

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від __ _____ 20__ р.
№ __

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення лабораторної роботи № 4 з навчальної дисципліни «Електроживлення систем зв'язку»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Інформаційні відеосистеми та системи
контролю доступу»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Рекомендовано на засіданні
кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
_____ 20__ р.,
протокол № ____

Розробник: ст. викладач кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях
БЕНЕДИЦЬКИЙ Василь

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 2

Лабораторна робота № 4

Дослідження компенсаційного стабілізатора постійної напруги

Мета роботи: ознайомитися з принципами побудови і властивостями компенсаційних стабілізаторів постійного напруги. Вивчити пристрій і роботу компенсаційних стабілізаторів постійної напруги безперервної дії з послідовним та паралельним включенням регулюючого елемента.

Отримати навички проектування і розрахунку параметрів стабілізаторів напруги. Експериментально дослідити характеристики і параметри компенсаційного стабілізатора постійної напруги безперервної дії з послідовним включенням регулюючого елемента.

Теоретичні відомості

1. Загальні принципи роботи компенсаційних стабілізаторів.

Компенсаційний стабілізатор (КСН) із неперервним способом регулювання вихідної напруги являє собою замкнуту систему автоматичного регулювання (САР) із зворотним від'ємним зв'язком. Факторами, що збурюють вихідну напругу, є зміни напруги живлення, навантаження, температури.

Активні елементи компенсаційних стабілізаторів працюють в лінійному режимі, тому такі стабілізатори ще називають лінійними.

Стабілізатори можуть бути виконані з послідовним та паралельним увімкненням регулюючого елемента. Вихідна напруга підтримується постійною за рахунок зміни падіння напруги відповідно на регулюючому елементі чи баластному резисторі. У якості регулюючого елемента у сучасних стабілізаторах використовують в основному транзистори, які працюють в режимі підсилення струму.

2. Аналогові компенсаційні стабілізатори

Аналоговий компенсаційний стабілізатор напруги (АКСН) – це

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк __ / 3

електронний пристрій з регулюючим елементом, який працює у безперервному режимі.

2.1 АКСН з послідовним регулюючим елементом

Структура АКСН, що зображена на рис. 4.1, складається:

РЕ – регулюючий елемент,

ППС – підсилювач постійного струму,

ПН – дільник напруги,

ПВ – пристрій вирахування різниці між напругою ПН та ДОН,

ДОН – джерело опорної напруги.

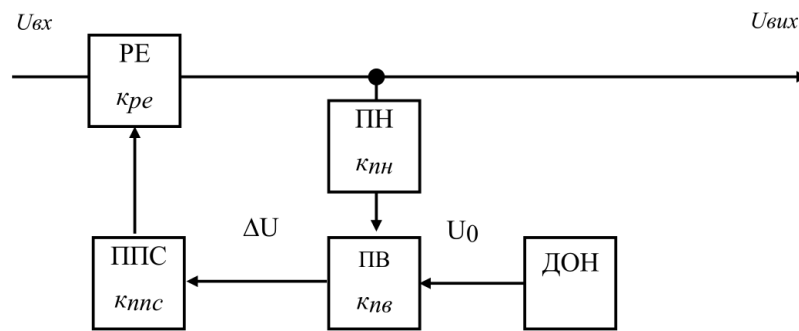


Рис. 4.1. Структурна схема послідовного АКСН

Принцип роботи АКСН полягає в наступному. Підвищення вихідного параметру $U_{\text{вих}}$ фіксується подільником ПН і зрівнюється з напругою джерела U_0 опорної напруги ДОН $\Delta U = U_{\text{вих}} - U_0$. Як наслідок це викликає зростання падіння напруги на регулюючому елементі $U_{\text{ре}}$, що призводить до зниження вихідної напруги. Враховуючи $k_{\text{пв}} = 1$, рівняння, що описують роботу пристрою має вигляд

$$\begin{cases} U_{\text{вх}} = U_{\text{ре}} + U_{\text{вих}} \\ U_{\text{ре}} = k_{\text{ппс}} k_{\text{ре}} \Delta U = (k_{\text{пн}} U_{\text{вих}} - U_0) k_{\text{ппс}} k_{\text{ре}} \end{cases} \quad (4.1)$$

де k_i – коефіцієнт передачі за напругою відповідного вузла. Рішенням системи є

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 4

$$U_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вх}} + U_0 k_{\text{ппс}} k_{\text{ре}}}{1 + k_{\text{пн}} k_{\text{ппс}} k_{\text{ре}}} \quad (4.2)$$

Звідки коефіцієнт стабілізації визначається шляхом диференціювання відповідно лівої та правої сторін отриманого виразу і знаходження частинної похідної від вихідної напруги по вхідній з наступним множенням обох сторін рівняння на $1/U_{\text{вих}}$.

$$k_{\text{ст}} = \frac{dU_{\text{вх}}/U_{\text{вх}}}{dU_{\text{вих}}/U_{\text{вих}}} = 1 + \frac{U_{\text{вих}} k_{\text{ппс}} k_{\text{ре}}}{U_{\text{вх}}} \quad (4.3)$$

2.2 АКШН з паралельним регулюючим органом

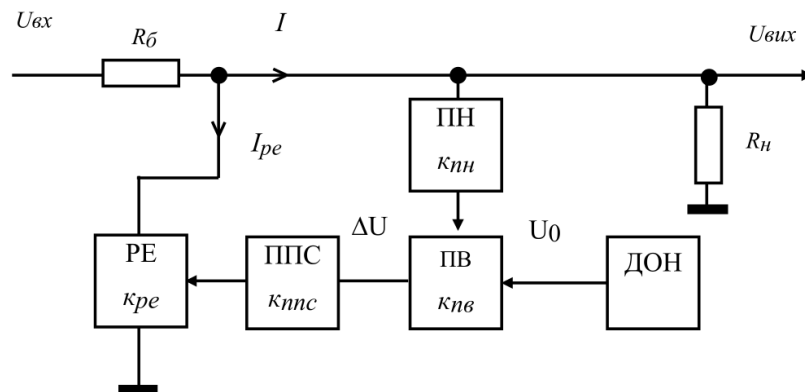


Рис. 4.2. Структурна схема паралельного АКШН

Розглянемо її принцип роботи. Підвищення напруги на навантаженні сприяє збільшенню різниці ΔU , що також виділяється із напруг зворотного зв'язку і джерела опорної напруги. Її підсилене значення відкриває регулюючий орган, який шунтує струм I (рис. 4.2) і таким чином зменшує напругу на навантаженні. І навпаки.

Порівнюючи компенсаційні стабілізатори напруги з послідовним і паралельним розташуванням регулюючого органу можна сказати, що при однакових коефіцієнтах передачі відповідних вузлів вихідна напруга на останньому буде трохи меншою з-за падіння на баластному резисторі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк __ / 5

Переваги АКСН:

1. Коефіцієнт стабілізації вихідної напруги на порядок вищий ніж у параметричних.
2. Завдяки високій швидкодії мають властивості фільтрів.
3. Для них є характерним низький рівень статичного та динамічного опору

$$r_{\text{вн}} \approx r_{\text{T}} / k_{\text{ст}} \quad (4.4)$$

де r_{T} – диференційний опір регулюючого транзистора .

Недоліки АКСН:

1. Складніше схемне рішення і, як наслідок, більші вартість, масо-габаритні показники.
2. Низький ККД із-за падіння напруги на регулюючому органі.
3. Велика залежність вихідної напруги від температури навколишнього середовища.

При порівнянні компенсаційних стабілізаторів до переваги стабілізатора із паралельним розміщенням регулюючого органу можливо віднести кращу роботу на імпульсне навантаження і нечутливість до перевантажень на виході.

Але завдяки більшим ККД і коефіцієнту стабілізації, на практиці частіше використовують стабілізатори з послідовним регулюючим органом.

Постановка завдань дослідження в роботі

Завдання 1. Запустити програмний пакет Ltspice XVII. В робочому вікні Ltspice зібрати схему компенсаційного стабілізатора напруги (рис. 4.1) або запропоновану викладачем.

У схему включити наступні компоненти:

- джерело постійної напруги **V1**
- регулюючий елемент на транзисторах Q1, Q2, що включені за схемою Дарлінгтона;
- пристрій вирахування різниці між напругою ПН та ДОН **U1**;

- опір навантаження **R1**;
- джерело опорної напруги **V4**;
- дільник напруги на опорах **R2, R3**;

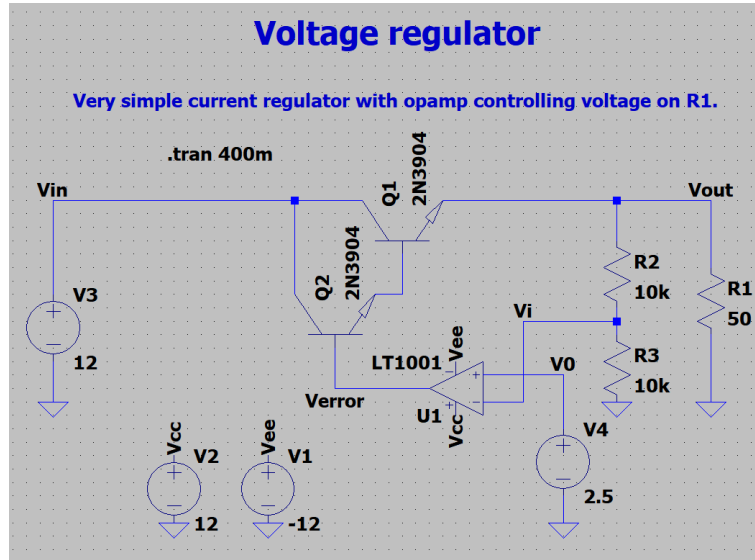


Рис. 3.1. Робоча схема для дослідження компенсаційного стабілізатора.

Завдання 2. Змінюючи напругу $U_{вх}$ джерела V3 відповідно до табл. 4.1 зняти амплітудну характеристику компенсаційного стабілізатора напруги для трьох значень струму навантаження: $I_n = 0, I_n, 2I_n$.

Результати занести до табл.4.1. Графічно відобразити залежність вихідної напруги стабілізатора від напруги з його вході $U_{вих} = f(U_{вх})$.

Таблиця 4.1. Результати вимірів. Залежність вихідної напруги стабілізатора від напруги на вході

$I_n = 0$	$U_{вх}$	$0,1U_{вих ст}$	$0,25U_{вих ст}$	$0,5U_{вих ст}$	$U_{вих ст}$	$1,5U_{вих ст}$	$2U_{вих ст}$	$2,5U_{вих ст}$
		$U_{вих}$						
I_n	$U_{вх}$	$0,1U_{вих ст}$	$0,25U_{вих ст}$	$0,5U_{вих ст}$	$U_{вих ст}$	$1,5U_{вих ст}$	$2U_{вих ст}$	$2,5U_{вих ст}$
	$U_{вих}$							
$2 \cdot I_n$	$U_{вх}$	$0,1U_{вих ст}$	$0,25U_{вих ст}$	$0,5U_{вих ст}$	$U_{вих ст}$	$1,5U_{вих ст}$	$2U_{вих ст}$	$2,5U_{вих ст}$
	$U_{вих}$							

Визначити напругу стабілізації $U_{ст0}$ (початок горизонтальної ділянки амплітудної характеристики).

Завдання 3. Визначити значення коефіцієнта стабілізації $K_{ст}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 7

компенсаційного стабілізатора напруги. Для знаходження цього коефіцієнта необхідно змінюючи напругу на вході стабілізатора, встановити на виході напругу $U_{вих ст}$. Зафіксувати значення $U_{вх}$. Збільшити напругу на вході стабілізатора на 1,0 В, виміряти $U_{вих}$ та визначити

$$\Delta U_{вих} = U_{вих} - U_{вих ст} \quad (4.13)$$

Визначити значення коефіцієнта стабілізації:

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх} / U_{вх}}{\Delta U_{вих} / U_{ст0}}, \quad (4.14)$$

де $\Delta U_{вх} = 1$ В.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

- 1) формулювання мети дослідження;
- 2) Принципову схему для дослідження;
- 3) Таблиці результатів вимірювань з розрахованими параметрами;
- 4) Таблиці осцилограм;
- 5) Аналіз отриманих результатів.

Контрольні питання

1. Перелічіть класифікаційні ознаки компенсаційних стабілізаторів напруги.
2. Намалюйте основні структурні схеми компенсаційних стабілізаторів безперервної дії і поясніть їх принцип роботи, призначення окремих функціональних вузлів, переваги і недоліки.
3. Які основні параметри стабілізаторів напруги ви знаєте?
4. Намалюйте схему транзисторного компенсаційного стабілізатора постійної напруги з послідовним включенням регулюючого елемента і поясніть

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.2/Б/ОК22- 2024
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 8

принцип роботи і призначення елементів.

5. Перерахуйте основні дестабілізуючі фактори, що впливають на стабільність вихідного напруги компенсаційного стабілізатора.

6. Вкажіть методи побудови регулюючих елементів, які порівнюють схем і підсилювачів постійного струму.

7. Намалюйте схему транзисторного компенсаційного стабілізатора постійної напруги з паралельним включенням регулюючого елемента і поясніть принцип його роботи і призначення елементів.

Перелік посилань

1. LTspice Information Center. Analog Devices.

URL:<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html> (дата звернення 14.11.2024).

2. Gabino Alonso. Get Up and Running with LTspice. Analog Devices.

URL:<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/get-up-and-running-with-ltspice.html> (дата звернення 14.11.2024).

3. LTspice® Technical Information and Guides. Analog Devices.

URL:<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator/ltspice-recommended-reading-list.html> (дата звернення 14.11.2024).

Рекомендована література

1. Захарченко М.В. Електроживлення систем зв'язку. Лабораторний практикум: Частина 1: Теоретичні положення; Частина 2: Методичні вказівки / М.В. Захарченко, А.Ф. Кадацький, О.П. Русу, І.П. Малявін, В.Б. Русаловський, О.А. Грабовий. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011. – 312 с.,іл.