

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**

ВИПУСКНА РОБОТА

на тему:

**«Комп'ютерне забезпечення оперативного
виявлення дрейфу нуля підсилювача постійного
струму»**

Завідувач

випускаючої кафедри

А. С. Довбиш

Керівник роботи

В. В. Авраменко

Студента групи ІІз -71с

Г. А. Шубенко

СУМИ 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр заочної, дистанційної і вечірньої форм навчання

Кафедра комп'ютерних наук

Затверджую _____.

Зав. кафедрою Довбиш А.С.

“ _____ ” _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
до випускної роботи**

Студента четвертого курсу, групи ІНз-71С спеціальності “Комп'ютерні науки” заочної форми навчання Шубенка Григорія Андрійовича.

Тема: “Комп'ютерне забезпечення оперативного виявлення дрейфу нуля підсилювача постійного струму ”

Затверджена наказом по СумДУ

№ _____ від _____ 2021 р.

Зміст пояснювальної записки:

1) Інформаційний огляд. Підсилювач постійного струму (ППС). Застосування підсилювачів постійного струму(ППС). “Дрейф нуля”. Методи пошуку та зменшення дрейфу нуля. C++. Microsoft Visual Studio. Постановка задачі 2) Розв'язання задачі. Математична постановка задачі. Вибір методу розв'язування задачі. Хід розв'язування задачі. 3) Програмна реалізація. Алгоритм розв'язування задачі. Блок схема програми. Інструкція для користувача. Контрольні приклади

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2021 р.

Керівник випускної роботи _____ Авраменко В.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Шубенко Г.А.

РЕФЕРАТ

Записка: 33 стор., 18 рис., 4 табл., 1 додаток, 16 джерел.

Об'єкт дослідження — Система контролю “дрейфу нуля” підсилювача постійного струму.

Мета роботи — Розробити алгоритм та комп'ютерну програму для оперативного виявлення “дрейфу нуля” підсилювача постійного струму(ППС).

Методи дослідження — Методи із використанням функцій непропорційності

Результати — розроблено алгоритм та програмне забезпечення пошуку “дрейфу нуля”. Розроблений алгоритм реалізовано у формі програмного забезпечення, створеного за допомогою інтегрованого середовища розробки Microsoft Visual Studio 2019, та мови програмування C++.

C++, ДРЕЙФ НУЛЯ, ФУНКЦІЇ НЕПРОПОРЦІЙНОСТІ,
ПІДСИЛЮВАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ,
МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ДРЕЙФУ НУЛЯ.

Зміст

ВСТУП	5
1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД.....	6
1.1 Підсилювач постійного струму (ППС).....	6
1.2 Застосування підсилювачів постійного струму(ППС).....	10
1.3 “Дрейф нуля”.....	11
1. 4 Методи пошуку та зменшення дрейфу нуля	12
1.6 C++	17
1.7 Microsoft Visual Studio.....	18
1.8 Постановка задачі	18
2. РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ	20
2.1 Математична постановка задачі.....	20
2.2 Вибір методу розв’язування задачі	21
2.3 Хід розв’язування задачі.....	22
3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	23
3.1 Алгоритм розв’язування задачі.....	23
3.2 Блок схема програми	23
3.3 Інструкція для користувача	25
3.4 Контрольні приклади.....	25
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	33
ДОДАТОК.....	34

ВСТУП

Дрейф нуля є досить актуальною проблемою для пристроїв в яких використовується підсилювач постійного струму. Тому в даній роботі розглянуті підсилювачі постійного струму (ППС), їх класифікацію, принцип дії різницю між ними, статична характеристика підсилювачів. Також розглянуто актуальну проблему підсилювачів постійного струму (ППС) як “дрейф нуля”, причини виникнення дрейфу нуля. Знайденні методи пошуку факту дрейфу(зсуву) в підсилювачах постійного струму та пошуку кількісної оцінки відхилення від нуля.

Більша частина методів для боротьби з дрейфом нуля використовують схематичні рішення і майже відсутні методи, які оперативно розпізнають факт його появи в процесі нормальної роботи з даними, які можна отримати в поточний момент часу. Тому розробка такого методу є актуальним завданням.

Спочатку було вибрано спосіб розв'язання цієї проблеми. Потім розписаний алгоритм розв'язання задачі та написана сама програма.

1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

1.1 Підсилювач постійного струму (ППС)

Підсилювачі постійного струму (ППС) призначені для підсилення повільно змінних в часі сигналів, нижня частота яких наближається до нуля. Верхній частотний діапазон підсилювачів постійного струму(ППС) визначається частотними властивостями використаних в підсилювачі транзисторів.[1]

Під час побудови багатокаскадних підсилювачів постійного струму(ППС) іноді використовують гальванічний зв'язок між каскадами. Оскільки в колах зв'язку ППС відсутні реактивні елементи, то одночасно через підсилювач може проходити перешкод та корисний сигнал. Сигнал перешкоди і корисний сигнал можуть мати близький або однаковий характер зміни в часі. На виході підсилювача такі сигнали додаються і розрізнити їх неможливо, що дає хибне представлення про дійсний підсилений корисний сигнал. [1].

Основні характеристики підсилювачів

1) Коефіцієнт підсилення за напругою[2];

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}};$$

2)Коефіцієт підсилення за струмом[2];

$$K_I = \frac{I_{вих}}{I_{вх}};$$

3) Коефіцієт підсилення за потужністю[2];

$$K_P = \frac{P_{вих}}{P_{вх}} = K_U \cdot K_I;$$

4) Амплітудно-частотна характеристика підсилювача[2];(рис 1.2)

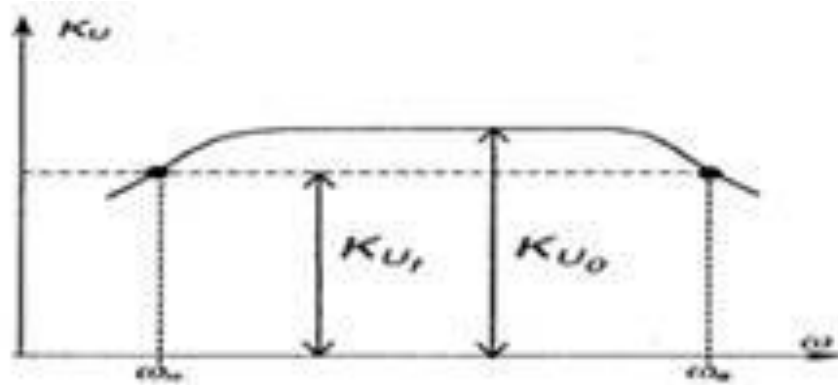


Рис 1.2 Амплітудно-частотна характеристика(АЧХ)[3]

$K = F(f)$ – це залежність модуля коефіцієнта підсилення K_u від частоти при сталій величині вхідного сигналу.

K_{u0} – найбільший коефіцієнт підсилення;

ω_n до ω_b - аобочий діапазон підсилювального сигналу

5) Фазо-частотна характеристика;

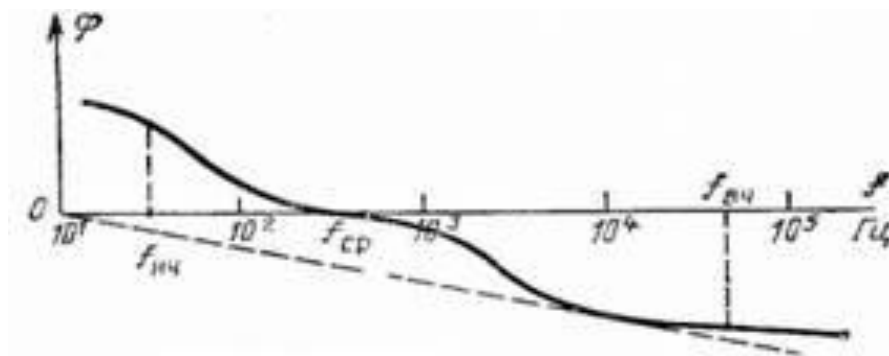


Рис 1.3 Фазо-частотна характеристика(ФЧХ)[3]

$\varphi = F(f)$ – залежність кута зсуву фаз між вхідною і вихідною напругами.

6) Робочий діапазон частот від F_n до F_b де коефіцієнт підсилення залишається в межах заданих межах;

7) Лінійні викривлення;

8) Нелінійні викривлення;

9) Коефіцієнт корисної дії;

10) Вхідний і вихідний опір підсилювача;

11) Динамічний діапазон; [4]

Класифікація підсилювачів.

За призначенням:

Електронний підсилювач - це підсилювач електричних сигналів, в підсилювальних елементах якого використовується явище електричної провідності в газах, вакуумі та напівпровідниках.

Підсилювачі електричних сигналів можуть класифікуватися за таким призначенням:

- підсилювачі напруги

-Підсилювач напруги забезпечує на опорі навантаження задану вихідну напругу при малих значеннях струму і потужності. У режимі підсилення напруги підсилювач працює тоді, коли його вхідний опір $R_{вх}$ у багато разів перевищує опір джерела сигналу $R_{дс}$ ($R_{вх} \gg R_{дс}$), а опір навантаження $R_{н}$ набагато більше вихідного опору ПЄ $R_{вих}$ ($R_{н} \gg R_{вих}$).

- підсилювачі струму

-Підсилювач струму забезпечує задану величину струму в навантаженні $R_{н}$ при малих значеннях напруги й потужності. У режимі підсилення струму підсилювач працює тоді, коли його вхідний опір $R_{вх}$ значно менше опору джерела сигналу $R_{дс}$ ($R_{вх} \ll R_{дс}$), а навантажувальний опір $R_{н}$ багато менше вихідного опору ПЄ $R_{вих}$ ($R_{н} \ll R_{вих}$).

- підсилювачі потужності.

-Підсилювач потужності забезпечує при певному зовнішньому навантаженні підсилення потужності електричних коливань до заданого значення. У режимі підсилення потужності підсилювач працює тоді, коли вхідний і вихідний опору ПЄ мають величини такого ж порядку, як і опору $R_{дс}$, $R_{н}$. [4]

За видом навантаження:

-Аперіодичні підсилювачі (навантаження підсилювача не має яскраво виражених резонансних властивостей);

- Вибіркові підсилювачі (призначені для підсилення сигналів у деякій вузькій смузі частот). До виборчих підсилювачів відносяться резонансні і смугові підсилювачі.

За родом підсилюються сигналів (для аперіодичних підсилювачів):

- підсилювачі гармонійних сигналів,
- підсилювачі імпульсів.

За способом включення підсилювального елемента:

- із загальним катодом (із загальним емітером, із загальним витоком);
- із загальною сіткою (із загальною базою, загальним затвором);
- із загальним анодом (із загальним колектором, із загальним стоком).

За типом використаних в підсилювачі ПС(Підсилювальний елемент):

- лампові,
- напівпровідникові,
- магнітні,
- оптоелектронні,
- діелектричні,
- квантові та ін.[5]

Види підсилювачів за принципом дії.

За принципом дії підсилювачі постійного струму поділяються на:

Підсилювачі прямого підсилення. В ППС прямого підсилення існує безпосередній гальванічний зв'язок виходу (колектора або анода) підсилювального елемента одного каскаду з входом (базою або сіткою) чергового каскаду. З цієї причини підсилювач прямого підсилення здатний пропускати (посилувати) навіть постійний струм. Але основним недоліком таких підсилювачів є дрейф нуля. Такі схеми популярні і в акустиці. [6]

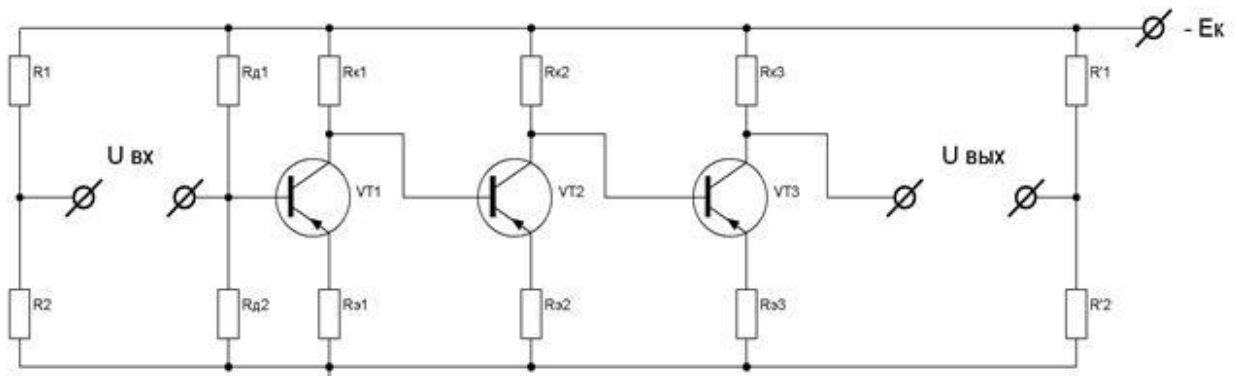


Рис 1.3 Схема підсилювача прямого підсилення[6]

- Підсилювачі з перетворенням перетворюють постійний струм - в змінний, потім він підсилюється і випрямляється. Це називається підсиленням сигналу з модуляцією і демодуляцією - МДМ. [7]

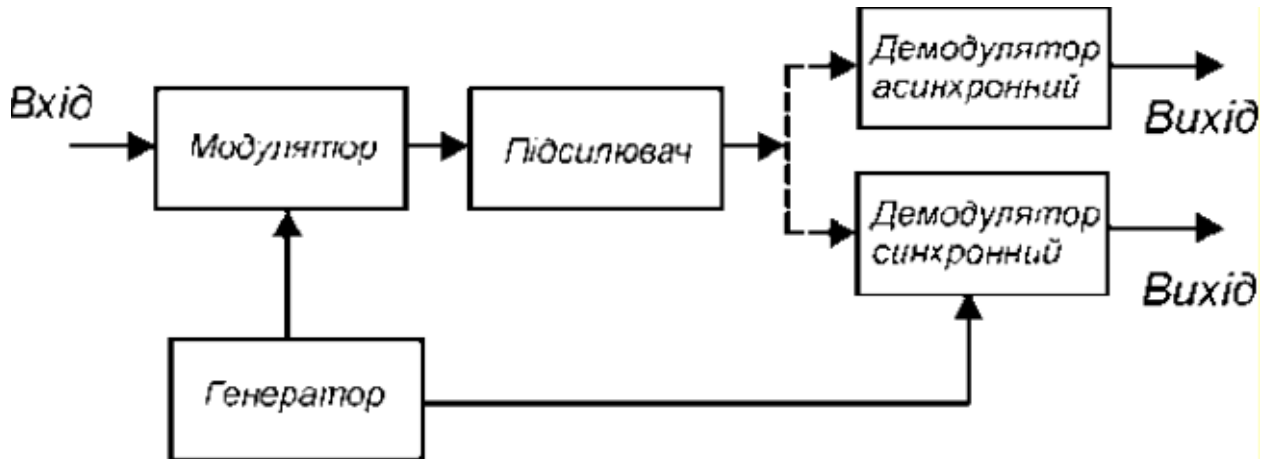


Рис 1.4 Структурна схема підсилювача з перетворенням[6]

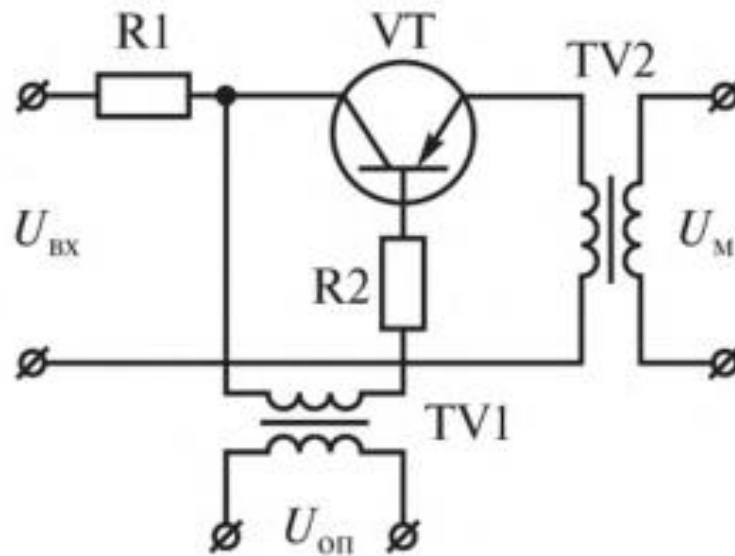


Рис 1.5 Схема модулятора[6]

1.2 Застосування підсилювачів постійного струму(ППС)

В електричних схемах дуже часто зустрічаються сигнали малої потужності. Наприклад, це може бути звуковий сигнал з динамічного

мікрофона.(рис 1.6) Також ППС використовуються в радіовимірювальній апаратурі, стабілізаторах напруги й струму, пристроях автоматичного регулювання підсилення, аналогових обчислювальних пристроях.

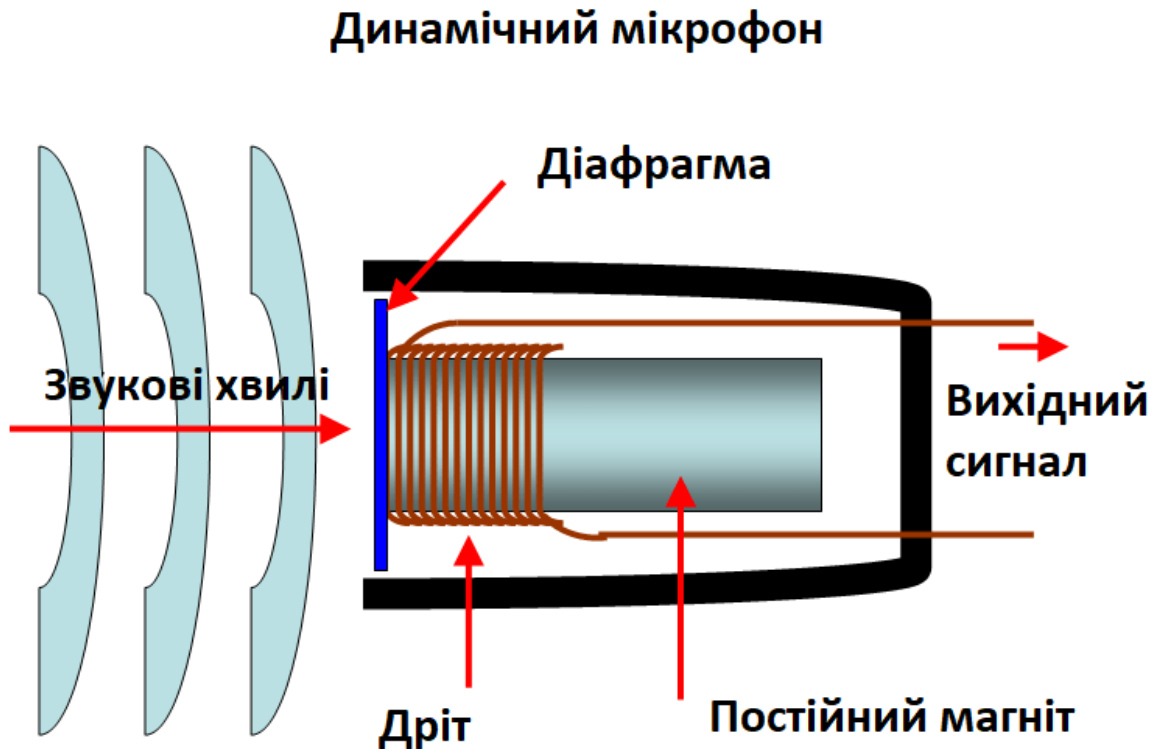


Рис 1.6 Динамічний мікрофон[8]

1.3 “Дрейф нуля”

При розробці ППС доводиться розв'язувати дві основні проблеми: узгодження потенційних рівнів в сусідніх каскадах і зменшення дрейфу (зсуву) вихідного рівня напруги або струму.

Дрейф нуля ППС це – повільна систематична, або повільна хаотична зміна вихідного сигналу при незмінному вхідному сигналі. Оскільки дрейф нуля проявляється таким чином, як ніби він викликаний вхідним сигналом ППС, то його неможливо відрізнити від справжнього сигналу. Він характерний для багато каскадних ППС, які не використовують модулятор на вході і демодулятор на виході - це ППС типу М - ДМ, є безпосередній зв'язок між каскадами, тобто між каскадами не вмикаються розділові конденсатори,

або трансформатори, які не пропускають сигнали з низькими частотами, зокрема, сигнали постійного струму.[9]

Причини дрейфу нуля:

- Зміни температури (температурний дрейф) і вологості навколишнього середовища.
- Нестабільності джерел живлення.
- Старіння електронних компонентів, що викликає зміна їх електричних параметрів.
- Низькочастотні власні шуми підсилювача.

1. 4 Методи пошуку та зменшення дрейфу нуля

Застосування схем термокомпенсації дрейфу.

Використання балансних схем є ефективним методом зменшення дрейфу нуля. Балансні схеми разом з глибоким негативним зворотним зв'язком та термокомпенсацією дають можливість значно збільшити стабільність ППС. Балансні схеми будуються на двох транзисторах і можуть бути послідовного і паралельного типів. Основою побудови балансного каскаду є електричний міст з попарно симетрично виконаними плечима. [10]

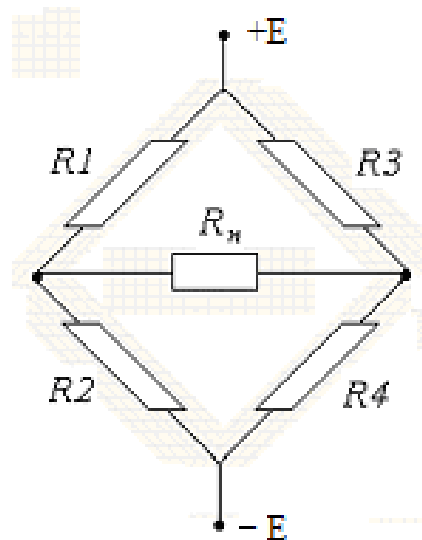


Рис 1.7 Електричний міст[10]

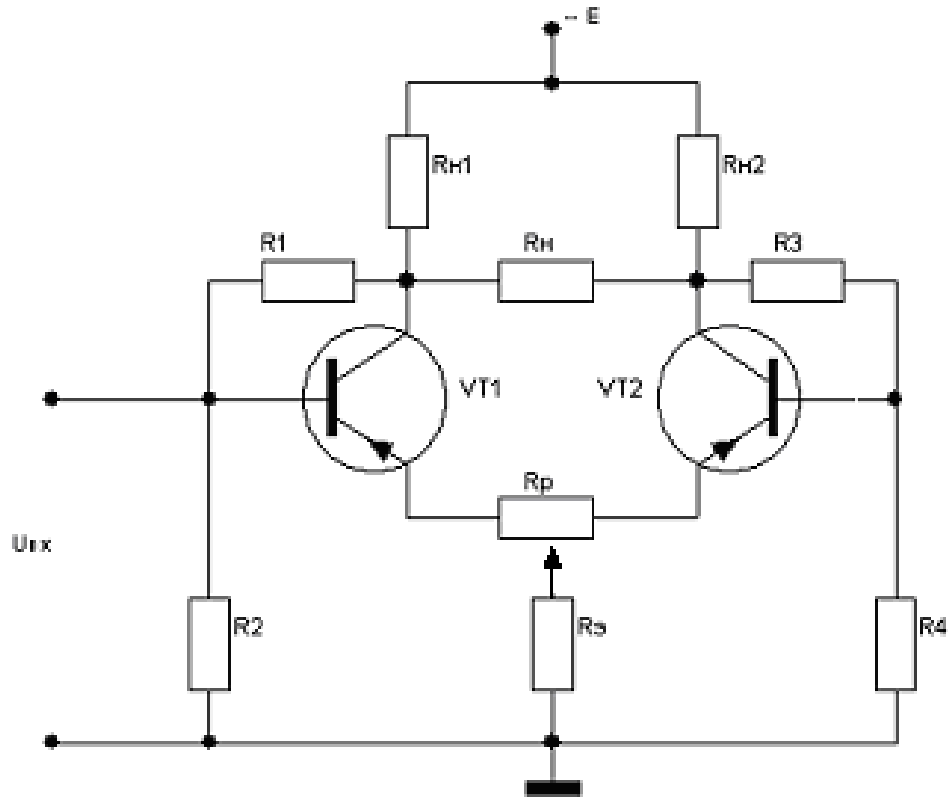


Рис 1.8 Балансний підсилювач постійного струму[11]

До вертикальної діагоналі підключається живлення, а навантаженість включається проміж колекторами транзисторів. Вхідний сигнал прикладається на базу першого транзистора. При повній симетрії плечей схеми, яка обумовлена вибором $R_{n1} = R_{n2}$ і транзисторів з ідентичними параметрами, і відсутності вхідного сигналу відмінність потенціалів проміж колекторами V_1 і V_2 дорівнює нулю. Коли вхідний сигнал не дорівнює нулю, то потенціали колекторів отримують однакові за абсолютною величиною, але різні за знаком підвищення і крізь навантаженість йде струм. Такі каскади надзвичайно зручні в якості вихідних, коли доведеться отримати симетрично змінювану напругу чи то симетрично нестабільний струм.

Зменшення дрейфу нуля обумовлено наступним: при зміні напруги живлення E потенціали колекторів в симетричній схемі отримують однакові підвищення, з огляду на те вихідна напруга і струм в навантаженні

залишаються незмінними. Теж саме відбувається і при температурних змінах.
[11]

Застосування загальної петлі ООС

Істотне зниження нелінійних спотворень забезпечує використання в підсилювачах негативного зворотного зв'язку. При цьому частина вихідного сигналу подається назад на вхід, з тим щоб протидіяти вхідному сигналу. Внаслідок цього, природно, зменшується підсилення. Однак за допомогою негативного зворотного зв'язку можна домогтися, щоб підсилення практично не залежало від нелінійної передавальної характеристики транзистора і в основному визначалося співвідношенням омичних опорів. [12]

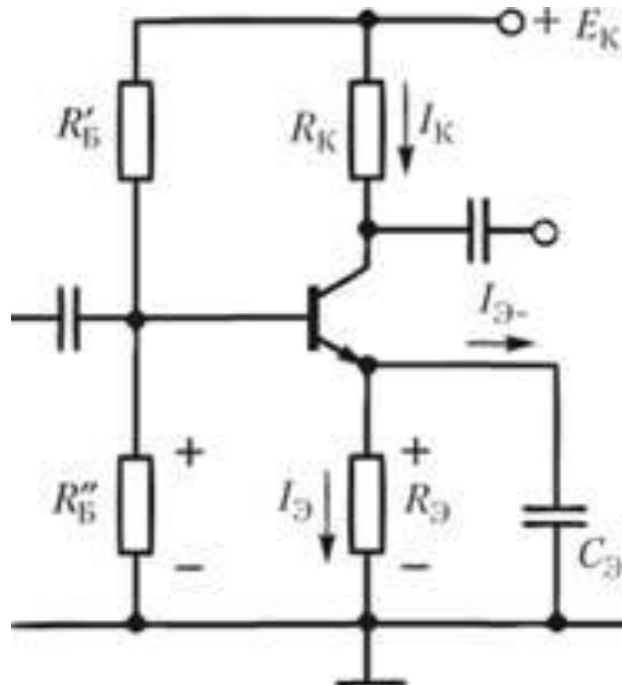


Рис 1.9 Схема з негативним зворотним зв'язком по струму[12]

Застосування мостових (балансних) схем.

Ці схеми використовують індикатор балансу для порівняння двох напруг.

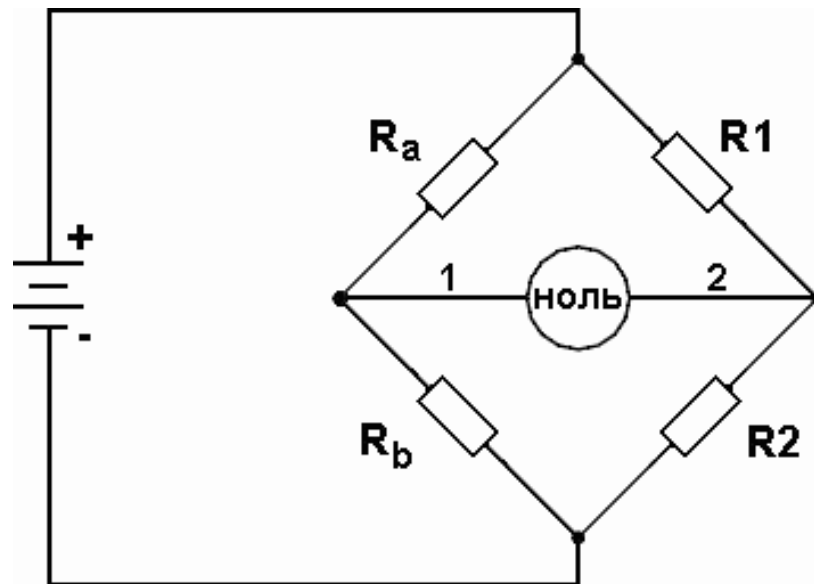


Рис 1.10 Балансна схема “Міст Уотсона”[13]

Коли напруга між точкою 1 і мінусом батареї дорівнює напрузі між точкою 2 і негативним висновком батареї, то індикатор балансу буде показувати нуль, і про такий міст кажуть що він "збалансований". Стан балансу моста повністю залежить від відносин R_a / R_b і R_1 / R_2 , і воно не залежить від напруги живлення. Для вимірювання опорів за допомогою мосту Уитстона на місце резисторів R_a або R_b встановлюється невідомий опір, в той час, як інші три резистори є прецизійними і їх номінал відомий. Кожен з цих трьох резисторів може бути замінений опором іншої величини або їх номінали можуть бути скориговані, що б міст збалансувався, і коли це станеться то величина опору невідомого резистора може бути визначена зі співвідношення величин відомих опорів.[13]

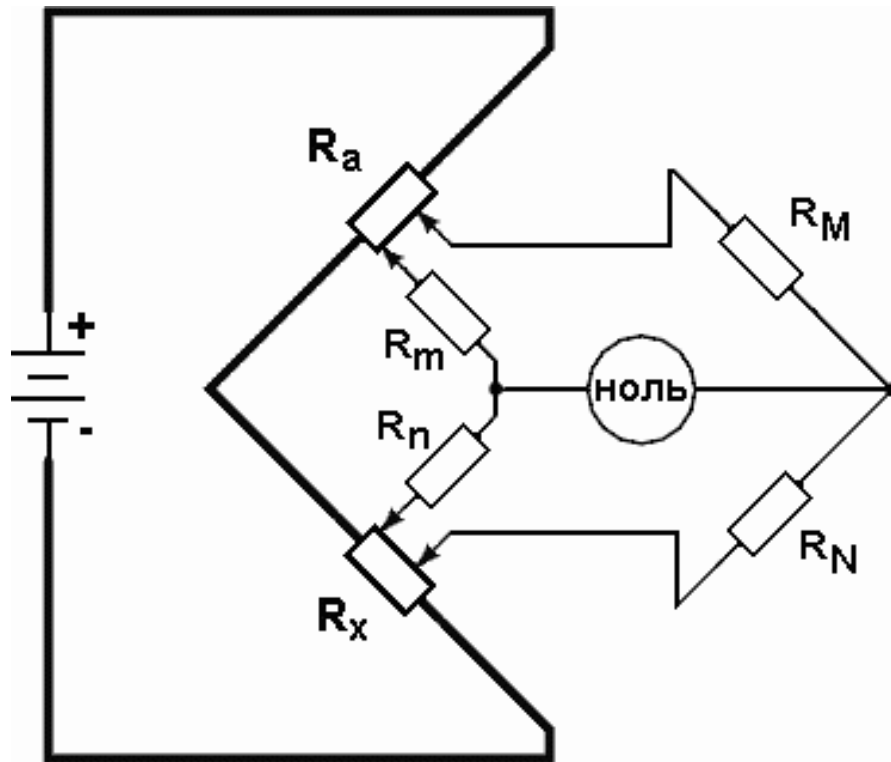


Рис 1.11 Подвійний міст Кельвіна(Одна із варіацій моста Уотсона) [13]

- Застосування ППС з перетворенням сигналу. Один із видів підсилювачів постійного струму.
- Застосування функції непропорційності. Метод за допомогою якого ми виявляємо факт непропорційності по похідній першого порядку вихідного сигналу по вхідному. [9]

1.5 Застосування функції непропорційності.

Непропорційністю по похідній першого порядку функції $y=f(x)$ по x

називається різниця між $\frac{y}{x}$ і $\frac{dy}{dx}$

Позначається вона так:

$$@d_x^{(1)} y = \frac{y}{x} - \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

Символ @ позначає операцію визначення непропорційності, d - від англійського *derivative* (похідна). Ліва частина читається як *et d один y по x*. Геометрично непропорційність (1) являє собою різницю тангенсів двох кутів. Перший з них - кут між позитивним напрямком осі Ox і прямою, що з'єднує

початок координат з точкою $M(x,y)$, другий - між дотичною в точці $M(x,y)$ і віссю Ox . [14]

Цим методом можна оперативно виявити факт непропорційності та його кількісну оцінку використовуючи спеціальну вимірювальну апаратуру та програмне забезпечення для його виявлення. Для виявлення дрейфу треба контролювати пропорційний зв'язок між вхідним та вихідним сигналами. Але в підсилювачах постійного струму ми не можемо виявити непропорційність простим діленням. Нам не відомо, яке значення коефіцієнта підсилення в поточний час повинно бути. Тому метод побудований на функціях непропорційності якнайкраще підходить для **оперативного** виявлення дрейфу нуля та його кількісної оцінки, адже він не чуткий до коефіцієнта підсилення.

1.6 C++

C++ - мова програмування загального призначення. Підтримує такі парадигми програмування, як об'єктно-орієнтоване програмування, процедурне програмування, узагальнене програмування. Мова має багату вбудовану бібліотеку, яка містить поширені контейнери та алгоритми, регулярні вирази, введення-виведення, підтримку багато поточності та інші можливості. C++ поєднує можливості як низькорівневі, так і високорівневих мов. У порівнянні з його пращуром - мовою C - найбільшу увагу приділено підтримці узагальненого програмування та об'єктноорієнтованого.

C++ будучи одною з відоміших мов програмування, вона широко використовується для розробки програм. Область його застосування включає різноманітних прикладних програм, високопродуктивних серверів, додатків для вбудованих систем, створення операційних систем, драйверів пристроїв, а також ігор. Існує безліч реалізацій C++, як безплатний, так і комерційних і для різних платформ. Наприклад, на платформі x86 це Visual C++, GCC, Embarcadero (Borland) C++ Builder, Intel C++ Compiler і інші. C++ зробив великий внесок на інші мови, такі як Java і C#. [15]

1.7 Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio - лінійка продуктів компанії Microsoft, що включають інтегроване оточення розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментів. Ці продукти дозволяють розробляти як ігри та програми з графічним інтерфейсом, так консольні додатки, також з підтримкою технології Windows Forms, і крім того вебсайт, вебдодатки, вебслужби як в рідному, так і в керуваному кодах для всіх платформ, підтримуваних .NET Framework, Xbox, Windows CE, Windows Phone .NET Compact Framework і Silverlight, Windows Mobile, Windows.

Visual Studio включає ре факторинг вихідного коду з технологією IntelliSense і можливістю найпростішого ре факторинг коду. Вбудований налагодник може працювати як налагодник машинного рівня, і як налагодник рівня вихідного коду. Остача вбудованих інструментів містять редактор форм для покращення розробки графічного додатку, вебредактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних. Visual Studio дозволяє утворювати і залучати сторонні додатки (плагіни) які призначені для розширення функціональності майже на кожному рівні, включаючи додавання підтримки систем контролю версій вихідного коду (як, наприклад, Subversion і Visual SourceSafe), додавання нових наборів інструментів (наприклад, для редагування і візуального проектування коду на предметно-орієнтованих мовах програмування) або інструментів для інших аспектів процесу розробки програмного забезпечення (наприклад, клієнт Team Explorer для роботи з Team Foundation Server).[16]

1.8 Постановка задачі

Розробити алгоритм і комп'ютерну програму для оперативного контролю появи “дрейфу нуля” підсилювача постійного струму.

Роботу програми перевірити для довільного сигналу на вході підсилювача при зсуві статичної характеристики в сторону позитивних, в сторону негативних значень, а також при зсуві рівному нулю.

2. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

2.1 Математична постановка задачі

На рис. 2.1 приведена статична характеристика підсилювача постійного струму (ППС) при відсутності “дрейфу нуля”, також при дрейфі в обидві сторони відносно нуля.

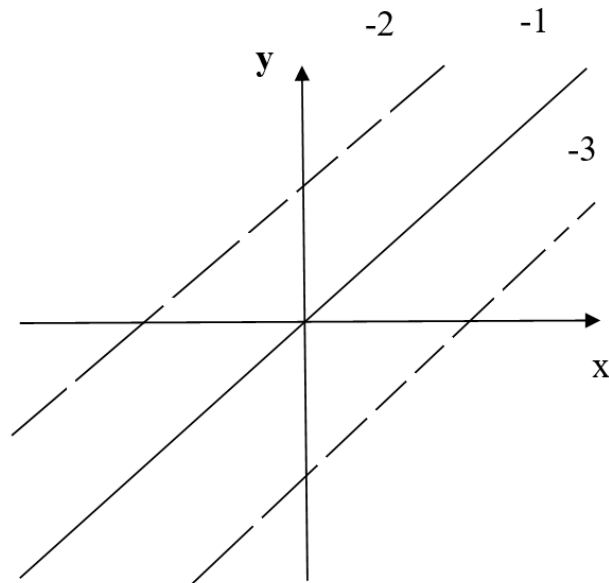


Рис 2.1 Статична характеристика підсилювача: нормальна -1:

При дрейфі в “+” -2

При дрейфі в “-” -3

x - напруга на вході підсилювача.

U – напруга на виході підсилювача

Дрейф значень напруги на виході u при напрузі на вході $x = 0$. При роботі ППС сигнал на його вході x змінюється в часі t і описується функцією $x(t)$ відповідно на виході описується як $u(x)$. При відсутності “дрейфу нуля”(зсуву) залежність між x та u пропорційна

$$u(t) = cx(t), \quad (1)$$

Де c коефіцієнт підсилення

При наявності дрейфу нуля d

$$y(t) = cx(t) + d \quad (2)$$

Пропорційній зв'язок порушується як правило, коефіцієнт C невідомий і змінюється випадково в часі.

Таким чином, задача полягає в тому, щоб виявити під час роботи підсилювача факт порушення пропорційного зв'язку між вхідним і вихідним сигналами при випадкових, невідомих значеннях коефіцієнта підсилення C , наприклад, внаслідок роботи системи автоматичного регулювання підсилення (АРП).

Крім виявлення факту зміщення статичної характеристики ППС необхідно оцінити кількісно наскільки порушився пропорційний зв'язок. Також необхідно кількісно оцінити цю непропорційність відносно амплітуди сигналу на виході

2.2 Вибір методу розв'язування задачі

Задачу не можна розв'язувати методом простого ділення вихідного сигналу на вхідний і порівняння із коефіцієнтом підсилення ППС тому, що значення цього коефіцієнта невідоме і воно випадковим чином змінюється в часі. Тому необхідно застосувати метод, який є інваріантний по відношенню до коефіцієнта пропорціональності.

В цьому випадку слід застосувати функції непропорційності. Для виявлення факту появи непропорційності між вхідним і вихідним сигналами слід обчислювати непропорційності по похідній першого порядку вихідного сигналу по вхідному. Для кількісної оцінки пропорційного зв'язку відносно амплітуди сигналу на виході обчислюється відносна непропорційність вихідного сигналу по вхідному.

Наближене значення похідних обчислюється по трьом точкам.

2.3 Хід розв'язування задачі

Для виявлення появи непропорційного зв'язку між $x(t)$ і $y(t)$ обчислимо непропорційність по похідній 1-го порядку $y(t)$ по $x(t)$. Позначимо її через $Z(t)$.

$$z(t) = @d_{x(t)}^{(1)}y(t) = \frac{y(t)}{x(t)} - \frac{dy/dt}{dx/dt} \quad (3)$$

Із врахуванням (2)

$$z(t) = \frac{cx(t)+d}{x(t)} - \frac{cx'(t)}{x'(x)} = \frac{d}{x(t)} \quad (4)$$

При відсутності “дрейфу нуля”, коли $d = 0$ непропорційність (y) дорівнює нулю незалежно від значення коефіцієнта підсилення C в (4)

Відносна непропорційність обчислюється по формулі

$$N(t) = @N_{x(t)}^{(1)}y(t) = 1 - \frac{x(t)y'(t)}{x'(t)y(t)} \quad (5)$$

У випадку пропорційного зв'язку (1) між $x(t)$ і $y(t)$, відносна непропорційність дорівнює нулю. Якщо зв'язок між ними описується виразом (2), то

$$N(t) = 1 - \frac{x(t)(cx'(t))}{x'(t)(cx(t)+d)} \quad (6)$$

Якщо відносна непропорційність $N(t) \neq 0$, це означає, що з'явилась непропорційність внаслідок дрейфу нуля, тобто $d \neq 0$.

Для розв'язання задачі в програмі моделюються вхідний і вихідний процеси на повному інтервалі часу і обчислюються непропорційність $Z(t)$, $N(t)$ для нормального стану підсилювача, а також при наявності “дрейфу нуля”.

3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Алгоритм розв'язування задачі

При описанні алгоритму використовується ідентифікатори, приведені в табл. 3.1

табл. 3.1

Значення	ідентифікатор	Пояснення
t_0, t, h	t_0, t, h	Початковий час, час, крок крок збільшення часу
$x(t), y(t)$	$xvhid[N] - y[N], N$	Масив значень вхідних та вихідних значень, кількість значень
d	d	"Дрейф нуля"
c	c	Коефіцієнт підсилення ППС
$N(t)$	$otn_nepr[N]$	Відносна непропорційність
$dx/dt, dy/dt$	$xvhid[N]_{proizv}[N], y_{pzzzv}[N]$	Похідні
	$f1()$	Функція для фіксації сигналу на вході

3.2 Блок схема програми

На рисунку 3.1 зображено блок схему головної функції.

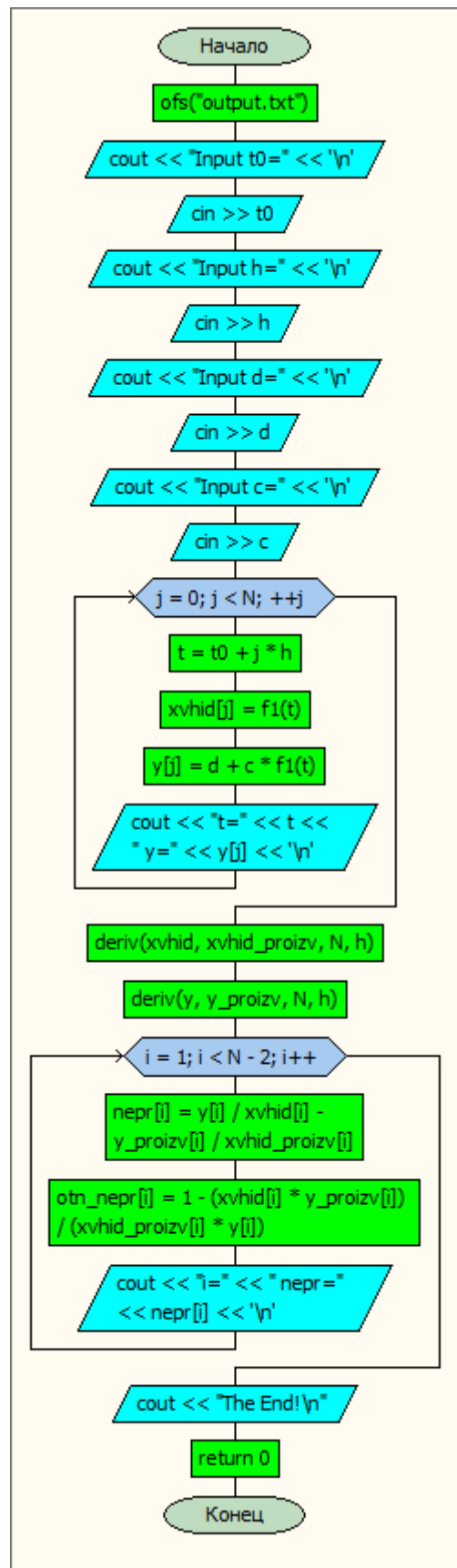


Рис 3.1 Блок- схема функції main()

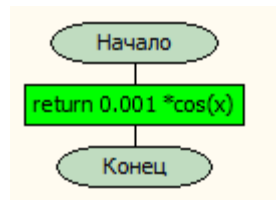


Рис 3.2 Блок-схема функції f1()

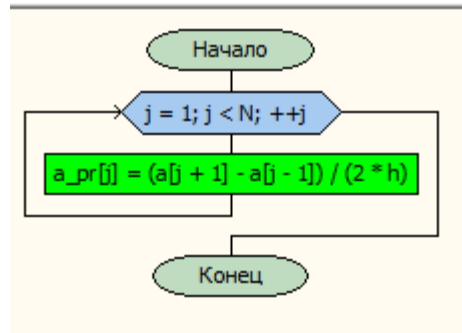


Рис 3.2 Блок-схема функції deriv()

3.3 Інструкція для користувача

Програма написана мовою C++, в середовищі Visual Studio 2019. Назва проекту shub. Вхідні данні вводяться із клавіатури. Результат виводиться в файл output.txt. Програма займає 8 кілобайт пам'яті на диску.

3.4 Контрольні приклади

Вхідні данні: $t_0 = 0,1$, $h = 0,1$, $C = 100$. Моделювання відбуватиметься для трьох значень “дрейфу нуля”: $d = -0,1$, $d = 0$, $d = 0,1$. На вхід підсилувача поступає сигнал $x(t) = 0,001 \cos(t)$.

Результати моделювання для значень дрейфу $-0,1$, відображені графічно на рис 3.1 та у вигляді таблиці (табл. 3.2).

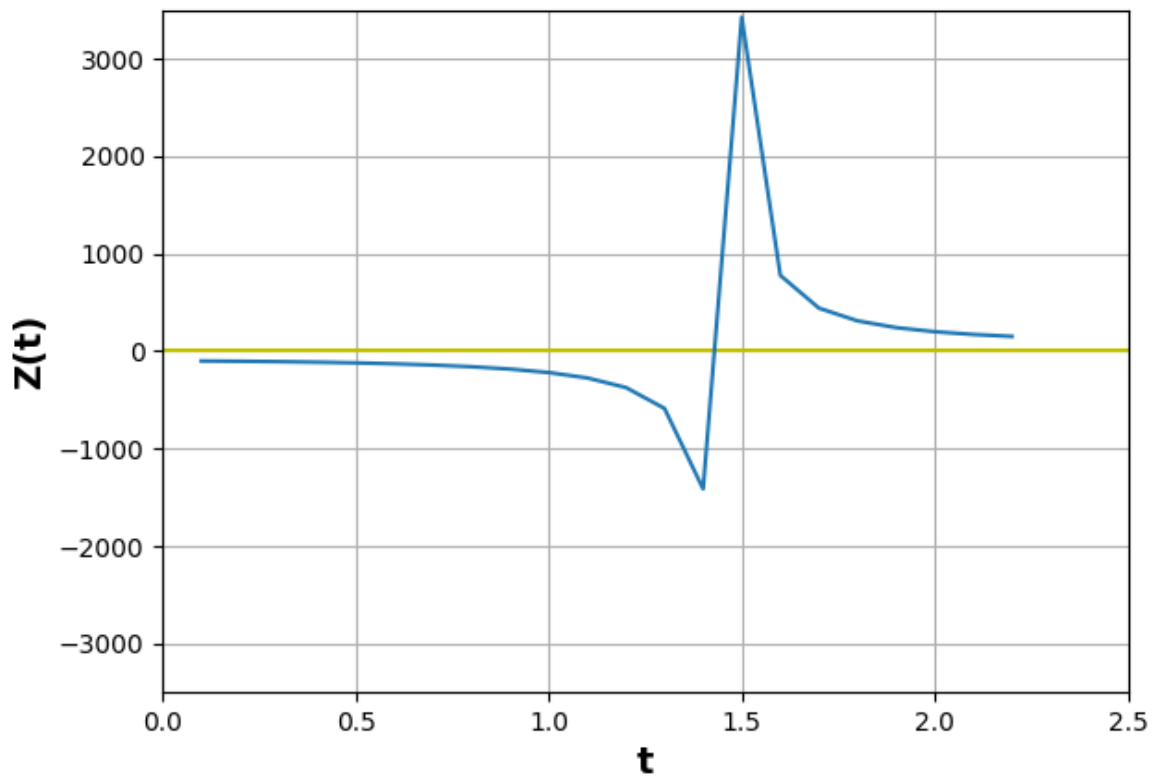


Рис 3.1 Графік непропорційності по похідній 1-го порядку, для дрейфу $d=-0.1$

Табл. 3.1 Результат програми, для дрейфу $d=-0.1$

t	Z(t)	N(t)
0.1	-102.034	50.167
0.2	-104.675	22.3896
0.3	-108.57	12.668
0.4	-113.949	8.16877
0.5	-121.163	5.72527
0.6	-130.746	4.25246
0.7	-143.532	3.29714
0.8	-160.873	2.64278
0.9	-185.082	2.17534
0.10	-220.46	1.83015
0.11	-275.97	1.56828
0.12	-373.833	1.36519
0.13	-588.349	1.20477
0.14	-1413.68	1.07612
0.15	3424.71	0.971629
0.16	776.129	0.885862
0.17	440.137	0.814862
0.18	309.32	0.755692
0.19	240.3	0.706141
0.20	198.08	0.66452
0.21	169.923	0.629524
0.22	150.088	0.600141

Результати моделювання для значень дрейфу 0 , відображені графічно на рис 3.2 та у вигляді таблиці (табл 3.3).

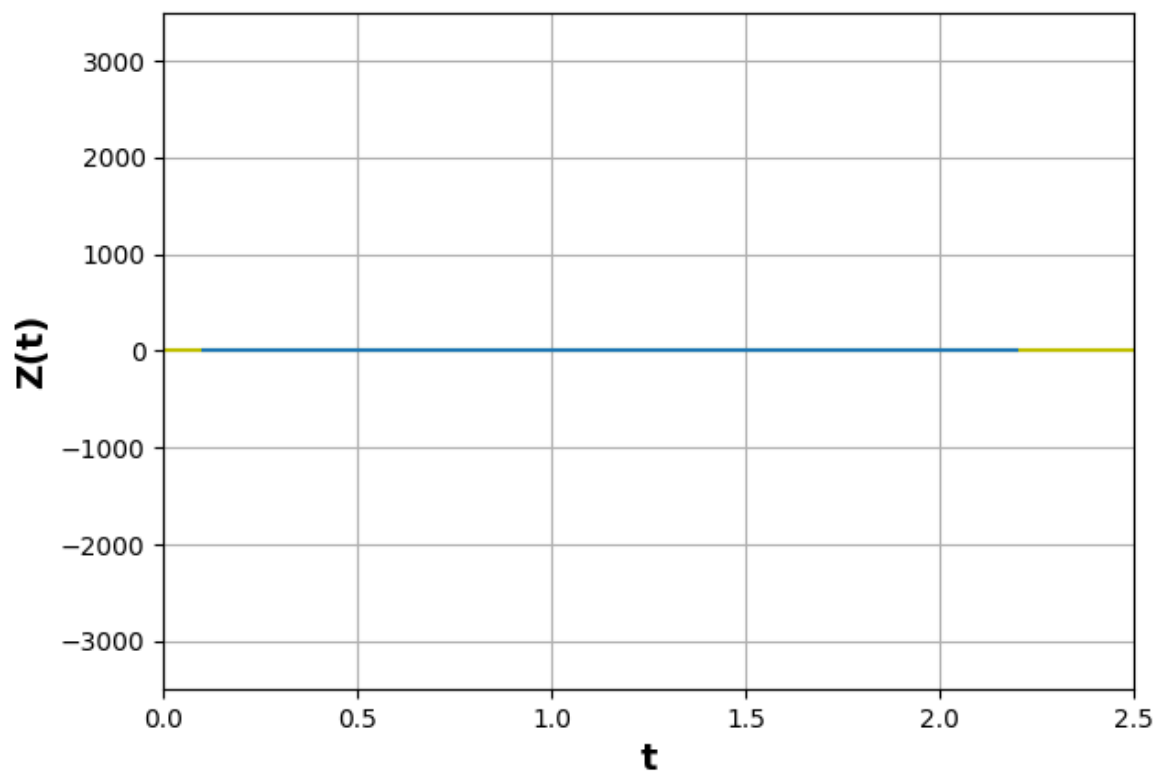


Рис 3.2 Графік непропорційності по похідній 1-го порядку, для дрейфу $d=0$

Табл 3.3 Результат програми, для дрейфу $d=0$

t	Z(t)	N(t)
0.1	1.42109e-14	0.0
0.2	2.84217e-14	1.11022e-16
0.3	5.68434e-14	5.55112e-16
0.4	9.9476e-14	9.99201e-16
0.5	5.68434e-14	5.55112e-16
0.6	2.84217e-14	1.11022e-16
0.7	-1.42109e-14	-2.22045e-16
0.8	-5.68434e-14	-4.44089e-16
0.9	1.42109e-14	1.11022e-16
0.10	0.0	2.22045e-16
0.11	-2.84217e-14	-4.44089e-16
0.12	2.84217e-14	2.22045e-16
0.13	1.42109e-14	2.22045e-16
0.14	0.0	-2.22045e-16
0.15	0.0	0.0
0.16	-1.42109e-14	-2.22045e-16
0.17	1.42109e-14	1.11022e-16
0.18	0.0	0.0
0.19	-2.84217e-14	-4.44089e-16
0.20	-1.42109e-14	-2.22045e-16
0.21	2.84217e-14	4.44089e-16
0.22	0.0	-2.22045e-16

Результати моделювання для значень дрейфу 0.1 , відображені графічно на рис 3.3 та у вигляді таблиці (табл 3.4).

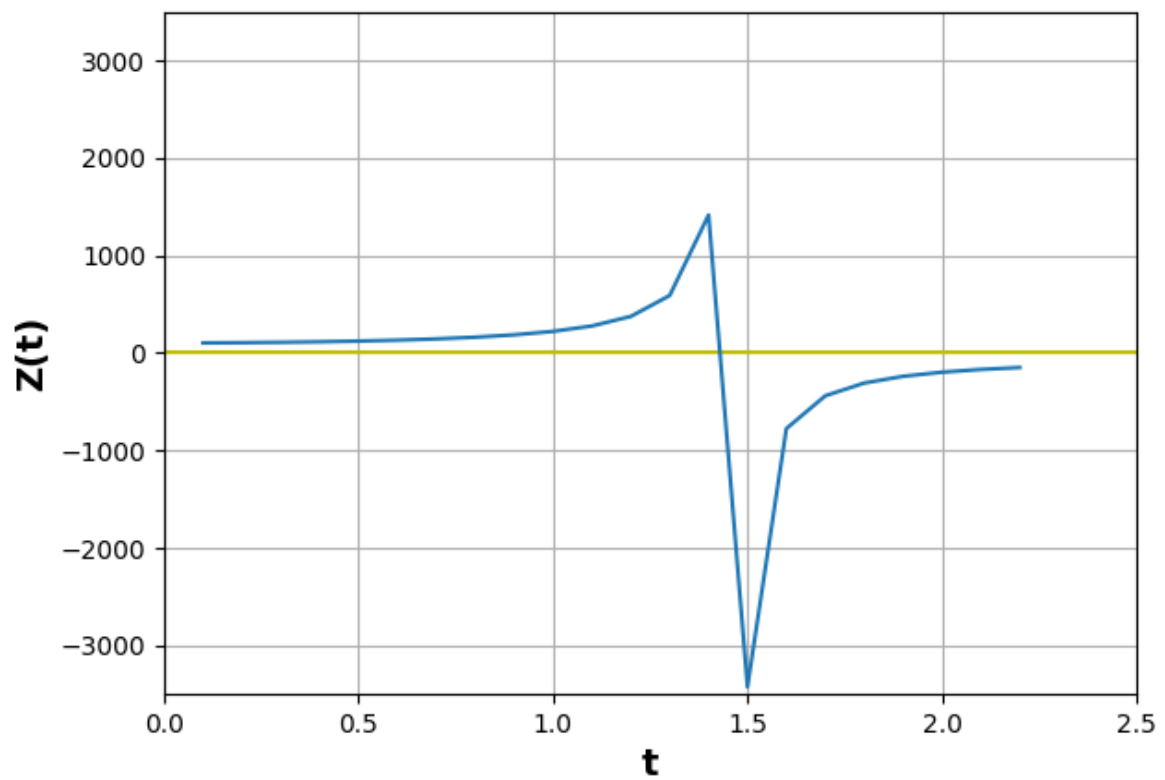


Рис 3.3 Графік непропорційності по похідній 1-го порядку, для дрейфу $d=0.1$

Табл 3.4 Результат програми, для дрейфу $d=0.1$

t	Z(t)	N(t)
0.1	102.034	0.505034
0.2	104.675	0.511421
0.3	108.57	0.520546
0.4	113.949	0.5326
0.5	121.163	0.547844
0.6	130.746	0.566623
0.7	143.532	0.589377
0.8	160.873	0.616671
0.9	185.082	0.649223
0.10	220.46	0.687949
0.11	275.97	0.734022
0.12	373.833	0.788955
0.13	588.349	0.854725
0.14	1413.68	0.933936
0.15	-3424.71	1.03008
0.16	-776.129	1.1479
0.17	-440.137	1.294
0.18	-309.32	1.47774
0.19	-240.3	1.71276
0.20	-198.08	2.01957
0.21	-169.923	2.43014
0.22	-150.088	2.99649

Аналіз отриманих результатів свідчить, що поява “дрейфу нуля” призводить до відхилення від нуля значень непропорційності $Z(t)$ і $N(t)$. Їхні значення дозволяють кількісно оцінити цей дрейф.[17]

ВИСНОВКИ

Розглянута проблема дрейфу нуля ППС та розроблено алгоритм і програму для оперативного контролю зміщення статичної характеристики підсилювача постійного струму.

Робота алгоритму і комп'ютерної програми перевірена на контрольних прикладах.

Комп'ютерна програма і алгоритм можуть знайти застосування при створенні автоматичних систем діагностування вузлів електричних пристроїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. www.100balov.com/data23/bib/Dijscijlinij/Elektron...stiiinogo_strymy.php
2. http://valvolodin.narod.ru/articles/Tcomp_0.pdf
3. https://studopedia.net/3_46697_ampIItudna-harakteristika-pIdsilyuvacha.html
4. <https://studfile.net/preview/8104762/>
5. <https://nadoest.com/pidsilyuvachi-postijnogo-strumu>
6. https://studref.com/432787/tehnika/odnotaktnye_pryamogo_usileniya
7. <http://electricalschool.info/electronica/2210-usiliteli-postoyannogo-toka-vidy-shemy.html>
8. <https://www.ruselectronic.com/electronic-amplifier/>
9. <http://elektronik.by>
10. Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. — 2000. — №16. — С. 12-20.
11. <http://um.co.ua/2/2-8/2-89781.html>
12. http://valvolodin.narod.ru/articles/Tcomp_0.pdf
13. https://stud.com.ua/28261/tovaroznnavstvo/negativniy_zvorotniy_zvyazok_pidsilyuvachah
14. http://zpostbox.ru/dc_bridge_circuits.html
15. <http://shaman-nismo.narod.ru/>
16. https://znaimo.com.ua/Visual_Studio
17. <https://metanit.com/cpp/tutorial/1.1.php>

ДОДАТОК

Файл Shub.cpp:

```

// shub.cpp : This file contains the 'main' function. Program
// execution begins and ends there.
//

#include <iostream>
#include<fstream>
#include<math.h>
#define N 25
using namespace std;
void deriv(double a[], double a_pr[], int k, double h)
{
    for (int j = 1; j < N; ++j)
    {
        a_pr[j] = (a[j + 1] - a[j - 1]) / (2 * h);
    }
}
double f1(double x)
{
    return 0.001*cos(x);
}

int main()
{
    double t, t0, h, xvhid[N], y[N];
    double xvhid_proizv[N], y_proizv[N], nepr[N],
otn_nepr[N];
    double d, c;
    ofstream ofs("output.txt");
    cout << "Input t0=" << '\n';
    cin >> t0;
    cout << "Input h=" << '\n';
    cin >> h;
    cout << "Input d=" << '\n';
    cin >> d;
    cout << "Input c=" << '\n';
    cin >> c;
    for (int j = 0; j < N; ++j)
    {
        t = t0 + j * h;
        xvhid[j] = f1(t);
        y[j] = d + c * f1(t);
        cout << "t=" << t << " y=" << y[j] << '\n';
        // ofs<< "t=" << t << " y=" << y[j] << '\n';
    }
    deriv(xvhid, xvhid_proizv, N, h);
    deriv(y, y_proizv, N, h);
    for (int i = 1; i < N - 2; i++)

```

```
{
    nepr[i] = y[i] / xvhid[i] - y_proizv[i] /
xvhid_proizv[i];
    otn_nepr[i] = 1 - (xvhid[i] * y_proizv[i]) /
(xvhid_proizv[i]*y[i]);
    cout << "i=" << " nepr=" << nepr[i] << '\n';
    ofs << "d="<<d<<" i=" << i << " xvhid=" << xvhid[i]
<< " y=" << y[i] << " nepr=" <<nepr[i]<<"
otn_nepr="<<otn_nepr[i] <<'\n';
}

    cout << "The End!\n";

    return 0;
}
```