисунок 3.9 – Генератор пилкоподібної напруги

Процес заряджання конденсатора триває допоки діє вхідний імпульс. Напруга на конденсаторі (граничний рівень) буде:

$U_c = E_k - (I_{кб} \times R_k)$, де $I_{кб}$ – зворотний струм закритого транзистора. Постійна часу кола заряду конденсатора $\tau = RC$ а напруга на конденсаторі змінюється за логарифмічним законом:

$$U_c(t) = E_k - I_{к0} \times R_k (1 - e^{t/\tau}). \quad (3.7)$$

Початковий струм заряду близький по величині до E_k/R_k .

Лінійність вихідної напруги можливо забезпечити тільки в випадку, коли за час дії вхідного сигналу струм заряду зміниться мало і залишиться близьким до початкової величини. Для цього необхідне виконання умови, що час заряджання конденсатора повинен бути значно більшим часу дії вхідного сигналу $\tau = RC \gg t_{ex}$.

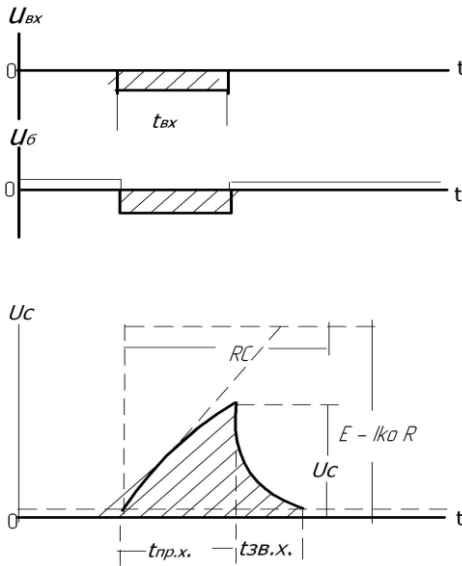


Рисунок 3.10 – Осцилограми сигналів на вході, в колі бази та на виході генератора пилкоподібної напруги

Принципова схема ГПН, зібраного на мікросхемі, показана на рис. 3.11.

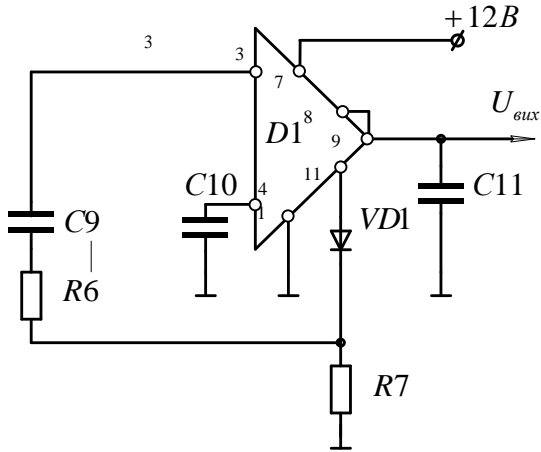


Рисунок 3.11 – Схема генератора пилкоподібної напруги на ІМС К122УС1

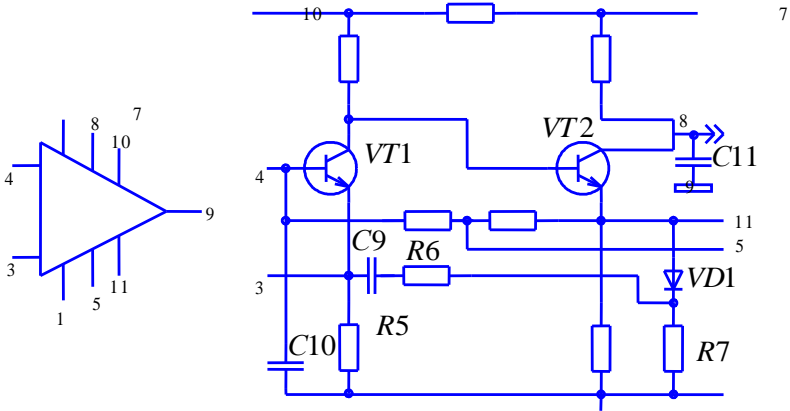


Рисунок 3.12 – Внутрішня побудова ІМС К122УС1

Мікросхема К122УС1 представляє собою двокаскадний підсилювач на транзисторах $VT1, VT2$ та навісних елементів $C9, C10, C11, R6, R7, VD1$.

Підсилювач охоплений колом позитивного зворотного зв'язку ($VD1, C9, R6$) що забезпечує самозбудження генератору та визначає частоту коливань.

Конденсатор $C10$ замикає по змінному струму базу $VT1$ на корпус та забезпечує на ній постійну напругу. Якщо на базі $VT2$ негативна напруга, то опір транзистору $VT2$ великий, конденсатор $C11$ заряджається від джерела живлення (контакт 7) через резистор в колі колектору.

Якщо на базі $VT2$ позитивна напруга – транзистор відкритий – $C11$ розряджається через нього і коло з діодом $VD1$.

Режим роботи каскаду на транзисторах визначається різницею потенціалів між базою та емітером. Ця різниця складається із постійної напруги та поданого опорного сигналу. Колекторний перехід зміщений завжди в зворотному напрямку.

Змінна напруга на колекторі завжди в протифазі з напругою на базі.

Напруга на опорі в колі емітеру, який не заблокований конденсатором, співпадає по фазі з напругою в базі. Для схеми з СБ (тобто, коли база по змінному струму через конденсатор з'єднана з корпусом) вхідний сигнал може подаватися в коло емітеру. В даному випадку для транзистору $n-p-n$ типу негативний потенціал в емітері призведе до відкриття транзистору (це еквівалентно поданню в базу позитивної напруги).

Для транзистору $p-n-p$ типу – знаки напруги протилежні. Така обставина дає змогу вибирати різні схемні рішення зворотного зв'язку. Виходячи з цього, на схемі рис. зворотний зв'язок здійснюється ланцюгом $C9-R6$ і є позитивним.

Порядок виконання роботи

а) Робота RC генератора

1. Перемикач $SA3$ ввімкнути (положення "Вгору").
2. Вхід осцилографа приєднати до клем $KT1$ та "⊥"(корпус, заземлення). $SA1, SA2$ в положення "Вниз".
3. Осцилографом виміряти амплітуду і частоту коливань, уточнити частоту по частотоміру.
4. Ввімкнути $SA1, SA2$ (положення "Вгору").

5. Осцилографом виміряти амплітуду і частоту коливань, частотоміром уточнити частоту.
6. Перемикач SA3 вимкнути (положення "Вниз").

б) Робота резонансного (LC) генератора.

1. Перемикач SA5 перевести в положення "Вгору".
2. Вхід осцилографа приєднати до клем $KT2$ та "заземлення".
3. Осцилографом та частотоміром виміряти амплітуду та частоту коливань.
4. Перемикач SA4 перевести в положення "Вгору" або "Вниз" в залежності від початкового положення.
5. Виміряти амплітуду та частоту коливань генератора.
6. Перемикач SA5 вимкнути (положення "Вниз").

в) Робота генератора пилкоподібної напруги.

1. Перемикач SA6 перевести в положення "Вгору".
2. Вхід осцилографа приєднати до клем $KT3$ та "заземлення".
3. Виміряти амплітуду та частоту коливань генератора.
4. Перемикач SA6 перевести в положення "Вниз".

Контрольні запитання до захисту лабораторної роботи

1. Типи генераторів коливань змінної частоти
2. Принцип роботи LC -генератора.
3. Принцип роботи RC -генератора.
4. Умови виникнення коливань в генераторі.
5. Принцип роботи генератора пилкоподібної напруги.
6. Сфера використання генераторів різних типів.
7. Привести довідникові дані активних, пасивних елементів та ІМС, що використовуються в лабораторній роботі, розповісти про різновиди елементів схеми, уміти читати маркування, що нанесене на деталях.
8. Використовуючи осцилограф, виміряти амплітуду та частоту коливань генераторів, замалювати осцилограми.

9. По заданим величинам R , C , L розрахувати частоту коливань RC , LC генераторів.

10. Пояснити порядок розрахунку режиму спокою транзистора в генераторі.

Додаток А

Основні стандарти, що використовуються при оформленні лабораторних робіт

1. ДСТУ 2.702–75. Правила виконання електричних схем.
2. ДСТУ 2.701–76. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання.
3. ДСТУ 2.747–68. Позначення. Умовні, графічні в схемах. Розміри умовних графічних позначень.
4. ДСТУ 2.743–72. Позначення умовні графічні в схемах. Двійкові логічні елементи.
5. ДСТУ 18.630–73. Трансформатори імпульсні. Основні параметри.

Буквені позиційні позначення елементів:

конденсатор – C ;

логічний елемент, мікросхема – D ;

резистор – R ;

потенціометр – RP ;

трансформатор, автотрансформатор – T ;

діод, стабілітрон – VD ;

транзистор – VT ;

тиристор – VS .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, ОЭП. Справочник под редакцией Горюнова Н. Н. – М.: «Энергоиздат», 1987. – 744 с.
2. Новаченко И. В. Микросхемы для бытовой аппаратуры. Справочник / Новаченко И. В. и др. – М.: «Радио и связь», 1989. – 384 с.
3. Замятин В. Я. Тиристоры. Справочник / Замятин В. Я и др. – М.: "Радио и связь", 1987. – 576 с.
4. Терещук Р. М. Справочник радиолюбителя / Терещук Р. М. – Киев.: "Наукова думка", 1981. – 671 с.
5. Андреев Ю. Н. Резисторы. Справочник / Андреев Ю. Н. – М.: "Энергоиздат", 1981. – 352 с.
6. Нефедов А. В. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги. Справочник / Нефедов А. В., Гордеева В. И. – М.: "Радио и связь", 1990. – 401 с.
7. Забродин Ю. С. Промышленная электроника, учебник для ВУЗов. / Забродин Ю. С. – М.: "Высшая школа", 1982.
8. Транзисторы. Справочник под общей редакцией И. Ф. Николаевского. – М.: "Связь", 1969. – 624 с.

Навчальне видання

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ
ТА ЛІНІЙНО–ЗМІНЮВАНОЇ НАПРУГИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

ЧЕРЕНКОВ Олександр Данилович
ЧОРНА Марія Олександрівна

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,5

Наклад 50 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44