Міністерство освіти і науки України

Вінницькій національний технічний університет

Інститут автоматики, електроніки та комп’ютерних систем управління

Факультет автоматики та комп’ютерних систем управління

Кафедра метрології та промислової автоматики

**Проектування перетворювача струму в напругу**

Пояснювальна записка до курсового проекту

з дисципліни ”Основи електроніки”

зі спеціальності 6.091302

“Метрологія та вимірювальна техніка”

08-03.КП.005.00.000 ПЗ

Керівник курсового проекту

к.т.н., доцент Дрючин О.О.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(підпис, прізвище та ініціали)*

Розробив студент гр. 1АМ-06

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Олексин А.О.

*(підпис, прізвище та ініціали)*

”\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2009 р.

Вінниця ВНТУ 2009

**Зміст**

Вступ

1. Розробка технічного завдання

2. Розробка структурної схеми

2.1 Аналіз існуючи методів вимірювання струму

2.2 Розробка структурної схеми перетворювача

2.3 Попередній розрахунок первинного перетворювача

2.4 Попередній розрахунок підсилювача потужності

2.5 Попередній розрахунок підсилювача напруги

2.6 Розробка детальної структури схеми

3. Електричні розрахунки

3.1 Електричний розрахунок підсилювача потужності

3.2 Електричний розрахунок підсилювача напруги

4 Моделювання одного з вузлів

Висновки

Список літератури

Додаток A (обов’язковий) Схема електрична принципова

Додаток Б (обов’язковий) Перелік елементів

**Вступ**

Електроніка – основний курс в системі підготовки сучасного інженера в області радіотехніки і радіоелектроніки. ЇЇ ціллю є вивчення фундаментальних закономірностей, зв’язаних з отриманням сигналу, їх передачею по каналам зв’язку, обробкою і перетворенням в радіоелектричних колах. Електроніка надає студентам значний обсяг понять і термінів, глибоке розуміння і вивчення яких необхідне для подальшої роботи.

Задача курсу – навчити студентів вибирати математичний апарат, що доцільний для розв’язку задачі, показати як працює той чи інший апарат при вирішенні конкретної задачі в області радіотехніки. Не менш важливо показати студентам тісний зв’язок математичного опису з фізичного боку явища що розглядається. Сьогодні електроніка надзвичайно швидко розвивається як в навчальному так і в технічному плані. З’являються нові напрямки які використовують нові навчальні ідеї і методи.

Останні десятиліття обумовлені широким впровадженням у галузі народного господарства засобів мікроелектроніки й обчислювальної техніки, обмін інформацією з якими забезпечується лінійними аналоговими і цифровими перетворювачами (АЦП і ЦАП). ХХ століття можна сміло вважати століттям високих технологій. Найяскравіший приклад високих технологій ХХ століття – напівпровідникова електроніка, на базі якої й створюються інтегральні схеми. Дуже знаменно, що в останній рік минулого сторіччя Нобелевським лауреатом в області фізики став американський учений Дж. Кілбі – один із творців першої інтегральної мікросхеми (вересень 1958 р.) Необхідно відзначити, що транзистор був винайдений десятьма роками раніше (1947 р.). Перша інтегральна схема складалася всього з одного германієвого транзистора, трьох резисторів і конденсатора.

Сучасний етап характеризується великими та дуже великими інтегральними схемами ЦАП і АЦП, що володіють високими експлуатаційними параметрами: швидкодією, малими похибками, багатозарядністю. Включення БІС єдиним, функціонально закінченим блоком сильно спростило впровадження їх у прилади та установки, що використовуються як у наукових дослідженнях, так і в промисловості і дало можливість швидкого обміну інформацією між аналоговими та цифровими пристроями.

**1. Розробка технічного завдання**

Метою курсового проекту є розрахунок та визначення технічних параметрів схеми перетворювача струм-напруга. Заданий діапазон струмів складає від 0.1 мА до 1000 мА, значення максимальної вихідної напруги дорівнює 20 В, значення опору навантаження складає 15 Ом. Необхідно розрахувати значення кожного з елементів схеми перетворювача струм-напруга та згідно розрахункам вибрати необхідний операційний підсилювач, транзистори та діоди.

При проектуванні перетворювачів струму варто звертати увагу на екранування проводів, вибір ізоляції, усунення поверхневого опору ізоляції і вибір частоти живлення. Чим вище ця частота, тим менше вихідний опір, тому нерідко частоту живлення вибирають велику (до декількох МГц).

Перетворювачі струм-напруга призначені для роботи з джерелами струму. Ідеальне джерело струму має нескінченний вхідний опір, а його вхідний струм не залежить від опору навантаження. Прикладом таких джерел можуть слугувати фотоелементи: фотодіоди, фототранзистори. Їх вихідний опір дуже великий (хоча і має кінцеве значення), тому чин менший опір навантаження, тим в більшій степені вони працюють як джерела струму. Використання фотоелементів в режимі джерела струму покращує лінійність світлової характеристики, і забезпечує більш високу швидкодію, підвищуючи стабільність параметрів під час її експлуатації.

З функцією перетворення струму в напругу успішно виконує інвертуючий підсилювач, у якого опір вхідного резистора дорівнює нулеві.

При промисловому застосуванні визначальним фактором є погрішність, що при регулюванні процесів повинна складати < 1%, а для задач контролю - 2...3%. Прилад повинний відтворювати вимірювані величини з погрішностями, що допускаються, а саме одержання на виході приладу величин, пропорційних вхідним величинам; формування заданих функцій від вхідних величин (квадратична і логарифмічна шкали й ін.); формування на виході.

Вимірювальний сигнал, одержуваний від контрольованого об'єкта, передається у вимірювальний прилад у виді імпульсу або у виді енергії. Можна говорити про сигнали: первинних - безпосередньо характеризують контрольований процес; сприйманих чуттєвим елементом приладу; поданих у вимірювальну схему, і т.д. При передачі інформації від контрольованого об'єкта до покажчика приладу сигнали перетерплюють ряд змін.

Та частина приладу, у якій первинний сигнал перетвориться, наприклад, в електричний, називається первинним перетворювачем. Часто цей перетворювач сполучається з чуттєвим елементом. Сигнали з виходу первинного перетворювача надходять на наступні перетворювачі вимірювального приладу.

Основним недоліком цих схем є залежність значення вихідної величини від параметрів джерела живлення датчика, підсилювача й інших елементів схеми, а також від зовнішніх умов. Справді, варто змінитися напрузі чи частоті генератора, що живить датчик, як напруга, частота і фаза, що є вихідними величинами і, що знімаються з опору R, також зміняться.

Згідно ДСТУ 2681-94 „Метрологія. Терміни та визначення” та ДСТУ 2682-94 „ Метрологія. Метрологічне забезпечення ” даний розроблений перетворювач струм - напруга відноситься до первинних вимірювальних перетворювачів.

**2. Розробка структурної схеми**

**2.1 Аналіз існуючих методів вимірювання струму**

Струм - явище спрямованого руху носіїв електричних зарядів (струм вільних зарядів) та зміну електричного поля в часі (струм заміщення). Обидва ці явища супроводжуються появою магнітного поля. Додатнім напрямом електричного струму прийнято вважати напрям руху носіїв позитивних зарядів.

Електричний струм визначається кількістю заряду, що проходить крізь поверхню за одиницю часу, тобто:

I=dq/dt. (1)

Одиниця сили струму є Ампер і є однією з основних одиниць системи CІ:

[і] - [q]/[t] = 1К/с = 1А. (2)

Похідні одиниці - це 1 міліампер (1 мА = 10-3А); 1 мікроампер (1 мкА =10-6А); 1 кілоампер (1 кА = 103А).

Для кіл постійного струму можна визначити значення енергії за час t:

W = UIt. (3)

За наявності струму та опору в колі за законом Ома можна визначити напругу для ділянки кола:

U = IR. (4)

Для кіл постійного струму потужність можна отримати так:

P = IU. (5)

У якості перетворювача струму у напругу використаємо схему з інвертуючим підсилювачем, у якого опір вхідного резистора приблизно дорівнює нулю (рисунок 1).



Рисунок 1 - Схема з інвертуючим підсилювачем

При такому включенні вхідний опір схеми має дуже малу величину і

визначається виразом:

(6)



Вихідна напруга перетворювача струм-напруга пропорційна вхідному струму І (струм джерела), помноженого на опір резистора зворотнього зв’язку Rз.з.:

Uвих = ІRз.з. (7)

Для підвищення роздільної здатності перетворювача струм-напруга необхідно, щоб сигнальний струм перевищував значення вхідного струму операційного підсилювача. Тому при вимірюванні малих струмів варто використовувати операційні підсилювачі з найменшими вхідними струмами, підсилювачі з польовими транзисторами на вході (рисунок 2).

Ця схема також доцільна у використанні якщо немає операційного підсилювача з малими вхідними струмами.

Резистор R2 потрібен для балансування вихідної напруги. Конденсатор С3 призначений для зменшення вихідної шумової напруги.

Для сучасних операційних підсилювачів, що мають коефіцієнт підсилення А порядку декількох десятків тисяч вхідний опір перетворювача струм-напруга складає лише декілька Ом.



Рисунок 2 – Перетворювач струму в напругу з вхідним каскадом на польових транзисторах

Похибка перетворювача струм-напруга значною мірою визначається параметрами самого операційного підсилювача. Вона зумовлена напругою зміщення, вхідним струмом та їх дрейфами.

**2.2 Розробка структурної схеми перетворювача**

На рисунку 3 представлена структурна схема перетворювача



Рисунок 3 - Структурна схема перетворювача

ПП – первинний перетворювач, призначений для перетворення струму у напругу за допомогою схеми з інвертуючим підсилювачем, у якого опір схеми має дуже малу величину.

ПН – підсилювач напруги, призначений для підсилення величини вихідного сигналу по напрузі до заданого в умові. Можна використати підсилювач на БТ.

ПП – підсилювач потужності, використовується для забезпечення потужності на навантаженні.

Використаємо емітерний повторювач зображений на рисунок 4.



Рисунок 4 - Емітерний повторювач

**2.3 Попередній розрахунок первинного перетворювача**

Інвертуючий підсилювач (див.рисунок 1) перетворює вхідний сигнал, що надходить на інвертуючий вхід ОП, так, що вихідний сигнал має фазу, протилежну фазі вхідного сигналу. При інвертую чому вмиканні вхідний сигнал подається на інвертуючий вхід, а прямий вхід з’єднується з нульовим потенціалом.

Івх = Uвх/R1; I0 = Uвих/R0 .(8)

Так як Rвх+=Rвх-= ∞; Івх = -I0→ Uвх/R1 = - Uвих/R0. (9)

Знайдемо вихідну напругу перетворювача струм-напруга:

Uвих = ІRз.з. (10)

Так як Rз.з.= Rвх · (І + 1) = 15 · (10-3 + 1) = 15.015 (Ом);

Uвих = 10-3 · 15.015 = 15.015 · 10-3 В.

Коефіцієнт підсилення К = 15 / 15.015·10-3 = 1100.

Інвертуючий підсилювач виконано на основі ОП, саме тому необхідно провести вибір ОП. Таким чином для операційного підсилювача:

, (11)



,



.



Виберемо ОП К140Д1Б.

Основні параметри:

нА- вхідний струм;



В - максимальна вихідна напруга;



МГц- гранична частота.



Діапазон робочих температур дорівнює (30-60)С.



**2.4 Попередній розрахунок підсилювача потужності**

В якості підсилювача потужності використаємо підсилювальний каскад такий, як комплементарний емітерний повторювач (див.рисунок 4).

Розрахуємо потужність на виході даного каскаду.

Початкові дані:

20В, Rн = 15 Ом



Іmax =, (12)



Іmax = .



Розрахуємо максимальну вихідну потужність:

Рmax=Umax · Imax; (13)

Рmax = 20 · 1.3 = 26 (Вт).

Оскільки використовуємо комплементарне включення то потужність на виході одного транзистора зменшується у двічі. Таким чином для транзистора:

Рmax=Umax Imax/ 2, (14)

Рmax = 13 (Вт).

За даними оберемо транзистор KT816А типу PNP, та КТ817А типу NPN.

Основні параметри транзистора KT816А типу PNP наведені в таблиці 1

Таблиця 1 – Параметри транзистора KT816А

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Pкmax,Вт | Ікmax, A | Uкеmax, B | h21e  min/max | fгр, МГц | T |
| КТ816A | 25 | 3 | 40 | 25 | 3 | -60..125 |

Основні параметри транзистора KT817A наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри транзистора KT817A

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Pкmax,Вт | Ікmax, A | Uкеmax, B | h21e  min/max | fгр, МГц | Uеб0max, В |
| КТ817A | 25 | 3 | 40 | 25 | 3 | -60..125 |

**2.5 Попередній розрахунок підсилювача напруги**

У якості підсилювача напруги використаємо підсилювальний каскад за схемою зі спільним емітером на основі біполярного транзистора.

Розрахуємо коефіцієнт підсилення за напругою:

(15)



Оскільки частота вихідного сигналу 10 МГц, то гранична частота транзистора .



Оскільки підсилення виконує ПП по потужності, то максимальна потужність що розсіюється на колекторі транзистора не повинна бути меншою за Рк

Оскільки Кпр=25

то Рвх= ; (16)



Рвх=



Ікмах =



За розрахованими параметрами підберемо транзистор типу КТ830А з параметрами:

= 30 В,



= 2 А,



= 5 Вт.



**2.6 Розробка детальної структурної схеми**

Детальна структурна схема перетворювача наведена на рисунку 5.



Рисунок 5 – Детальна структурна схема

ПП – первинний перетворювач, призначений для перетворення струму у напругу. Схема віднімання основана на ОП К140Д1Б. Межі вихідної напруги 0...5,7В.

ПП – підсилювач потужності, використовується для забезпечення потужності на навантаженні. Оснований на БТ КТ816А і КТ817А.

ПН – підсилювач напруги, призначений для підсилення величини вихідного сигналу по напрузі до 20В. Таким чином на виході даного каскаду отримуємо напругу 0...20В. Оснований на транзисторі КТ830А

Закінчивши попередню розробку структурної схеми, маємо схему, розбиту на декілька каскадів, внаслідок чого, для кожного з каскадів зроб-лений попередній розрахунок. Тобто визначені динамічні діапазони, коефі-цієнти підсилення, максимальні значення струмів, напруг, потужностей, вибрані згідно розрахункам операційні підсилювачі, транзистори.

Принцип роботи перетворювача заключається у наступному. Генератор імпульсів виробляє сигнал, що подається на вхід ОП, після його перетворення він потрапляє на каскад підсилення потужності, а згодом і в каскад підсилення напруги. Так як з ОП напруга виходить досить малою то виникає необхідність її підсилення по напрузі та стабілізації та підсилення по потужності, саме тому у схемі і використовуємо підсилювачі напруги та потужності що побудовані на транзисторах.

**3. Електричні розрахунки**

**3.1 Електричний розрахунок підсилювача потужності**

Електричний розрахунок виконуємо за допомогою електричної принципової схеми , яка зображена на рисунку 6.



Рисунок 6 – Схема електрична принципова підсилювача потужності (ПП)

Вхідні дані:

Транзистори КТ816А і КТ817А:

= 25 Вт,



= 3 А,



= 25 В,



Uмах = 20 В,

Рвх= 3,7 Вт,

Рвих= 13 Вт.

Оберемо напругу живлення



Задаємося .



З вихідних характеристик транзисторів:

, при .



З вхідних характеристик:

при та .



Задамося ,



,



тому ,



.



Проведемо розрахунок опорів вхідного подільника R7 R8

(17) (18)



Розрахуємо вхідний опір цього каскаду:

(19)



Ом – додатковий опір.



**3.2 Електричний розрахунок підсилювача напруги**

На рисунку 7 зображена схема електрична принципова підсилювача напруги (ПН).



Рисунок 7 - Схема електрична принципова підсилювача напруги (ПН)

Вхідні дані:

Транзистор КТ830А:

= 30 В,



= 2 А,



= 5 Вт.



Оберемо напругу живлення

.



Задаємося .



Обираємо з вихідної характеристики транзистора:

при .



З вхідних характеристик:

при .



Задамося .



Розрахуємо R10 :

(20)



Розрахуємо R11 :

.



(21)



тому .



.



Проведемо розрахунок опорів вхідного подільника R12 R13 .

(22)



(23)



Розрахуємо вхідний опір цього каскаду:

(24)



Проведемо розрахунок конденсаторів.

- блокувальний конденсатор.



; (25)



; (26)



(27)



**4. Моделювання одного з вузлів**

Проведемо моделювання одного з вузлів перетворювача з метою впевнитись у його працездатності. Проведемо моделювання підсилювача напруги (рисунок 8). Підставимо всі обрані вище номінали. На вхід підсилювача подаємо імпульси прямокутної форми (рисунок 9) . Напруга вхідного сигналу складає 5 В.

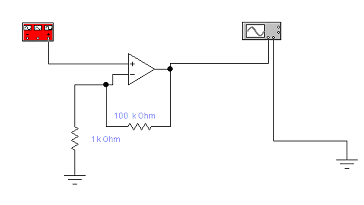


Рисунок 8 – Підсилювач напруги

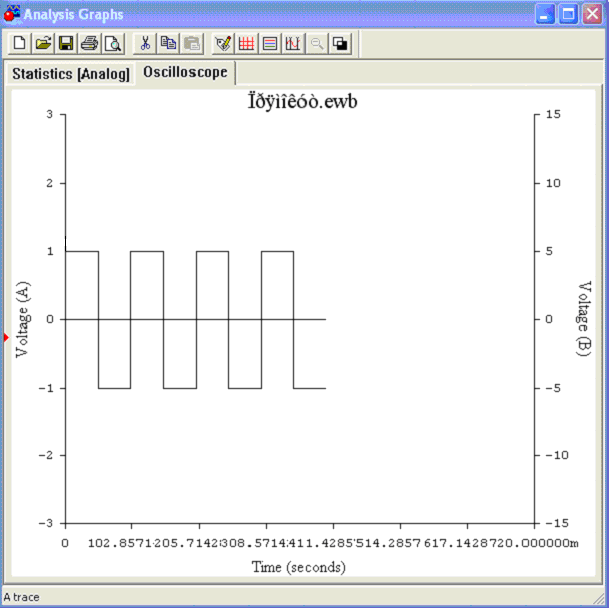


Рисунок 9 – Амплітуда вихідної напруги при І = 1 А

**Висновки**

В даному курсовому проекті розроблено перетворювач струму в межах від 0,1 до 1000 мА у напругу до 20 В.

Проведено аналіз існуючи методів вимірювання струму.

Розроблено структурну схему перетворювача та попередній розрахунок первинного перетворювача і підсилювача потужності.

Розроблено схему електричну принципову перетворювача струм-напруга. Виконані необхідні електричні розрахунки

Виконано моделювання одного з вузлів перетворювача.

**Література**

1. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы.- М.: Радио и связь., 1987.-352 с.

2. Справочник по цифровой схемотехнике / В.И.Зубчук, В.П.Сигорский, А.Н.Шкуро – К.: Техніка, 1990. – 448 с.

3. Резисторы (справочник) // Под ред. И.И.Четверткова. - М: Энергоиздат, 1981. - 182 с.

4. Достал И. Операционные усилители. - М.: Мир, 1982. - 210 с.

5. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – M.: Радио и связь, 1986. - 512 с.

6. Зевеке Г.В., Ионкин П.А, Нетрушин А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей: Учебник для вузов. – M.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с.

7. Малинівський С.М. Загальна електротехніка: Підручник. – Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2003. - 640 с.

**Додаток A (обов’язковий) Схема електрична принципова**



**Додаток Б (обов’язковий) Перелік елементів**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поз. познач. | Найменування | Кіл. |
|  | Конденсатори |  |
| C1 | КМ6M47 – 1000пФ ±20 % | 1 |
| С2 | КМ6M47 – 220пФ ±20 % | 1 |
| C3 | К21-7-2мкФ, ±10% | 1 |
|  | Операційні підсилювачі |  |
| DA1,DA2 | К547УД1 | 2 |
| DA3 | К547УД2Б | 1 |
|  | Резистори |  |
| R1,R2 | С2-23 – 0,125 – 15 Ом 1 % . | 2 |
| R3 | С2-23 – 0,125 – 680 Ом 1 % | 1 |
| R4,R5 | С2-23 – 0,125 – 18 Ом 1 % | 2 |
| R6 | С2-23 – 0,125 – 9 Ом 1 % | 1 |
| R7 | С2-23 – 0,125 – 90 Ом 1 % | 1 |
| R8 | С2-23 – 0,125 – 2 кОм 1 % | 1 |
| R9 | С2-23 – 0,125 – 340 Ом 1 % | 1 |
| R10 | С2-23 – 0,125 – 500 Ом 1 % | 1 |
| R11 | С2-23 – 0,125 – 80 Ом 1 % | 1 |
|  | Транзистори |  |
| VT1 | КТ3107А | 1 |
| VT2 | 2Т818Б | 1 |
| VT3 | 2Т817Б | 1 |
|  |  |  |
| XS1 | Роз’єм | 1 |
| XS2 | Роз’єм | 1 |