

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Сєвєродонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
(повне найменування факультету)

Кафедра Електронних апаратів
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 171 – Електроніка
(шифр і назва спеціальності)

на тему Підвищення ефективності аналого-цифрового перетворення в
цифрових системах керування

Виконав: студент групи Ел-20дм

Зарубін К.В.
(прізвище, та ініціали) _____ (підпис)

Керівник Паєранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Завідувач кафедри Паєранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____ (підпис)
(прізвище та ініціали)

Сєвєродонецьк - 2021

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Сєвєродонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Електронних апаратів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність 171 – Електроніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕА

Ю.Е. Паєранд

“ ” 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зарубіна Костянтина Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування

керівник проекту (роботи) Паєранд Юрій Едуардович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22” 10.2021 року №160/15.14

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналіз цифрових систем керування

2) Розробка моделі цифрової системи керування перетворювачем із нелінійним навантаженням

3) Дослідження впливу параметрів різних типів аналого-цифрових перетворювачів на якісні показники цифрової системи керування

4) Розробка засобів підвищення ефективності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування

5) Охорона праці

6) Цивільний захист

5. Дата видачі завдання 01.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальний розгляд питань і завдань	01.09.21 - 10.09.21	
2	Аналіз цифрових систем керування	11.09.21 - 30.09.21	
3	Розробка моделі цифрової системи керування перетворювачем із нелінійним навантаженням	01.10.21 - 19.10.21	
4	Дослідження впливу параметрів різних типів аналого-цифрових перетворювачів на якісні показники цифрової системи керування	20.10.21 - 04.11.21	
5	Розробка засобів підвищення ефективності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування	05.11.21 - 19.11.21	
6	Охорона праці	20.11.21 - 30.11.21	
7	Цивільний захист	01.12.21 - 08.12.21	
8	Оформлення пояснювальної записки	08.12.21 - 14.12.21	
9	Передача роботи на перевірку та рецензування	15.12.21 - 19.12.21	

Студент Зарубін К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Паєранд Ю.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 122 сторінки, 76 рисунків, 5 таблиць.

Об'єкт дослідження: цифрова система керування перетворювачами з нелінійним навантаженням.

Предмет дослідження: методи та схемотехнічні засоби підвищення швидкодії аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування

Мета роботи: зниження часової складності аналого-цифрового перетворення при зберіганні якісних показників в замкнених системах керування.

Задачі роботи:

1. Дослідження структур цифрових систем керування і методів підвищення їхньої ефективності і точності.
2. Розробка моделі цифрової системи керування перетворювачем з урахуванням нелінійності навантаження.
3. Дослідження впливу характеристик аналого-цифрових перетворювачів на якість роботи системи регулювання.
4. Формування рекомендацій для вибору параметрів аналого-цифрових перетворювачів для застосування у цифрових системах керування.
5. Охорона праці.
6. Цивільний захист.

ЦИФРОВА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, АНАЛОГО-ЦИФРОВЕ
ПЕРЕТВОРЮВАННЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ, НЕЛІНІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
Розділ 1. Аналіз цифрових систем керування.....	12
1.1 Актуальність застосування цифрових систем керування.....	12
1.2 Узагальнена структура цифрових систем керування.....	13
1.3 Галузі застосування цифрових систем керування.....	15
1.4 Класифікація помилок.....	15
1.5 Теоретична оцінка трансформованої помилки.....	18
1.6 Аналіз джерел трансформованої помилки.....	20
1.7 Аналіз методів та засобів підвищення достовірності реєстрації аналогових сигналів і оцінки трансформованої помилки	23
1.8 Висновки до розділу 1.....	26
Розділ 2. Розробка моделі цифрової системи керування перетворювачем із нелінійним навантаженням.....	27
2.1 Основні положення і вибір інструментальних засобів синтезу....	27
2.2 Структурна реалізація цифрової системи керування перетворювачем	28
2.3 Модель аналого-цифрового перетворювача.....	30
2.3.1 Параметри аналого-цифрових перетворювачів	30
2.3.2 Розробка моделі аналого-цифрового перетворювача у середовищі MatLAB	32
2.4. Розробка моделі цифрового ПД-регулятора	36
2.4.1. Визначення параметрів ПД-регулятора.....	36
2.4.2. Синтез моделі цифрового ПД-регулятора в середовищі MatLAB	37
2.5. Модель об'єкту керування	39
2.5.1 Модель перетворювача	39
2.5.2 Розробка моделі навантаження	40

2.6 Реалізація моделі цифрової системи керування перетворювачем з нелінійним навантаженням в середовищі MatLAB	42
2.7 Висновки розділу 2	43
Розділ 3. Дослідження впливу параметрів різних типів аналого-цифрових перетворювачів на якісні показники цифрової системи керування	44
3.1 Дослідження впливу розрядності АЦП на якість регулювання ЦСК.	43
3.2 Дослідження впливу частоти дискретизації АЦП на якість регулювання ЦСК.....	48
3.3 Дослідження впливу диференційної нелінійності АЦП на якість регулювання ЦСК.....	64
3.4 Дослідження впливу конвеєрної структури АЦП на якість регулювання ЦСК	73
3.5 Висновки до розділу 3	77
Розділ 4. Розробка засобів підвищення ефективності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування	78
4.1 Розробка рекомендацій визначення раціональних значень частоти дискретизації і розрядності аналого-цифрового перетворення.....	78
4.2 Метод зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворювачів.	80
4.3 Висновки до розділу 4	86
Розділ 5. Охорона праці.....	88
5.1 Умови експлуатації	88
5.2 Заходи щодо забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в атмосфері робочої зони	89
5.3 Заходи щодо охорони праці	90
5.3.1 Розрахунок захисного заземлення приладу	92
5.3.2 Заходи щодо забезпечення нормованого рівня освітленості робочої зони	97

5.3.3 Світлотехнічний розрахунок методом коефіцієнтів світлового потоку.....	98
5.4 Заходи щодо електробезпеки	102
5.5 Заходи щодо пожежобезпеки.....	104
5.6 Висновки до розділу 5.....	105
Розділ 6 Цивільний захист.....	106
6.1 Прогнозування можливих НС на території об'єкта.....	106
6.2 Методи забезпечення захисту населення в НС	108
6.2.1 Інженерні методи захисту	108
6.2.2 Методи індивідуального захисту.....	109
6.3 Організація медичної допомоги на об'єкті	110
6.4 Пожежна та електробезпека.....	112
6.5 Евакуація співробітників при надзвичайних ситуаціях	114
6.6 Висновки до розділу 6.....	116
Висновки	118
Перелік посилань	120

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні системи керування перетворювачами є переважно цифровими. Однією з найважливіших складових частин цифрової системи керування (ЦСК) є підсистема вводу інформації, яка відповідає за введення інформації про стан вхідних сигналів. Основною вимогою до цієї підсистеми є забезпечення необхідної точності отримання інформації. Існує низка факторів, що впливають на точність введення інформації, одним з найістотніших є залежність від методів визначення вхідних впливів, що використовуються в ЦСК. З цієї причини розробка та удосконалення цих методів є одним з найважливіших питань. Роботи в цьому напрямку проводяться вже значний період, але їх актуальність зростає, особливо, останнім часом в зв'язку з розширенням сфери використання ЦСК та підвищенням вимог до них, а також значним ускладненням таких систем і появою якісно нової бази для побудови ЦСК. В цих умовах методи, що використовувалися до цього часу, вже не є достатньо актуальними і потребують удосконалення. Крім цього є актуальним розробка нових, більш ефективних, методів отримання вхідної інформації в сучасних ЦСК.

Використання аналітичних методів для аналізу параметрів ЦСК обмежене у зв'язку з великою складністю алгоритмів, які реалізуються за їхньою допомогою. Тому моделювання ЦСК з використанням спеціалізованих середовищ моделювання стає обов'язковим етапом розробки ЦСК, а це викликає необхідність в розробленні моделей ЦСК та вимог до таких моделей.

Мета і задачі роботи. Зниження часової складності аналого-цифрового перетворення при зберіганні якісних показників в замкнених системах керування.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Дослідження структур цифрових систем керування і методів підвищення їхньої ефективності і точності.

2. Розробка моделі цифрової системи керування перетворювачем з урахуванням нелінійності навантаження .

3. Дослідження впливу характеристик аналого-цифрових перетворювачів на якість роботи системи регулювання.

4. Формування рекомендацій для вибору параметрів аналого-цифрових перетворювачів для застосування у цифрових системах керування.

Об'єктом дослідження є цифрова система керування перетворювачами з нелінійним навантаженням.

Предметом дослідження є методи та схемотехнічні засоби підвищення швидкодії аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування

Методи дослідження. Основними методами дослідження, що використовуються в роботі є комп'ютерне моделювання з використанням блочно-орієнтованого підходу і аналітичне дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі були отримані наукові результати:

1. Розроблена модель цифрової системи керування, яка дозволяє врахувати вплив нелінійності навантаження перетворювача.

2. Запропонований метод зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворення за рахунок паралельного включення аналого-цифрових перетворювачів.

3. Розроблені рекомендації стосовно визначення раціональних значень частоти дискретизації та розрядності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в зниженні часової складності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування.

Особистий внесок здобувача полягає у дослідженні шляхів зниження часової складності аналого-цифрового перетворення, розробці моделі цифрової системи керування з урахуванням нелінійності навантаження, розробці методу зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворення та рекомендацій

щодо визначення раціональних значень частоти дискретизації та розрядності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування.

Апробація результатів роботи. Результати роботи пройшли апробацію на XI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Електроніка та телекомунікації»

Публікації. За результатами роботи опубліковано тези доповіді одну друковану працю «Реалізація моделі цифрової системи керування перетворювачем з нелінійним навантаженням в середовищі MATLAB» (Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції, 25-26 листопада 2021 р., м. Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2021, с.68-70).

Структура роботи. Робота складається зі вступу, шістьох розділів, висновків, переліку посилань (28 пунктів). Обсяг складає 122 сторінки, 76 рисунків і 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

1.1 Актуальність застосування цифрових систем керування

В еволюційному плані першими системами керування слід вважати системи, в яких у якості керуючої ланки виступала людина. Недоліки подібних систем очевидні: людині властиво робити помилки, і кількість допущених помилок зростає у зв'язку з утомою людини. Механічні регулятори частково вирішували проблему, але побудова подібних регуляторів для складних систем є трудомістким процесом і не завжди можлива. Поява аналогових регуляторів дозволила підняти процес керування на якісно новий рівень. Однак аналогові системи керування не позбавлені недоліків, серед яких головним вважають неможливість побудови систем керування складними об'єктами.

На сучасному етапі розвитку техніки поширення набули цифрові системи керування (ЦСК). Значні обчислювальні і логічні можливості цифрових пристроїв визначають їхнє використання для керування автоматизованими об'єктами. Пристрої цифрової обробки, виконані на базі сучасної дискретної мікроелектроніки, мають серйозні переваги перед аналоговими пристроями.

1. Точність. У ЦСК сигнали представлені числами кінцевої розрядності, але точність може бути збільшена за рахунок збільшення кількості розрядів. Аналоговий сигнал, перетворений у цифрову форму, може бути переданий на велику відстань. В аналогових системах істотний вплив на функціонування справляють шуми джерела живлення.

2. Помилки обробки. Обробка аналогових сигналів виконується з використанням таких елементів, як резистори й конденсатори, дійсні значення яких можуть значно відрізнитися від номінальних (розрахункових).

3. Гнучкість. Важко модифікувати чи перепроєктувати реалізований апаратно аналоговий регулятор. Алгоритм функціонування цифрової системи керування може бути легко змінений.

4. Вартість. Висока вартість аналогових елементів, особливо високоточних, дозволяє говорити про відносно невисоку вартість ЦСК.

5. Побудова складних систем. ЦСК можуть мати складну структуру і функціонувати по алгоритмах, що неможливо реалізувати за допомогою аналогових елементів.

6. Мікропроцесорні системи можуть бути підключені до комп'ютерної мережі, що дозволить розробникам вносити зміни і контролювати поточний стан системи з настільного терміналу.

Дані переваги цифрових систем керування зумовили їхній бурхливий розвиток і розширення сфери застосування. Особливо це проявилось в зв'язку з появою спеціалізованих мікроконтролерів, що сполучають практично всі цифрові вузли ЦСК в одному корпусі. Якщо раніше ЦСК були дорогими і використовувалися для керування складними об'єктами і процесами, то мікроконтролерні системи, завдяки невисокій вартості, можуть використовуватися для керування простими пристроями, при цьому можливості пристроїв розширюються без значного збільшення вартості.

1.2 Узагальнена структура цифрових систем керування

Загальна структура ЦСК зображена на рисунку 1.1. Основним блоком даної системи є керуюча обчислювальна машина (КОМ). Інформацію про поточний стан об'єкта керування ЦСК одержує з датчиків (аналогових і дискретних), виробляє за певним алгоритмом керуючі впливи, що надходять на виконавчі механізми. Обмін інформацією між обчислювачем (процесором) і об'єктом керування здійснюється через пристрої зв'язку з об'єктом (ПЗО) - комплекс технічних і програмних засобів, що забезпечують обмін інформацією між процесором і об'єктом керування.

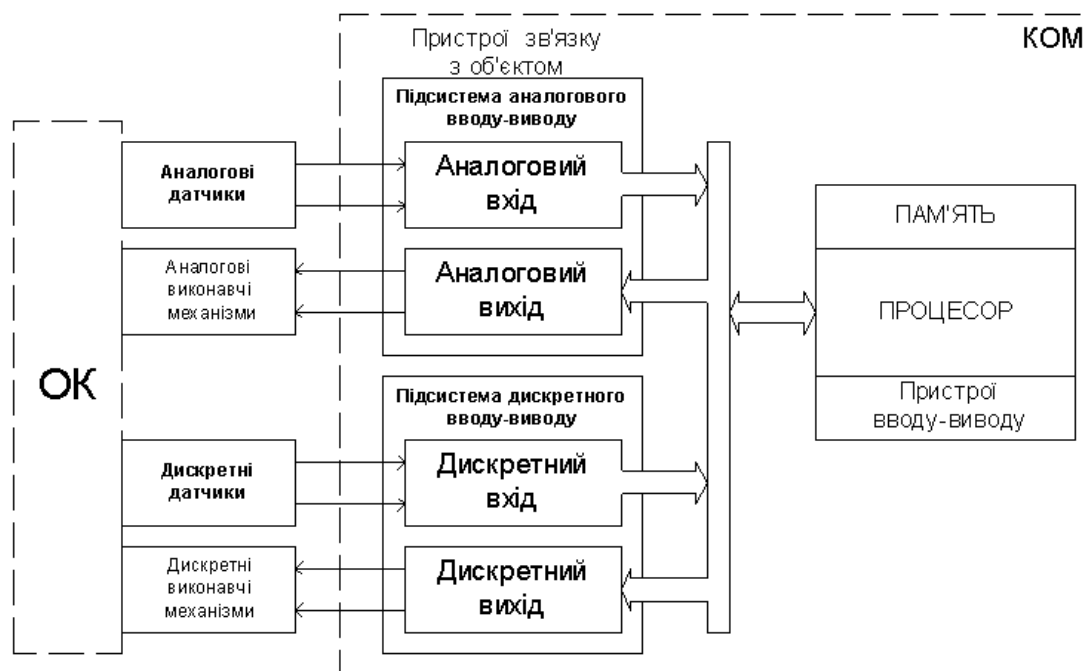


Рисунок 1.1 - Структура цифрової системи керування

У залежності від типу сигналу і напрямку передачі інформації ПЗО поділяються на чотири підсистеми:

- підсистема аналогового вводу;
- підсистема аналогового виводу;
- підсистема дискретного вводу;
- підсистема дискретного виводу.

Побудова підсистеми дискретного вводу-виводу не представляє особливих труднощів, тому що КОМ по своїй природі є дискретною й основна помилка у визначенні дискретних входніх впливів полягає в наявності проміжку часу між зміною дискретного сигналу і реакцією системи на цю зміну.

Підсистема аналогового вводу призначена для введення в КОМ аналогової інформації. При цьому відбувається квантування аналогових сигналів, як за рівнем, так і за часом, що приводить до появи додаткових помилок. Тому при побудові ЦСК необхідно дотримуватися двох основних принципів:

1. Частота дискретизації повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити відтворюваність сигналів у цифровій формі.

2. Точність визначення вхідного сигналу повинна бути достатньою для забезпечення необхідної точності на виході системи.

Варто додати, що виконання цих вимог необхідно досягати з найменшими витратами.

1.3 Галузі застосування цифрових систем керування

У зв'язку з масовим впровадженням комп'ютерів у виробничі цехи практично у всі галузі промисловості, ЦСК стали дуже розповсюдженими. Вони використовуються у різних типах виробництва та пристроях від систем збору даних до складних комплексів автоматизації. На даний час йде зміна більшості старих аналогових систем керування перетворювачів на цифрові системи керування інверторів, перетворювачів частоти, автоматичних ліній виробництва, промислової робототехніки.

Не дивлячись на широку галузь застосування цифрових систем керування існують аспекти які вимагають подальшого вдосконалення. Одним з таких аспектів є точність контролю та керування, яка більшою мірою залежить від точності реєстрації аналогових сигналів з датчиків, як слід точності аналого-цифрового перетворення.

У зв'язку з безперервним розвитком технологій та виробництва до систем керування постійно підвищуються вимоги якості регулювання такі як точність, швидкодія, стійкість, гнучкість системи.

1.4 Класифікація помилок

При реалізації алгоритмів контролю і керування на ЦОМ необхідно враховувати такі обставини:

1. ЦОМ при обчисленнях здатна виконувати тільки арифметичні і логічні операції, що входять у систему команд даної машини;

2. Всі обчислення й операції вводу - виводу інформації виконуються за певний час, обумовлений швидкістю функціональних пристроїв ЦОМ, що робить неможливим безупинний обмін інформацією між ЦОМ та її абонентами (датчиками інформації, виконавчими механізмами, пристроями відображення). Це приводить до того, що процеси в об'єкті керування дискретизуються на входах і виходах КОМ;

3. Вхідна інформація КОМ повинна бути представлена в цифровій формі, у вигляді чисел обмеженої розрядності;

4. Результати арифметичних операцій, розрядність яких перевищує розрядність регістрів арифметичного пристрою КОМ, повинні бути округлені;

5. Константи, що входять в обчислювальні алгоритми і використовуються в процесі обчислень, при їх двійковому кінцево-розрядному представленні можуть відрізнитися від заданих значень.

Помилки ЦСК при аналізі доцільно підрозділити в залежності від факторів, що їх породжують, і особливостей прояву на методологічні, трансформовані, інструментальні і методичні.

Методологічні помилки обумовлені розбіжністю між доцільним поведінням системи в результаті впливу зовнішніх збурювань і поведінням системи, що забезпечується математичною моделлю процесу, прийнятою за основу при конструюванні керуючих ланок системи. Ці помилки характеризують ступінь досконалості теорії, а не якість ЦСК.

Трансформовані помилки виникають у результаті трансформації вхідних помилок аргументів (у деяких джерелах під трансформованою помилкою розуміють власне помилку вхідних аргументів). Величина помилки залежить від виду функції і помилок вхідної інформації.

Методичні помилки є помилками чисельних методів, прийнятих у ЦОМ для обчислення керуючих впливів. Помилки чисельних методів не залежать від

характеристик ЦОМ і в кожному конкретному випадку можуть бути розраховані досить точно.

Інструментальні помилки обумовлені кінцевим числом розрядів, призначених для представлення величин, і необхідністю округлення результатів деяких елементарних операцій.

Кожна з цих помилок є випадковою величиною, що підкоряється своєму законові розподілу. Якщо вважати, що дані помилки є незалежними [3], то баланс середньоквадратичних значень помилок можна визначити за допомогою формули

$$\sigma^2 = \sigma_m^2 + \sigma_u^2 + \sigma_n^2; \quad (1.1)$$

де σ_m , σ_u і σ_n - відповідно середньоквадратичні значення методичної, інструментальної і трансформованої помилки. Методологічна помилка вважається рівною нулю, так як не залежить від якості ЦОМ.

Особливо варто виділити динамічну помилку. Під динамічною розуміється помилка, яка виникає в результаті запізнення рішення задачі, що обумовлюється безперервністю процесу керування. Динамічна помилка залежить від періоду дискретизації вхідних аналогових сигналів і типу об'єкта керування. Для аналізу динамічних помилок часто використовується математичний апарат z-перетворення.

Способи оцінки методичної й інструментальної помилок для цифрових обчислювальних машин досить докладно розглянуті в книгах [3,5], а також у роботі [6]. Однак способи оцінки впливу трансформованої помилки на точність вироблення керуючих впливів у даних джерелах освітлені недостатньо і часто джерелом трансформованої помилки вважають виключно шум квантування АЦП, не враховуючи те, що сигнал на вхід АЦП надходить з помилкою й АЦП не є ідеальним [5-6]. З цих причин розгляд питання про оцінку трансформованої помилки є необхідним.

1.5 Теоретична оцінка трансформованої помилки

Розглянемо процес керування об'єктом, для якого функція керування є функцією однієї змінної (рисунок 2.2).

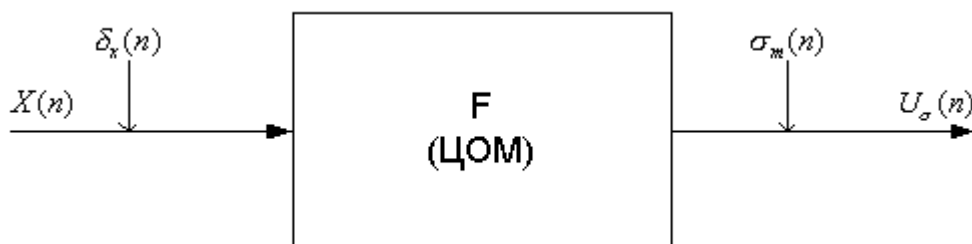


Рисунок 1.2 - Реалізація функції однієї змінної

У ЦОМ обчислюється функція:

$$U(n) = F\{X(n), X(n-1), \dots, X(n-h), U(n-1), U(n-2), \dots, U(n-l), n\}, \quad (1.2)$$

де $n=0, 1, 2, \dots, M$;

F – алгоритм, що апроксимує функцію керування;

X – вектор послідовності вхідних впливів;

U – вектор послідовності вихідних значень, обчислених у попередні моменти часу (враховуються тільки у випадку, якщо алгоритм F рекурентний),

h – глибина використання значень вхідної змінної, що отримані у попередніх тактах, для обчислення функції F у поточному такті;

l – вкладеність рекурентного алгоритму;

M – максимальна кількість кроків дискретизації.

Вхідні впливи на вхід ЦОМ $X(n)$ у кожен момент часу надходять з помилкою $\delta_x(n)$, що, трансформуючись через обчислювальний алгоритм, призводить до появи на виході трансформованої помилки $\sigma_m(n)$. В результаті ЦОМ обчислює функцію:

$$\begin{aligned}
U_{\sigma}(n) = F\{X(n) + \delta_x(n), \dots, X(n-h) + \delta_x(n-h), \\
U(n-1) + \sigma_m(n-1), \dots, U(n-l) + \sigma_m(n-l), n\};
\end{aligned}
\tag{1.3}$$

де δ_x - помилки визначення вхідних впливів;

σ_m - трансформовані помилки.

Вважаємо, що помилки визначення вхідних впливів δ_x і трансформованих помилок σ_m досить малі, і розкладемо функцію (1.3) у ряд Тейлора відносно значень $X(n-i)$, $U(n-j)$, де $i = \overline{0, h}$, $j = \overline{0, l}$:

$$\begin{aligned}
U_{\sigma}(n) = F\{X(n), \dots, X(n-h), U(n-1), \dots, U(n-l)\} + \\
+ \sum_{k=1}^{\infty} \left(\sum_{i=0}^h \frac{\partial^k F}{\partial X^k(n-i)} \delta_x(n-i) + \sum_{j=0}^l \frac{\partial^k F}{\partial U^k(n-j)} \sigma_m(n-j) \right);
\end{aligned}
\tag{1.4}$$

Надалі враховуються тільки члени ряду першого порядку ($k=1$), що відповідає лінеаризації вихідної функції 1.2. Однак, якщо значення σ_m і δ_x великі, необхідно враховувати члени ряду більш високого порядку.

З аналізу формул (2.3) і (2.4) можна отримати вираз для визначення трансформованої помилки

$$\sigma_m(n) = \sum_{i=0}^h \frac{\partial F}{\partial X(n-i)} \delta_x(n-i) + \sum_{j=0}^l \frac{\partial F}{\partial U(n-j)} \sigma_m(n-j).
\tag{1.5}$$

Частинні похідні $\frac{\partial F}{\partial X(n-i)}$ і $\frac{\partial F}{\partial U(n-j)}$ є відповідно функціями чутливості трансформованої помилки на кроці n до варіацій вхідних даних, використовуваних на цьому кроці обчислень, і до помилок результатів обчислень на попередніх кроках. Залежність (1.5) показує, що трансформована помилка залежить не тільки від помилки визначення вхідних впливів, але і від чутливості

обчислювального алгоритму до варіацій вхідних впливів і результатів попередніх обчислень.

Для не рекурентних обчислювальних алгоритмів вираз (1.5) спрощується до наступного:

$$\sigma_u(n) = \sum_{i=1}^h \frac{\partial F}{\partial X(n-i)} \delta_x(n-i); \quad (1.6)$$

Результати теоретичної оцінки трансформованої помилки показують, що на величину трансформованої помилки впливає цілий комплекс факторів і аналітичне дослідження трансформованої помилки утруднено внаслідок використання складних алгоритмів вироблення керуючих впливів у ЦСК.

1.6 Аналіз джерел трансформованої помилки

Джерелом трансформованої помилки на виході ЦСУ є помилка визначення вхідних впливів. Дана помилка по своїй структурі є досить складною. В загальному випадку вона включає наступні елементи:

1. Помилки датчиків;
2. Перекручування, внесені схемами комутації аналогових сигналів;
3. Перешкоди в лініях зв'язку;
4. Помилки перетворення АЦП.

Інформацію про стан об'єкта керування ЦСК одержує з датчиків фізичних величин. Датчик – це пристрій, що, зазнаючи впливу фізичної вимірюваної величини, видає еквівалентний сигнал, переважно електричної природи, який є функцією вимірюваної величини [7]. Точність інформації про стан об'єкта керування визначається точністю датчиків. Це говорить про важливість правильного вибору датчика. Для більшої частини датчиків залежність вихідної величини від вимірюваної не є лінійною. В цьому випадку для визначення

значення вимірюваної величини за значенням вихідного сигналу датчика використовуються наступні методи:

- кусочно-лінійна апроксимація характеристики датчика;
- поліноміальна апроксимація;
- лінеаризація характеристики датчика з використанням схемних рішень.

Останній з цих методів використовується досить часто, при цьому схема лінеаризації може бути як зовнішньою стосовно датчика, так і внутрішньою. В технічній документації на датчики вказуються точності параметри у вигляді узагальнюючих характеристик:

- нелінійність (у % до максимального вихідного значення датчика);
- гістерезис (у % до максимального вихідного значення датчика);
- температурна нестабільність (% на градус);
- відтворюваність результату.

Інформація з датчиків надходить на вхід ЦСК через лінії зв'язку, відбувається узгодження рівнів, комутація аналогових сигналів і аналого-цифрове перетворення. На цьому етапі помилка вноситься аналоговими елементами, а також додаються перешкоди в лініях зв'язку. Для зменшення цієї складової вхідної помилки використовуються схемні і програмні рішення.

Варіантами схемних рішень є аналогові фільтри, диференціальні підсилювачі з великим коефіцієнтом зменшення синфазних перешкод. Ефективність таких рішень висока, їхнім недоліком є значне збільшення вартості ЦСК. Слід зазначити, що величина помилки значною мірою залежить від прийнятої структури підсистеми аналогового вводу.

Найбільш раціональним з погляду зниження перешкод є структура, запропонована в [4]. Згідно цієї структури АЦП і схема узгодження ставляться в безпосередній близькості від датчика, а передача даних на вхід ЦСК здійснюється в цифровій формі. Перевагою такої системи є висока перешкодозахищеність і можливість передачі інформації з датчиків на велику відстань без переключувань (у цифровій формі), недоліком подібної системи є висока вартість.

До програмних способів зниження перешкод варто віднести цифрові фільтри і програмні засоби корекції вхідних впливів. Дані способи є більш дешевими в порівнянні з апаратними, тому що для їхньої реалізації в ЦСК досить написання фрагмента програми.

Кількість датчиків з цифровим виходом серед загальної кількості датчиків невелика. Тому одним з обов'язкових елементів підсистеми аналогового вводу залишається АЦП. Основними характеристиками АЦП є розрядність і час перетворення, а також точності характеристики. Вартість АЦП збільшується зі збільшенням розрядності і швидкодії. Якщо взяти АЦП однакової розрядності і швидкодії, то їхня вартість залежить від точності параметрів. Приклад такої залежності для 8-розрядних АЦП загального призначення (час перетворення становить 100мкс) зображено на рисунку 1.3.

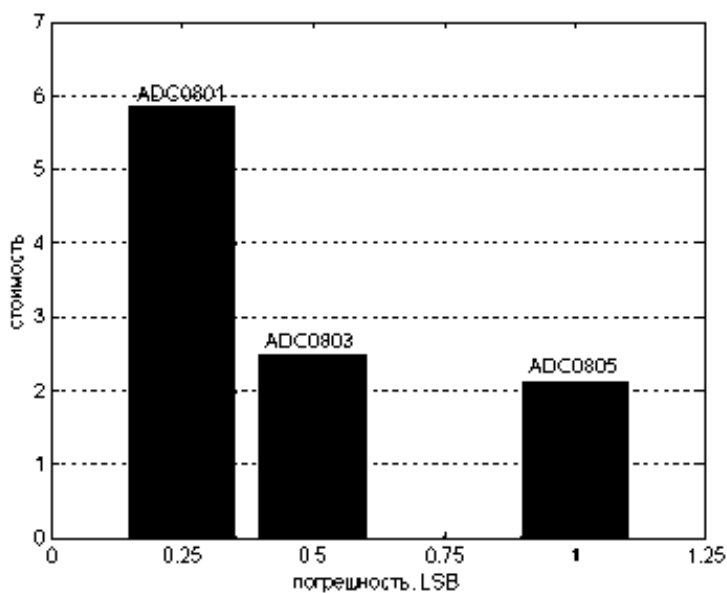


Рисунок 1.3 - Діаграма залежності вартості АЦП від точності

Наведена залежність говорить про необхідність при виборі АЦП враховувати не тільки його розрядність, але й інші точності характеристики.

Аналіз джерел трансформованої помилки виявив:

- складний характер трансформованої помилки;
- залежність величини помилки від обраного методу визначення вхідних впливів;
- складність моделювання підсистеми вводу аналогових сигналів з урахуванням помилок;
- необхідність мінімізації помилки на всіх етапах роботи підсистеми вводу аналогових сигналів.

1.7 Аналіз методів та засобів підвищення достовірності реєстрації аналогових сигналів і оцінки трансформованої помилки

Постановка питання про точність при проектування ЦСК може бути різною. Наприклад, для обраних чисельних методів і заданої розрядності ЦОМ необхідно розрахувати припустимі значення помилок на вході так, щоб величина результуючої помилки на виході не перевищувала заданого значення. Для цього необхідно знати як помилка вхідних аргументів впливає на точність керуючого впливу на виході, тобто знати характеристики трансформованої помилки.

Аналітичне дослідження трансформованої помилки сполучено з певними труднощами:

- наявність нелінійних елементів (АЦП і ЦАП);
- складність алгоритмів, реалізованих за допомогою ЦОМ;
- відсутність повної інформації про помилку визначення вхідних впливів для датчиків і інших елементів.

Головним у системах обробки сигналів є точність [9]. Інформація про стан контрольованого об'єкта повинна бути точною. Тому особливо актуальним стає питання про перетворення аналогового сигналу в цифрову форму.

Оцінка помилки, внесеної аналого-цифровим перетворювачем, виконувалася в багатьох роботах. При цьому, як відзначалося вище, використовувалася модель ідеального АЦП (наприклад, у роботах [5,6] трансформована помилка асоціюється тільки із шумом квантування ідеального

АЦП). Аналіз сучасних АЦП, що випускаються різними виробниками, показує значні відхилення реальної характеристики від ідеальної, що особливо характерно для АЦП великої розрядності (12, 14, 16 і більш розрядів). Це говорить про неможливість застосування отриманих аналітичних залежностей у подібних випадках.

При розробці ЦСУ розмір припустимої помилки на вході визначає вимоги до побудови підсистеми аналогового введення, у тому числі до розрядності АЦП і вхідних регістрів ЦОМ. Для визначення розрядності вхідних регістрів ЦОМ у складі ЦСУ в роботі [3] пропонується використовувати формулу 1.7

$$R = E(\log_2 |X_{max}|) - E(\log_2 \sigma_x) + 1; \quad (1.7)$$

де $E()$ – найближче ціле, не більше заданого;

X_{max} - максимальне значення вхідної величини;

σ_x - припустиме середньоквадратичне значення помилки вхідної величини.

При цьому молодший з R -розрядів містить у собі не більше середньоквадратичного значення помилки аргументу, але і не менше половини цього значення. Застосування цієї формули для визначення розрядності вхідного регістра, якщо дані надходять з виходу АЦП, недоцільно. Очевидно, що розрядність вхідного регістра в ідеальному випадку повинна відповідати розрядності АЦП, а для ідеального АЦП середньоквадратичне значення помилки перетворення розраховується за формулою[5-6]

$$\sigma_{АЦП} = \frac{PC}{2\sqrt{3}}, \quad (1.8)$$

де PC -розрізнявальна здатність АЦП, залежить від розрядності N :

$$PC = \frac{X_{max}}{2^N} \quad (1.9)$$

Як видно з формули (1.8), середньоквадратичне значення помилки становить $1/\sqrt{12} = 0.289$ молодшого розряду АЦП. У книзі [10] для розрахунку розрядності вхідного регістра пропонується використовувати формулу:

$$R = E \left[\log_2 \left(\frac{X_{\max} - X_{\min}}{2\sqrt{3}\sigma_x} + 1 \right) \right]; \quad (1.10)$$

де $E[]$ - найближче ціле, не менше заданого;

X_{\max} , X_{\min} - максимальне і мінімальне значення вхідної величини;

σ_x - припустиме середньоквадратичне значення помилки.

Недоліком даного підходу є те, що тут не враховується помилка вхідного сигналу і реальні характеристики АЦП.

Варто враховувати, що квантування вхідної величини за рівнем для ЦСК в режимі регулятора може призвести до появи нетипових режимів, що в аналогових регуляторах не виявляються. Прикладом такого режиму може служити періодичні режими в ЦСК, викликані квантуванням вхідних сигналів [2]. Виникнення подібних режимів і більш докладне дослідження впливу шуму квантування на якість роботи цифрових регуляторів здійснюється в роботі [1].

Аналіз робіт із проектування цифрових систем керування показує, що оцінка впливу помилки вхідних аргументів і ефекту квантування вхідних впливів на якість роботи ЦСУ часто не виконується, хоча необхідність цього досить повно обґрунтована в літературі [1,2]. Тепер обов'язковою умовою робіт з розробки ЦСУ є їхнє моделювання, однак, адекватність результатів моделювання результатам, що можуть бути отримані на реальному об'єкті, багато в чому залежить від якості моделі.

Наприклад, у роботі [11] виконується моделювання розроблювального цифрового регулятора в середовищі MatLAB. Недоліком даної роботи є те, що модель цифрового регулятора представляється у вигляді аналогової передатної характеристики, параметри якої отримані на основі параметрів цифрового регулятора. Тобто дискретна природа цифрового регулятора не враховується і

характеристики реального цифрового регулятора можуть значно відрізнятися від характеристик, отриманих у результаті моделювання. У роботі [12] розробляється ЦСК на базі мікроконтролера TMS320C31. Модель цифрового регулятора представляється у вигляді дискретної передатної функції, однак квантування вхідного аналогового сигналу здійснюється тільки за часом за допомогою екстраполятора нульового порядку. Таким чином враховується дискретна природа цифрового регулятора, але не враховується вплив квантування вхідних сигналів за рівнем на якість роботи.

Аналіз підходів до оцінки впливу помилки визначення вхідних впливів на якість функціонування ЦСК говорить про недостатню розробку даного питання.

Це виражається в наступному:

1. Оцінка ефекту квантування за рівнем виконується для АЦП з ідеальною передатною характеристикою;
2. Моделювання роботи ЦСК виконується без урахування впливу на поведінку системи квантування вхідних аналогових величин;
3. Немає чіткої методики визначення необхідної розрядності вхідного АЦП з урахуванням його точнісних параметрів та швидкодії.

1.8 Висновки до розділу 1

1. Результати теоретичної оцінки трансформованої помилки показують, що на величину трансформованої помилки впливає цілий комплекс факторів і аналітичне дослідження трансформованої помилки утруднено внаслідок використання складних алгоритмів вироблення керуючих впливів у ЦСК.

2. Аналіз підходів до оцінки впливу помилки визначення вхідних впливів на якість функціонування ЦСК показав існування необхідності додаткового дослідження цього питання у напрямку визначення шляхів підвищення точності аналого-цифрового перетворювання.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ІЗ НЕЛІНІЙНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

2.1 Основні положення і вибір інструментальних засобів синтезу

Цифрові системи керування мають квантування за часом, що відносить їх до класу імпульсних систем, і квантування по рівню, що робить їх нелінійними. Існуючі методи дослідження нелінійних систем мало придатні для дослідження цифрових систем [2]. Тому основним методом дослідження ЦСК є їх моделювання з використанням ЕОМ [1, 3,6,13-15].

В якості методу дослідження для ЦСК вибрано імітаційне моделювання. Цей підхід широко застосовується при проектуванні ЦСК [1, 11, 12]. У цій роботі з точки зору завдання дослідження при побудові моделі ЦСК особлива увага приділяється наступним питанням:

- блокова організація моделі з можливістю зміни конфігурації;
- врахування нелінійності навантаження;
- врахування ефекту квантування по рівню на вході ЦСК(моделювання роботи АЦП);
- моделювання погрішності аналого-цифрового перетворювання;
- можливість зміни параметрів моделі АЦП і цифрового регулятора.

Так як завданням дослідження не є облік інструментальної погрішності, то модель ЦСК оперує з числами у форматі з плаваючою комою, що також виправдане у зв'язку з появою мікроконтролерів, працюючих з числами у форматі з плаваючою комою. Облік квантування по рівню на виході системи (ЦАП) не виконується.

Побудова моделі ЦСУ і моделювання робиться в системі MatLAB. Вибір системи MatLAB, яка є однією з найбільш поширених систем для виконання інженерних розрахунків, обумовлений рядом причин :

- використовуваний математичний апарат наближений до сучасного математичного апарату інженера;
- можливість відображення результатів розрахунків і моделювання в графічному виді;
- відкритість системи, можливість додавання власних розроблених процедур;
- наявність великої кількості спеціалізованих пакетів для побудови блокових моделей, у тому числі систем управління (дискретних і безперервних)

При побудові моделі використовується пакет Simulink, який дозволяє здійснювати моделювання динамічних нелінійних систем. Створення моделей в пакеті Simulink робиться в діалоговому режимі шляхом складання схеми з'єднань елементарних стандартних ланок. Будь-яка модель може мати ієрархічну структуру, що використовується для побудови складних структур. Пакет Simulink має велику бібліотеку дискретних елементів, які використовуються для побудови дискретних систем, безперервних елементів для побудови моделі об'єкту управління, а також широкий спектр джерел сигналів.

2.2 Структурна реалізація цифрової системи керування перетворювачем

Типова структура замкнутої цифрової системи керування зображена на рисунку 2.1. У цій системі цифрова частина виконує функції ПД-регулятора. До складу системи входять наступні блоки:

1. Датчик. Служить для отримання регульованого параметра об'єкту керування(ОК) в аналоговий сигнал (струм, напруга, опір).
2. Аналого-цифровий перетворювач. Призначений для перетворення аналогового сигналу в цифровий код.
3. Цифровий регулятор (ЦР). Призначений для вироблення управляючого сигналу відповідно до заданого закону регулювання. Сигнал завдання для цифрового регулятора може бути отримано різними способами:

- завдання розраховується програмно цифровим регулятором у вигляді певної функції. Помилка розузгодження визначається як різниця між розрахунковим значенням величини і значенням, отриманим з об'єкту керування;
- завдання поступає у вигляді аналогового сигналу. Цей сигнал перетворюється в цифровий код і обробляється цифровим регулятором;
- завдання поступає на вхід цифрового регулятора у цифровій формі;
- завдання поступає у вигляді аналогового сигналу. Цей сигнал складається (з відповідними знаками) з сигналом від датчика, а отриманий сигнал (розузгодження) перетвориться в цифровий код.

4. Перетворювач. Перетворювач виконує перетворення напруги згідно з завданням розрахованим цифровим регулятором.

5. Навантаження.

Перетворювач сумісно з навантаженням складають об'єкт керування.

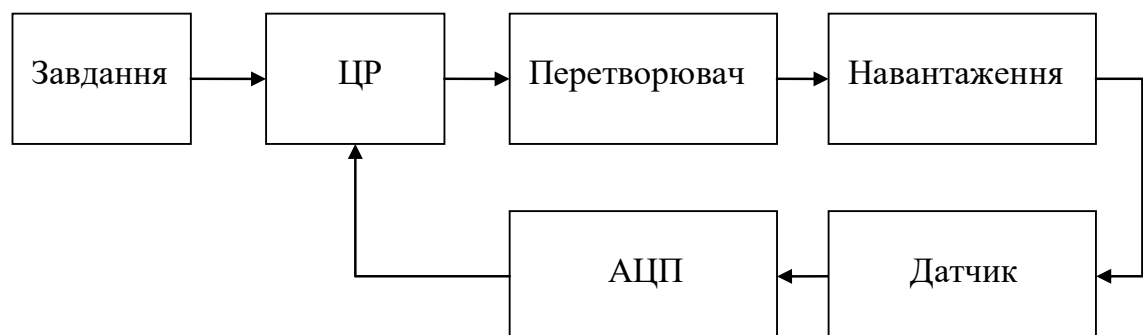


Рисунок 2.1 - Структура цифрової системи управління

Цифрова система керування може працювати в двох режимах:

- режим регулювання, коли керуючий вплив не змінюється в часі;
- режим управління, коли керуючий вплив є функцією від часу.

2.3 Модель аналого-цифрового перетворювача

2.3.1 Параметри аналого-цифрових перетворювачів

Для розробки моделі, що відбиває характерні особливості роботи реального аналого-цифрового перетворювача (АЦП), необхідно розглянути параметри, що характеризують роботу реального АЦП.

Роздільна здатність - величина, зворотна максимальному числу кодових комбінацій на виході АЦП. Роздільна здатність виражається у відсотках, розрядах або децибелах і характеризує потенційні можливості АЦП з точки зору досяжної точності, визначаються по формулі:

$$h = \frac{U_{nmi}}{2^N - 1}; \quad (2.1)$$

де U_{nmi} - номінальна максимальна вхідна напруга АЦП (напруга повної шкали), що відповідає максимальному значенню вихідного коду;

N - розрядність АЦП.

Інтегральна нелінійність (INL) - максимальне відхилення реальної характеристики перетворення від оптимальної. Оптимальна характеристика знаходиться емпірично так, щоб мінімізувати значення погрішності нелінійності. Нелінійність зазвичай визначається у відносних одиницях, але в довідкових даних приводиться також і в ЕМР. Для характеристики, приведеної на рисунку 2.2, інтегральна нелінійність знаходиться по формулі:

$$\delta_i = \frac{E_i}{U_{nmi}} \cdot 100\%; \quad (2.2)$$

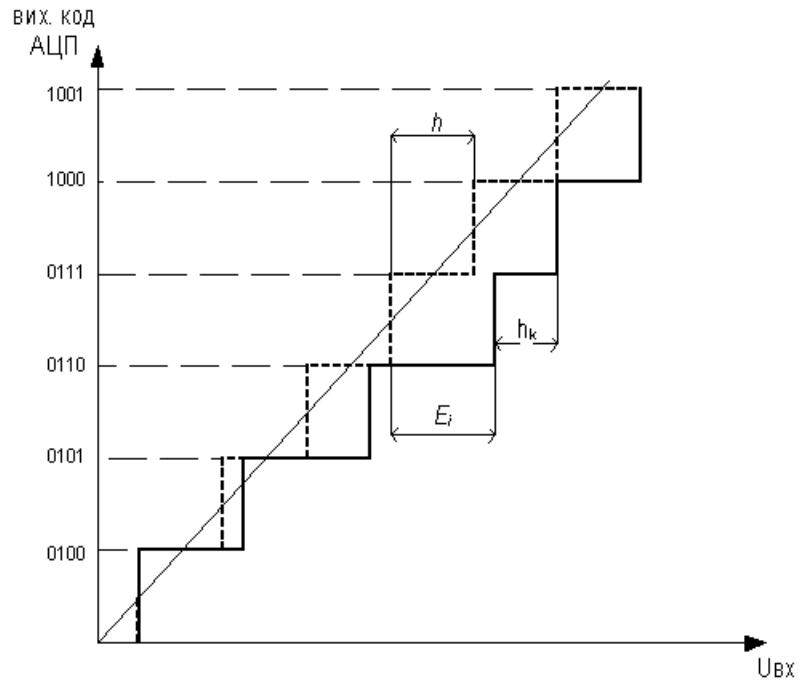


Рисунок 2.2 - Фрагмент характеристики перетворення АЦП

Диференціальною нелінійністю (DNL) в цій точці k характеристики перетворення називається різниця між значенням кванта перетворення h_k і середнім значенням кванта перетворення h . У специфікаціях на конкретні АЦП значення диференціальної нелінійності виражаються в долях ЕМР або відсотках від повної шкали:

$$\delta_d = \frac{h_k - h}{U_{\text{ни}}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Погрішність диференціальної лінійності визначає дві важливі властивості АЦП: не зникнення кодів і монотонність характеристики перетворення. Не зникнення кодів - властивість АЦП видавати усі можливі вихідні коди при зміні вхідної напруги від початкової до кінцевої точки діапазону перетворення. При нормуванні не зникнення кодів вказується еквівалентна розрядність АЦП - максимальна кількість розрядів АЦП, для яких не пропадають відповідні їм кодові комбінації. Монотонність характеристики перетворення - це незмінність

знаку приросту вихідного коду при монотонній зміні вхідного перетворюваного сигналу. Монотонність не гарантує малих значень диференціальної нелінійності і не зникнення кодів.

Шуми АЦП. У ідеалі, перетворення фіксованого постійного вхідного сигналу, що повторюються, повинні давати один і той же вихідний код. Проте, внаслідок неминучого шуму в схемах АЦП, існує деякий діапазон вихідних кодів для заданої вхідної напруги. Якщо подати на вхід АЦП постійний сигнал і записати велике число перетворень, то в результаті вийде деякий розподіл кодів. В якості прикладу на рисунку 2.3 приведена гістограма результатів 5000 перетворень постійного вхідного сигналу, виконаних 16-розрядним двотактним послідовно-паралельним АЦП AD7884 [16].

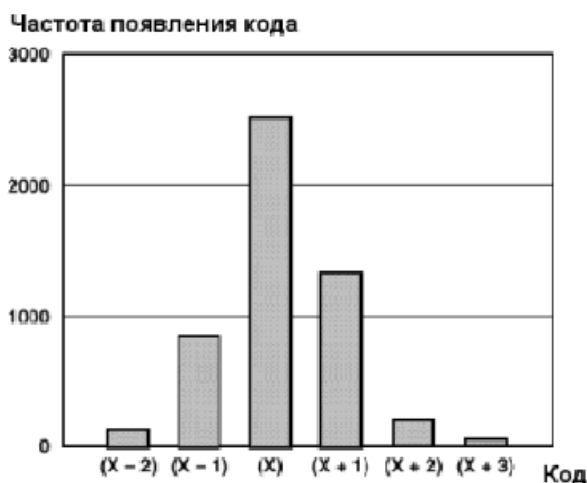


Рисунок 2.3 - Гістограма результатів перетворення АЦП

2.3.2 Розробка моделі аналого-цифрового перетворювача у середовищі MatLAB

Реальна передавальна характеристика аналого-цифрового перетворювача відрізняється від ідеальної, і для опису цих відмінностей служить ряд параметрів (розділ 1.6). Ці параметри носять узагальнюючий характер, тобто часто вказується максимальне або середньоквадратичне значення, а інформація про

розподіл цієї величини невідома. Крім того, в документацію різних виробників приводяться не усі параметри для кожного типу АЦП. Тому при моделюванні роботи АЦП доцільно використовувати узагальнену характеристику точності перетворення. В якості такої характеристики використовуватиметься максимальне значення погрішності перетворення. Ця характеристика узагальнює наступні параметри: інтегральна нелінійність, диференціальна нелінійність, шуми АЦП, розподіл яких носить випадковий характер.

У теорії вірогідності доводиться, що сума досить великого числа випадкових величин, підлеглим яким завгодно законам розподілу, за відсутності явного переважання однієї величини над іншими, приблизно підкоряється нормальному закону [5]. Гістограма розподілу кодів (рисунок 2.3) реального АЦП, побудована на основі досить великої вибірки (5000 вимірів), дозволяє стверджувати про закон розподілу, близький до нормального. З цих причин в якості закону розподілу погрішності АЦП береться нормальний закон розподілу.

Модель АЦП, побудована з використанням пакету Simulink в середовищі MatLAB, зображена на рисунку 2.4. Рівень вхідного сигналу фіксується на якийсь час, рівне періоду дискретизації, за допомогою блоку ZeroOrderHolder. Затримка перетворювання властива конвеєрним моделям АЦП відтворюється за допомогою блоку TransportDelay. Сигнал помилки перетворення АЦП генерується у вигляді випадкової величини, розподіленої за нормальним законом (блок RandomNumber) і підсумовується з вхідним сигналом. Блок Saturation обмежує вхідний сигнал за величиною, блок Quantizer1 забезпечує дискретизацію і квантування сигналу по рівню. Вихідний сигнал не є двійковим кодом, поставленим у відповідність вхідному сигналу, а вимірюється в тих же одиницях, що і вхідний сигнал, але є дискретним.

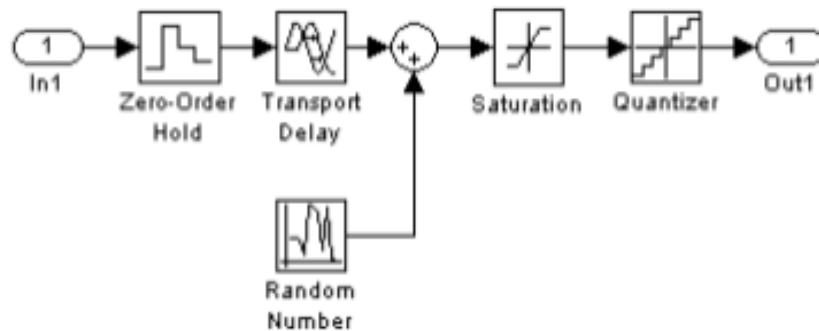


Рисунок 2.4 - Модель аналого-цифрового перетворювача

Параметри окремих блоків розраховуються на основі параметрів:

- період дискретизації (discretetime);
- погрішність - максимальне значення погрішності АЦП без урахування шуму квантування, EMP (змінна LSB);
- розрядність АЦП (Wordlength), біт (змінна WL);
- максимальне значення вхідного аналогового сигналу(змінна FSO).

При ініціалізації блоку RandomNumber, який виконує функцію генератора помилки, вказується дисперсія вихідного сигналу відносно середнього (в даному випадку середнє значення дорівнює 0).

Ця величина розраховується на основі максимального значення погрішності (LSB) з використанням "правила трьох сигм" [5], згідно з яким величина помилки, розподіленої за нормальним законом, з вірогідністю 0.9973 не перевищує $3 \cdot \sigma$ (σ - середньоквадратичне значення помилки). Тобто середньоквадратичне значення можна визначити по формулі:

$$\sigma = \Delta_{max} / 3; \quad (2.4)$$

а дисперсію сигналу - по формулі:

$$D = \sigma^2; \quad (2.5)$$

Значення дисперсії сигналу для блоку RandomNumber визначається по формулі:

$$D = \left(\frac{LSB \cdot Step}{3} \right)^2; \quad (2.6)$$

де Step - крок квантування

$$Step = \frac{FSO}{2^{WL} - 1}; \quad (2.7)$$

де LSB, FSO і WL- параметри, що задаються для моделі АЦП.

Для перевірки розробленої моделі реального АЦП здійсним моделювання роботи 12-розрядного АЦП при перетворенні постійного сигналу. Величина вхідного сигналу складає 2000. Параметри АЦП задаємо наступні: точність - 2 LSB, розрядність - 12 біт, максимальне значення вхідного сигналу - 4095, період квантування - 1 с., тривалість моделювання - 5000 с. За результатами моделювання будемо гістограму розподілу вихідних значень (кодів) АЦП (рисунок 2.5).

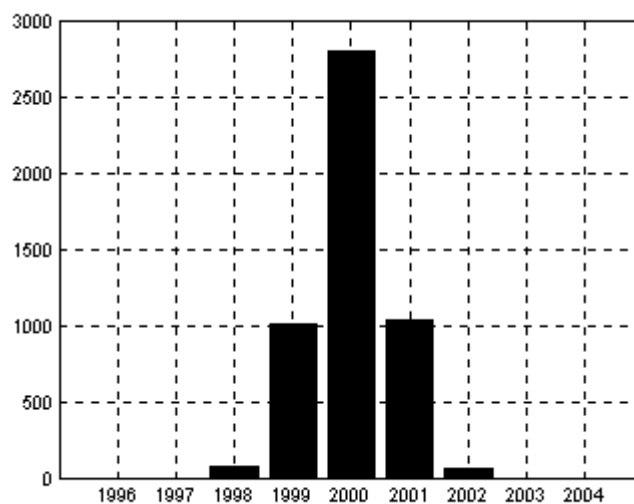


Рисунок 2.5 - Гістограма розподілу вихідних кодів моделі АЦП

Таким чином, розроблена модель АЦП в середовищі MatLAB дозволяє виконувати моделювання роботи АЦП довільної розрядності із заданою середньоквадратичною або максимальною погрешністю перетворення.

2.4. Розробка моделі цифрового ПД-регулятора

2.4.1. Визначення параметрів ПД-регулятора

У системах автоматичного регулювання пристрій, що управляє, є регулятором, що реалізує закон регулювання, який встановлює залежність між дією U і помилкою (розузгодженням), що управляє, тобто $U=f()$.

Безперервний пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПД) регулятор представляється наступним рівнянням, що ідеалізується :

$$U(t) = K \left[\Delta(t) + \frac{1}{T_1} \int_0^t \Delta(t) dt + T_2 \frac{d\Delta(t)}{dt} \right]; \quad (2.7)$$

де K – коефіцієнт передачі;

T_1 – постійна інтеграції;

T_2 – постійна диференціювання.

Для малих періодів дискретизації T це рівняння може бути перетворене в різницеве шляхом заміни похідною різницею першого порядку, а інтеграла сумою. Безперервна інтеграція може бути представлена за допомогою методу прямокутників або трапецій. При використанні методу прямокутників, рівняння в дискретній формі записується в наступному вигляді:

$$U(k) = K \left[\Delta_k + \frac{T}{T_1} \sum_{i=0}^k \Delta_{k-1} + \frac{T_2}{T} \{\Delta_k - \Delta_{k-1}\} \right]; \quad (2.8)$$

В результаті отримаємо нерекурентний алгоритм, в якому для обчислення суми необхідно пам'ятати усі попередні значення сигналу помилки (розузгодження). Для реалізації програм закону регулювання в цифрових системах зручнішим є рекурентний алгоритм. Цей алгоритм характеризується тим, що для обчислення поточного значення сигналу $U(k)$, що управляє, використовується його попереднє значення $U(k - 1)$ і поправочний коефіцієнт. Для цього алгоритму дія, що управляє, обчислюватиметься за наступною формулою:

$$U(k) = U(k - 1) + g_0 \Delta_k + g_1 \Delta_{k-1} + g_2 \Delta_{k-2}; \quad (2.9)$$

$$g_0 = K \left(1 + \frac{T_2}{T} \right); \quad (2.10)$$

$$g_1 = -K \left(1 + 2 \frac{T_2}{T} - \frac{T}{T_1} \right); \quad (2.11)$$

$$g_2 = K \frac{T_2}{T}; \quad (2.12)$$

В результаті обчислюється тільки поточний приріст сигналу $U(k)$, що управляє, - $U(k - 1)$, і тому цей алгоритм називається швидкісним.

2.4.2. Синтез моделі цифрового ПІД-регулятора в середовищі MatLAB

Побудова моделі цифрового регулятора при використанні його в комбінованих системах зв'язана з певними труднощами (під комбінованими системами маються на увазі системи, що містять як аналогову, так і дискретну частині).

Побудова і моделювання роботи цифрового регулятора залежно від природи модельованої системи може бути виконана двома способами.

Перший спосіб використовується для моделювання систем, що містять виключно дискретні елементи. В цьому випадку передавальна функція регулятора може бути реалізована за допомогою блоку MATLAB Fcn у вигляді запису звичайної формули. Проте виклик функції повинен здійснюватися один раз за період дискретизації, що пов'язано з ітераційним характером функції. Дотримання цієї умови можливе тільки при моделюванні з використанням опції `discrete` (`Simulation/SolverOptions`), але установка цієї опції робить неможливим моделювання систем, що містять безперервні частини. Якщо в системі є безперервні елементи із заданою передавальною функцією $W(s)$, то ця передавальна функція має бути перетворена до дискретного виду.

Другий спосіб полягає у використанні для побудови моделі цифрового регулятора елемента `Discrete PID Controller` бібліотеки `ExtraLibrary` пакету `Simulink`.

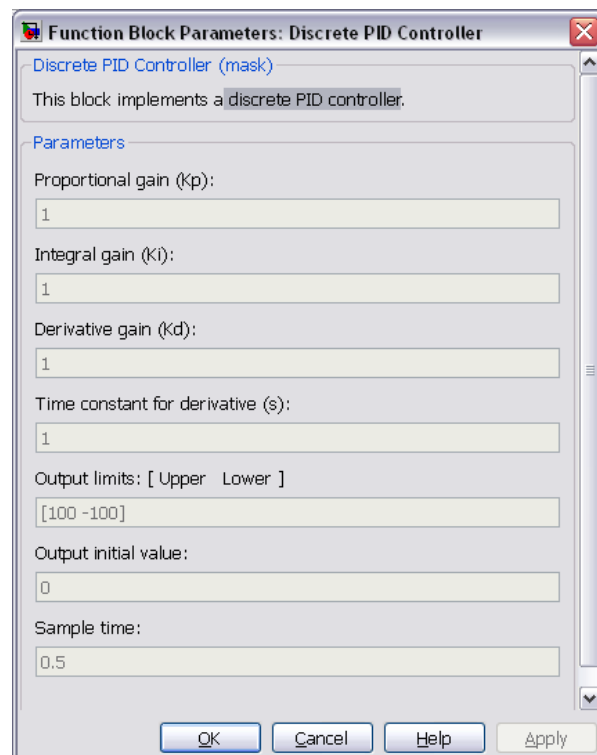


Рисунок 2.6 – Вікно налаштування моделі цифрового ПІД-регулятора

2.5. Модель об'єкту керування

2.5.1 Модель перетворювача

В якості перетворювача можуть бути застосовані різні схеми джерел напруги та струму:

- керовані випрямлячі;
- імпульсні схеми перетворення;
- резонансні перетворювачі.

Більшість перетворювачів можливо представити аперіодичною ланкою першого порядку з передавальною функцією виду:

$$W(s) = \frac{K}{T_M \cdot s + 1}; \quad (2.13)$$

де K – коефіцієнт перетворення перетворювача;

T_M – мала постійна часу перетворювача.

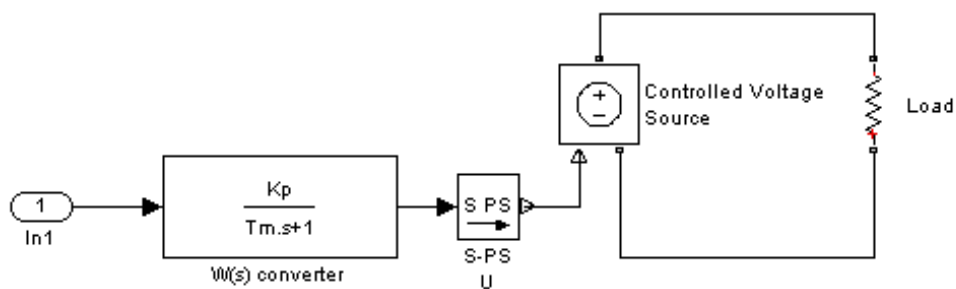


Рисунок 2.7 – Модель перетворювача

Для моделювання перетворювача використовується блок TransferFcn який реалізує інерційні властивості перетворювача. Для реалізації переходу до імітаційної частини моделі використовується кероване джерело напруги на основі блоку ControlledVoltageSource.

2.5.2 Розробка моделі навантаження

Достатньо велика доля навантаження перетворювачів мають нелінійний характер. Ця обставина змушує враховувати вплив нелінійності на роботу системи в цілому. Також нелінійні елементи ускладнюють моделювання та аналіз системи.

В якості нелінійного навантаження виступає процес контактного зварювання. В процесі зварювання опір зварювальних контактів змінюється по особливому закону наведеному на рисунку 2.8[17].

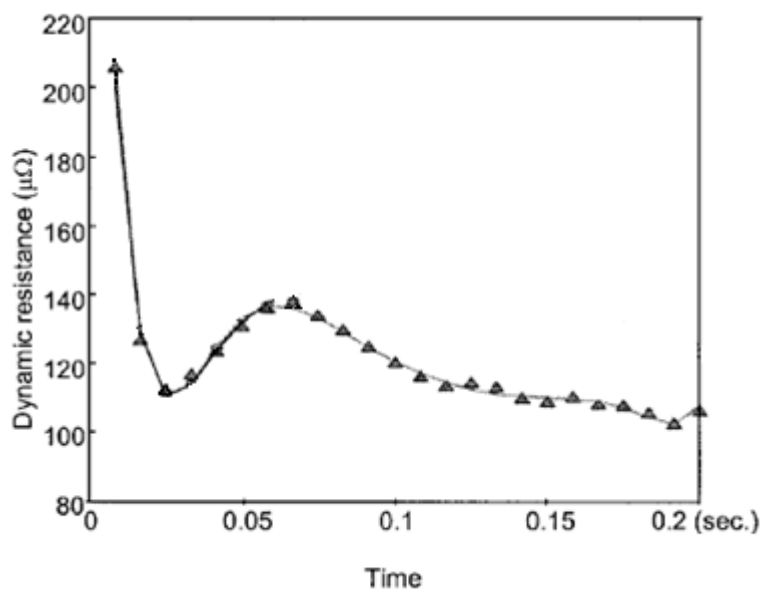


Рисунок 2.8 – Діаграма змінення опору зварювального кола

Для реалізації зміни опору в моделі використовується елемент VariableResistor з бібліотеки Simscape пакету Simulink.

Завдання закону зміни опору здійснює блок SignalBuilder.

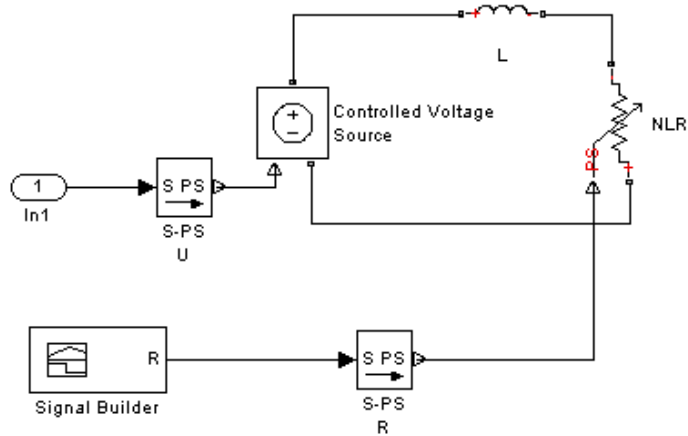


Рисунок 2.9 – Модель нелінійного навантаження

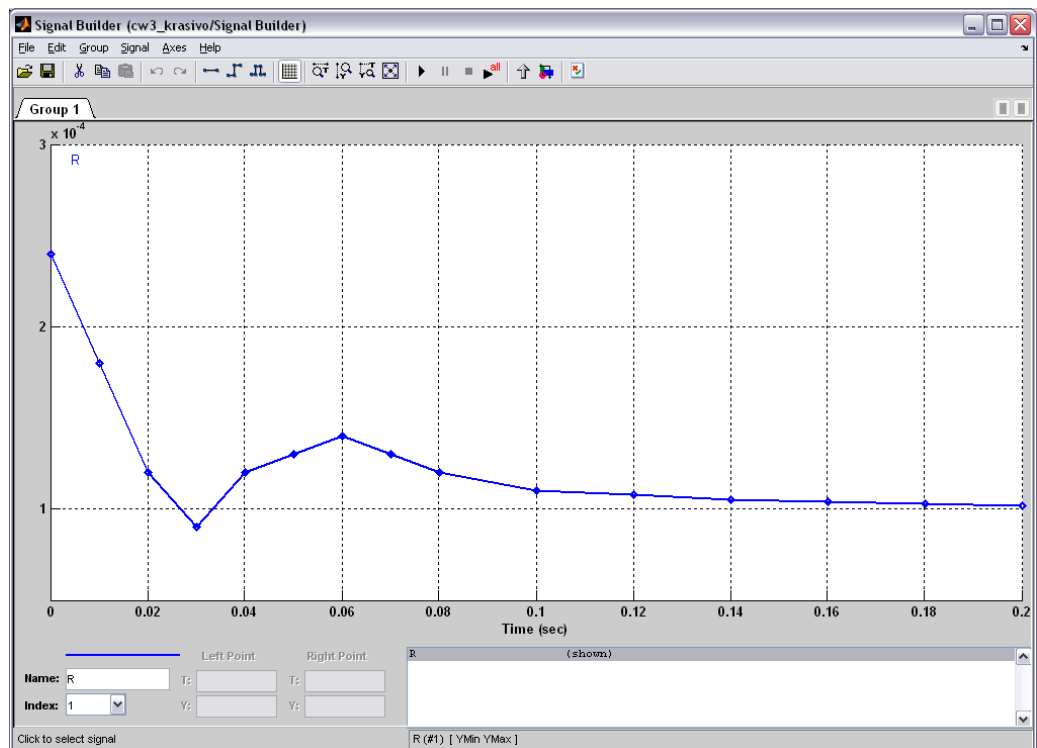


Рисунок 2.10 – Діаграма зміни вихідного сигналу управління нелінійного опору.

Зміна вихідного сигналу блока SignalBuilder буде відбуватися згідно закладених даних на рисунку (2.10). Таким чином, буде здійснюватися зміна нелінійного опору моделі.

Датчик струму (I_d) формує сигнал відповідний до струму у колі навантаження. Цей сигнал потрапляє на блок K_{OT} , котрий виконує функції завдання коефіцієнту зворотного зв'язку по струму. Сигнал з цього блоку поступає на вхід АЦП(ADC), де він перетворюється в дискретний сигнал аналогічний цифровому коду. Результат перетворення поступає на блок розгалуження. На другий блок розгалуження поступає сигнал від формувача завдання (RefSignal). Сигнал розгалуження поступає на вхід цифрового регулятора (Discrete PID Controller). Сигнал з виходу регулятора поступає на вхід блока $W(p)$ convertor, який імітує інерційні властивості перетворення. Вихід цього сигналу потрапляє на вхід керованого джерела напруги (ControlledVoltageSource). До джерела напруги підключені індуктивність (L) та нелінійний опір (NLR) які імітують навантаження. Зміною опору керує сигнал завдання блоку SignalBuilder. Датчик напруги слугує для контролю напруги на нелінійному навантаженню. Сигнал з датчика струму и датчику напруги відображаються в графічному вигляді за допомогою блоку Scope.

2.7 Висновки до розділу 2

1. Розроблена модель аналого-цифрового перетворювача, що дозволяє досліджувати його роботу при різних параметрах частоти дискретизації, розрядності і точності перетворення.
2. Розроблена модель нелінійного навантаження яка відтворює зміни опору в процесі контактного зварювання.
3. Розроблена модель перетворювача, який дозволяє зімітувати більшість схем перетворювачів напруги.
4. Запропонована загальна модель цифрової системи керування, яка дозволяє врахувати вплив нелінійності навантаження перетворювача.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РІЗНИХ ТИПІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ЯКІСТНІ ПОКАЗНИКИ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Дослідження впливу розрядності АЦП на якість регулювання ЦСК.

Для оцінки впливу розрядності на якість регулювання проведемо моделювання роботи системи керування за допомогою розробленої моделі.

При моделюванні задаємося частотою дискретизації згідно теореми Котельнікова-Найквіста[1] 1250кГц. Під час моделювання розглянемо роботу системи при використанні АЦП розрядності 8, 10, 12, 14, 16 біт та показником диференційної нелінійності 0,25LSB. В якості сигналу завдання будемо використовувати робочий сигнал завдання. Результатом моделювання є вихідний струм перетворювача.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.1.

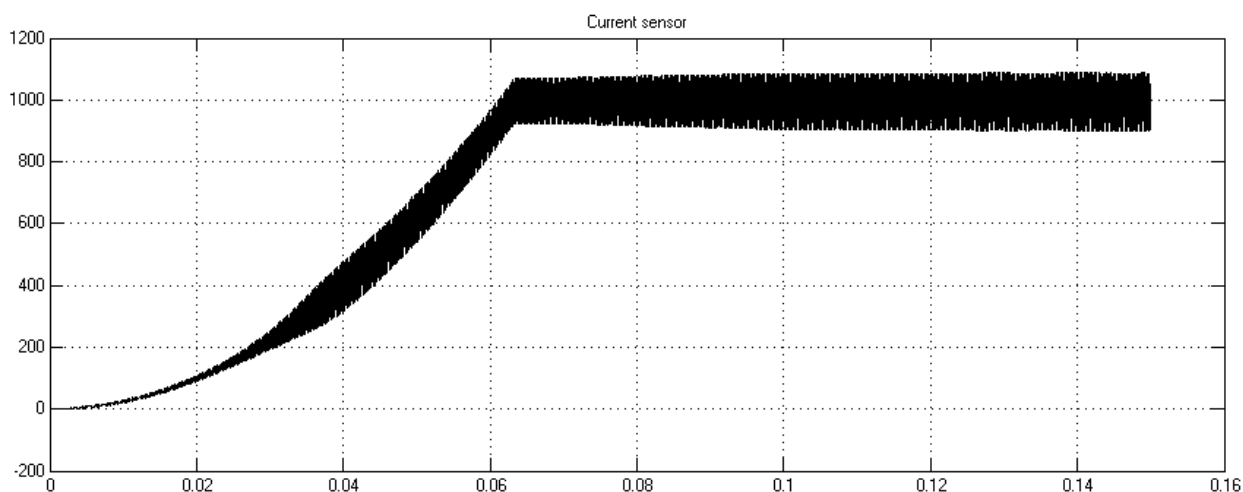


Рисунок 3.1 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі вихідний струм має у своєму складі пульсацію, яка складає 8% від сталого рівня. Перерегулювання не перевищує рівня автоколивань.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.2.

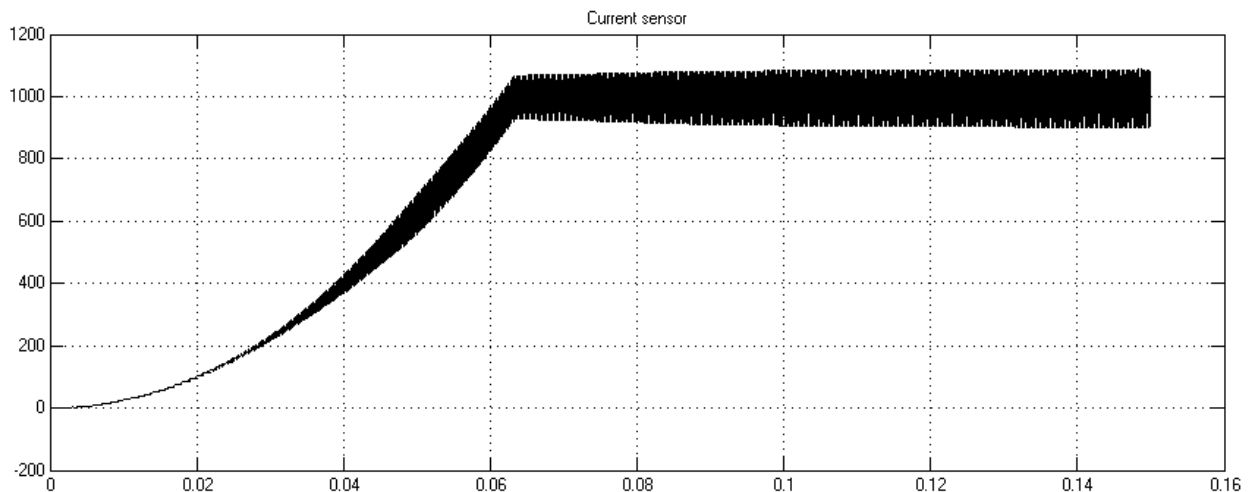


Рисунок 3.2 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі вихідний струм має у своєму складі пульсацію, яка складає 8% від сталого рівня. При цьому можна бачити зменшення амплітуди автоколивань в момент зростання сигналу. Перерегулювання не перевищує рівня автоколивань.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.3.

При заданих параметрах моделі вихідний струм має у своєму складі пульсацію, яка складає 8% від сталого рівня. Перерегулювання не перевищує рівня автоколивань.

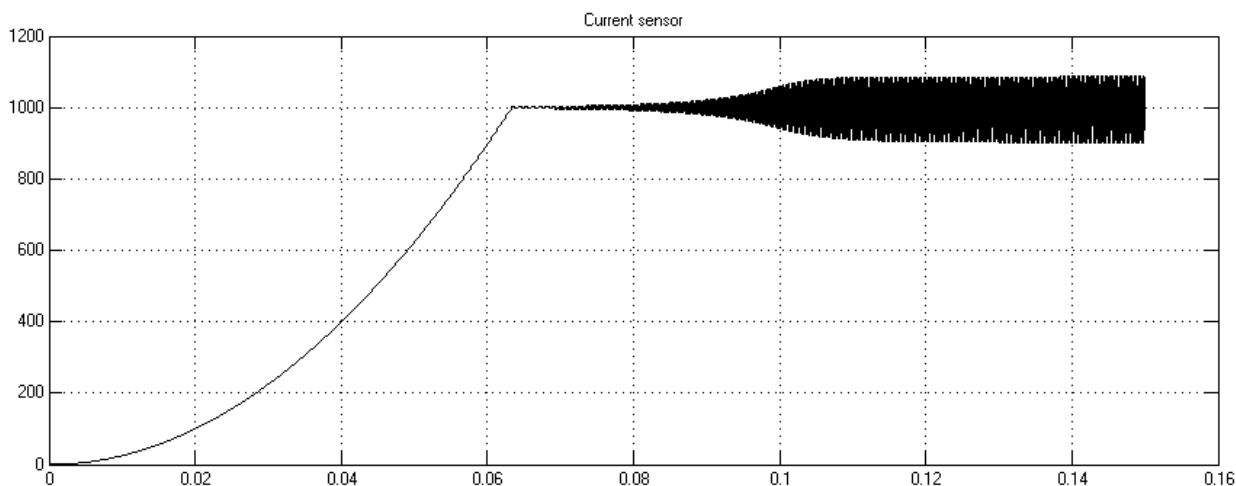


Рисунок 3.3 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.4.

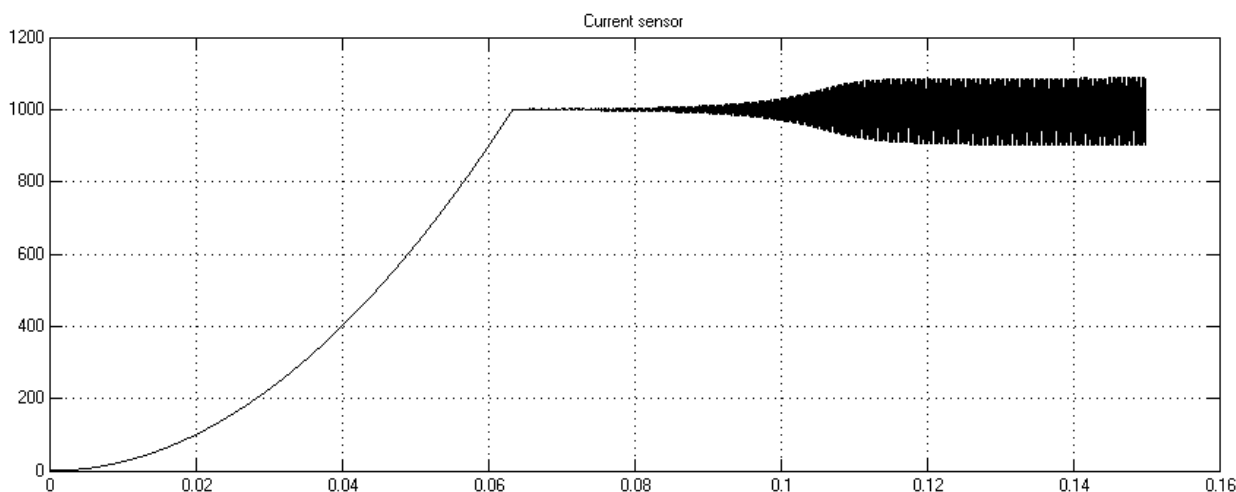


Рисунок 3.4 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі вихідний струм має у своєму складі пульсацію, яка складає 8% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.5.

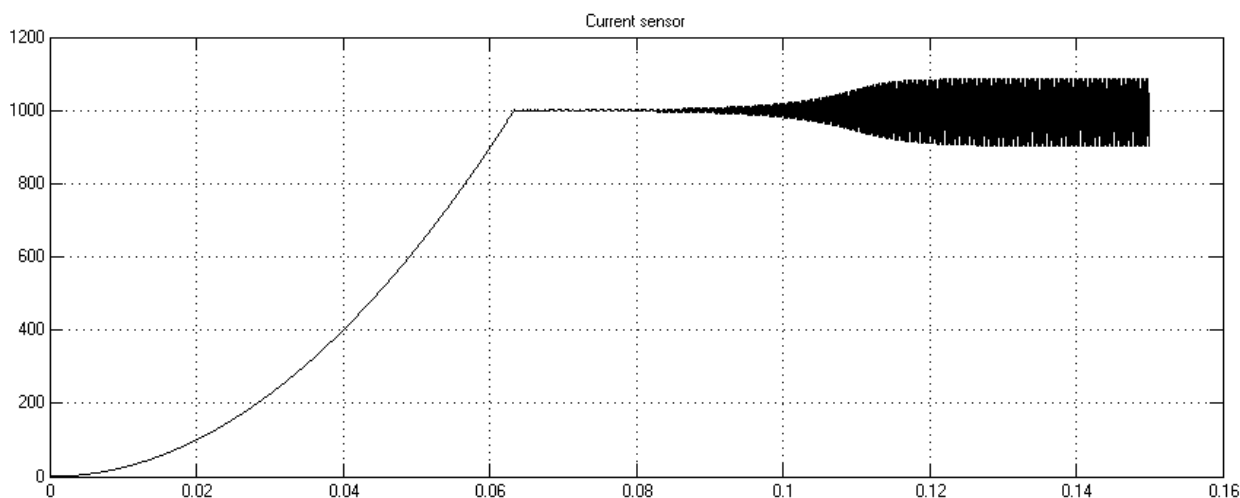


Рисунок 3.5 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі вихідний струм має у своєму складі пульсацію, яка складає 8% від сталого рівня. Перерегулювання не перевищує рівня автоколивань.

Під час моделювання встановлено, що при заданих параметрах моделі у вихідному струмі наявні пульсації пов'язані з автоколивальним процесом у системі.

Зі зростанням розрядності амплітуда коливань на початок процесу зменшується, а починаючи з розрядності 12 біт змінюється час появи автоколивань. Така поведінка системи пов'язана зі зменшенням постійної часу у процесі зварювання, та свідчить про недостатню швидкодію аналого-цифрового перетворювача.

3.2 Дослідження впливу частоти дискретизації АЦП на якість регулювання ЦСК.

Для оцінки впливу частоти дискретизації на якість регулювання проведемо моделювання роботи системи керування за допомогою розробленої моделі. Під час моделювання розглянемо роботу системи при використанні АЦП розрядності 8, 10, 12, 14, 16 біт та диференційною нелінійністю 0,25LSB.

Задамося частотою дискретизації 2500 кГц, що у два рази вище розрахованої.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.6.

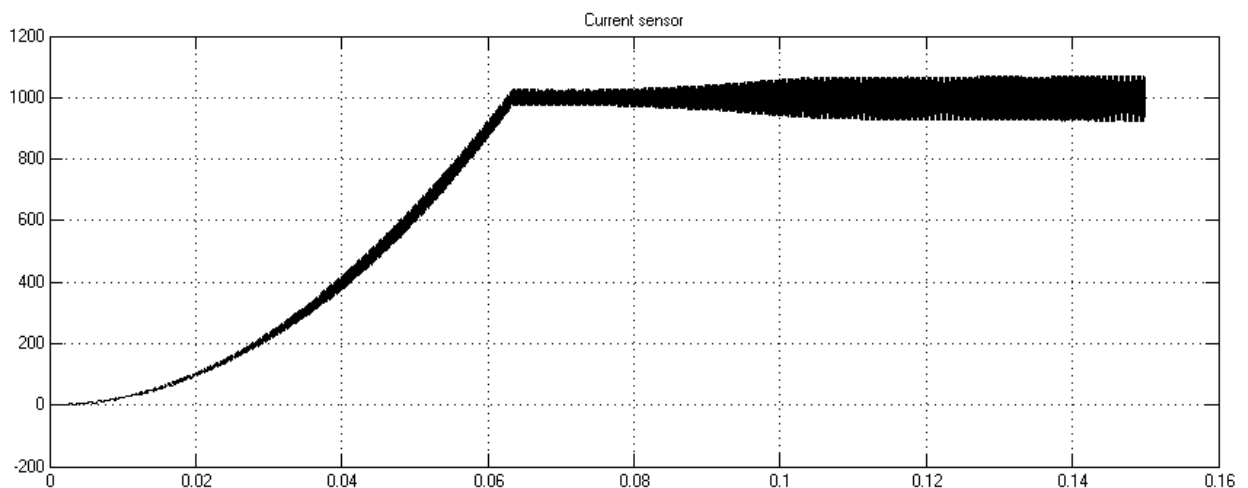


Рисунок 3.6 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 7% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.7.

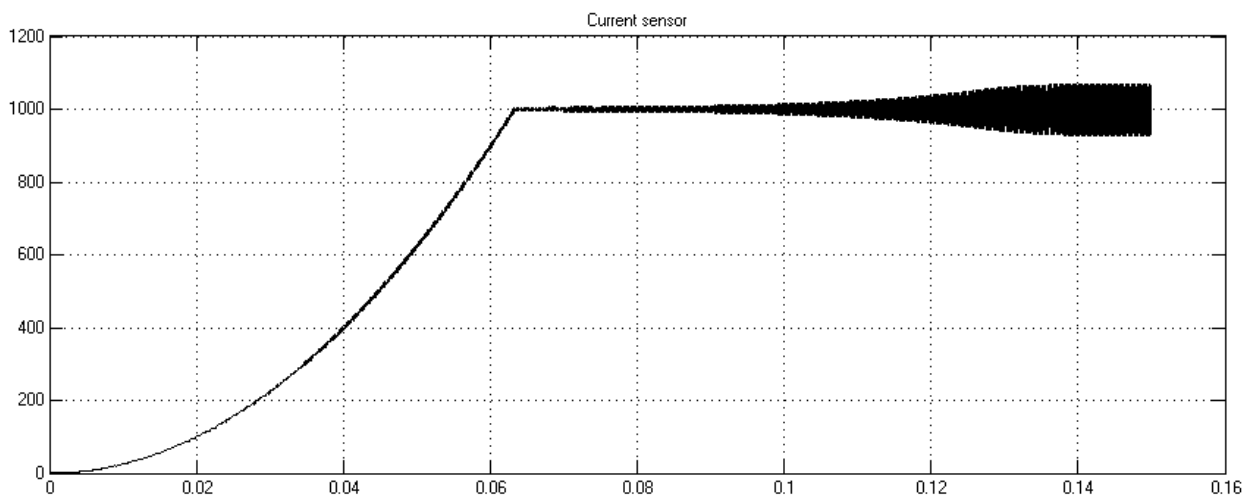


Рисунок 3.7 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 7% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.8.

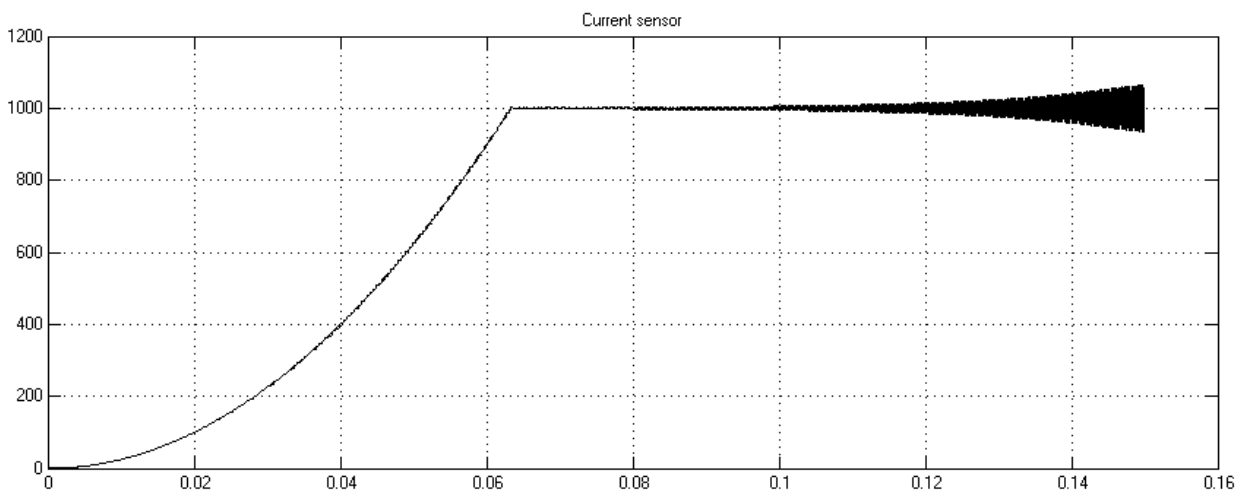


Рисунок 3.8 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 6% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.9.

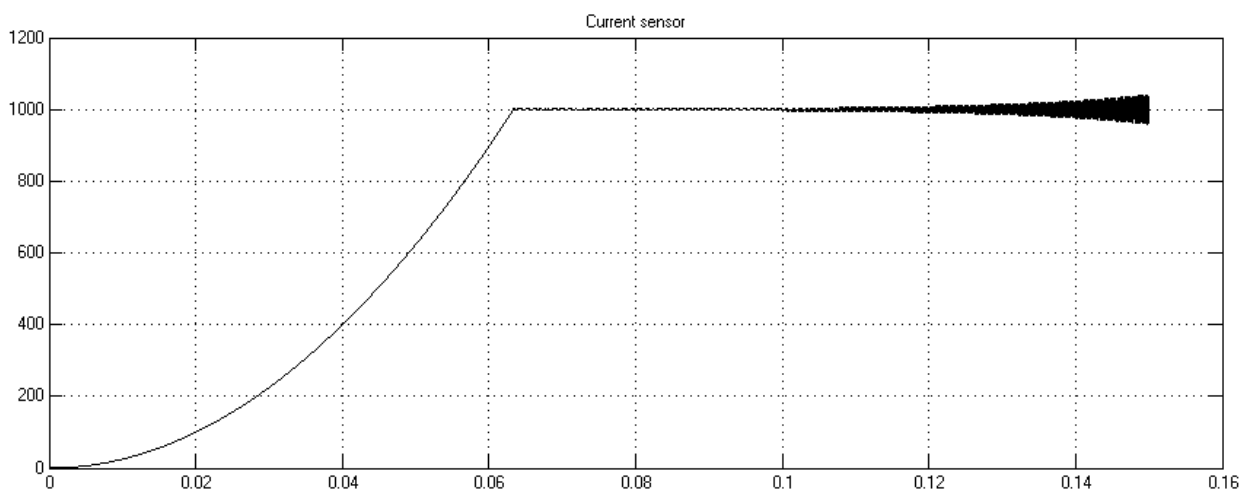


Рисунок 3.9 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 4% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.10.

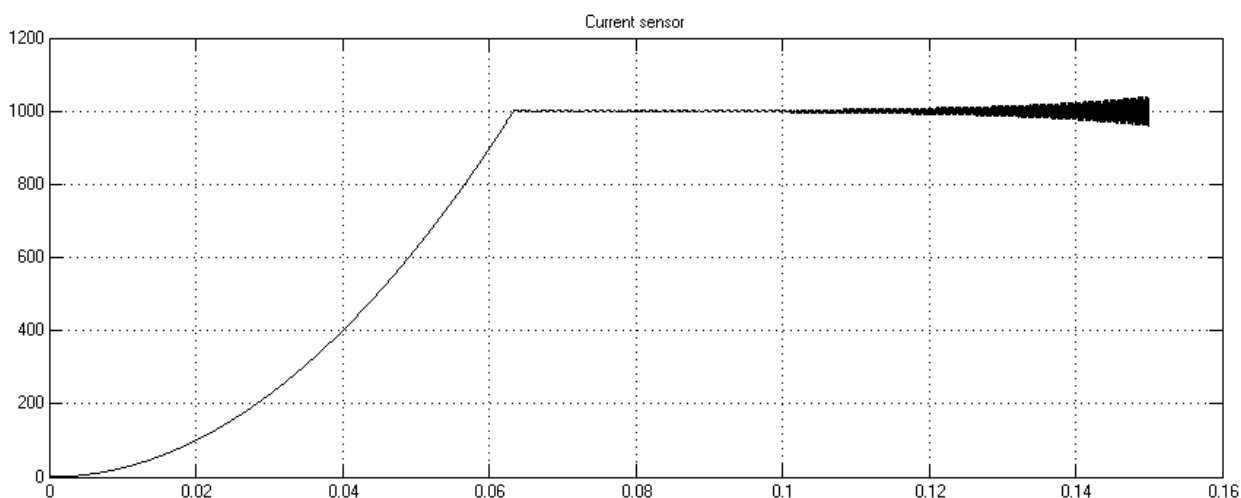


Рисунок 3.10 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 3% від сталого рівня.

Заданою частотою дискретизації 3750кГц, що у три рази вище розрахованої.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.11.

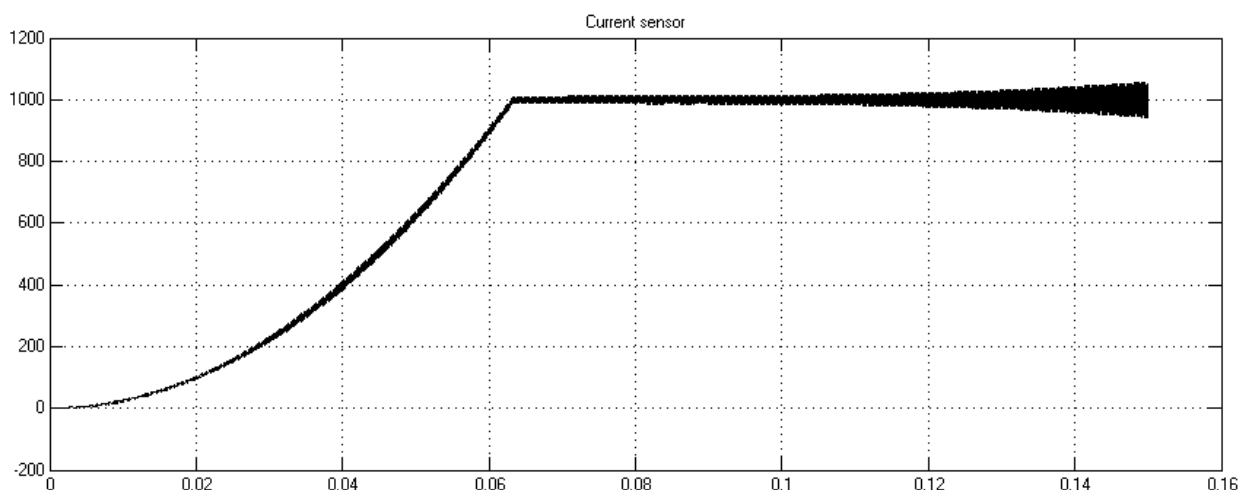


Рисунок 3.11 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 5% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.12.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,7% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.13.

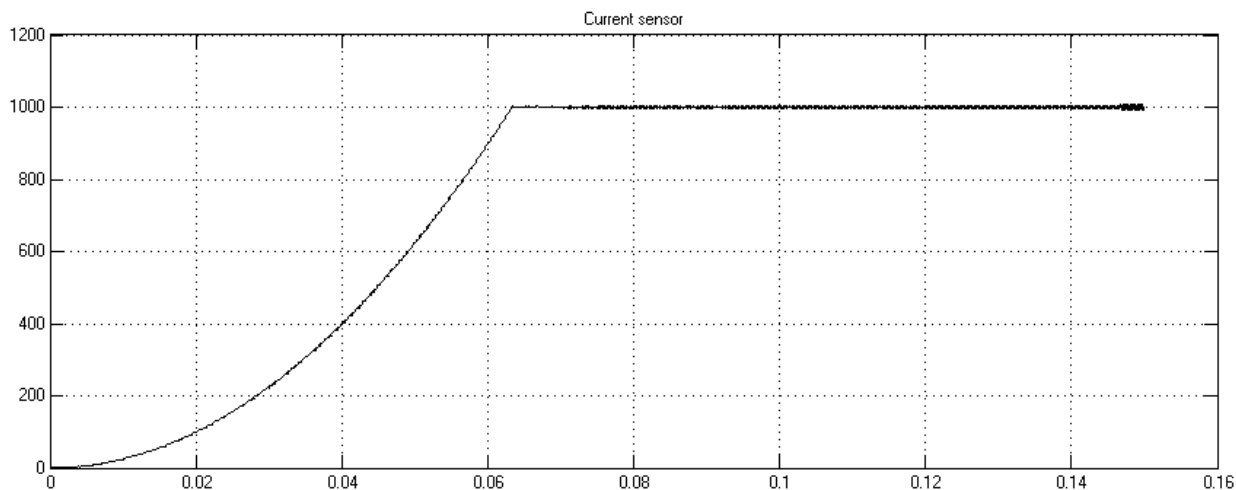


Рисунок 3.12 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

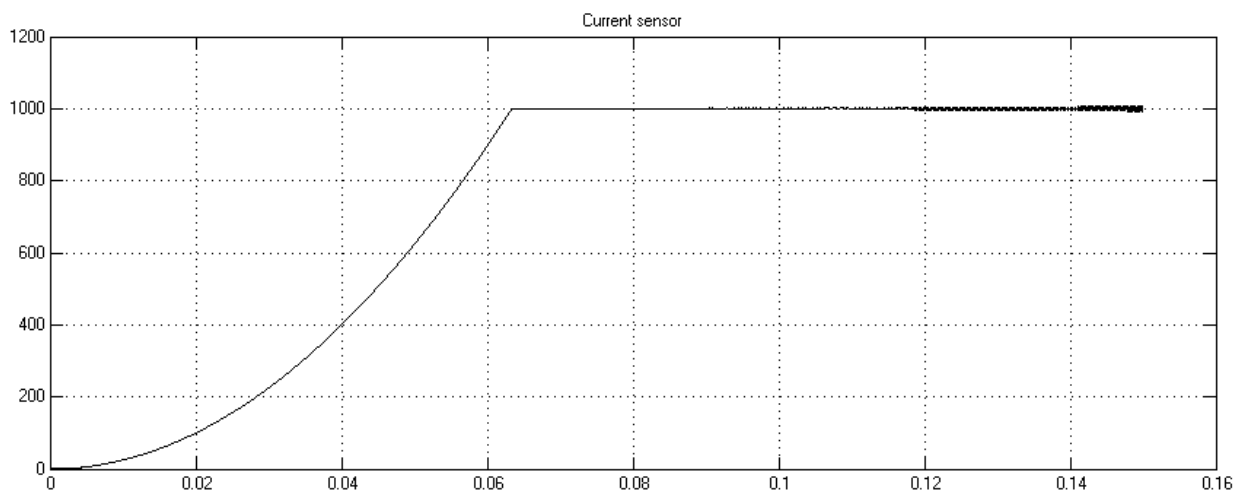


Рисунок 3.13 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,6% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.14.

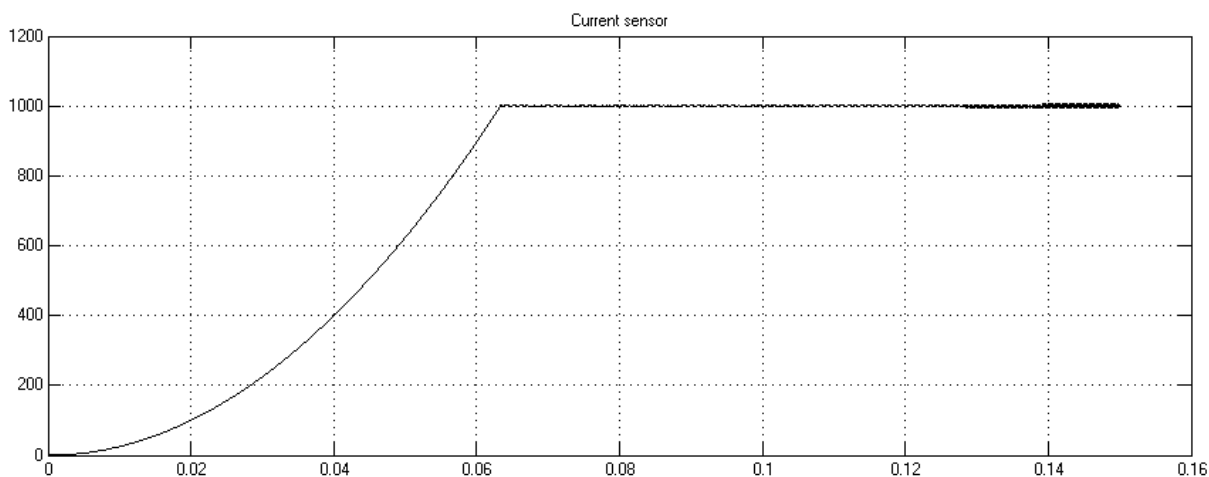


Рисунок 3.14 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,5% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.15.

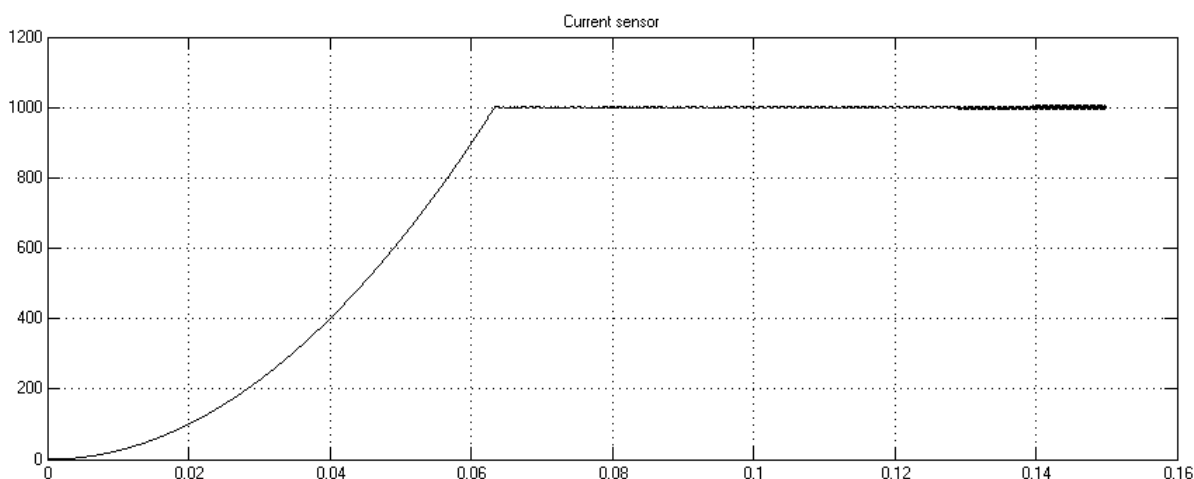


Рисунок 3.15 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,5% від сталого рівня.

Заданою частотою дискретизації 5МГц, що у чотири рази вище розрахованої.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.16.

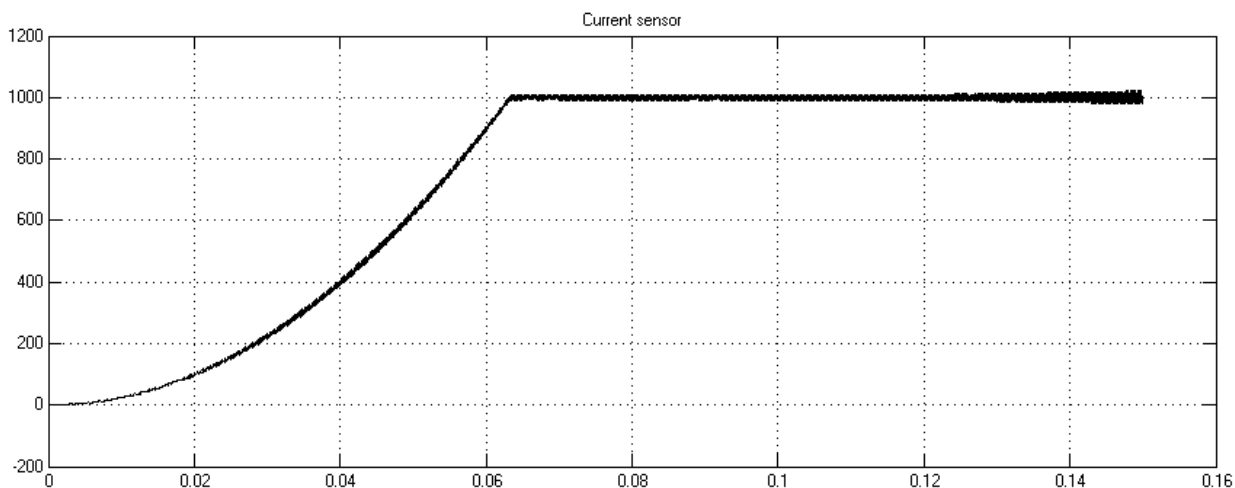


Рисунок 3.16 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 2% від сталого рівня.

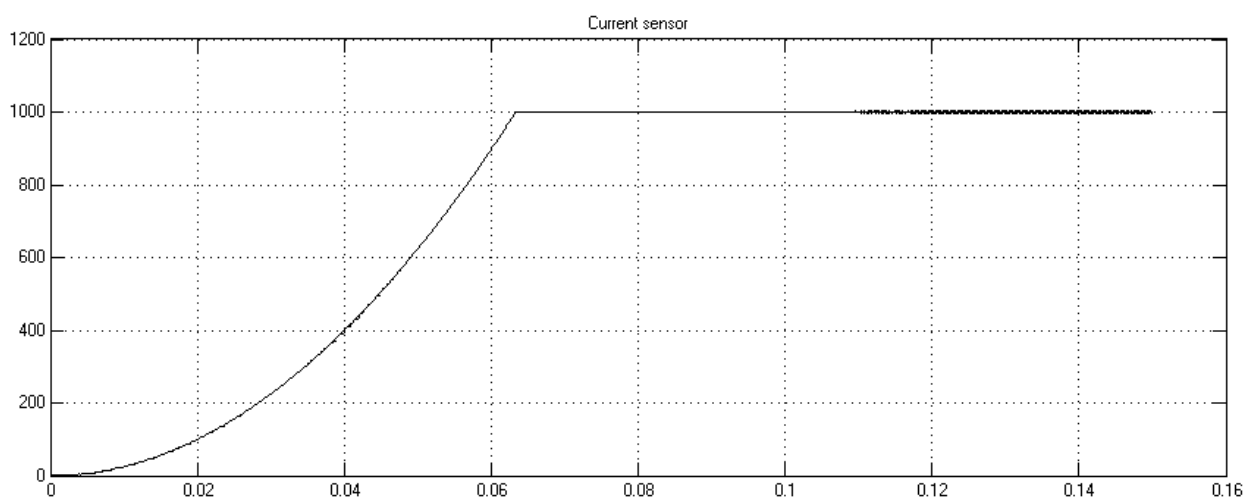


Рисунок 3.18 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.18.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,5% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.19.

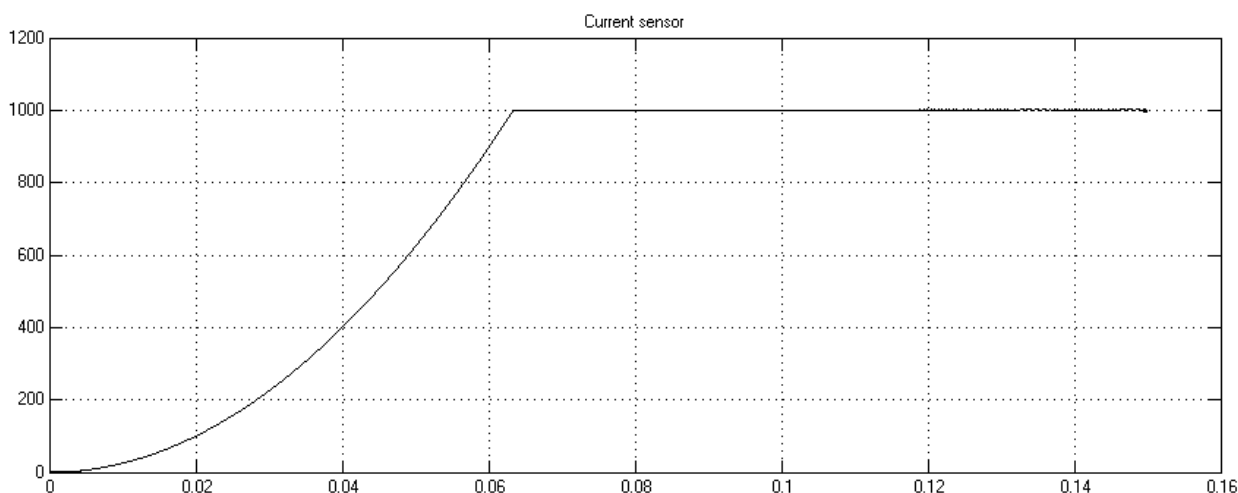


Рисунок 3.19 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.20.

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

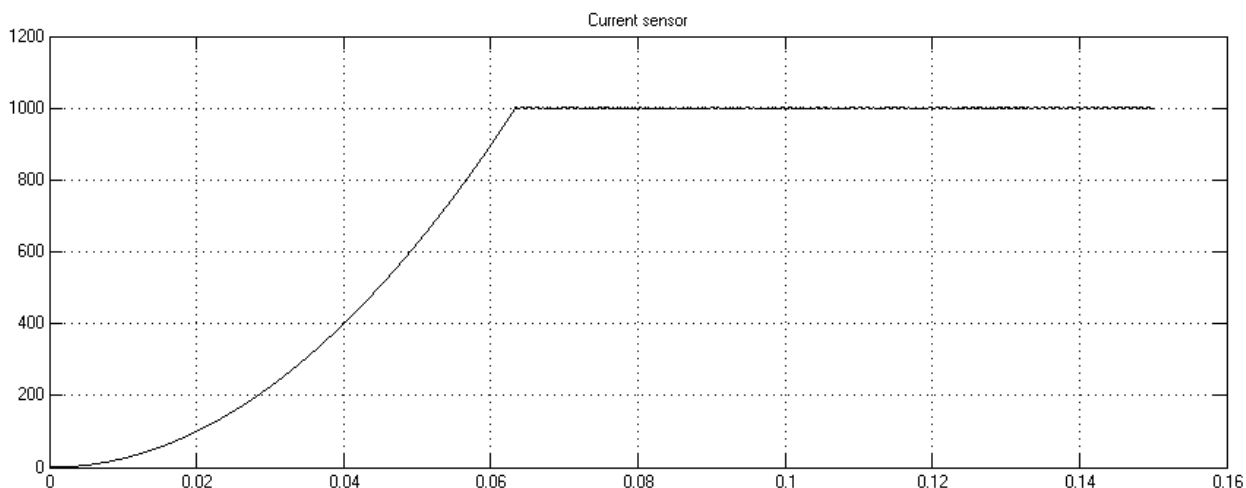


Рисунок 3.20 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.21.

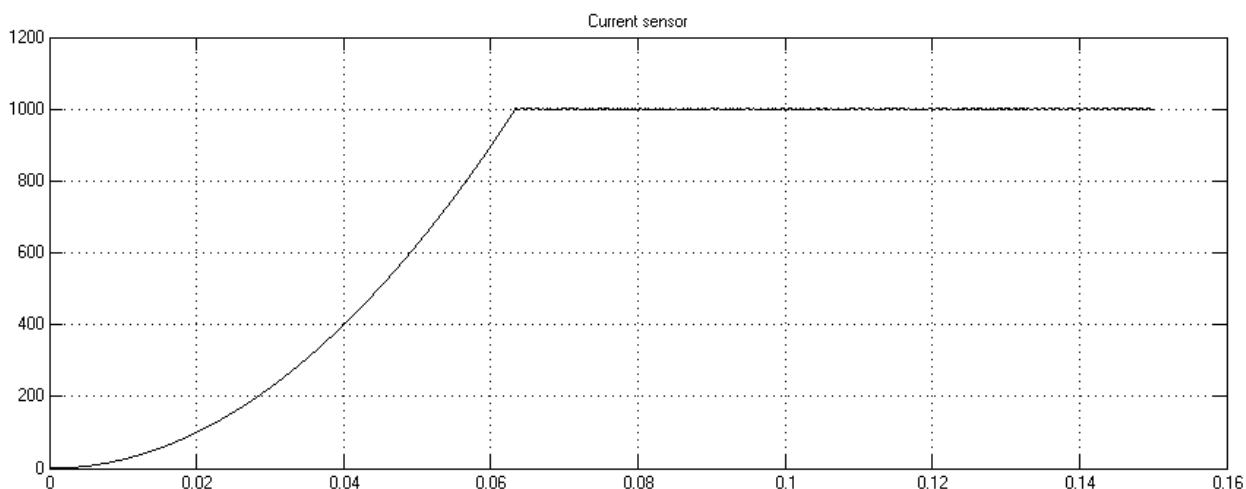


Рисунок 3.21 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Заданою частотою дискретизації 6,25 МГц, що у п'ять разів вище розрахованої.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.22.

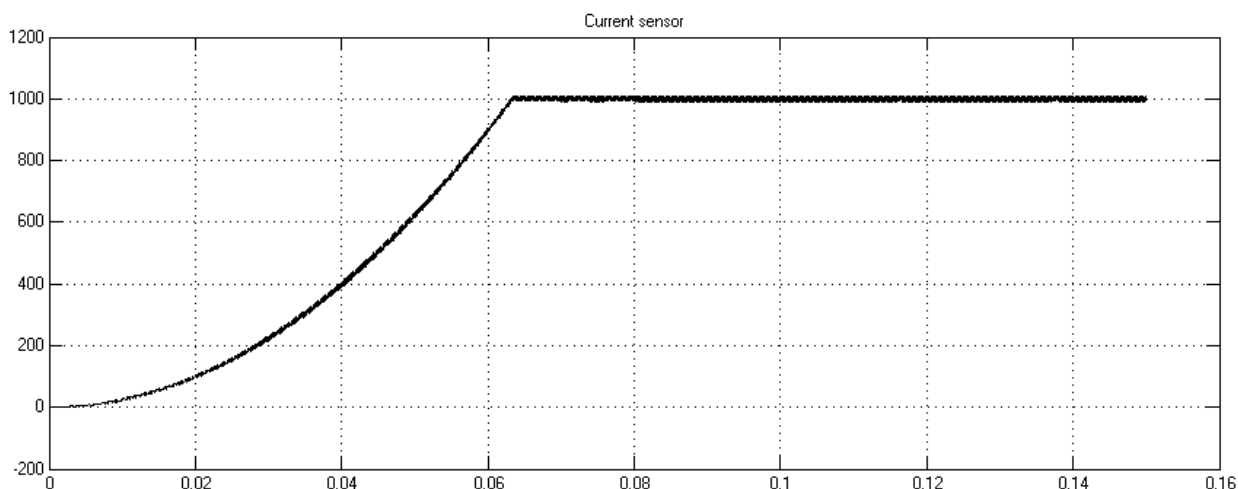


Рисунок 3.22 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.23.

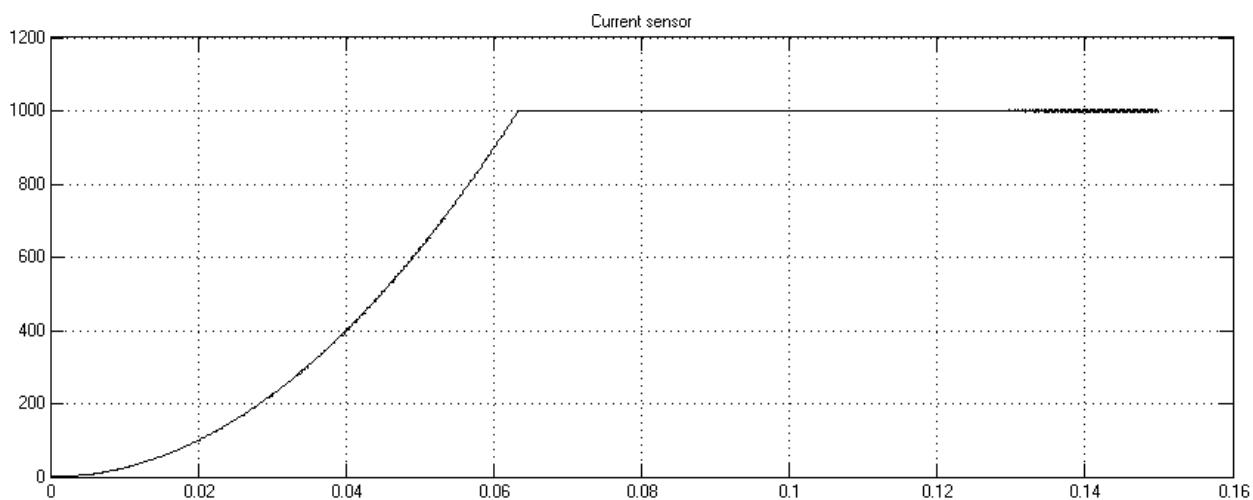


Рисунок 3.23 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.8.

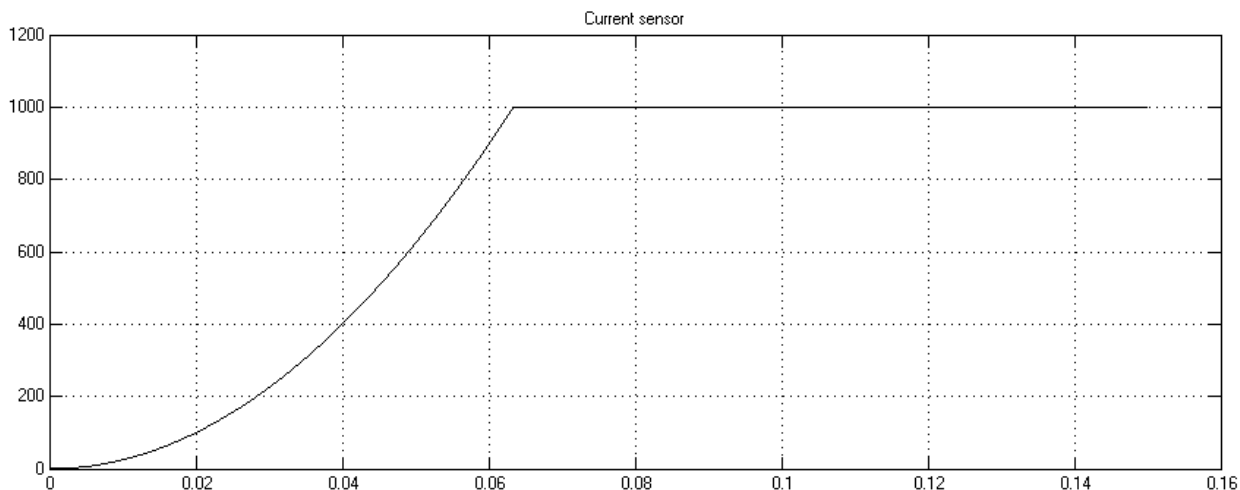


Рисунок 3.24 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

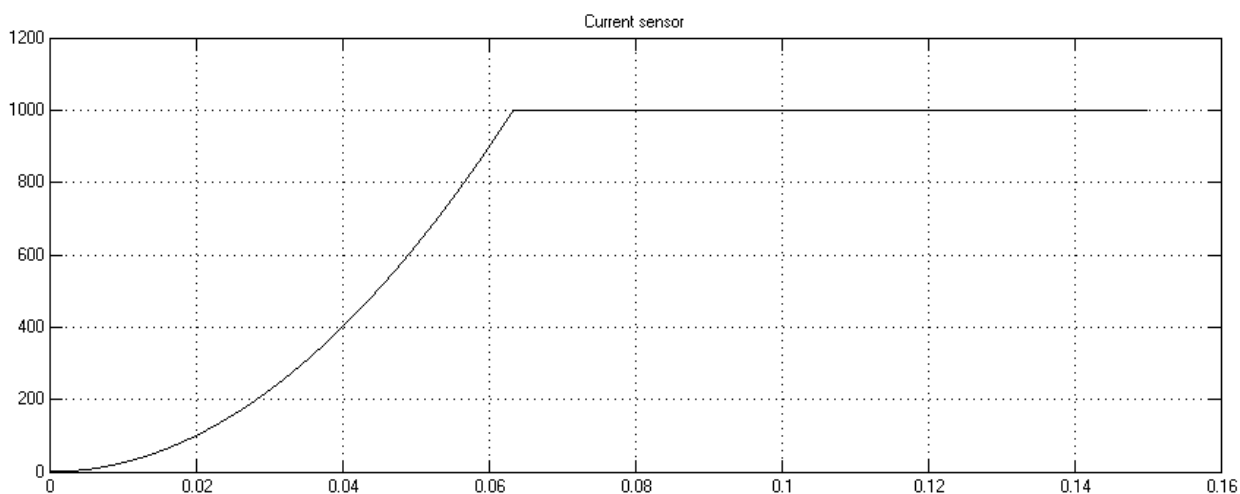


Рисунок 3.25 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.25.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.26.

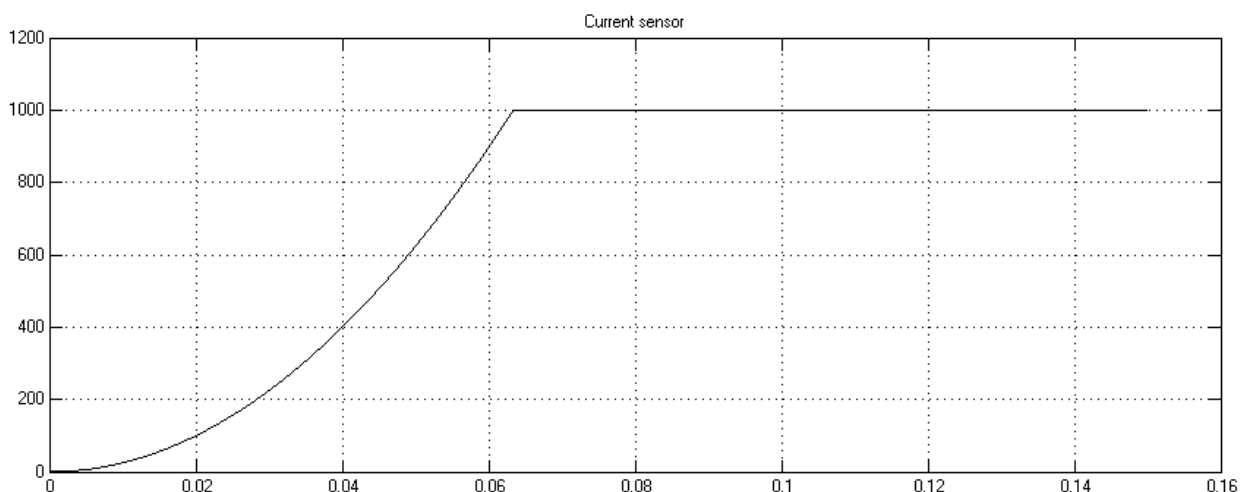


Рисунок 3.26 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Заданою частотою дискретизації 7,5 МГц, що у шість разів вище розрахованої.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.27.

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

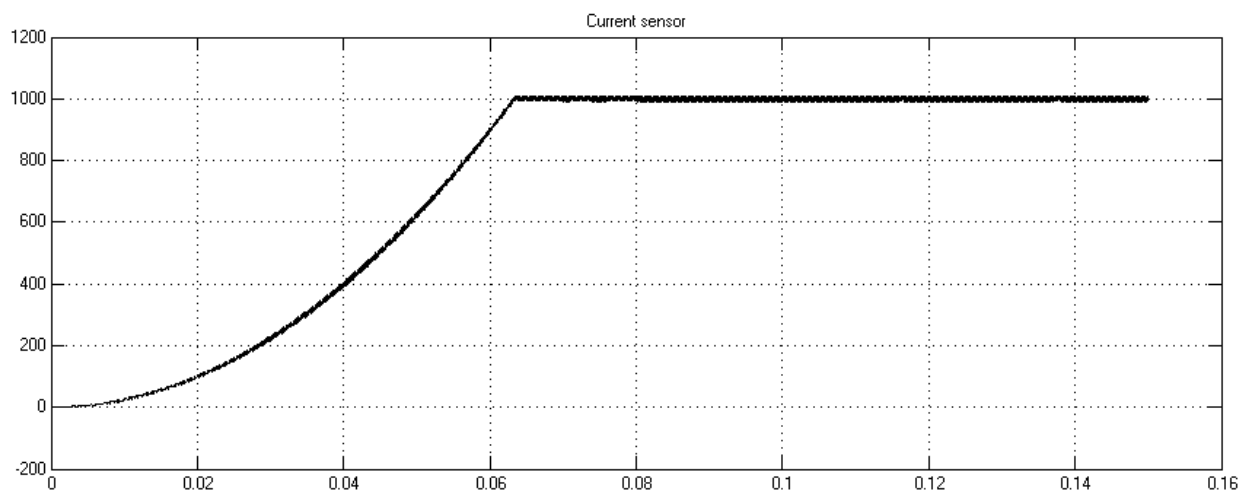


Рисунок 3.27 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.28.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

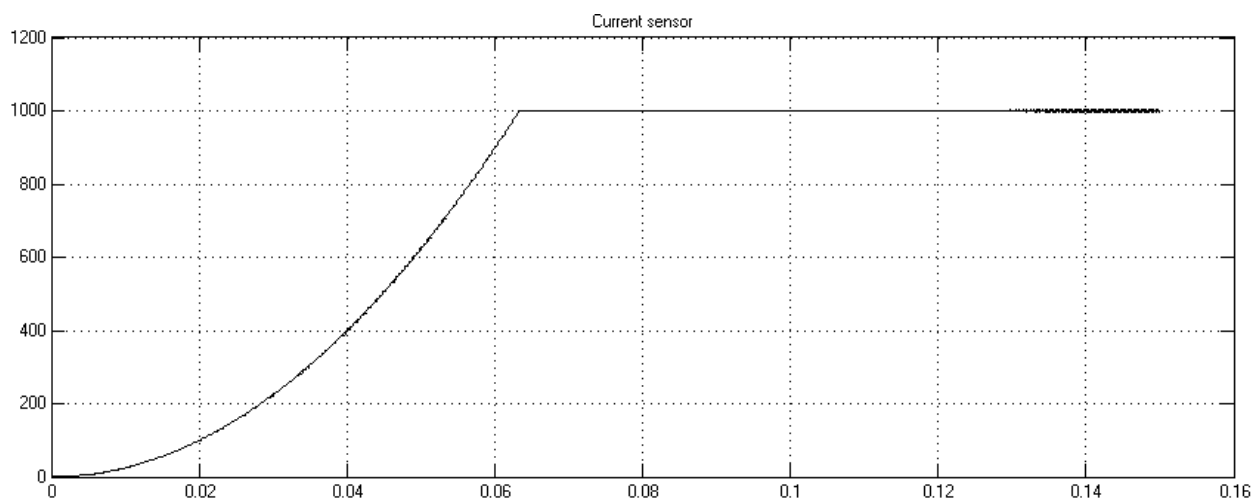


Рисунок 3.28 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.29.

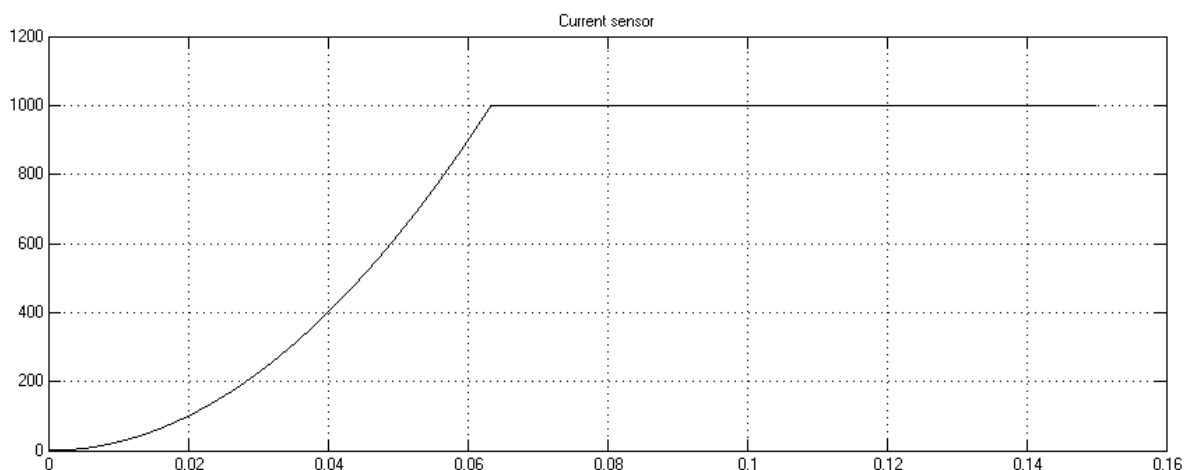


Рисунок 3.29 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.30.

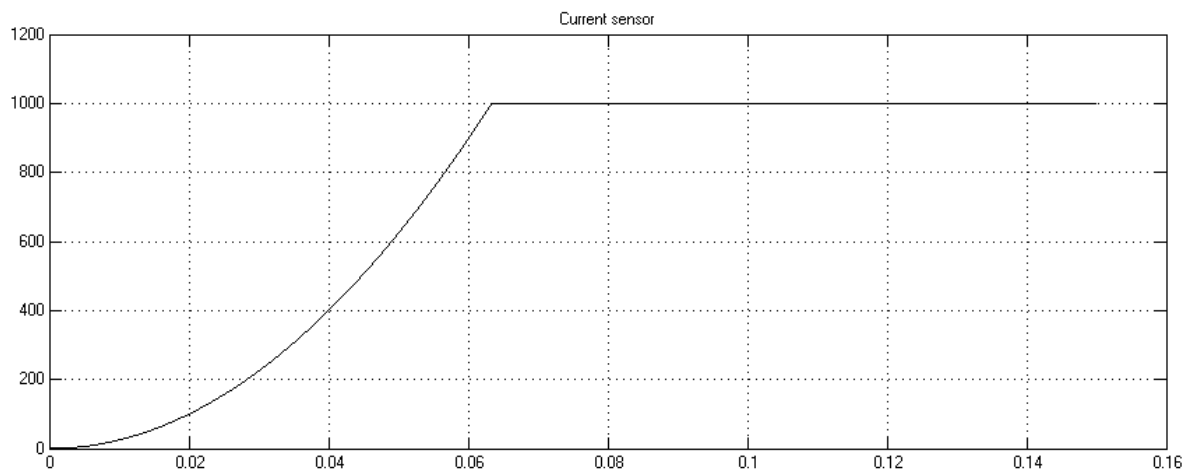


Рисунок 3.30 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.31.

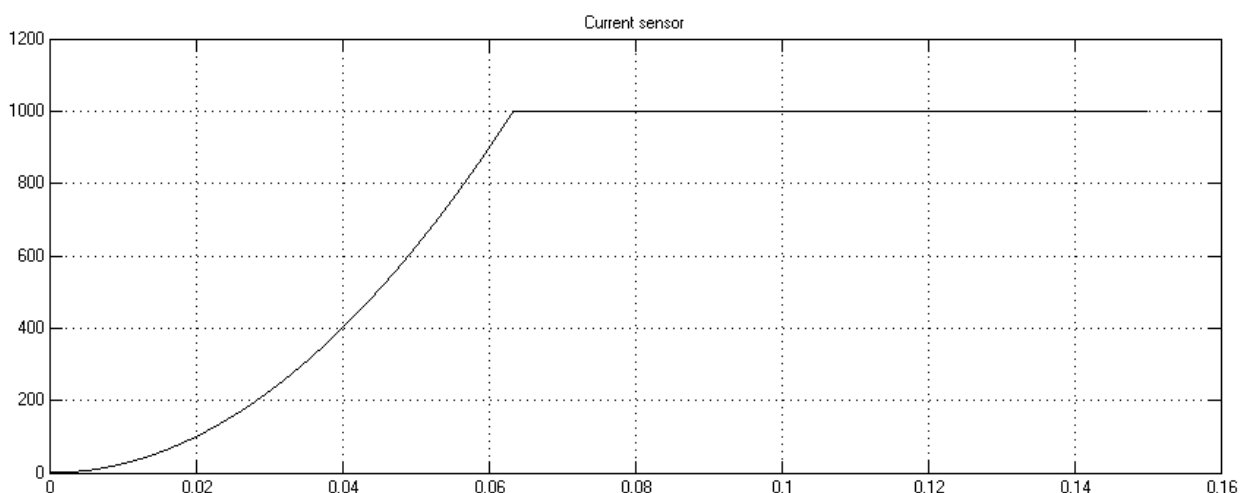


Рисунок 3.31 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Зведемо результати моделювання у таблицю.

Таблиця 3.1 – Залежність амплітуди автоколивань від частоти дискретизації

Розрядність,біт	Амплітуда автоколивань, %					
	Частота дискретизації, МГц					
	1,25	2,5	3,75	5,0	6,25	7,5
8	8	7	5	2	1	0,5
10	8	7	0,7	0,5	0,25	0,25
12	8	6	0,6	0,25	0,1	0,1
14	8	4	0,5	0,25	0,1	0,1
16	8	3	0,5	0,25	0,1	0,1

Побудуємо тривимірну поверхню залежності амплітуди автоколивань від частоти дискретизації та розрядності АЦП рисунок 3.32.

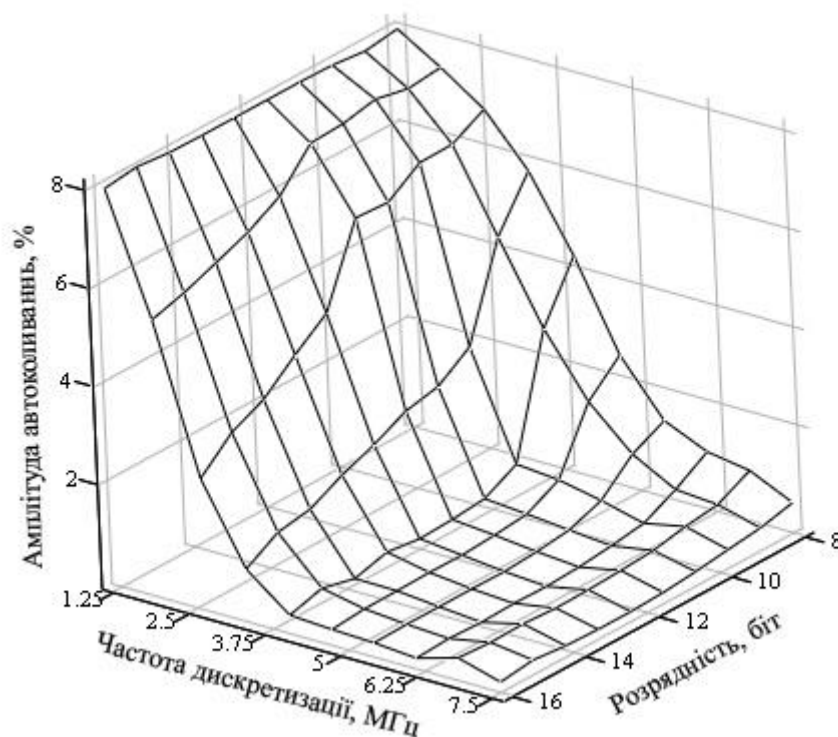


Рисунок 3.32 - Залежність амплітуди автоколивань від частоти дискретизації та розрядності АЦП.

З отриманих даних можна зробити висновок що амплітуда автоколивань у більшій мірі залежить від частоти дискретизації і на своїй характеристиці має мінімум, після котрого подальше зростання частоти дискретизації не призводить до суттєвої зміни амплітуди автоколивань. З іншого боку надмірне збільшення частоти дискретизації призводить до збільшення кількості вибірок що надаються для обробки. Це призводить до збільшення часової затримки обробки даних і збільшення інерційності контуру регулювання системи керування. Вклад розрядності аналого-цифрового перетворювача на амплітуду автоколивань змінюється в залежності від частоти дискретизації і також має мінімум. Виходячи з цих даних при виборі АЦП слід враховувати цю залежність з метою ефективного використання параметрів АЦП.

3.3 Дослідження впливу диференційної нелінійності АЦП на якість регулювання ЦСК.

Задамося частотою дискретизації 6,25 МГц. Проведемо дослідження впливу диференційної нелінійності за допомогою розробленої моделі для значень 0,25LSB, 0,5LSB, 1LSB, 2LSB.

Моделювання з урахуванням диференційної нелінійності 0,25LSB виконувалось у попередніх моделюваннях. Проведемо моделювання системи з урахуванням диференційної нелінійності 0,5LSB. Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.33.

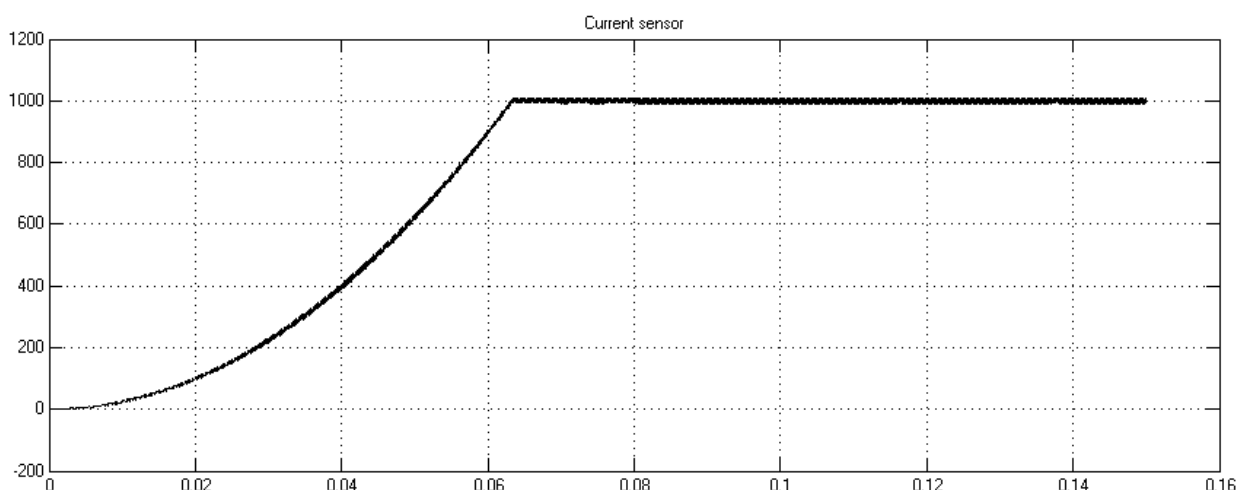


Рисунок 3.33 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.34.

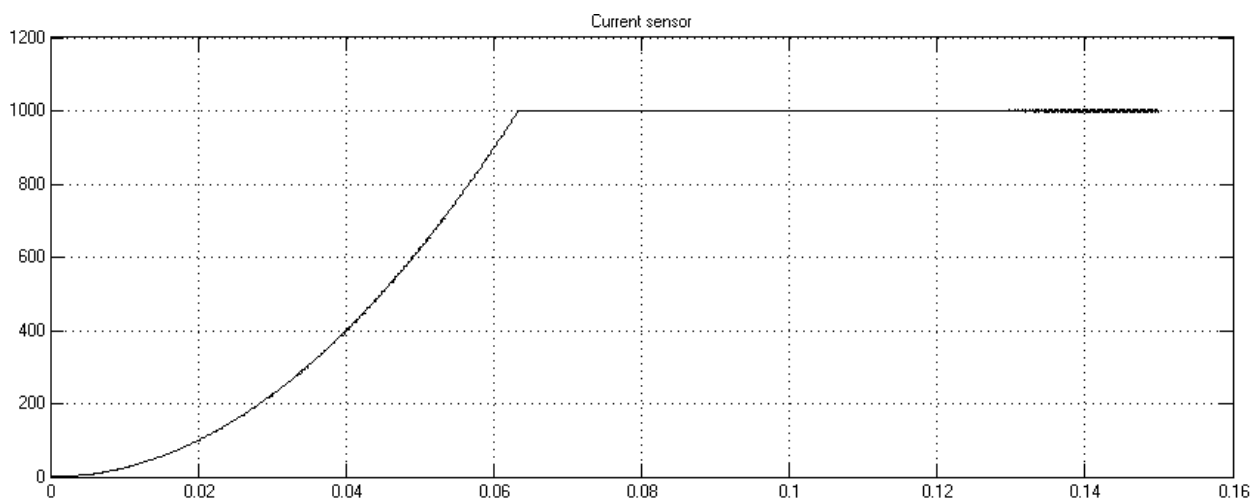


Рисунок 3.34 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.35.

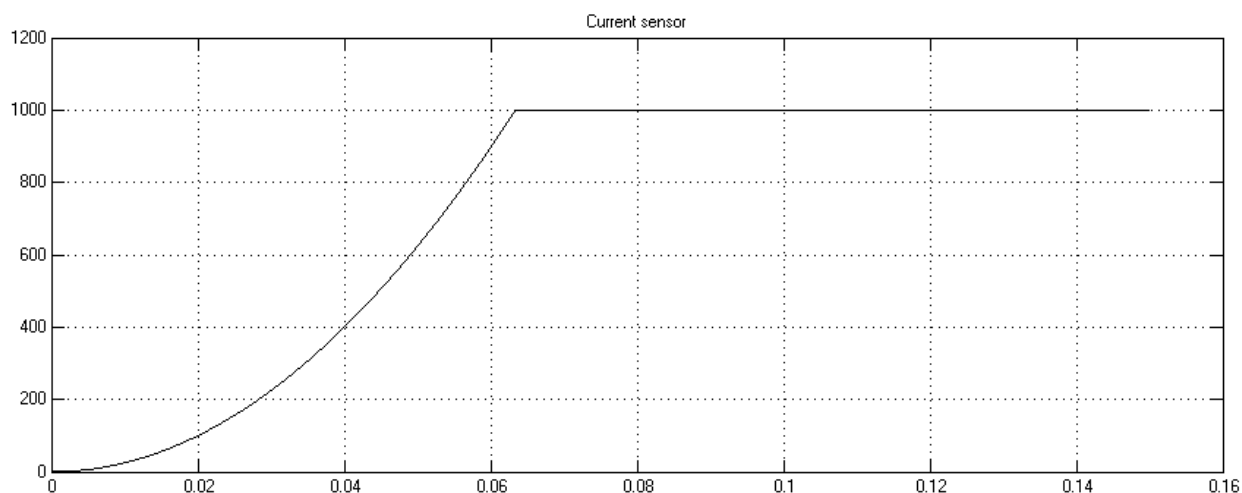


Рисунок 3.35 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.36.

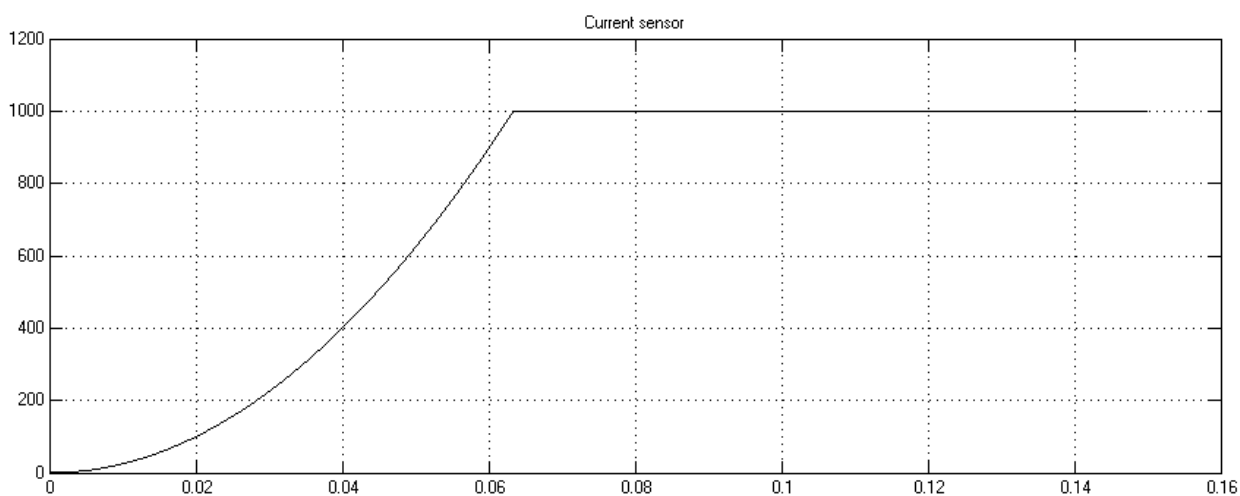


Рисунок 3.36 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

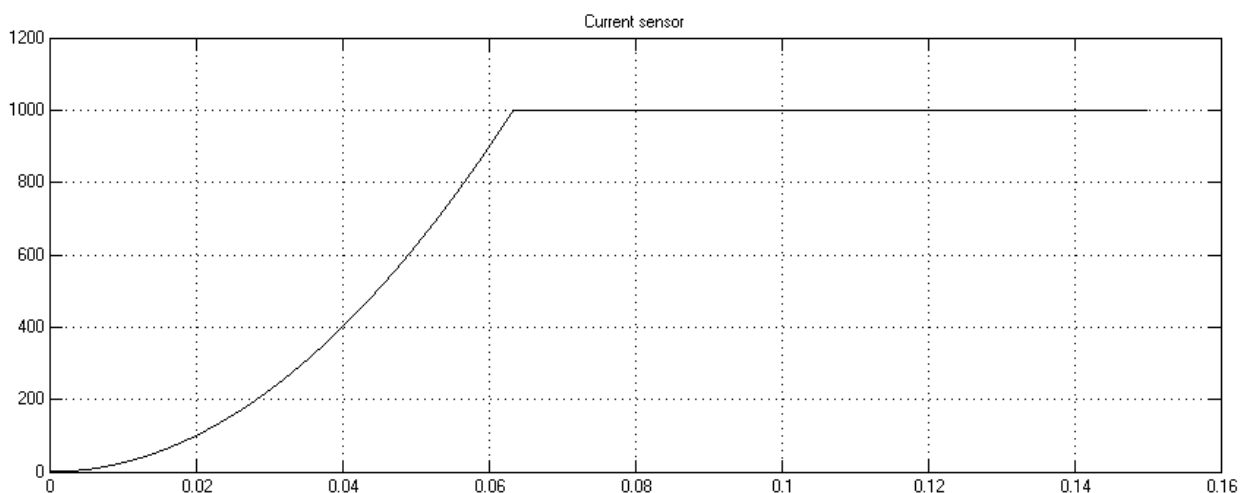


Рисунок 3.37 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.37.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Проведемо моделювання системи з урахуванням диференційної нелінійності 1 LSB.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.38.

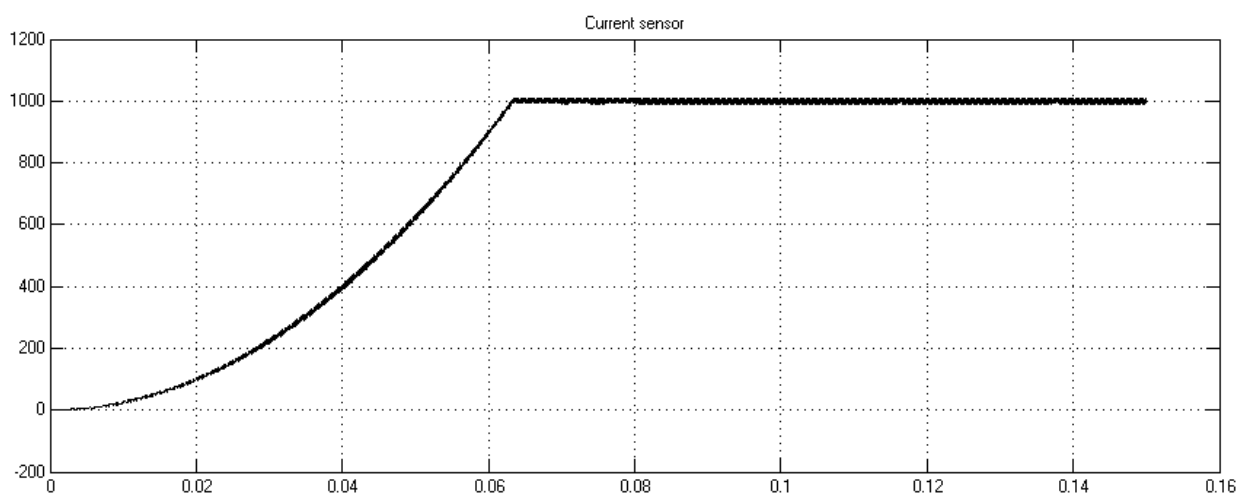


Рисунок 3.38 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.39.

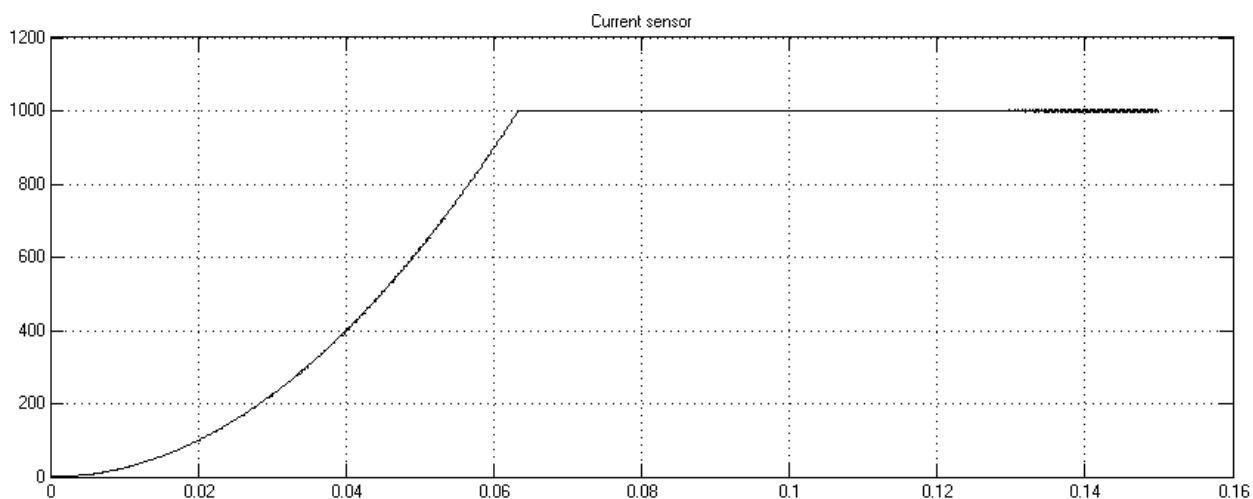


Рисунок 3.39 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.40.

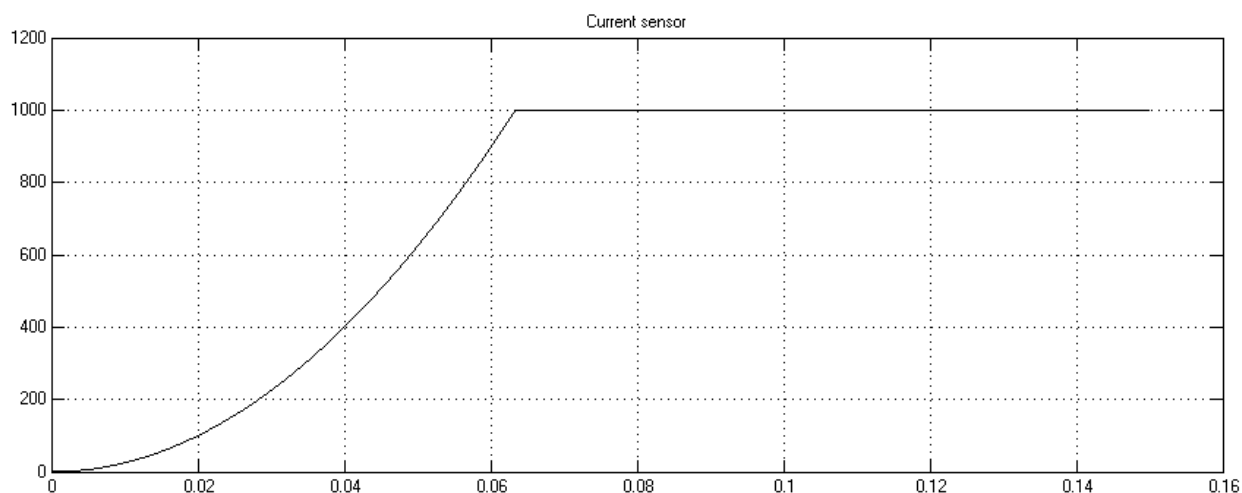


Рисунок 3.40 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.41.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.42.

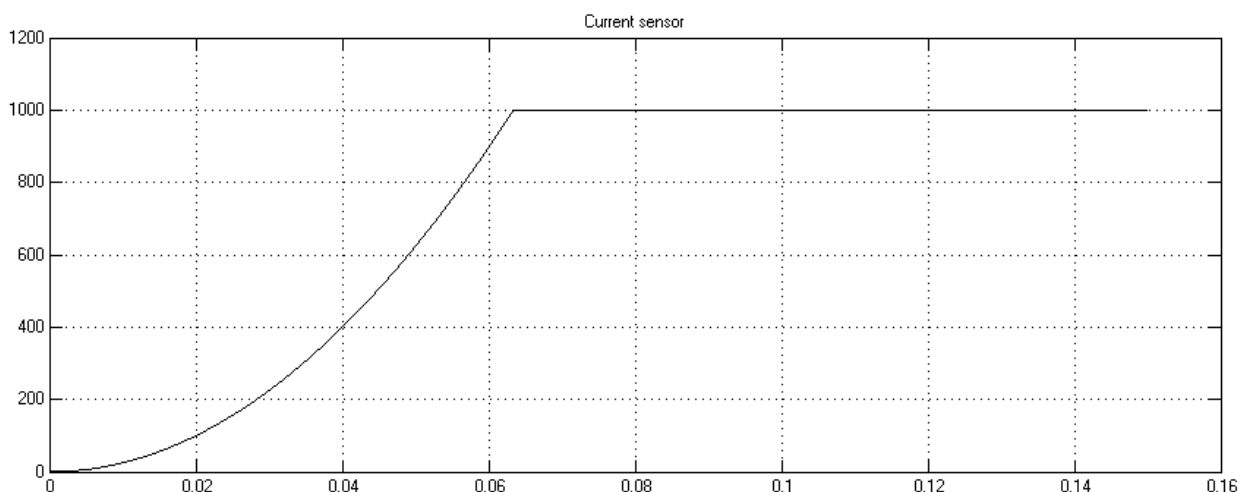


Рисунок 3.41 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

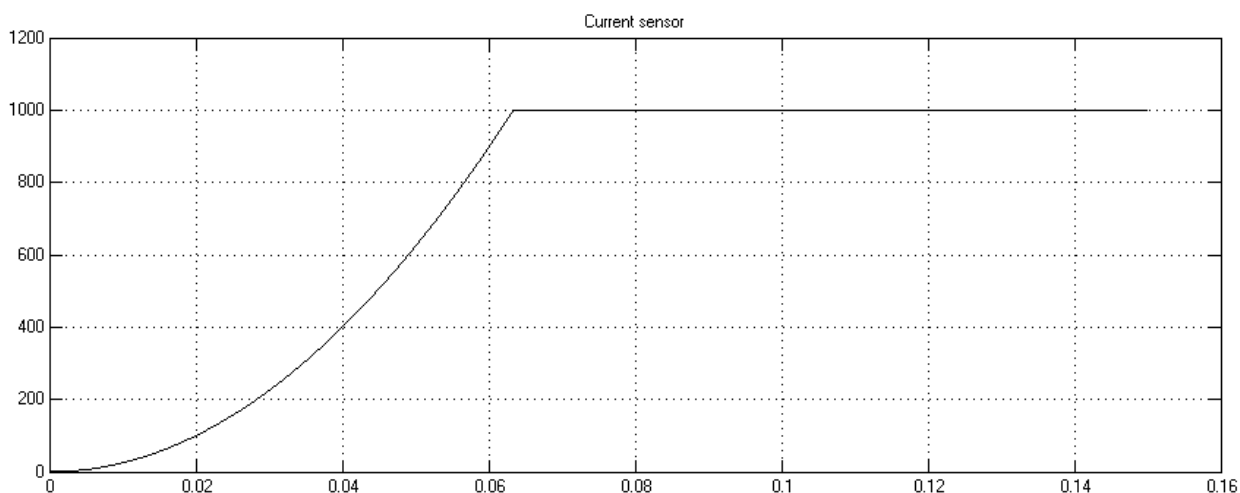


Рисунок 3.42 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Проведемо моделювання системи з урахуванням диференційної нелінійності 2 LSB. Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.43.

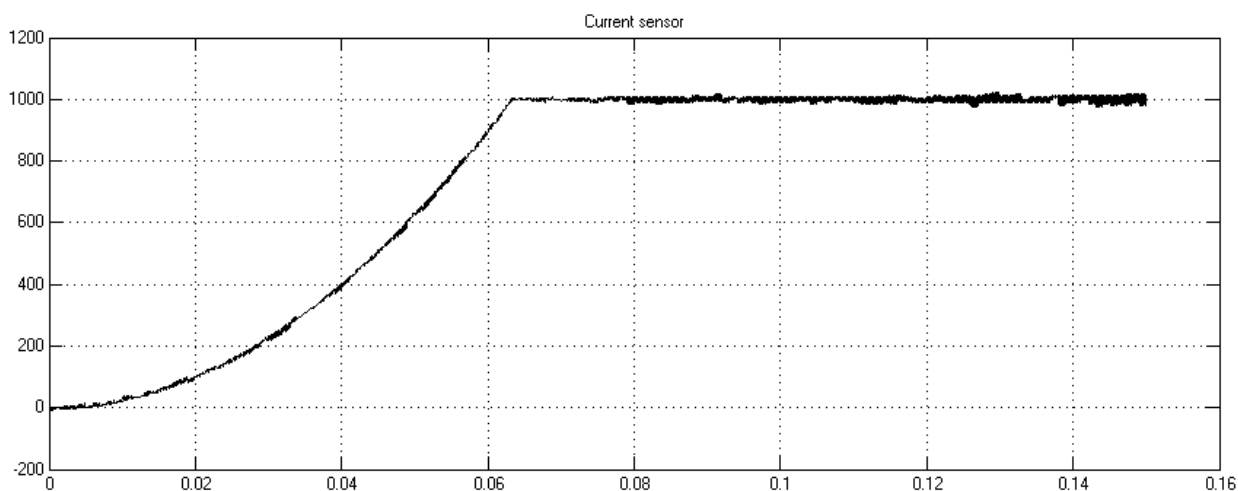


Рисунок 3.43 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.44.

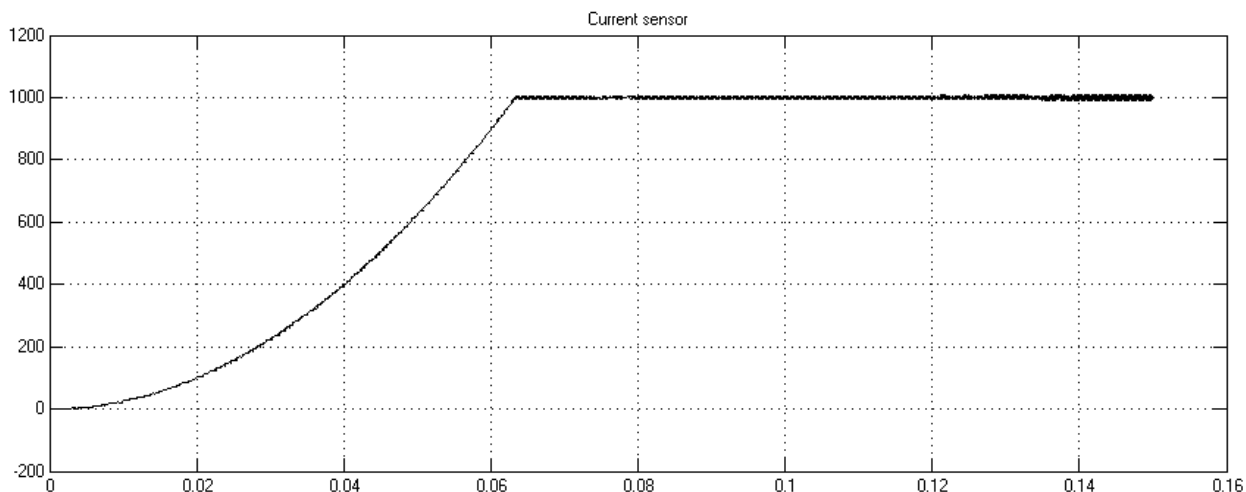


Рисунок 3.44 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.45.

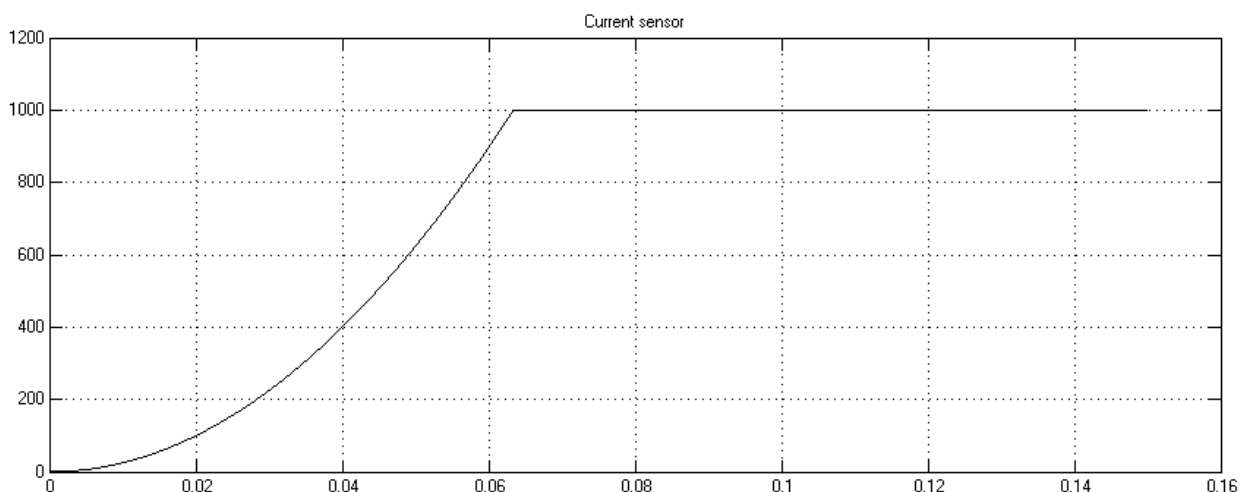


Рисунок 3.45 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.46.

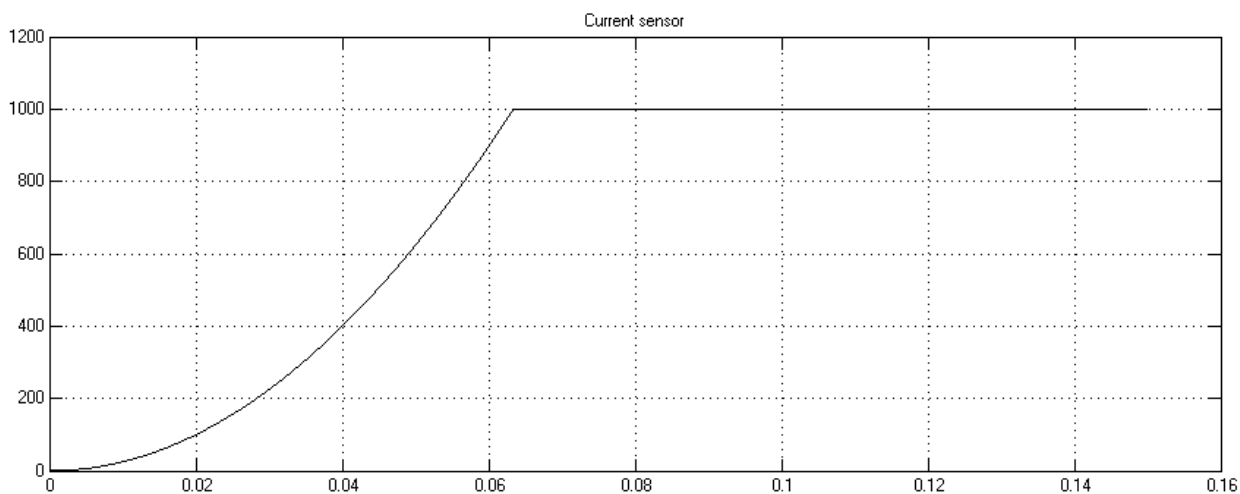


Рисунок 3.46 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.47.

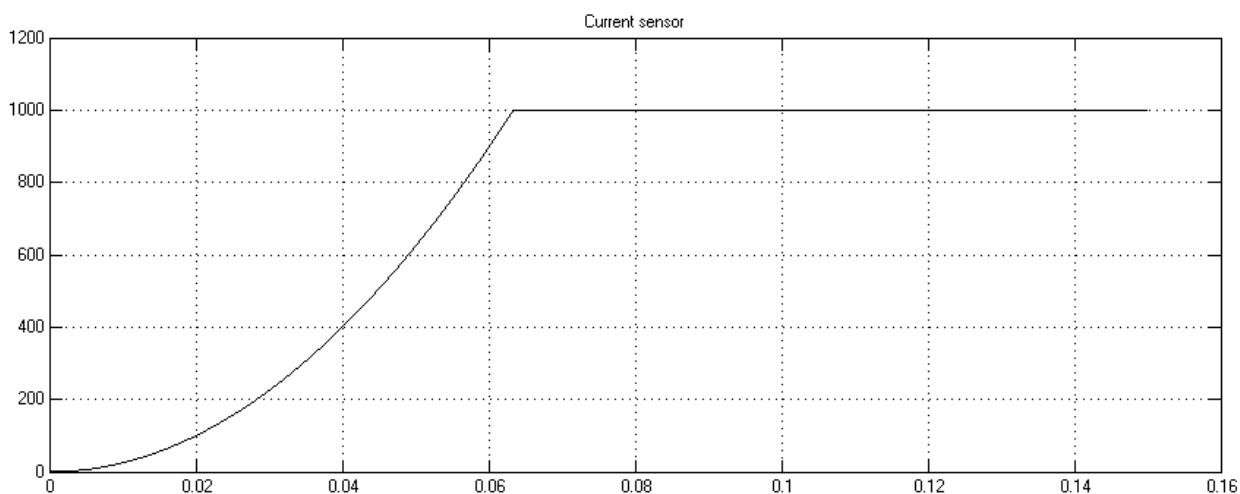


Рисунок 3.47 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Виходячи з цих даних можна зробити висновок що врахована диференційна не лінійність не вносить зміни в амплітуду автоколивань але при використанні аналого-цифрових перетворювачів меншої розрядності змінюється форма автоколивань, що веде до зміни середнього значення струму.

3.4 Дослідження впливу конвеєрної структури АЦП на якість регулювання ЦСК

На даний час однією з розповсюджених архітектур аналого-цифрового перетворення є конвеєрна[18]. Особливістю даної архітектури є затримка вихідного сигналу на декілька тактів тактування рисунок 3.48 [19].

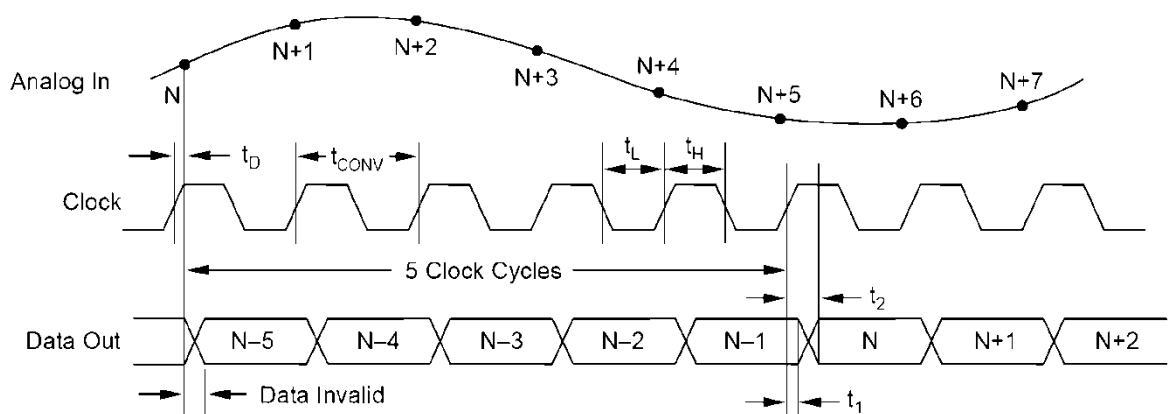


Рисунок 3.48 – Часові діаграми роботи АЦП конвеєрного типу ADS930[20]

Для урахування цього ефекту у моделі була передбачена можливість завдання затримки результатів перетворення. Проведемо моделювання з урахуванням затримки результатів перетворення у 5 тактів.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.49.

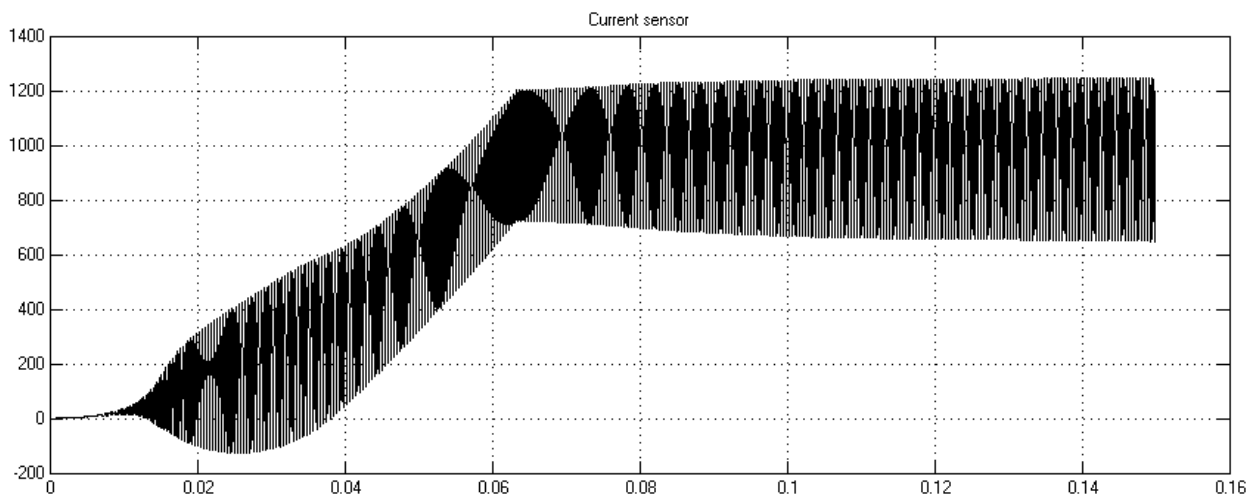


Рисунок 3.49 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.50.

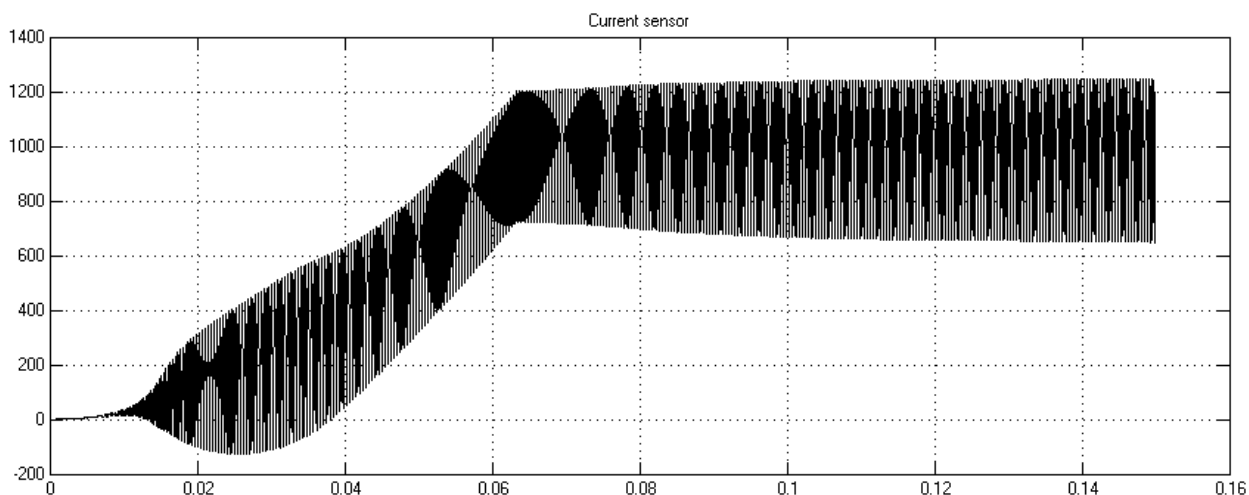


Рисунок 3.50 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.51.

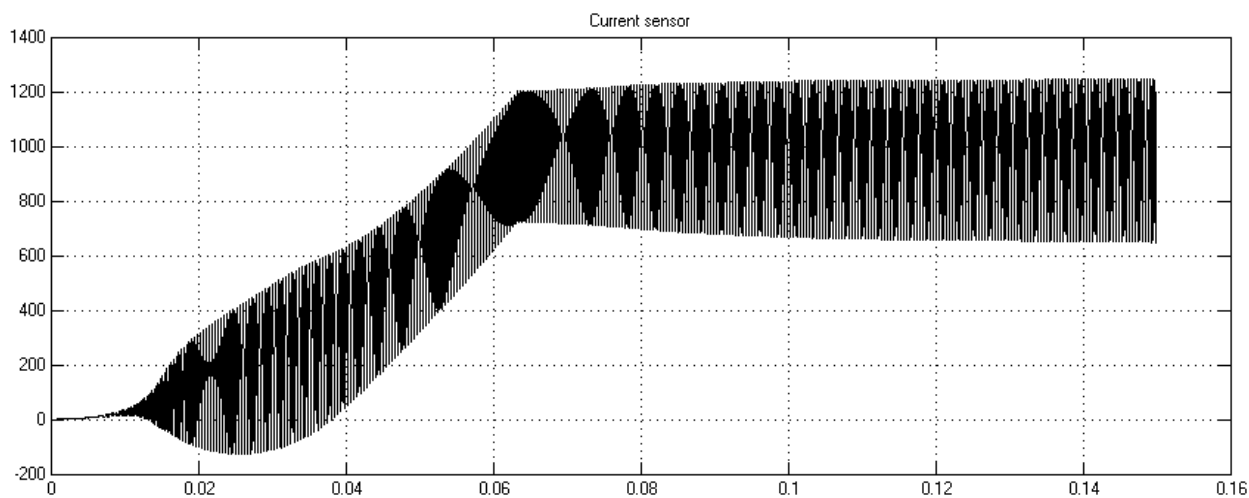


Рисунок 3.51 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.52.

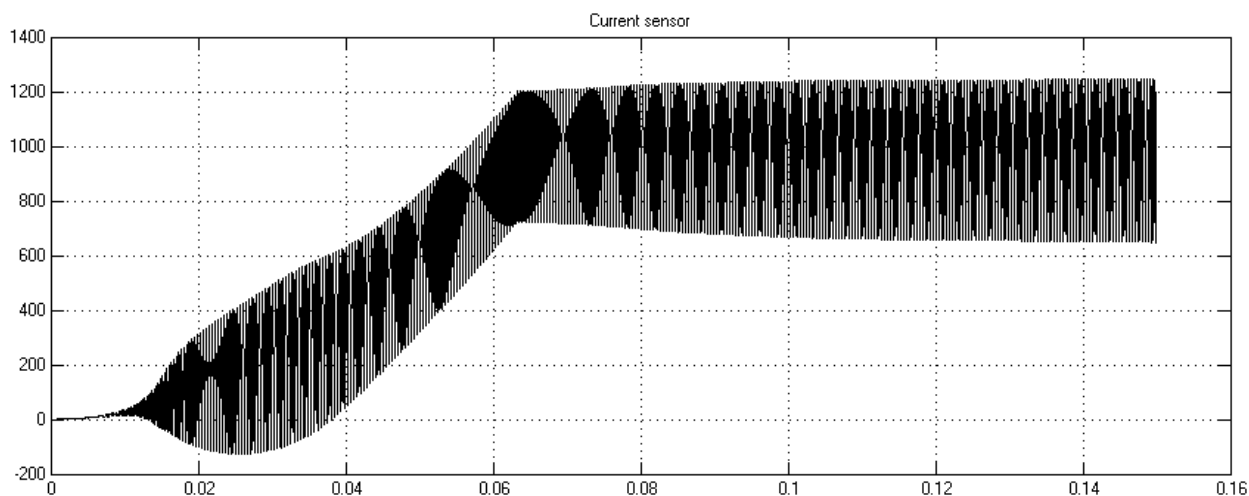


Рисунок 3.52 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 3.53.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Також незалежно від розрядності використаного аналого-цифрового перетворювача система має статичну помилку 10%, яка оцінювалась відносно середнього струму завдання.

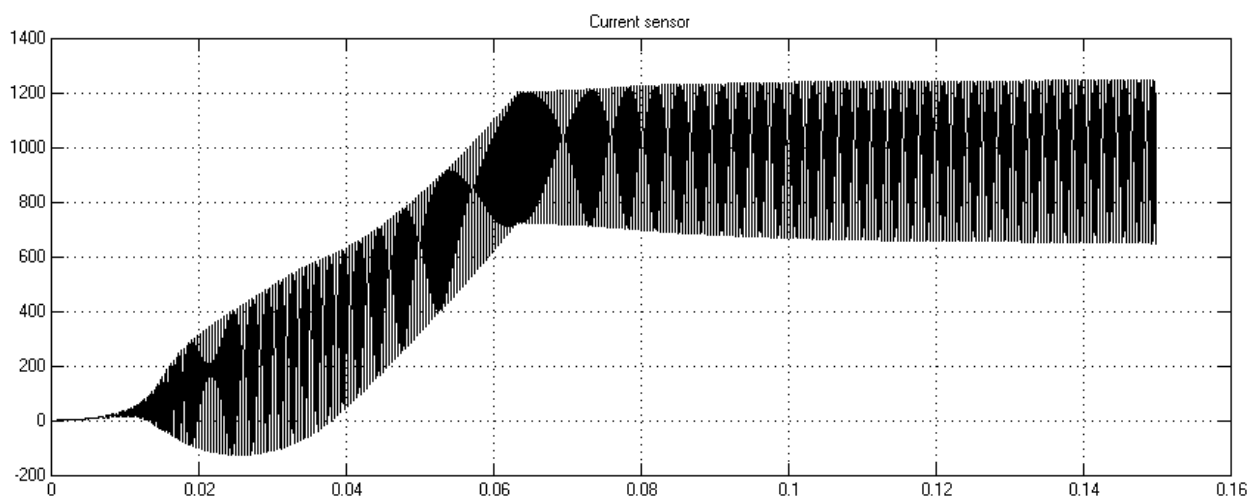


Рисунок 3.53 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт.

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 30% від сталого рівня.

Також незалежно від розрядності використаного аналого-цифрового перетворювача система має статичну помилку 10%, яка оцінювалась відносно середнього струму завдання.

3.5 Висновки до розділу 3

1. Дослідження впливу розрядності вказує на недоцільність надмірного її збільшення, так як багаторозрядні перетворення мають більшу часову складність і ускладнюють отримання достатніх рівнів частоти дискретизації.

2. Дослідження впливу частоти дискретизації на показник якості перехідного процесу показав, що зниження частоти супроводжується збільшенням коливальності, яке призводить до зниження якості керування. З іншого боку, збільшення частоти дискретизації до певного рівня призводить до зменшення амплітуди автоколивань, при чому надмірне збільшення частоти дискретизації призводить до незначного зменшення амплітуди автоколивань і є не раціональним.

3. Порівняльний аналіз впливу частоти дискретизації та розрядності на амплітуду автоколивань показав, що розрядність має меншу міру впливу. Таким чином, в якості основного параметра для синтезу схем аналого-цифрового перетворення є частота дискретизації.

4. Дослідження впливу затримки, яка вноситься аналого-цифровими перетворювачами конвеєрної архітектури вказує на те, що для забезпечення потрібних часу перетворювання частота дискретизації повинна бути більшою ніж у АЦП інших архітектур. Цей фактор зменшує доцільність використання конвеєрної архітектури в замкнутих системах керування.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

4.1 Розробка рекомендацій визначення раціональних значень частоти дискретизації і розрядності аналого-цифрового перетворювання

З урахуванням викладеного у попередньому розділі, можна зробити висновок щодо необхідності розробки рекомендацій по вибору раціональних значень частоти дискретизації та розрядності аналого-цифрового перетворювання.

Слід зазначити, що діапазон визначення частоти дискретизації обмежується як з боку зменшення, так і з боку збільшення. Так, відповідно до теореми Котельникова-Найквіста, для уникнення вірогідності втрати інформативних даних підчас аналого-цифрового перетворювання, частота дискретизації не може бути меншою за подвійну частоту аналогового сигналу. З іншого боку, як було визначено у розділі 3, надмірне збільшення частоти дискретизації збільшує інформативний потік обробки, збільшує часову складність процесу перетворення і, відповідно, інерційність контуру регулювання замкненої системи керування.

Таким чином, раціональне значення частоти дискретизації повинно бути більшим за подвійну частоту аналогового сигналу і задовольняти визначеному критерію якості регулювання – амплітуді автоколивань.

З іншого боку, зміна розрядності у бік збільшення дозволяє забезпечити достатній рівень автоколивань при меншій частоті дискретизації. З цього можна зробити висновок, що в якості базового параметру для пошуку раціональних параметрів аналого-цифрового перетворювання слід визначити частоту

дискретизації. При цьому, в якості компенсуючого параметру слід використовувати розрядність перетворення.

Відповідно до вищесказаного, пропонується наступний алгоритм визначення раціональних параметрів аналого-цифрового перетворення.

1. Встановлення частоти дискретизації на рівні, відповідному до теореми Котельникова-Найквіста і мінімальної розрядності перетворення.

2. Перевірка рівня автоколивань в контурі регулювання.

3. Якщо параметр якості не задовольняє визначеним потребам, то необхідно проводити збільшення частоти дискретизації з повторною перевіркою рівня автоколивань.

4. У разі відсутності отримання потрібного рівня якості керування при визначеній розрядності перетворення, необхідно збільшити розрядність і повторити дії, описані в п.п. 1-3 до остаточного отримання необхідного параметра якості керування. Значення частоти дискретизації та розрядності перетворення при яких було досягнуто необхідні параметри якості регулювання можна вважати раціональними.

Однак, слід зазначити, що наявна елементна база аналого-цифрових перетворювачів має обмежений спектр частот дискретизації і розрядності, що може призвести до неможливості реалізації отриманих, згідно вищенаведених рекомендацій, раціональних параметрів частоти дискретизації та розрядності. На рисунку 4.1 проілюстровані граничні параметри аналого-цифрових перетворювачів різних типів.

Згідно з рисунком 4.1, основним класом аналого-цифрових перетворювачів, який може бути використаний в широкому діапазоні частот і розрядностей, є АЦП конвеєрного типу. Однак, як було зазначено у розділі 3 цей клас аналого-цифрових перетворювачів не повною мірою відповідає вимогам використання їх у замкнених цифрових системах керування.

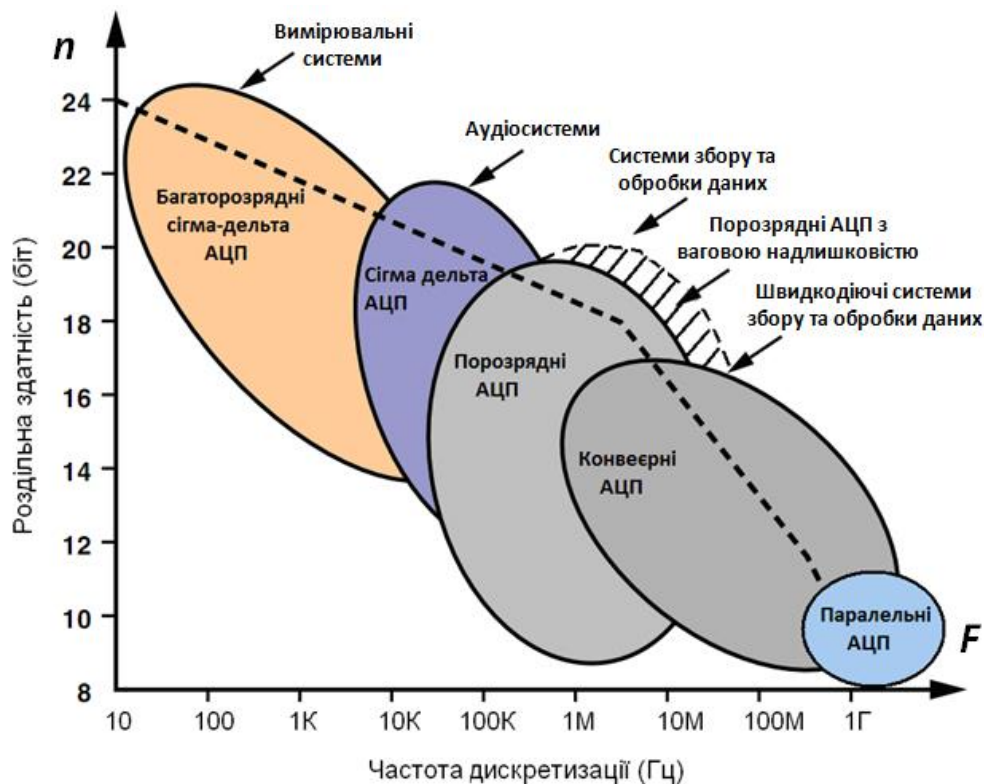


Рисунок 4.1 – Граничні параметри аналого-цифрових перетворювачів різних типів [21]

В цьому випадку доцільна розробка ефективних методів зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворювання, що дозволить практично реалізувати необхідні параметри якості регулювання в цифрових системах керування.

4.2 Метод зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворювання

Для зменшення часу аналого-цифрового перетворювання у порівнянні з АЦП конвеєрного типу пропонується використати паралельне включення декількох аналого-цифрових перетворювачів послідовного наближення [22].

Структурна схема паралельного ввімкнення АЦП наведена на рисунку 4.2

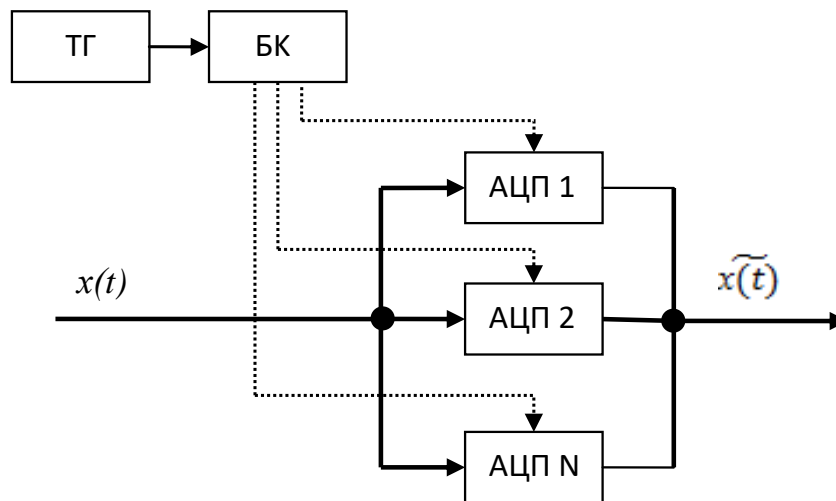


Рисунок 4.2 – Структурна схема паралельного ввімкнення АЦП

Імпульси від тактового генератора ТГ поступають на блок управління БУ, який формує імпульси трактування АЦП з частотою

$$F_T = \frac{F_E}{N}; \quad (4.1)$$

де N - кількість паралельно включених АЦП;

F_E - еквівалентна частота вибірки.

Імпульси тактування АЦП зрушені один відносно одного на період $1/F_E$. При цьому кожен АЦП починає перетворення із затримкою на один період тактового сигналу генератора. Загальний час перетворення визначатиметься часом перетворення одного АЦП. Завдяки такому принципу тактування АЦП, дані на виході схеми слідуватимуть з частотою F_E , яка перевищує частоту вибірки F_T кожного окремого АЦП в кількість разів, рівну кількості перетворювачів N . Процес перетворення ілюструють часові діаграми на рисунку 4.3.

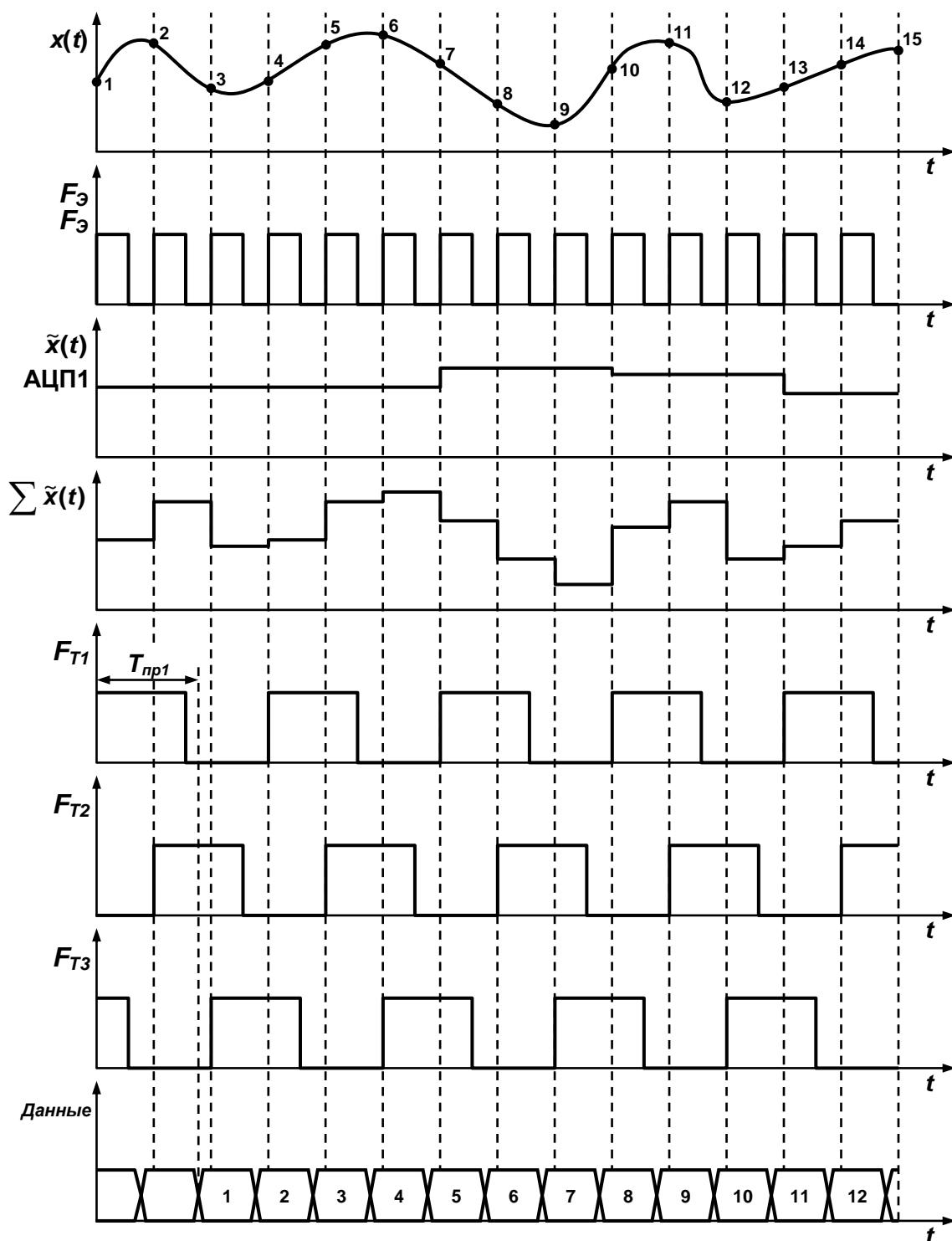


Рисунок 4.3 - Часові діаграми, що ілюструють процес перетворення

Розглянемо детальніше роботу схеми за допомогою часових діаграм на рисунку 4.3. Припустимо, в перший момент часу приходить тактовий імпульс, що запускає перетворення в першому АЦП, відбувається вибірка сигналу в точці 1. Процес перетворення займає час $T_{пр1}$. Фронт другого тактового сигналу

запускає перетворення в другому АЦП (точка 2), третього - в третьому АЦП (точка 3). На цей момент часу перетворення в першому АЦП буде завершено, і дані можна прочитувати. Після приходу четвертого тактового імпульсу відбувається нова вибірка першим АЦП і починається новий цикл перетворення, одночасно з цим буде закінчено перетворення в другому АЦП. По приходу п'ятого імпульсу почнеться перетворення в другому АЦП і завершиться в третьому. Таким чином, на виході схеми формуватимуться дані із затримкою в 3 періоди тактового сигналу. Проте вибірка здійснюватиметься з частотою в три рази вище за частоту вибірки одного АЦП.

Для реалізації схеми на рисунку 4.2 можна застосувати АЦП будь-якого типу з мінімальною затримкою отримання вихідних даних в межах одного тактового імпульсу або еквівалентного імпульсу управління, що запускає процес перетворення.

Оскільки АЦП конвеєрного типу містять зазвичай 5-8 перетворювальних каскадів, застосування описаного рішення при однакових частотах вибірки буде доцільне при кількості паралельно включених АЦП, меншому цього значення.

Так, наприклад, застосовуючи АЦП конвеєрного типу з частотою дискретизації 6 МГц, часом перетворення в 5 тактів, отримуємо затримку 0,83мкс.

При з'єднанні трьох АЦП послідовного наближення з частотою дискретизації 2МГц, отримуємо еквівалентну частоту вибірки 6 МГц, затримки перетворення 0,5мкс.

Для оцінки роботи запропонованого рішення проведемо моделювання системи з урахуванням паралельного включення трьох АЦП с частотою дискретизації 2 МГц за запропонованим алгоритмом

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 4.4.

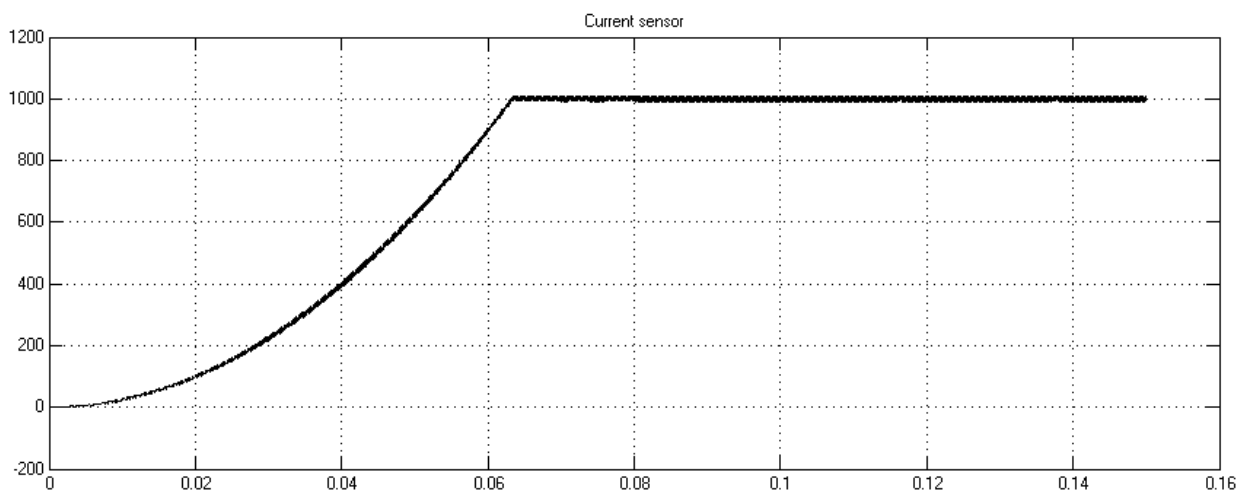


Рисунок 4.4 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 8 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 4.5.

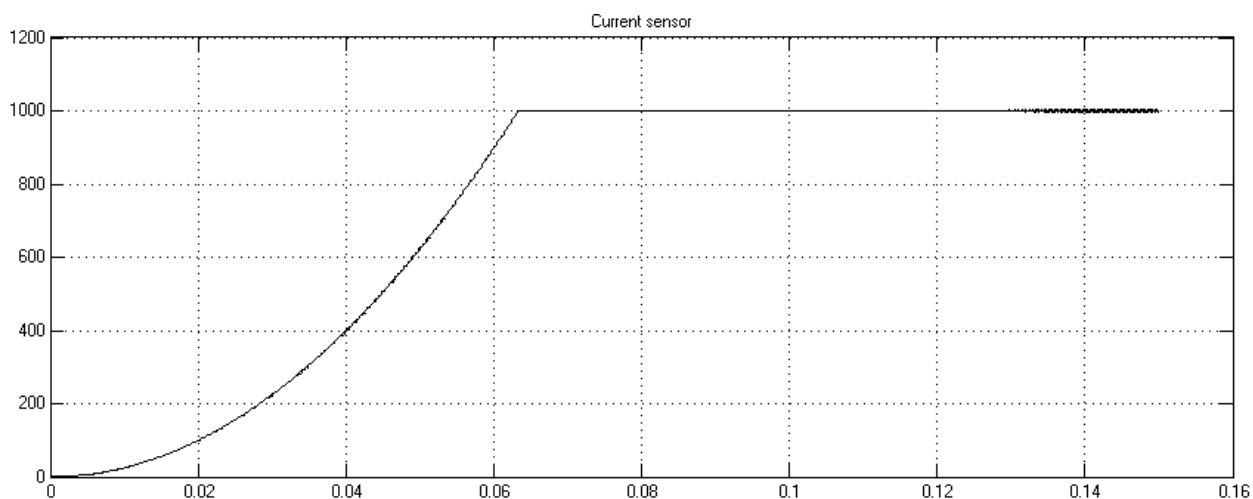


Рисунок 4.5 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 10 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струмі спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,25% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 4.5.

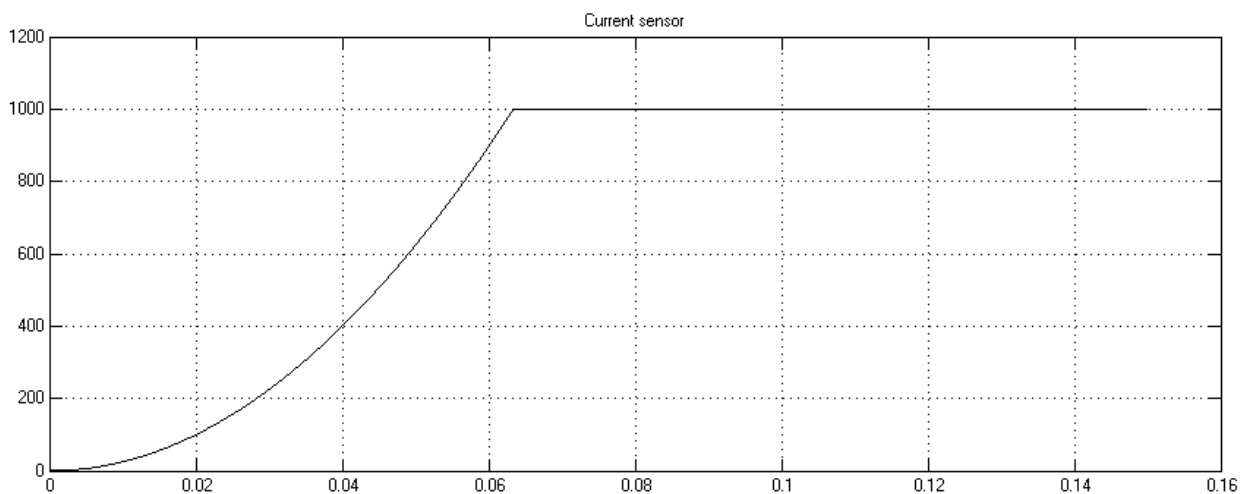


Рисунок 4.6 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 12 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 4.7.

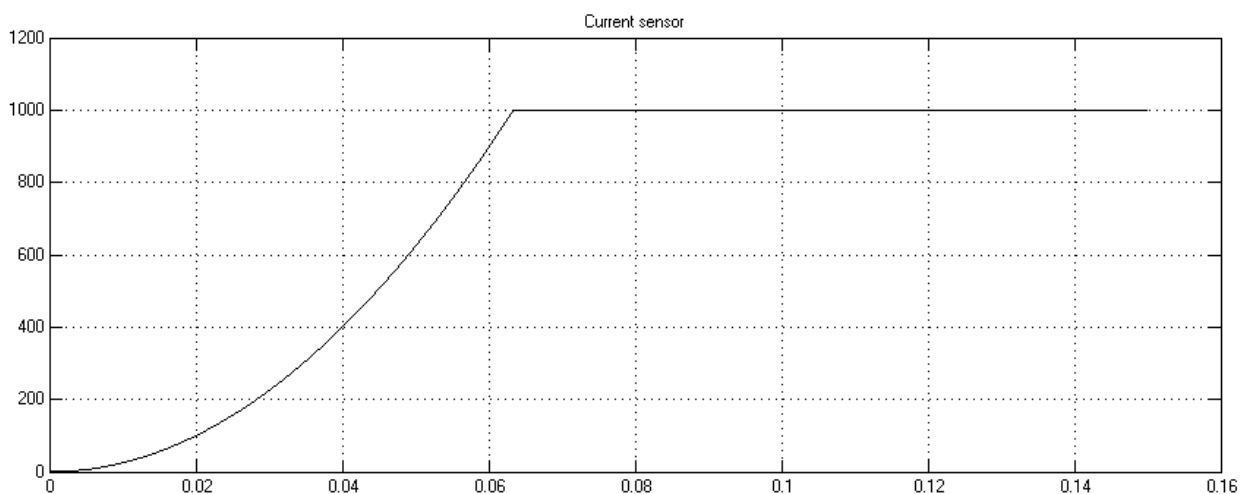


Рисунок 4.7 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 14 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт при дії робочого сигналу завдання наведено на рисунку 4.8.

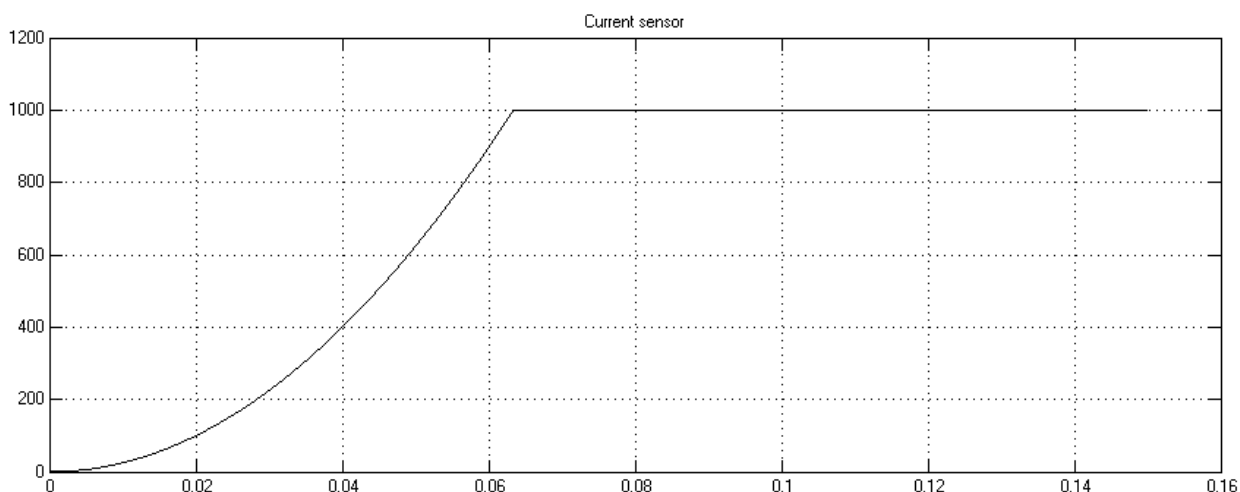


Рисунок 4.8 - Результат моделювання системи з урахуванням розрядності 16 біт

При заданих параметрах моделі у вихідному струму спостерігаються автоколивання, максимальна амплітуда яких складає 0,1% від сталого рівня.

4.3 Висновки до розділу 4

1. Розроблені рекомендації стосовно визначення раціональних значень частоти дискретизації та розрядності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування.

2. Запропонований метод зменшення часової затримки аналого-цифрового перетворення за рахунок паралельного включення АЦП, який дозволяє отримати еквівалентну частоту вибірки сигналу F_E , рівну добутку частоти вибірки одного АЦП F_T на їх кількість N , а час перетворення складає N тактових імпульсів еквівалентної частоти.

3. Встановлено, що кількість паралельно включених АЦП доцільно обирати менше кількості ступенів конвеєра АЦП конвеєрного типу.

4. Використання таких структур в замкнутих системах управління об'єктами автоматизації дозволить підвищити запас стійкості і інші показники якості регулювання.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Умови експлуатації

Досліджувана система керування перетворювачем може бути використане на підприємствах промисловості, що пов'язана з машинобудуванням, металообробкою та інше. Пристрій встановлюється у окремій захисній шафі, що встановлюється в приміщенні цеху.

Досліджуваний електронний пристрій живиться від мережі змінної напруги 380 В, частотою 50 Гц, відноситься до класу, за величиною живлячої напруги до 1000 В. Приміщення в якому експлуатується електроустановка відноситься до особливо небезпечних приміщень за ступенем поразки електричним струмом. Оскільки присутні такі умови, що створюють підвищену небезпеку як струмопровідний пил, особливу вогкість, можливість одночасного дотику людини до маючих з'єднання із землею металоконструкціями будинку з одного боку, і до металевого корпусу електроустановки з іншого боку, а також хімічно активне середовище.

Пристрій встановлюється в приміщенні, що має категорію пожежонебезпечності - Г. На виробничих площах, де експлуатується електроустановка, є речовини, що не горять та матеріали в горючому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистої теплоти, іскор і полум'я; тверді речовини та гази, які спалюють або утилізуються як паливо. Зона розміщення електроустановки по класу вибухо- та пожежонебезпеки відноситься до класу В-Па (зона не має небезпечного стану за нормальних умов експлуатації, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей) і П-Па (зона із твердими горючими речовинами) відповідно.

5.2 Заходи щодо забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в атмосфері робочої зони

Відповідно до категорії робіт параметри мікроклімату відповідають оптимальним. Оптимальні та припустимі параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні наведені у таблиці 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 - Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні промислового приміщення[23]

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, φ%	Швидкість руху повітря, υ м/с
Холодний і перехідний періоди (температура зовнішнього повітря нижче +10°С)	18 - 20	40 - 60	≤ 0,2
Теплий період (температура зовнішнього повітря +10°С та вище)	21 - 23	60 - 40	≤ 0,3

Таблиця 5.2 – Допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення[23]

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, φ %	Швидкість руху повітря, υ м/с
Холодний і перехідний періоди (температура зовнішнього повітря нижче +10°С)	17 - 23	75	≤ 0,3
Теплий період (температура зовнішнього повітря +10°С та вище)	18 - 27	60	≤ 0,2 – 0,4

Гранично припустима концентрація шкідливих речовин які виділяються у робочій зоні, де експлуатується електроустановка дорівнює для пилу 2 - 6 мг/м³, двоокису вуглецю 20 мг/м³. При проведенні ремонтних робіт також зміст припою (олов'яно-свинцевого) 0,0017 мг/м³.

2.7 Заходи щодо охорони праці

Для забезпечення безпеки експлуатації електроустановки застосовані наступні заходи щодо охорони праці:

- а) організаційні й технічні заходи;
- б) застосування захисних засобів;
- в) захист від випадкового дотику до струмоведучих частин;
- г) контроль і профілактика ушкоджень ізоляції;
- д) заземлення;
- е) захисні відключення;
- ж) сигналізація;
- з) захист від переходу високої напруги в мережу низької напруги;
- к) подвійна ізоляція.

Організаційними заходами, які забезпечують безпеку робіт з електроустановкою, є:

- а) затвердження переліку робіт, які виконуються за нарядом, розпорядженням і у порядку поточної експлуатації;
- б) призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- в) оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;
- г) підготовка робочих місць;
- д) допуск до роботи;
- е) нагляд під час виконання робіт;
- ж) переведення на інше робоче місце;
- з) оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Технічними заходами, що забезпечують безпеку робіт, є:

а) підготовка робочого місця.

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів:

1) здійснити необхідні відключення та вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;

2) вивісити заборонні плакати на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комутаційною апарату;

3) перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;

б) встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);

в) обгородити, за необхідності, робочі місця або струмоведучі частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов, струмоведучі частини обгородити до чи після їх заземлення. Для тимчасового обгороджування струмоведучих частин, що залишилися під напругою, можуть застосовуватися щити, ширми, екрани тощо, виготовлені з ізоляційних матеріалів;

г) зняття напруги. У разі роботи на струмоведучих частинах, що потребують зняття напруги, повинні бути вимкнені:

1) струмоведучі частини, на яких буде виконуватися робота;

2) необгороджені струмоведучі частини, до яких можливе наближення людей, або ремонтного оснащення та інструменту, механізмів і вантажопідіймальних машин;

3) перевірка відсутності напруги. Перевіряти відсутність напруги необхідно покажчиком напруги заводського виготовлення, справність якого перед застосуванням слід перевірити за допомогою призначених для цього спеціальних приладів або наближенням до струмоведучих частин, розташованих поблизу, які явно перебувають під напругою;

д) встановлення заземлення. Встановлювати заземлення на струмоведучі частини необхідно безпосередньо після перевірки відсутності напруги. Переносні заземлення спочатку треба приєднати до заземлювального пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, встановити на струмоведучі частини. Знімати переносне заземлення необхідно в зворотній послідовності: спочатку зняти його зі струмоведучих частин, а потім від заземлювального пристрою;

е) зберігання та облік заземлень. Комплекти переносних заземлень мають бути пронумеровані і зберігатися у відведених для цього місцях. Спеціальні місця для розвішування або укладання переносних заземлень мають бути позначені відповідно до номерів, що мають ці комплекти.

5.3.1 Розрахунок захисного заземлення приладу

Умовою для прийняття вихідних параметрів для розрахунку захисного заземлення є умови експлуатації пристрою, що розглянуті у пункті 4.1. Вихідні параметри для розрахунку захисного заземлення наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вихідні параметри для розрахунку заземлення

Напруга пристрою, В	Режим нейтралі	Грунт	Питомий опір ґрунту	Природний заземлювач
380	нейтраль відсутня	глина	60	відсутній

Відповідно до [25] проведемо розрахунок захисного заземлення.

Визначаємо припустимий опір заземлюючого пристрою R_d .

Найбільш припустимий опір $R_{пр}$ захисних заземлень в електроустановках напругою до 1000 В приймається 4 Ом.

Питомий опір ґрунту, у якому передбачається розміщати електроди заземлення $\rho_{\text{вим}} = 60$ (Ом·м).

З урахуванням субконтинентальної кліматичної зони, для встановлення захисного заземлення, в якій знаходиться Україна приймаємо кліматичний коефіцієнт за середньої вологості: $\psi = 1,3$

Розрахунковий питомий опір ґрунту ρ з урахуванням кліматичного коефіцієнта знаходимо за формулою (5.1).

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi, \quad (5.1)$$

$$\rho = 60 \cdot 1,3 = 78 (\text{Ом} \cdot \text{м})$$

Потрібний опір штучних заземлювачів за відсутності природних заземлювачів не повинен перевищувати припустимого опору заземлюючого пристрою і приймається у відповідності до формули (5.2).

$$R_n \leq R_{\text{пр}}; \quad (5.2)$$

де R_n – потрібний опір штучного заземлення, Ом;

$R_{\text{пр}}$ – припустимий опір, Ом.

Приймаємо потрібний опір штучних заземлювачів рівним 4 Ом.

Попередньо обираємо конфігурацію заземлення з урахуванням можливості розміщення його на відведеній території у вигляді горизонтальних та вертикальних електродів.

У якості вертикальних заземлювачів обираємо пруткову сталь діаметром 10 мм і довжиною 5 м. Відстань між електродами 5 м. Як горизонтальні електроди також вибираємо сталь круглого перетину не менш 6 мм. Глибина закладання заземлювача 0,7 метрів.

Відповідно до ПУЕ припустимий опір заземлюючого пристрою R_z з урахуванням питомого опору ґрунту $\rho_{\text{ґр}}$ визначається за формулою (5.3).

$$R_3 = \frac{\rho_{zp}}{100} \cdot R_{3н}, \quad (5.3)$$

$$R_3 = \frac{60}{100} \cdot 4 = 2,4(Ом)$$

Опір розтіканню вертикального заземлювача R_B :

$$R_e = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (4.4)$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

l – довжина вертикального заземлювача, м;

d – діаметр вертикального заземлювача, м;

t – відстань від поверхні закладення заземлювача до середини довжини вертикального заземлювача, м.

Відстань поверхні закладання заземлювача до середини довжини вертикального заземлювача визначаємо за формулою (5.5).

$$t = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l; \quad (5.5)$$

де t_0 – глибина закладення заземлювача, м.

$$t = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 5 = 3,2(м),$$

$$R_e = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,01} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 2,484 \cdot (6,91 + 0,412) = 18,2(Ом);$$

Кількість вертикальних заземлювачів n знаходимо за формулою (5.6).

$$n = \frac{R_6}{R_3 \cdot \eta_e}; \quad (5.6)$$

де η_e - коефіцієнт використання заземлювачів, що враховує взаємне екранування.

У відповідності до довідника [26] обираємо коефіцієнт використання η_e з урахуванням інтерполяції 0,6.

$$n = \frac{18,2}{2,4 \cdot 0,6} = 12,64$$

Обираємо до встановлення 13 вертикальних заземлювачів пруткової сталі.

Довжину горизонтального заземлювача за розположенням заземлювача за контуром вираховуємо за формулою (5.7).

$$l_2 = 1,05 \cdot a \cdot n; \quad (5.7)$$

де a – відстань між електродами, м.

$$l_2 = 1,05 \cdot 5 \cdot 13 = 68,25(\text{ м })$$

Опір розтікання горизонтального заземлювача R_r :

$$R_r = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_2} \cdot \ln \frac{l_2}{dt}, \quad (5.8)$$

$$R_2 = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 68,25} \cdot \ln \frac{68,25^2}{0,01 \cdot 0,7} = 0,182 \cdot 13,41 = 2,44(\text{Ом})$$

Дійсний опір розтікання горизонтального заземлювача R_r' з урахуванням коефіцієнту використання:

$$R_2' = \frac{R_2}{\eta_2}, \quad (5.9)$$

де η_r – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів відповідно до довідника [26].

$$R_2' = \frac{2,44}{0,28} = 8,71(\text{Ом})$$

Еквівалентний опір струму розтікання штучних заземлювачів $R_{шз}'$ знаходимо за формулою (5.10).

$$R_{шз}' = \frac{R_g \cdot R_2}{R_g \cdot \eta_2 + R_2 \cdot n \cdot \eta_B}, \quad (5.10)$$

$$R_{шз}' = \frac{18,2 \cdot 2,4}{18,2 \cdot 0,28 + 2,4 \cdot 13 \cdot 0,6} = \frac{43,68}{23,816} = 1,834(\text{Ом})$$

Отримане значення $R_{шз}'$ не перевищує розрахунковий припустимий опір заземлювачів з урахуванням питомого опору ґрунту.

Розраховуємо еквівалентний опір заземлювачів R_3' за формулою (5.11).

$$R'_3 = \frac{R'_{шз} \cdot R_3}{R'_{шз} + R_3}, \quad (5.11)$$

$$R'_3 = \frac{8,71 \cdot 2,4}{8,71 + 2,4} = 3,31(\text{Ом})$$

Еквівалентний опір розтікання заземлювачів не перевищує припустимого опору у 4 Ом.

5.3.2 Заходи щодо забезпечення нормованого рівня освітленості робочої зони

При проведенні ремонтних робіт що відносяться до розряду зорових робіт Шв, при розмірах застосованих у пристрої елементів від 0,3 до 0,5 значення штучного освітлення відповідає згідно СНиП II-4-79: 750 лк для комбінованого освітлення та 300 лк для загального освітлення[27,28].

Визначимо коефіцієнт природного освітлення ϵ_H^{VI} для VI поясу світлового клімату за формулою (4.12).

$$\epsilon_H^{VI} = \epsilon_H^{III} \cdot m \cdot c, \quad (5.12)$$

де ϵ_H^{III} – коефіцієнт природного освітлення, %;

m – коефіцієнт світлового клімату ($m = 0,9$ – для Луганської обл.);

c – коефіцієнт сонячності, який залежить від орієнтації світлового отвору за сторонами горизонту ($c = 0,7$ – при орієнтуванні вікон на південь).

$$\epsilon_H^{VI} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,756 (\%)$$

Рівень шуму, що виробляється електроустановкою, не перевищує припустимих 60 дБ при експлуатації його в цехових або лабораторних умовах

потребуючої зосередженості при проведенні вимірювальної і аналітичної роботи.

5.3.3 Світлотехнічний розрахунок методом коефіцієнтів світлового потоку

Параметри для розрахунку:

Довжина цеху – 76 м.

Ширина – 20 м.

Висота – 15 м.

Коефіцієнт стін, ρ_c – 30%

Коефіцієнт стелі, ρ_n – 50%

Висота робочої поверхні – 1,2 м.

Висота підвісу – 1 м.

Напруга мережі – 220 В.

Вибираємо світильник типу глибокоізлучатель дзеркальний відповідно з висотою приміщення[28].

Визначаємо розрахункову висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - (h_p + h_c), \quad (5.13)$$

де, h – розрахункова висота.

H – висота приміщення.

h_p – висота робочої поверхні від підлоги.

h_c – висота світла світильника від стелі.

$$h = 15 - (1,2 + 1) = 12,8$$

Визначаємо відстань між світильниками, приймаючи як вигідне відношення $L/H=0,91$

Тоді мінімальна відстань між світильниками:

$$L=0,91 \cdot 12,8=11,65 \text{ м}$$

Відстань до стін приймаємо 0,5.

Визначимо кількість рядів:

$$N = \frac{b}{L}; \quad (4.14)$$

де b - ширина приміщення

L - відстань між світильниками.

$$N = \frac{20}{11,65} = 1,72 \approx 2$$

Встановлюємо кількість світильників $n = 14$.

Відповідно до зазначених розмірів цеху і отриманими відстанями, розміщуємо світильники по цеху, як вказано на плані на рисунку 4.1.

Вибираємо норму освітленості для даного виробництва, вважаючи, що обробляються деталі з точністю до 1 мм, що відповідає освітленості, створюваної світильниками загального освітлення, 30 лк, котра становить 10% від нормованої освітленості.

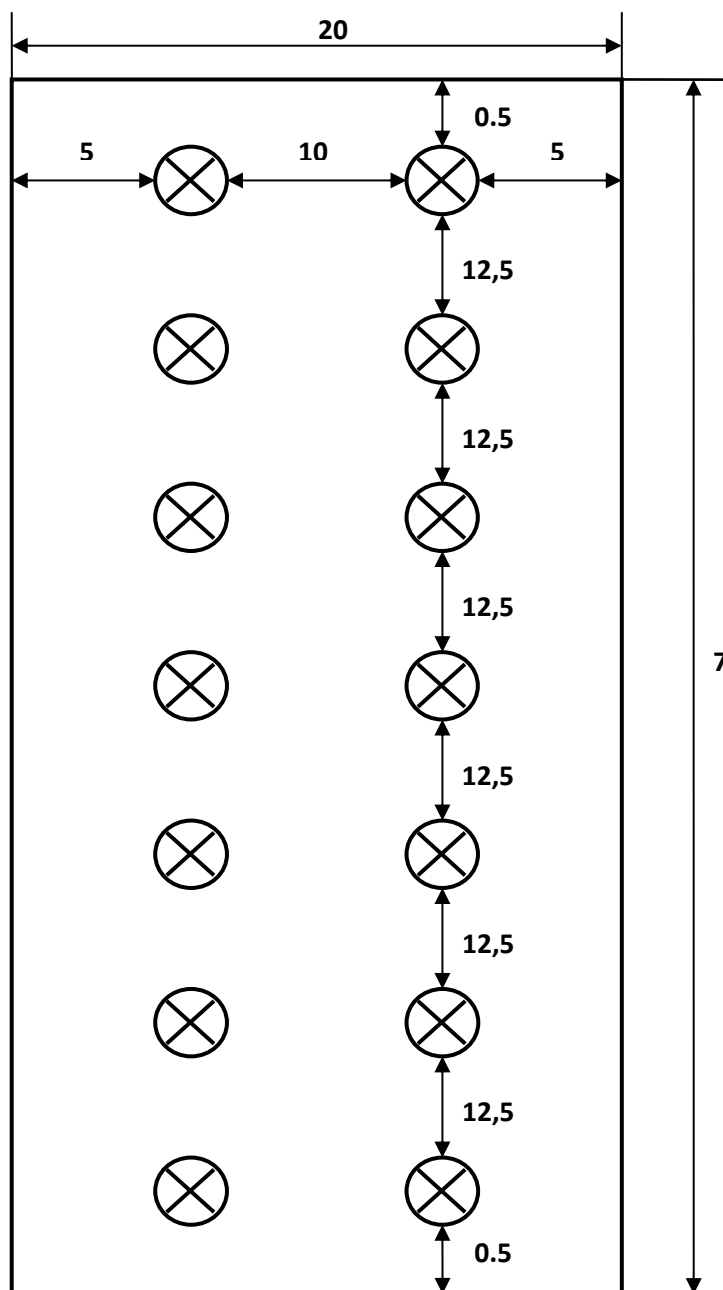


Рисунок 5.1 – План розміщення світильників у цеху

Визначаємо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (5.15)$$

$$i = \frac{76 \cdot 20}{9,8 \cdot (76 + 20)} = 1,62$$

За отриманими даними знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку $K_{и} = 0,62$, вважаючи коефіцієнт відбиття стін і стелі рівним відповідно 30% і 50%.

Знаходимо розрахунковий світловий потік однієї лампи:

$$F_p = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{n \cdot k_{и}}, \quad (5.16)$$

де F_p – розрахунковий світловий потік однієї лампи.

E_n – нормована освітленість загального освітлення в цеху (при 30 лм).

k_z – коефіцієнт запасу.

S – площа приміщення.

Z – постійний коефіцієнт 1,3.

n – кількість світильників.

$k_{и}$ – табличні дані.

$$F_p = \frac{30 \cdot 1,3 \cdot 1520 \cdot 1,3}{14 \cdot 0,62} = 8878.$$

Підбираємо за довідником найближчу по світловому потоку лампу:

НГ 220-1000 потужністю 1000 Вт і напругою 220 В, $F_{л} = 9500$ лм.

Перераховуємо фактичну освітленість при вибраній потужності лампи:

$$E = \frac{E_n \cdot F_{л}}{F_p}, \quad (5.17)$$

$$E = \frac{30 \cdot 9500}{8878} = 32,1.$$

У приміщенні, де експлуатується пристрій, не є в наявності іонізуюче або електромагнітне випромінювання, а теплове випромінювання не перевищує норми.

5.4 Заходи щодо електробезпеки

Для захисту персоналу обслуговуючого електроустановку застосовуються наступні захисні засоби:

- а) ізолюючі кліщі;
- б) електровимірювальні кліщі;
- в) діелектричні рукавиці;
- г) діелектричні калоші;
- д) інструмент із ізольованими рукоятками;
- е) переносні заземлення;
- ж) ізолюючі накладки та діелектричні килими;
- з) переносні плакати й знаки безпеки;
- к) захисні каски;
- л) захисні окуляри.

Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин досягнутий шляхом встановлення на струмоведучі частини діелектричних кожухів, з розташуванням на них попереджуючих написів і знаків. Підведення живлення до електроустановки відбувається до закритих клемних колодок додатково захищених кожухом, що не мають відкритих струмоведучих частин.

Контроль і профілактику ушкоджень ізоляції здійснюють шляхом виміру опору ізоляції електроустановки:

- а) під час приємо–здавальних випробувань;
- б) періодично в процесі експлуатації, але не рідше одного разу на три роки;
- в) постійно в процесі експлуатації.

Обсяг і норми приймально–здавальних випробувань регламентують ПУЕ, ПТЕ, ПБЕЕП.

Під час випробування підвищеною напругою дефекти ізоляції виявляються внаслідок пробою та наступного пропалювання ізоляції

електричним струмом. Виявлені дефекти ізоляції усуваються, після чого повторно проводяться випробування виправленого обладнання.

Періодичний контроль ізоляції повинен проводитися на увімкненій установці.

Постійний контроль ізоляції проводиться під робочою напругою протягом усього часу роботи установки без автоматичного відімкнення. Вимір опору ізоляції проводиться за шкалою приладу постійного контролю ізоляції.

За зниження опору ізоляції до гранично допустимого або нижче прилад подає звуковий сигнал, світловий або обидва сигнали разом.

Встановлення занулення на проектованому пристрої не передбачено.

Опір контуру заземлення, що застосовується в електроустановці становить не менш 4 Ом. Огляд заземлення відбувається щоразу при проведенні ремонтних робіт, одночасно з оглядом електроустаткування, а також цехових і інших електроустановок. Вимір опору заземлення відбувається не рідше одного разу на рік. Заземлення встановлене на всіх частинах електроустановки, на які може бути подана напруга.

На випадок короткого замикання напруги живлення, або перегріву пристрою, передбачена система захисного відключення, побудована на автоматичних вимикачах, теплових реле та запобіжниках, з режимом спрацьовування на порядок нижче граничних параметрів перенапруги електронних приладів, елементів і ізоляційних покриттів струмоведучих систем.

Застосування гальванічної розв'язки в пристрої запобігає проникненню високої напруги до ланцюгів із низькою напругою.

Щоб забезпечити умови потенційної безпеки експлуатації проектованого пристрою, використовується сигналізація. Передбачена пізнавальна та аварійна сигналізація. Пізнавальна сигналізація показує наявність напруги (застосовуються лампи, світлодіоди та інше). Аварійна сигналізація дає візуальну інформацію про спрацьовування захисту.

Використовуються провідники "фаза А", "фаза В", "фаза С" – чорного кольору, з обов'язковим додатковим маркуванням провідників.

5.5 Заходи щодо пожежобезпеки

До засобів з пожежобезпеки належать:

- а) застосування засобів пожежної сигналізації;
- б) застосування засобів пожежогасіння;
- в) організаційні заходи.

Відповідно до [26], категорії приміщення приймаємо норми первинних засобів пожежогасіння. Засоби з пожежогасіння наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Засоби з пожежогасіння

Категорія приміщення	Площа, м ²	Вуглекислі вогнегасники ручні (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), шт.	Пінні, хімічні вогнегасники, шт.	Ящик з піском місткістю 0,5; 1,0; 3,0 м ² та лопата, шт.	Волок, кошма або азбест (1×1; 2×1,5; 2×2 м), шт.
Г	700	1	2	2	2

Окрім пожежного обладнання, вказаного в таблиці, повинні бути розміщені пожежні пункти (шафи, щити) з наступним мінімальним набором пожежного обладнання, що наведений у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Кількість обладнання розміщеного на пожежному пункті

Найменування інвентарю	Кількість, шт.
Сокира	2
Лом та лопата	2
Багор залізний	2
Відро, викрашене у червоний колір	2

Для пожежної сигналізації передбачений тепловий оповіщувач АТІМ – 1, у якому замикання контактів відбувається внаслідок теплової деформації

біметалічної пластини. Він працює за температури 60°C і має розрахункове обслуговування до 15 м^2 . Крім того в цеху встановлено кнопковий оповіщувач ручної дії, кнопка якого захищена склом для уникнення випадкового натискання.

Як організаційні заходи передбачені також проведення протипожежного інструктажу та призначення відповідальних осіб, що стежать за справним станом і постійною готовністю засобів пожежогасіння і сигналізації. Відведені спеціальні місця для куріння.

5.6 Висновки до розділу 5

1. У даному розділі були розглянуті питання умов експлуатації проектного пристрою, визначені норми електро- та пожежобезпеки, а також заходи щодо забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в атмосфері робочої зони.

2. Було проведено розрахунок захисного заземлення та світлотехнічний розрахунок методом коефіцієнтів світлового потоку. За результатами розрахунку було обрано до встановлення 13 вертикальних заземлювачів пруткової сталі.

3. Для забезпечення нормальних умов праці було розраховано до встановлення на території цеху 14 світильників НГ 220-1000 потужністю 1000 Вт.

РОЗДІЛ 6

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

6.1 Прогнозування можливих НС на території об'єкта

За статистикою ризик виникнення надзвичайних ситуацій на території Луганської області залишається ще високим.

Це свідчить про те, що масштабність наслідків аварій, катастроф і стихійних лих ставить проблему попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій та мінімізації їх негативних наслідків у ряд найбільш актуальних і важливих завдань.

Разом з тим, практична діяльність органів управління та сил системи цивільного захисту, ефективність проведених заходів з попередження аварій, катастроф та інших надзвичайних ситуацій, не завжди відповідають вимогам забезпечення необхідного рівня безпеки людини на сучасному етапі розвитку суспільства.

Істотні недоліки в організації реагування на надзвичайні ситуації, прийняття своєчасних та адекватних рішень, а також проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт свідчать про недостатній рівень організації управління в надзвичайних ситуаціях.

Як свідчить аналіз, ці причини в більшості випадків пов'язані з відсутністю достатнього досвіду та необхідних знань керівників усіх ланок управління системи цивільного захисту.

Прогнозування надзвичайних ситуацій – це комплекс заходів, що проводяться вчасно і спрямовані на максимально можливе зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій. Також в цей комплекс входять заходи, спрямовані на збереження здоров'я людей, зниження розмірів шкоди природному середовищу і матеріальних втрат у разі їх виникнення.

Попередження надзвичайних ситуацій засноване на заходах, спрямованих на встановлення і виключення причин виникнення цих ситуацій, а також обумовлюють істотне зниження втрат і збитків у разі їх виникнення.

В Луганській області сформувалися три великі промислові вузли. Спеціалізацію Луганського вузла визначають підприємства машинобудування, металообробки та легкої промисловості; Алчевсько-Стахановського – підприємства вугільної, металургійної та машинобудівної; Лисичансько-Рубежансько-Северодонецького – підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості.

На території Алчевська можливі наступні надзвичайні ситуації:

- аварії на виробництві на ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (викид розплавленого металу і шлаку);
- аварії на ПАТ «Алчевськкокс», які можуть супроводжуватися викидами в атмосферу аварійно хімічно небезпечних речовин (АХНР), значним матеріальним збитком і великими людськими жертвами;
- пожежі, вибухи;
- сходження вагонів в організованому поїзді;
- сходження вагонів при маневрах;
- в холодний період року можливі рясні снігопади, в результаті яких може статися припинення вантажопасажирського сполучення;
- припинення подачі електроенергії;
- прорив центральної опалювальної системи.

Якість прогнозу надзвичайних ситуацій впливає на ефективність діяльності в області зниження ризиків їх виникнення і масштабів. Оцінка ризиків ведеться на основі банку даних, отриманого в результаті моніторингу та прогнозування, паспорта безпеки територій, декларацій безпеки промислових об'єктів.

В залежності від обстановки та масштабу прогнозованої або виниклої надзвичайної ситуації система моніторингу та прогнозування надзвичайних

ситуації може функціонувати в режимі повсякденної діяльності, режимі підвищеної готовності або режимі надзвичайної ситуації.

В цілому результати моніторингу та прогнозування є основою для розробки короткострокових, середньострокових, довгострокових програм, планів, а також прийняття відповідних рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. Без урахування даних моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій не можна планувати розвиток територій, приймати рішення на будівництво промислових і соціальних об'єктів, розробляти програми і плани щодо попередження і ліквідації можливих надзвичайних ситуацій.

6.2 Методи забезпечення захисту населення в надзвичайних ситуаціях

Захист населення в надзвичайних ситуаціях - одне з головних завдань цивільного захисту. Обсяг і характер захисних заходів визначається особливостями окремих районів і об'єктів, а також ймовірної обстановкою, яка може скластися в результаті хімічної, бактеріологічної (біологічної) і інших видів зараження.

6.2.1 Інженерні методи захисту

Інженерний захист населення - комплекс тих, що проводяться, в основному наперед, організаційних та інженерно - технічних заходів, спрямованих на запобігання або зниження втрат населення від джерел надзвичайних ситуацій шляхом укриття та забезпечення життєдіяльності населення в колективних способах захисту.

Основними інженерно - технічними заходами щодо захисту населення є:

- Укриття людей у пристосованих для їх захисту приміщеннях виробничих, цивільних і житлових будівель, а також у спеціальних захисних спорудах;

- Підвищення надійності систем життєзабезпечення (водопостачання, теплофікація та ін) при аваріях, катастрофах;

- Виконання ряду містобудівних вимог, які дозволяють при великомасштабних НС та застосуванні сучасних засобів ураження зменшити кількість жертв, забезпечити вихід населення із зруйнованих частин міста в парки і ліси заміської зони, а також створити умови для введення в зону ураження аварійно-рятувальних служб.

Своєчасна реалізація інженерно - технічних заходів дозволяє у випадки надзвичайної ситуації скоротити людські втрати і знизити можливий збиток економіці держави в середньому на 30 - 40%.

6.2.2 Методи індивідуального захисту

Засобом індивідуального захисту називають спеціальні захисні пристрої, а також види одягу і взуття, призначені для повного або часткового індивідуального захисту людини від різних забруднень, шкідливих для здоров'я.

Вони поділяться на засоби захисту органів дихання, засоби захисту шкіри та медичні засоби захисту.

Засоби індивідуального захисту органів дихання:

- протигази, які призначені для захисту від попадання до органів дихання, очі і на обличчя людини хімічно небезпечних речовин, бактеріальних (біологічних) засобів і аерозолів;

- багаторазові респіратори, призначені для захисту органів дихання людини від різних видів пилу;

- маски ПТМ - 1 і ватно - марлеві пов'язки, які застосовуються для захисту органів дихання людини від радіоактивних речовин, аерозолів та бактеріальних засобів.

До основних засобів захисту шкіри належать:

- загальновійськовий захисний комплекс (ОЗК);
- легкий захисний костюм Л - 1.

Ці засоби забезпечують захист населення від безпосереднього попадання радіоактивних, небезпечних хімічних речовин і бактеріальних засобів, а також від дії парів небезпечних хімічних речовин на шкірні покриви людини.

В якості простих засобів захисту шкіри людини, як дорослого, так і дитини, може бути використаний, наприклад, виробничий одяг - куртка і штани, комбінезони, халати з капюшоном з брезенту і т.д.

Медичні засоби індивідуального захисту - це медичні препарати, матеріали та спеціальні засоби, призначені для використання в НС з метою попередження ураження або зниження ефекту дії вражаючих факторів і профілактики ускладнень.

До табельною медичних засобів індивідуального захисту відносяться:

- аптечка індивідуальна АІ - 2;
- універсальна аптечка побутова для населення;
- індивідуальні протихімічні пакети - ППП-8, ППП-10, ППП11;
- пакет перев'язувальний медичний - ППМ.

Застосування медичних засобів індивідуального захисту разом з засобами індивідуального захисту органів дихання та шкіри - один з основних способів захисту людей в умовах масового ураження, а також в умовах НС.

6.3 Організація медичної допомоги на об'єкті

Для надання першої медичної допомоги на території підприємств розташовані здоровпункти. Першу допомогу надають потерпілому відразу ж на місці події до приходу лікаря або транспортування потерпілого до лікарні. Кожен працюючий повинен вміти надати першу медичну допомогу потерпілому і допомогти самому собі («самодопомога»).

При наданні першої допомоги необхідно:

- видалити травмуючий фактор (при аварії на сусідніх хімічних об'єктах: швидке припинення дії небезпечних хімічних речовин на організм шляхом видалення крапель речовини з відкритих поверхонь тіла, промивання очей і слизових оболонок);
- відновити функціонування важливих органів шляхом наступних заходів: штучна вентиляція легенів, непрямий масаж серця, очищення дихальних шляхів;
- винести потерпілого з місця події;
- обробити ушкоджені ділянки тіла і зупинити кровотечу;
- при необхідності, забезпечити нерухомість місця перелому, запобігти травматичний шок;
- доставити потерпілого до лікувальної установи.

При наданні першої медичної допомоги необхідно володіти навичками поводження з пораненим. Це особливо важливо при переломах, сильних кровотечах, втраті свідомості, термічних і хімічних опіках. Піднімати і переносити потерпілого слід обережно, підтримуючи його знизу. Для надання першої допомоги кожна виробнича ділянка, кожен будівельний майданчик повинні бути оснащені стандартними засобами першої допомоги, такими як аптечка першої допомоги. В аптечку входять перев'язувальні матеріали (бинти, вата, індивідуальні пакети, лейкопластир, стерильні серветки, кровоспинний джгут), нашатирний спирт (застосовують для збудження дихання, обробки шкіри при опіках кислотами), 5%-й спиртовий розчин йоду, перманганат калію (марганцівка) – для промивання шлунку, також застосовують для обробки ран; питна сода (для промивання шлунку, обробки шкіри при опіках), активоване вугілля, борна кислота (для обробки шкіри), нітрогліцерин (при болях у серці), анальгін, амідопірин (знеболюючі препарати), папаверин (застосовують при болях у серці, гіпертонічному кризі), ножиці, ніж, стаканчик для прийому ліків, запас питної води.

6.4 Пожежна та електробезпека

Безпека людей повинна забезпечуватися: планувальними і конструктивними рішеннями шляхів евакуації відповідно до будівельних норм, що діють, і правил, постійного підтримання шляхів евакуації в належному стані, що забезпечує можливість безпечної евакуації людей в разі виникнення пожежі або іншої аварійної ситуації.

Всі виробничі, адміністративні, допоміжні, складські, ремонтні приміщення, а також стоянки і майданчики зберігання автотранспортної техніки мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасінні (вогнегасники, пожежні щити, установки пожежогасінні і тому подібне), згідно з нормами. Всі приміщення підприємства мають бути обладнані знаками пожежної безпеки.

Спецодяг працюючих повинен своєчасно піддаватися пранню (хімчистці) і ремонту відповідно до встановленого графіка. Робота в промасленому спецодягу забороняється. Автоцистерни, призначені для перевезення легкозаймистих і горючих рідин, повинні зберігатися в одноповерхових будівлях, що окремо стоять, або на спеціально відведених для цієї мети відкритих майданчиках.

У всіх виробничих, адміністративних, складських і допоміжних приміщеннях на видних місцях мають бути вивішені інструкції про заходи пожежної безпеки, а також плани евакуації працюючих і матеріальних цінностей з вказівкою місць зберігання ключів від всіх приміщень.

У виробничих і адміністративних будівлях мають бути спеціально відведені місця для куріння, обладнані урнами і ємностями з водою. У виробничих і адміністративних будівлях підприємства забороняється:

- палити в місцях, не передбачених для цієї мети;
- виробляти роботи із застосуванням відкритого вогню в не передбачених для цієї мети місцях;
- користуватися відкритими джерелами вогню для освітлення під час технічних оглядів, проведення ремонтних і інших робіт;

- залишати в автомобілі промаслені обтиральні матеріали і спецодяг після закінчення роботи;
- залишати автомобілі з включеним запаленням;
- використовувати для додаткового обігріву приміщень електронагрівальні прилади з відкритими нагрівальними елементами;
- доручати технічне обслуговування автомобіля особам, що не мають відповідної кваліфікації.

Для захисту персоналу обслуговуючого електроустановку застосовуються наступні захисні засоби:

- ізолюючі кліщі;
- електровимірювальні кліщі;
- діелектричні рукавиці;
- діелектричні калоші;
- інструмент із ізольованими рукоятками;
- переносні заземлення;
- ізолюючі накладки та діелектричні килими;
- переносні плакати й знаки безпеки;
- захисні каски
- захисні окуляри.

Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин досягнутий шляхом встановлення на струмоведучі частини діелектричних кожухів, з розташуванням на них попереджуючих написів і знаків. Підведення живлення до електроустановки відбувається до закритих клемних колодок додатково захищених кожухом.

Контроль і профілактику ушкоджень ізоляції здійснюють :

- під час приймально - здавальних випробувань;
- періодично в процесі експлуатації, але не рідше одного разу на три роки;
- постійно в процесі експлуатації.

Під час випробування підвищеною напругою дефекти ізоляції виявляються внаслідок пробою та наступного пропалювання ізоляції електричним струмом. Виявлені дефекти ізоляції усуваються, після чого повторно проводяться випробування виправленого обладнання.

Періодичний контроль ізоляції повинен проводитися на увімкненій установці.

Постійний контроль ізоляції проводиться під робочою напругою протягом усього часу роботи установки без автоматичного відімкнення. Вимір опору ізоляції проводиться за шкалою приладу постійного контролю ізоляції. За зниження опору ізоляції до гранично допустимого або нижче прилад подає звуковий, світловий або обидва сигнали разом.

Опір контуру заземлення, що застосовується в електроустановці становить не менш 4 Ом. Огляд заземлення відбувається щоразу при проведенні ремонтних робіт, одночасно з оглядом електроустаткування а також цехових і інших електроустановок. Вимір опору заземлення відбувається не рідше одного разу на рік. Заземлення встановлене на всіх частинах електроустановки, на які може бути подана напруга.

6.6 Евакуація співробітників при надзвичайних ситуаціях

Евакуація відноситься до основних способів захисту населення від надзвичайних ситуацій, а в окремих випадках цей спосіб є найбільш ефективним. Сутність евакуації полягає в організованому переміщенні населення і матеріальних цінностей у безпечні райони.

Види евакуації можуть класифікуватися за різними ознаками:

- за видом небезпеки – евакуація із зон можливого і реального хімічного, радіоактивного, біологічного зараження (забруднення), можливих сильних руйнувань, можливого катастрофічного затоплення та ін.;

- за способом евакуації – різними видами транспорту, пішим порядком, комбінованим способом;

- за віддаленістю – локальна, місцева, регіональна, державна;
- за показниками часу – тимчасова (з поверненням на постійне місце проживання протягом декількох діб), середньострокова (до 1 місяця), тривала (більше 1 місяця).

В залежності від часу і термінів проведення виділяються наступні варіанти евакуації населення: попереджуюча (завчасна), екстрена (невідкладна).

Завчасна евакуація населення небезпечних районів проводиться у разі короткострокового прогнозу можливості виникнення аварії на потенційно небезпечних об'єктах або стихійного лиха.

Екстрена евакуація населення з небезпечного району – при виникненні надзвичайної ситуації.

Необхідність евакуації і терміни її здійснення визначаються комісіями з надзвичайних ситуацій. Підставою для прийняття рішення на проведення евакуації є наявність загрози життю і здоров'ю людей, що оцінюється заздалегідь встановленими для кожного виду небезпекам критеріям.

Для короткочасного розміщення евакуйованого населення передбачено використання службово-побутових приміщень, клубів, пансіонатів, лікувально-оздоровчих установ, туристичних баз, будинків відпочинку, санаторіїв.

Евакуація здійснюється за виробничо-територіальним принципом. Планування, організація, проведення евакуації населення покладені на евакуаційні органи та органи управління МНС. Плани евакуації є частиною планів дій з попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

На все населення, що підлягає евакуації, за місцем проживання, на підприємствах, в установах і організаціях складаються евакуаційні списки. Не зайняті у виробництві члени сімей включаються в списки за місцем роботи глави сім'ї. Евакуаційні списки складаються заздалегідь.

Для безпосередньої підготовки, планування і проведення евакуаційних заходів на кожному підприємстві заздалегідь організується евакуаційна комісія.

Основні завдання евакуаційної комісії об'єкта:

- оповіщення працівників і службовців об'єкта про початок евакуації, час прибуття їх та членів їхніх сімей.
- постановка завдань начальникам ешелонів, старших за автоколонам, вручення їм списків населення, яке евакуюється, такого, яке увійшло до складу колони (ешелону).
- підготовка взаємодії з транспортними органами, які виділяють транспортні засоби для вивезення працівників, об'єктів, та членів їх сімей в безпечні райони.
- ведення обліку та доповідь начальнику цивільного захисту об'єкта та районної комісії про кількість вивезених в безпечні райони працівників, службовців і членів родини.
- забезпечення захисту населення на пунктах посадки.
- підтримка взаємодії з комісіями, які приймають евакуюватися в безпечному районі. При необхідності висилає туди своїх представників.

6.6 Висновки до розділу 6

1. Зроблений аналіз можливих аварійних ситуацій на підприємстві де буде застосований даний кондиціонер електричної мережі. Попередження надзвичайних ситуацій засновано на заходах, спрямованих на встановлення і виключення причин виникнення цих ситуацій, а також на обумовленні істотного зниження втрат і збитків у разі їх виникнення.
2. Розроблені методи захисту співробітників підприємства при надзвичайних ситуаціях. Спроектовано укриття для людей, обладнане засобами індивідуального захисту. Розглянутий медичний захист робітників. Забезпечена електро та пожежо безпека підприємства.
3. На об'єкті де застосовується даний пристрій залежно від характеру його виробничої діяльності створюються служби цивільної оборони та надзвичайних ситуацій: оповіщення і зв'язку, протирадіаційного і протихімічного захисту, охорони громадського правопорядку, енергопостачання

та світломаскування, аварійно-технічна, сховищ і укриттів, транспортна, матеріально-технічного постачання та інші. На них покладається виконання спеціальних заходів і забезпечення дій формувань.

ВИСНОВКИ

1. Результати теоретичної оцінки трансформованої помилки показують, що на величину трансформованої помилки впливає цілий комплекс факторів і аналітичне дослідження трансформованої помилки утруднено внаслідок використання складних алгоритмів вироблення керуючих впливів у ЦСК.

2. Аналіз підходів до оцінки впливу помилки визначення вхідних впливів на якість функціонування ЦСК показав існування необхідності додаткового дослідження цього питання у напрямку визначення шляхів підвищення точності аналого-цифрового перетворювання.

3. Розроблена модель аналого-цифрового перетворювача, що дозволяє досліджувати його роботу при різних параметрах частоти дискретизації, розрядності і точності перетворювання.

4. Розроблена модель нелінійного навантаження яка відтворює зміни опору в процесі контактного зварювання.

5. Розроблена модель перетворювача, яка дозволяє зімітувати більшість схем перетворювачів напруги.

6. Запропонована загальна модель цифрової системи керування, яка дозволяє врахувати вплив нелінійності навантаження перетворювача.

7. Дослідження впливу розрядності вказує на недоцільність надмірного збільшення, так як багато розрядні перетворення мають більшу часову складність і ускладнюють отримання достатніх рівнів частоти дискретизації.

8. Дослідження впливу частоти дискретизації на показник якості перехідного процесу показав, що зниження частоти супроводжується збільшенням коливальності, яке призводить до зниження якості керування. З іншого боку збільшення частоти дискретизації до певного рівня призводить до зменшення амплітуди автоколивань, при чому надмірне збільшення частоти дискретизації призводить до незначного зменшення амплітуди автоколивань і є не раціональним.

9. Порівняльний аналіз впливу частоти дискретизації та розрядності на амплітуду автоколивань показав, що розрядність має меншу міру впливу. Таким чином в якості основного параметра для синтезу схем аналого-цифрового перетворення є частота дискретизації.

10. Дослідження впливу затримки внесеної аналого-цифровими перетворювачами конвеєрної архітектури вказує на те що для забезпечення потрібних часу перетворювання частота дискретизації повинна бути більшою ніж у АЦП інших архітектур. Цей фактор зменшує доцільність використання конвеєрної архітектури в замкнутих системах керування.

11. Розроблені рекомендації стосовно визначення раціональних значень частоти дискретизації та розрядності аналого-цифрового перетворення в цифрових системах керування.

12. Запропонований метод зменшення часової затримки АЦП за рахунок паралельного включення аналого-цифрових перетворювачів, який дозволяє отримати еквівалентну частоту вибірки сигналу F_E , рівну добутку частоти вибірки одного АЦП F_T на їх кількість N , а час перетворення складає N тактових імпульсів еквівалентної частоти.

13. Встановлено, що кількість паралельно включених АЦП доцільно обирати менше кількості ступенів конвеєра АЦП конвеєрного типу.

14. Використання таких структур в замкнутих системах управління об'єктами автоматизації дозволить підвищити запас стійкості і інші показники якості регулювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Изерман Р. Цифровые системы управления / Рольф Изерман; пер. с англ.: С.П. Забродина, А.И Титкова, А.В. Шалашова; под ред. И.М. Макарова. - М.: Изд-во Мир, 1984.- 541с.
2. Бесекерский В.А. Цифровые автоматические системы / В.А. Бесекерский - М.: Наука, 1976. – 576 с.
3. Журавлев Ю.П. Системное проектирование управляющих ЦВМ / Ю.П. Журавлев - М.: Изд-во Мир, 1974. – 368 с.
4. Вернер В.Д. Микропроцессоры. Средства сопряжения. Контролирующие и информационно-управляющие системы: Учеб. для вузов / В.Д Вернер, Н.В. Воробьев, А.В. Горячев и др.; под ред Л.Н. Преснухина. - М.: Высш. шк., 1986.- 383 с.
5. Соренков Э.И. Точность вычислительных устройств и алгоритмов / Э.И. Соренков, А.И. Телига, А.С. Шаталов. - М.: Машиностроение, 1976, - 200 с.
6. Желнов Ю.А. Точностные характеристики управляющих вычислительных машин / Ю.А. Желнов . - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
7. Аш Ж. Датчики измерительных систем: Том 1: в 2т. / Ж. Аш. - М.: Изд-во Мир, 1992. - 480 с.
8. Вульвет Дж. Датчики в цифровых системах / Дж. Вульвет; пер. с англ.: В.В.Малова; под ред. А.С. Яроменка. - М.: Энергоиздат, 1981.- 200 с.
9. Омельченко В. Системи цифрової обробки інформації та методи підвищення достовірності інформації [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.ukma.kiev.ua/ua/nauka/confer/dni_nauki/arhiv/DS_1998/nature_s/inf_comp/omelch2.htm. - Назва з екрану.
10. Строганов Р.П. Управляющие машины и их применение: Учебное пособие для студентов спец. «Автоматика и телемеханика» / Р.П. Строганов. - М.: Высшая школа, 1986. – 240 с.

11. Sathish K. Shanmugasundaram. Control System Design for an Autonomous Mobile Robot: M.Sc. Thesis. – USA, Cincinnati, University of Cincinnati, Department of Mechanical, Industrial and Nuclear Engineering of the College of Engineering. – 2000. – 83 p.

12. Killian T. Modern Control Technology Components and Systems / Christopher T. Killian. - Bangalore : Delmar Thomson Learning, 2001. - 644 p.

13. Компьютерный анализ и проектирование систем управления. Ч. 2. Цифровые системы / Ю. Н. Соколов. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 184 с.

14. Краснопрошина А. А. Современный анализ систем управления с применением MATLAB, Simulink, Control System / А. А. Краснопрошина, Н. Б. Репникова, А. А. Ильченко. – К. : Корнійчук, 1999.– 139 с.

15. Ливенцов С.Н. Цифровые системы управления: Учебно-методическое пособие / С.Н. Ливенцов, Н.В. Ливенцова Н.В. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 45 с.

16. Аналого-цифровые преобразователи фирмы National Semiconductor [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.gaw.ru/html.cgi/doc/NS/adc/adc_ns.htm - назва з екрану.

17. Wang, H. and Kovacevic, R. "On-Line Monitoring of the Keyhole Weld Pool in VPPAW", the Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers / Part B // Journal of Engineering Manufacture. – 2002. - Vol. 216. - P. 1265-1276.

18. Кестер У. Какая архитектура АЦП подходит для вашей задачи? / Уолт Кестер // Современная электроника. – 2008. – № 3. – С. 14-21.

19. Kester W. The Data Conversion Handbook. – London: Elsevier/Newnes. – 2005. – 976 p.

20. ADS930 8-Bit, 30MHz Sampling Analog-To-Digital Converter [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads930.pdf> - назва з екрану.

21. Решетник О. О. Високопродуктивні АЦП із змінними тривалостями тактів порозрядного наближення з ваговою надлишковістю: автореф. дис. на

здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.05 / Олександр Олександрович Решетнік. – Вінниця, 2011. – 19 с.

22. Сидоренко А.С. Уменьшение времени аналого-цифрового преобразования /А.С.Сидоренко, А.Ф. Бондаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. Є : НТУ «ХПІ», - 2013. - №18 (991). С.104-108.

23. Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88 .,-М.:Изд-во стандартов, 1989.-58 с

24. Методичні вказівки «Охорона праці в дипломних проектах» / Укл: Щербак В.В., Левченко Е.П., Макаревич О.Г.– Алчевськ: ДонДТУ, 2012.- 30 с

25. Методические указания к выполнению практического задания «Расчёт защитного заземления» по курсу «Основы охраны труда» (для студентов электрических и энергетических специальностей). / Сост.: С.Ю. Арсенюк, В.А. Новиков – Алчевск: ДГМИ, 2002. – 31 с.

26. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 824 с.

27. Кнорринг Г. М. и др. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н.— 2-е изд., пере-раб. и доп. — СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. — 448 с: ил.

28. Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Проектування штучного освітлення виробничих приміщень» за курсом «Охорона праці в галузі» (для студ. V курсу всіх форм навч.) / Укл: Щербак В.В., Левченко Е.П., Макаревич О.Г.- Алчевськ: ДонДТУ, 2011.- 30 с.