

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Охріменко Г.М.

ЗВІТ

**Моделювання операційних підсилювачів з негативним
зворотнім зв'язком**

Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021

УДК 006.020 (004.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: Г. М. Охріменко

I-72 Звіт. Моделювання операційних підсилювачів з негативним зворотнім зв'язком./ укл. Г. М. Охріменко. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі LTspiceTM.

УДК 006.020 (004.21)

ББК 73Ц

© Київський Національний
Університет імені Тараса Шевченка,
2021

РЕФЕРАТ

Звіт про моделювання підсилювачів на транзисторах: 11 с., 10 рис.

Мета роботи – ознайомитися з властивостями операційних підсилювачів, опанувати способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв’язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП.

Об'єкт дослідження – операційні підсилювачі.

Предмет дослідження – теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування операційних підсилювачів.

Методи дослідження – метод співставлення: одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

ЕЛЕКТРОННИЙ СИГНАЛ, ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ, НЕГАТИВНИЙ ЗВОРОТНИЙ ЗВ’ЯЗОК, LTSPICE.

Зміст

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	5
2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	7
ВИСНОВКИ.....	10
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	11

1. Теоретичні відомості

Операційний підсилювач (англ. operational amplifier) – це диференціальний підсилювач постійного струму, який в ідеалі має нескінчений коефіцієнт підсилення за напругою і нульову вихідну напругу за відсутності сигналу на вході, великий вхідний опір і малий вихідний, а також необмежену смугу частот підсилюваних сигналів. Раніше такі високоякісні підсилювачі використовувалися виключно в аналогових обчислювальних пристроях для виконання математичних операцій, наприклад, складання та інтегрування. Звідси і походить їх назва – операційні підсилювачі (ОП).

Створення зворотного зв'язку полягає в тому, що частина вихідного сигналу підсилювача повертається через ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) на його вхід. Якщо сигнал зворотного зв'язку подається на вхід у протифазі до вхідного сигналу (різниця фаз $\Phi = 180^\circ$), то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу ($\Phi = 0^\circ$), то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

У сучасній електроніці для конструювання різних електронних пристройів (підсилювачів, детекторів, перетворювачів і т. д.) використовуються інтегральні мікросхеми (англ. integrated circuit, microcircuit chip). Шляхом комутації (створення певних електрических з'єднань) виводів інтегральних мікросхем і додавання кількох зовнішніх дискретних елементів (резисторів, конденсаторів, діодів і т. п.) вдається створити великий набір різноманітних електронних схем на основі одієї і тієї ж мікросхеми. ОП являє собою мікросхему, що за своїми розмірами і ціною практично не відрізняється від окремого транзистора, хоча вона й містить кілька десятків транзисторів, діодів і резисторів.

Під «ідеальним» розуміють такий підсилювач, який має:

- 1) нескінчений коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ($K \rightarrow \infty$);
- 2) нескінчений вхідний імпеданс ($Z_{\text{вх}} \rightarrow \infty$);
- 3) нульовий вихідний імпеданс ($Z_{\text{вих}} = 0$);
- 4) рівну нулеві напругу на виході ($U_{\text{вих}} = 0$) при рівності напруг на вході ($U_{\text{вх}1} = U_{\text{вх}2}$);
- 5) нескінчений діапазон робочих частот.

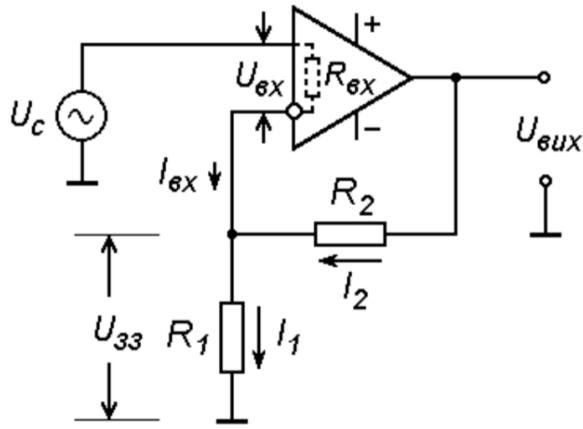


Рис. 7. Дія негативного зворотного зв'язку на прикладі найпростішого варіанту неінвертувального підсилювача (послідовний НЗЗ за напругою).

$$K^* = U_{aux} / U_c = K_0 / (1 + \beta K_0). \quad \text{або}$$

$$K^* = (1/\beta) / (1 + 1/\beta K_0). \quad \text{або}$$

$$K^* = 1/\beta = (R_I + R_2) / R_I .$$

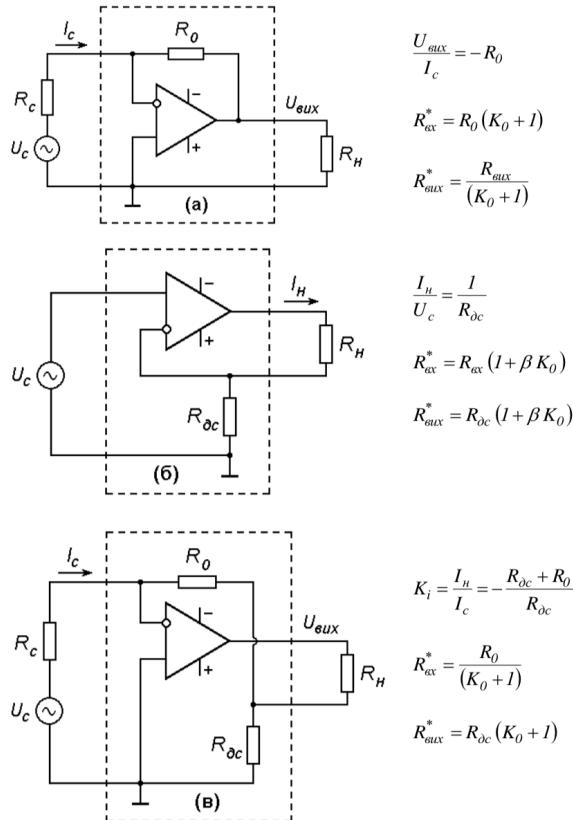


Рис. 8. Варіанти введення негативного зворотного зв'язку: а) перетворювач струм-напруга (паралельний НЗЗ за напругою); б) перетворювач напруга-струм (послідовний НЗЗ за струмом); в) підсилювач струму (паралельний НЗЗ за струмом). Опір R_{dc} – датчик струму.

2. Практична частина

Інвертувальний підсилювач

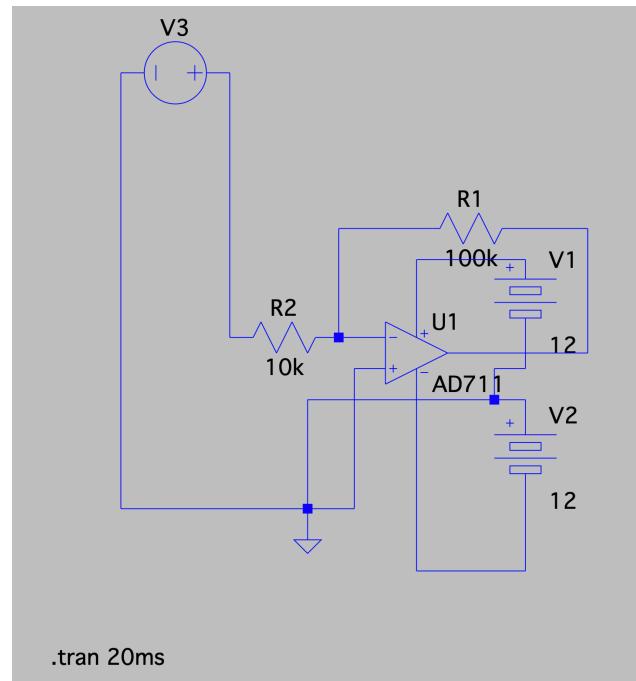


Рис. 1 Схема установки

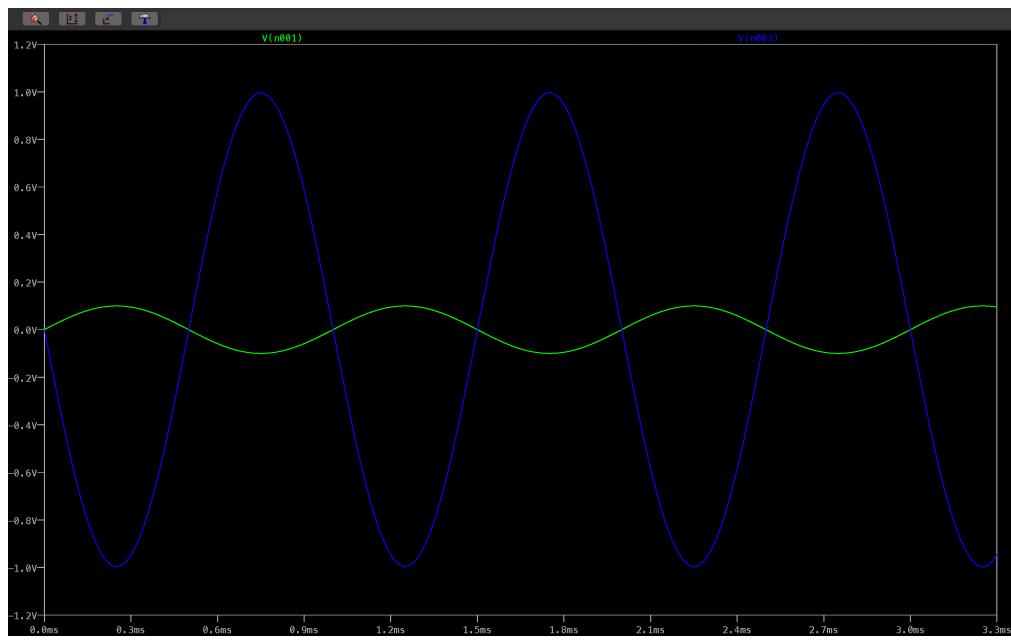


Рис. 2 ВАХ інвертувального підсилювача (збільш.)

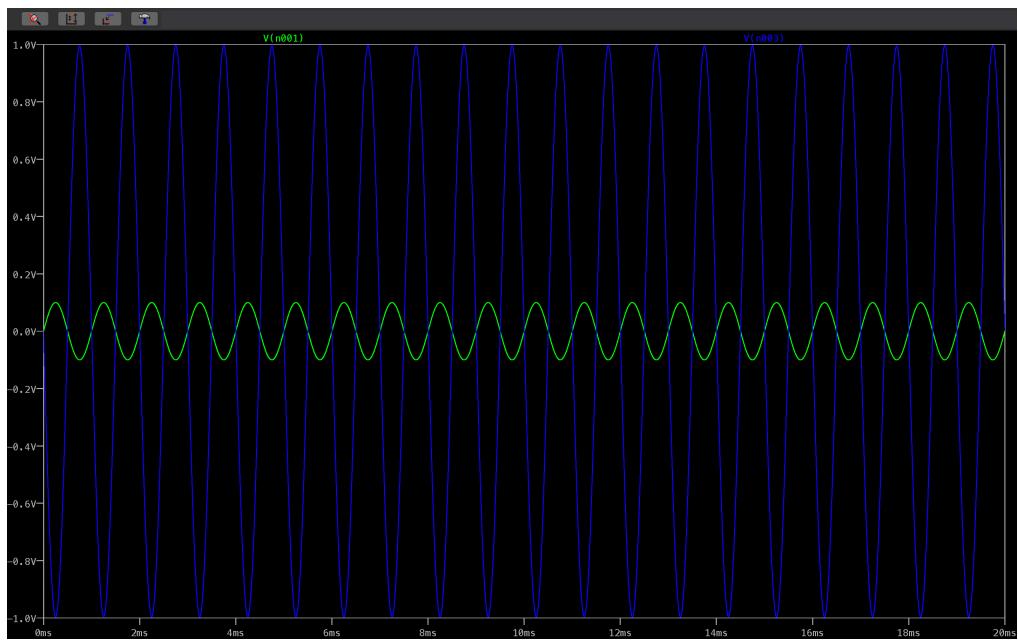


Рис. 3 ВАХ інвертувального підсилювача (збільш.)

Неінвертувальний підсилювач

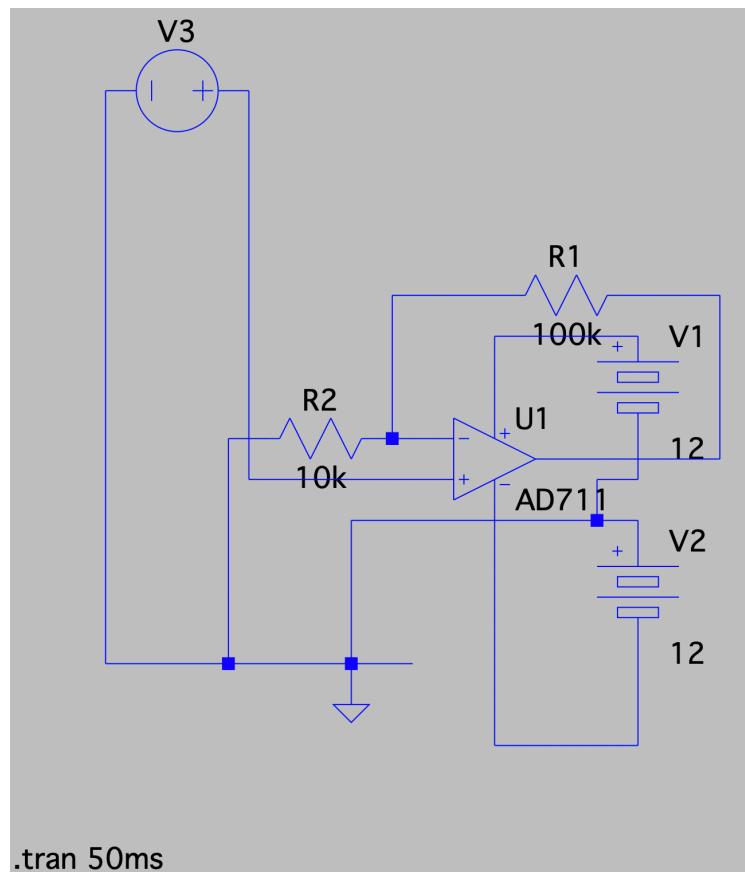


Рис. 4 Схема установки

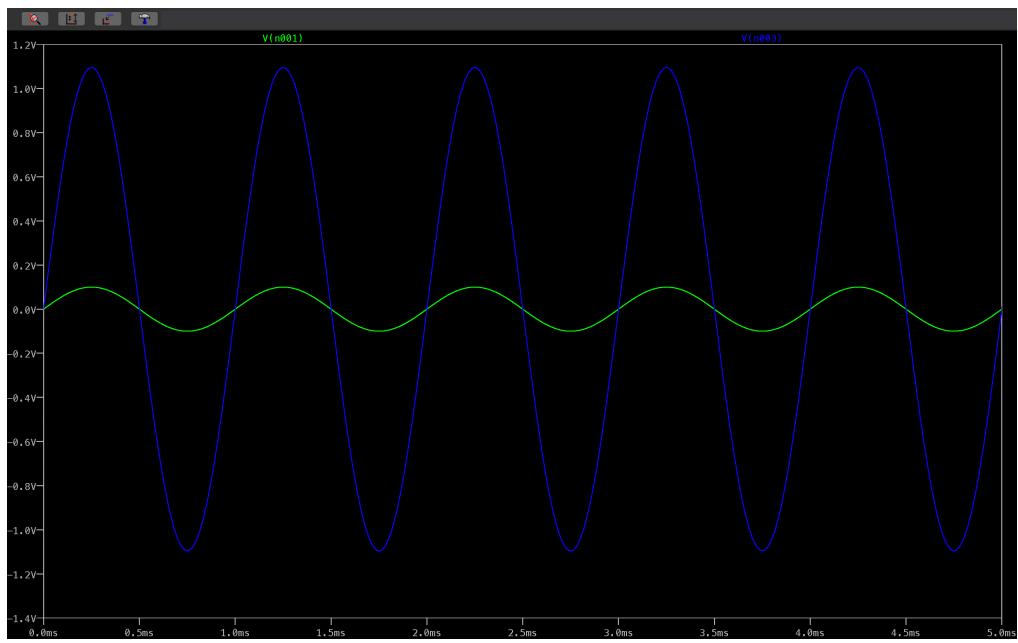


Рис. 5 ВАХ неінвертувального підсилювача (збільш.)

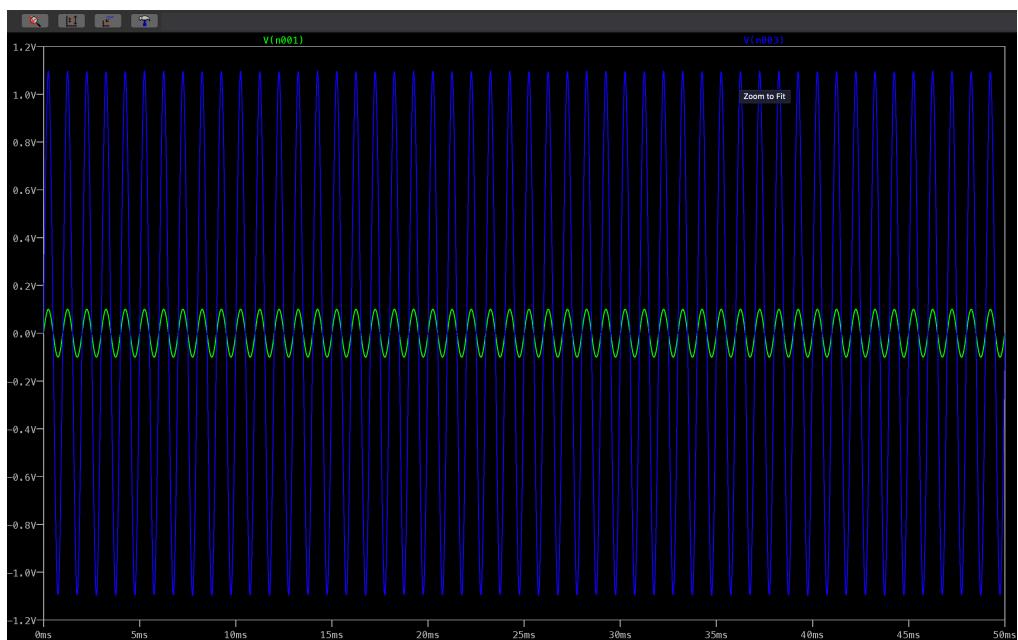


Рис. 6 ВАХ неінвертувального підсилювача

Інтегратор на базі інвертувального підсилювача

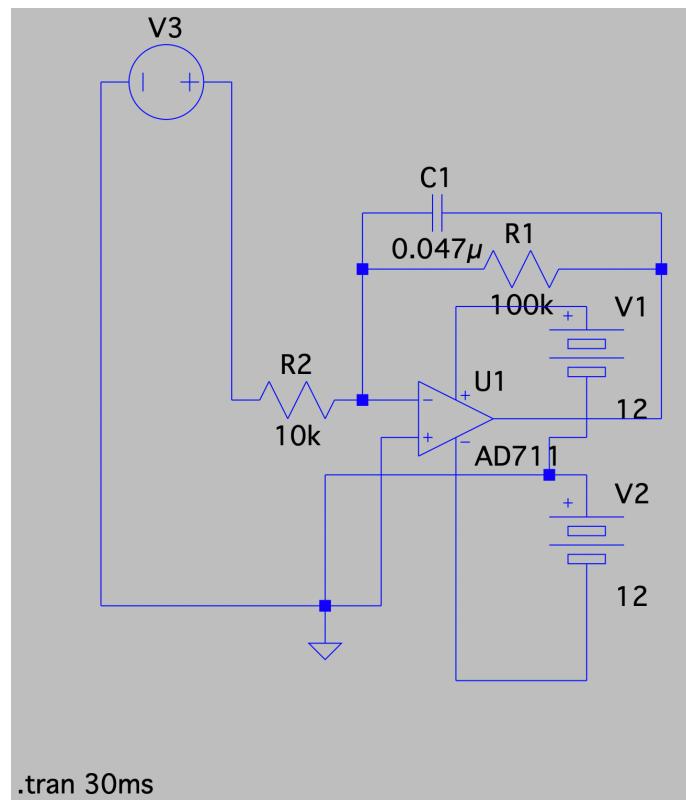


Рис. 7 Схема установки

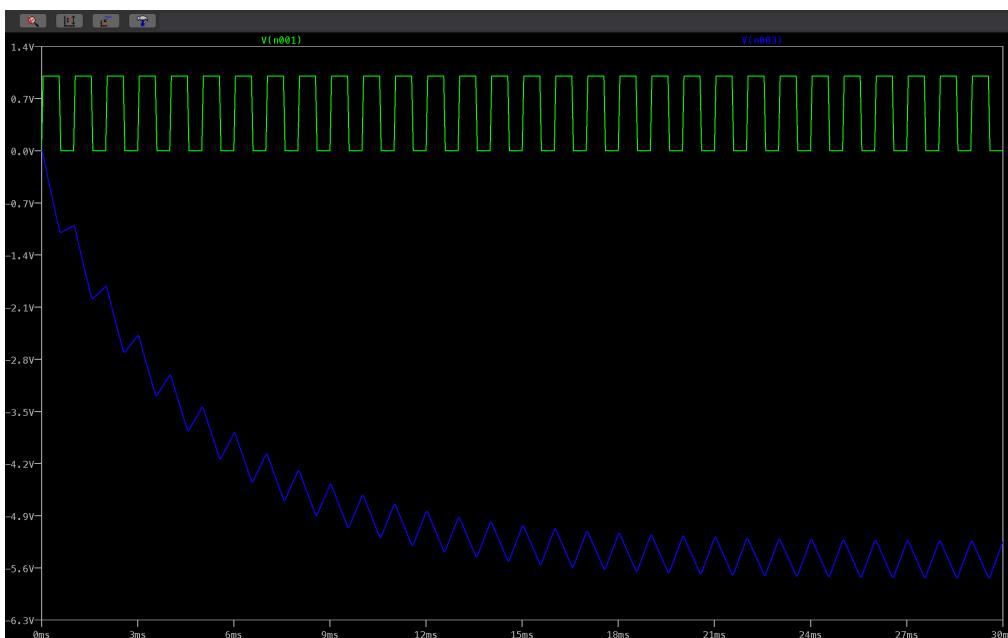


Рис. 8 ВАХ інтегратора

Висновки

У ході даної лабораторної роботи ми ознайомилися з властивостями операційних підсилювачів, опанували способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП. Дізналися основні характеристики ОП та призначення різних видів

підсилювачів. Серед них були: 1)Підсилювач напруги (послідовний НЗЗ за напругою); 2)Перетворювач струм-напруга (паралельний НЗЗ за нупругою); 3)Перетворювач напруга-струм (послідовний НЗЗ за струмом); 4)Підсилювач струму (паралельний НЗЗ за струмом). У ході можелювання наочно переконалися у дії підсилювача нупруги реалізованого як інвертувальний (zmіна фази), неінвертувальний (zmіни фази не спостерігалося) та інтегратора (ВАХ на виході — інтеграл від ВАХ на вході). В даному випадку вихідний сигнал набував усталеної форми через 30 мілісекунд. Коло НЗЗ інтегратора на основі ОП являє собою інтегрувальну RC-ланку – фільтр нижніх частот (вихідна напруга знімається з конденсатора).

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд.
О.В.Слободянюк,
2. Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.
3. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.