МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра електроніки і комп’ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра на тему:

«Адаптивна система передачі інформації для асиметричних каналів зв’язку»

Завідувач кафедрою А.С. Опанасюк

Керівник роботи О.В. Бережна

Консультант з
техніко-економічної частини О.М. Маценко

Проектував студент Д.В. Токаренко

Суми
2020 р.

Сумський державний університет

Факультет Заочний **Кафедра** Електроніки і КТ
Спеціальність Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри Опанасюк А.С.
_____
«____» _____ 20__ г.

ЗАВДАННЯ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА СТУДЕНТУ

Токаренко Давиду Володимировичу

1. Тема роботи «Адаптивна система передачі інформації для асиметричних каналів зв'язку»

затверджено наказом від «06» листопада 2020 р. № 1731-III

2. Термін здачі студентом закінченого проекту 15.12.20

3. Вихідні дані до роботи Канал зв'язку - асиметричний, ймовірність невиявлення помилок - 1,5 * 10^{-5}; ймовірність помилкового переходу одиниці в нуль - 0,009; ймовірність помилкового переходу нуля в одиницю - 0,005.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) Вступ. Огляд літератури та постановка завдання. Науково-дослідна частина. Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми системи. Розробка схеми електричної функціональної пристрою. Розробка та розрахунок принципових електричних схем вузлів та блоків пристрою. Техніко-економічна частина. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 Схема алгоритму.
2 Схема електрична структурна.
3Схема електрична функціональна.
4Схема електрична принципова.

6. Консультанти до проекту (работи), з зазначенням розділів проекту, що до них відносяться

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання надав	Завдання прийняв
Економіка	Маценко О.М.		

7. Дата надання завдання_____

Керівник_____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання_____
(підпис)

Календарний план

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Огляд технічної літератури	10.10.20	
2.	Науково-дослідна частина	20.10.20	
3.	Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми	30.10.20	
4.	Розробка схеми електричної функціональної	10.11.20	
5.	Розробка схеми електричної принципової	20.11.20	
6.	Розробка техніко-економічної частини	25.11.20	
7.	Оформлення графічної частини	05.12.20	
8.	Оформлення пояснювальної записки	10.12.20	
9.	Рецензування та підготовка до захисту	15.12.20	

Студент-дипломник _____

Керівник проекту _____

ЗМІСТ

С.

Вступ 5

1. Огляд літератури та постановка задачі проектування ……. 7
   - 1.1 Кодування інформації ……..…….. 7
   - 1.2 Основні характеристики кодів ..…… 11
   - 1.3 Класифікація кодів ……...……... 12
   - 1.4 Системи передачі даних …… 20
   - 1.5 Постановка завдання ……...……... 24
2. Науково-дослідна частина ……... 26
   - 2.1 Аналіз залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 0 в 1 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 1 в 0 …….……... 26
   - 2.2 Аналіз залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 0 в 1 ……... 33
   - 2.3 Вибір параметрів коду …….……... 37
3. Розроблення алгоритму функціонування та структурної схеми системи передачі даних …….. 39
   - 3.1 Алгоритм функціонування системи передачі даних …… 39
   - 3.2 Структурна схема системи передачі даних …..…… 43
4. Розроблення схеми електричної функціональної блоку виявлення помилок …….……... 47
   - 4.1 Перетворювач коду …….…… 47
   - 4.2 Регістр зі зворотними зв'язками ……. 47
   - 4.3 Блок керування …… 51
5. Розроблення та розрахунок принципових електричних схем вузлів та блоків пристрою ……..…… 52
   - 5.1 Вибір елементної бази ……. 52

5.2 Розрахунок та синтез основних електронних вузлів, блоків та схем керування 59
5.3 Висновки 68
6. Техніко-економічна частина 70
6.1 Економічна сутність показників використання основних фондів 70
6.2 Розрахунок собівартості та оптової ціни пристрою, що розроблюється 74
6.3 Висновки з техніко-економічної частини 80
Висновки 82
Список літератури 84
Додаток А

ВСТУП

Широке впровадження автоматизованого управління немислимо без використання засобів зв'язку, телемеханіки та обчислювальної техніки.

У процесі автоматизованого управління технікою, виробничими процесами та галузями народного господарства, а також в процесах творчої діяльності людини та суспільних явищ відбувається інтенсивний обмін інформацією між окремими ланками системи управління, між людиною та технікою, людиною та природою, між окремими людьми [1].

Комплексна автоматизація та вдосконалення електронних цифрових обчислювальних машин супроводжуються різким зростанням обсягу та швидкості передачі й обробки інформації. Одночасно підвищуються вимоги до достовірності передачі та обробки інформації [2].

З усього різноманіття сучасних технічних систем можна виділити особливу групу так званих інформаційних систем, призначених для передачі, перетворення та зберігання інформації. До таких систем можна віднести зв'язкові, телемеханічні, локаційні, навігаційні та телевізійні системи, обчислювальні та інформаційно-вимірювальні системи, автоматизовані системи управління технологічними процесами й т.п. [1,3].

Основою функціонування інформаційних систем є процеси передачі, перетворення та накопичення інформації. Тому критерієм якості роботи інформаційних пристроїв служить їх здатність передавати, накопичувати або перетворювати необхідну кількість інформації в одиницю часу при допустимих викривленнях та витратах. В інформаційних системах енергетичні співвідношення відіграють другорядну роль, а енергія є характеристикою сигналу, який використовується лише в якості транспортного засобу.

Однак, те, що відбувається різке зростання потоку інформації в даний час вимагає більш значних витрат енергії на передачу інформації [3,4]. Це обумовлює необхідність крім кількісної оцінки інформації здійснювати енергетичну оцінку інформаційних процесів.

Теорія та техніка завадостійкого кодування пройшли кілька етапів у своєму розвитку: емпіричне використання найпростіших кодів з повторенням, з постійним вагою, з однією перевіркою на парність, що виявляють не менш ніж однократні помилки; створення основ математичної теорії - відгалуження вищої

алгебри та теорії чисел; використання теорії в реальних системах зв'язку. Останній з перелічених етап далекий від завершення. Можна вважати, що він знаходиться на початковій стадії. Разом з тим прогрес в теорії та техніці кодування є таким, що сучасна система зв'язку, в якій не використовуються в тому чи іншому степені завадостійкі коди, відображає далеко не найвищий рівень технічних досягнень в галузі зв'язку та поява таких систем тягне за собою значні технічні та економічні втрати [5].

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Кодування інформації

В природі багато процесів пов'язані з передачею, перетворенням та зберіганням інформації. Звичайно під інформацією розуміються такі нові відомості про навколишній світ, які ми одержуємо у результаті взаємодії зі світом, пристосовуючись до нього та змінюючи його в процесі цього пристосування [4]. Розглянемо узагальнену структуру системи передачі інформації (рис. 1.1).

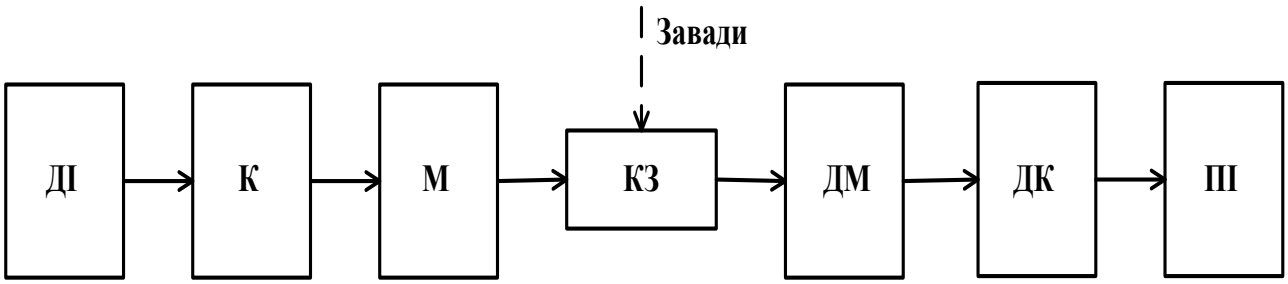


Рисунок 1.1 - Структурна схема системи передачі інформації

На рисунку 1.1 показані такі основні блоки системи:
ДІ – джерело інформації;
К – кодер (кодуючий пристрій);
М – модулятор;
КЗ – канал зв’язку;
ДМ – демодулятор;
ДК – декодер (декодуючий пристрій);
ПІ – приймач інформації.

В теорії інформації часто зустрічається поняття «канал зв'язку» - це сукупність засобів, що забезпечують передачу сигналів. При передачі по каналу зв'язку інформація піддається впливу різного роду перешкод (завад) [6]:

– флуктуаційні перешкоди, являють собою напругу, що змінюється в часі випадковим чином. Причина її появи - тепловий шум лінії, елементів апаратури й т.п.;

– гармонійні перешкоди - виникають у самій апаратурі через паразитне проникнення в канал різних несучих коливань;
– імпульсні перешкоди - це перешкоди, пікові значення яких порівнюються з амплітудою корисного сигналу або перевищують її рівень.

У результаті дії перешкод у каналі зв'язку інформація, що передається по цьому каналу, спотворюється. Прийняте повідомлення буде відрізнятися від переданого, тобто повідомлення приймається з помилкою.

Виникнення помилок – це випадковий процес, й передбачити їх появу заздалегідь, до експерименту, можна тільки статистично, тобто вказуючи ймовірності того, що помилка або відбудеться, або ні. При цьому ймовірності помилки можуть не залежати від значення переданого елементарного символу, тобто від 0 або 1. Як правило, серед неправильно прийнятих сигналів однаково часто зустрічаються як 1, так й 0 [6-8].

Канал зв'язку з такими помилками називається симетричним каналом [5]. Для даного каналу вхідними є символи 1 і 0, можливими вихідними символами також будуть 1 і 0. Ймовірності P_1 та P_2 визначають ймовірності неспотвореної передачі символів 1 і 0 відповідно, а ймовірності $(1 – P_1)$, $(1 – P_2)$ – ймовірності трансформації символів. При $P_1 = P_2$ канал є симетричним, у противному випадку – асиметричним. При цьому вихідні символи 1 і 0 передаються по каналу з різним значенням ймовірностей P_1 та P_2 відповідно. Умовно такий канал показаний на рисунку 1.2 [6].

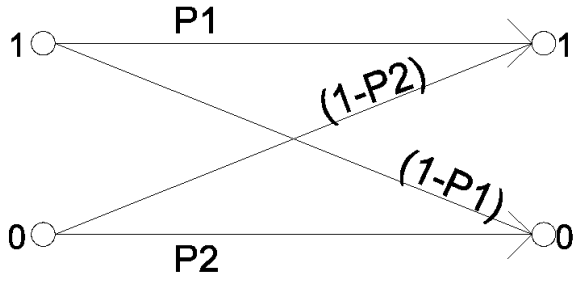


Рисунок 1.2 - Умовне зображення асиметричного каналу зв'язку

В техніці особлива увага приділяється перетворенням дискретної інформації, тому що численні дослідження показали, що в реальних умовах безперервний сигнал без втрат інформації для якісних характеристик функціонування системи може бути замінений дискретним сигналом. Дискретні подання інформації усе більш широко поширюються при передачі та обробленні інформації. Формою подання інформації є повідомлення [6].

Процес перетворення повідомлень у комбінації з дискретних сигналів називається кодуванням, а сукупність правил, відповідно до яких виконуються такі перетворення, - кодом.

Кожна кодова комбінація записується у вигляді послідовності, що складається з деяких умовних символів - елементів кодової комбінації. В якості елементів кодової комбінації можуть використовуватися літери (A, B, C, …) та цифри (0, 1, 2, ...).

У технічних інформаційних пристроях елементами можуть бути одинарні імпульси постійного струму (відеоімпульси), імпульси змінного струму (радіоімпульси), пауза між імпульсами. Ці елементи розрізняються за будь-якими кодовими (імпульсними) ознаками [8].

Перетворення повідомлень у кодові комбінації (кодові слова) дозволяє забезпечити [9-10]:

- передачу необхідної кількості різних повідомлень по даному каналу зв'язку за допомогою комбінування з *n* елементів, що мають *m* кодових ознак;
- узгодження параметрів каналу зв'язку й переданих повідомлень;
- підвищення вірогідності передачі повідомлень;
- більш ощадливе використання смуги каналу зв'язку;
- зменшення вартості передачі та зберігання повідомлень;
- скритність переданих повідомлень.

Вибір методів кодування, що забезпечують виконання зазначених цілей, є складним завданням, рішення якого залежить від ряду факторів:

- кількості переданих повідомлень;
- числа кодових ознак;
- необхідного часу передачі;
- параметрів каналу зв'язку;

– можливості апаратної реалізації.

Правила формування кодових комбінацій (кодів) та власне кодові комбінації можуть мати різні характеристики. До них ставляться: кількість кодових (імпульсних) ознак, що використовуються для комбінування, кількість розрядів кодової комбінації, спосіб комбінування (закон, відповідно до якого з елементарних елементів утворяться кодові комбінації), способи формування елементів коду (імпульсні ознаки), спосіб передачі (поділ) елементарних сигналів. Перші три властивості ставляться до структурних характеристик самого коду, останні два - до характеристик сигналів коду [8].

По кількості імпульсних ознак (символів) коди поділяються на одиничні, двійкові, багатопозиційні. В одиничному коді використовується тільки один символ і кодові комбінації відрізняються друг від друга лише кількістю сигналів. Кодові комбінації двійкових кодів складаються із двох символів (0 або 1). Багатопозиційні коди мають кількість символів більш ніж два [8].

По кількості розрядів кодові комбінації можуть мати або постійну кількість розрядів, або не постійну. Ця ознака поділяє коди на рівномірні та нерівномірні.

У рівномірних кодах кожна кодова комбінація містить однакову кількість розрядів.

Нерівномірні коди - коди, у яких кодові комбінації можуть містити різну кількість розрядів [10].

За способом комбінування розрізняють коди, що використовують усі можливі комбінації, та коди із частковим використанням комбінацій.

Характер передачі кодових комбінацій поділяє коди на послідовний, паралельний та змішаний способи передачі окремих символів коду.

При послідовній передачі усі кодові комбінації та їхні елементи передаються послідовно у часі по загальній лінії зв'язку.

При паралельній передачі кодової комбінації кожному розряду виділяється окрема лінія зв'язку й всі символи передаються одночасно [10].

Змішаний спосіб передачі поєднує в собі послідовний та паралельний способи.

1.2 Основні характеристики кодів

Оцінка кодів звичайно виконується по їхніх основних характеристиках, що виражає різні кількісні та якісні показники. Дані характеристики використовуються при виборі кодів, призначених для передачі, зберігання та оброблення інформації: довжина коду, основа коду, потужність коду, повна кількість кодових комбінацій, кількість інформаційних символів в кодових комбінаціях, кількість перевірних символів, надмірність коду, швидкість передачі, вага кодової комбінації, кодова відстань, вагова характеристика коду, ймовірність невиявлення помилок, оптимальність коду, коефіцієнт помилкових переходів [10].

Довжина коду n - кількість розрядів (символів), що утворюють кодову комбінацію.

Основа коду m - кількість значень імпульсних ознак, що відрізняються друг від друга та використовуються в кодових комбінаціях. У випадку двійкових кодів $m = 2$.

Потужність коду N_p — кількість кодових комбінацій (кодових слів), що використовуються для передачі повідомлень.

Повна кількість кодових комбінацій N — кількість усіх можливих комбінацій, що дорівнює m^n (для двійкових кодів $N=2n$).

Кількість інформаційних символів k - кількість символів (розрядів) кодової комбінації, призначених для передачі власне повідомлення.

$$N_p = 2^k \tag{1.1}$$

Кількість перевірних символів r - кількість символів (розрядів) кодової комбінації, необхідних для корекції помилок. Це число характеризує абсолютну надмірність коду. У теорії кодування під надмірністю коду розуміють відносну надмірність, що дорівнює відношенню кількості перевірних символів до довжини коду [11-12]:

$$R = \frac{r}{n} \ . \qquad (1.2)$$

Вага кодової комбінації (коду) ω - кількість одиничних розрядів у кодовій комбінації.

Кодова відстань d між двома кодовими комбінаціями – це кількість однойменних розрядів з різними символами.

Вагова характеристика коду $W(\omega)$ - кількість кодових комбінацій з вагою ω.

Ймовірність невиявлення помилок $P_{нп}$ — це ймовірність такої події, при якої прийнята кодова комбінація відрізняється від переданої, а властивості даного коду не дозволяють визначити факт наявності помилки.

Оптимальність коду - властивість такого коду, що забезпечує найменшу ймовірність невиявлення помилки серед усіх кодів такої довжини n та надмірності r [12].

1.3 Класифікація кодів

Відома велика кодів, систематизація та класифікація яких через їхні численні ознаки є досить складною задачею. Тому в основу класифікації кодів покладені розглянуті структурні характеристики кодів. Коди можна поділити на дві самостійні групи. До першої відносяться коди, що використовують усі можливі комбінації – не надлишкові коди. До другої групи відносяться коди, що використовують лише певну частину усіх можливих комбінацій (надлишкові коди). Частина кількість комбінацій, що залишилася, використовується для виявлення або виправлення помилок, що виникають при передачі повідомлень по каналу зв’язку. У цих кодах кількість розрядів кодових комбінацій можна умовно поділити на певну кількість розрядів, призначених для передачі саме інформації (інформаційні розряди), та кількість розрядів, призначених для корекції помилок (перевірні розряди) [10].

Обидві групи кодів, у свою чергу, підрозділяються на рівномірні та нерівномірні. Рівномірні коди - це коди, усі кодові комбінації яких містять постійну кількість розрядів. Нерівномірні коди містять кодові комбінації з різною кількістю розрядів.

Усі надлишкові коди поділяються на два класи: безперервні та блокові [10-12].

У безперервних кодах процес кодування та декодування носить безперервний характер. Цей клас кодів з'явився порівняно недавно й не одержав поки широкого розвинення. У блокових кодах кожному повідомленню відповідає кодова комбінація (блок) з n символів: блоки кодуються та декодуються окремо друг від друга [6].

Надлишкові коди, у яких певні розряди кодових комбінацій приділяються для інформаційних та перевірних символів, називаються роздільними. Роздільні блокові коди позначаються звичайно (n, k)-кодами, де n - кількість розрядів кодової комбінації, k - кількість розрядів, що відводяться для інформаційних символів. Нероздільні коди не мають чіткого поділу кодової комбінації на інформаційні та перевірні символи [6].

Роздільні блокові коди, у свою чергу, поділяються на несистематичні та систематичні. У несистематичних кодах перевірні символи являють собою суми підблоків з розрядами, на які поділена послідовність інформаційних символів. До цих кодів відносяться коди Бергера.

Найбільший клас роздільних блокових кодів становлять систематичні коди, у яких перевірні символи визначаються у результаті проведення лінійних операцій над певними інформаційними символами. Для двійкових кодів ці операції зводяться до вибору кожного перевірного символу таким чином, щоб його сума за модулем два з певними інформаційними символами була рівною нулю [8,12].

До систематичних кодів відносяться коди з перевіркою на парність, коди з повторенням, кореляційні, інверсні, коди Хеммінга, Голея, Рида-Маллєра, Макдональда, Варшамова, з малою щільністю перевірок на парність, ітеративний код [8,10,12].

Різновидом систематичних кодів є циклічні коди. Крім усіх властивостей систематичного коду, циклічні коди мають таку властивість: якщо деяка кодова комбінація належить коду, то нова комбінація, що виходить шляхом циклічної перестановки символів, також належить даному коду. До найбільш відомих циклічних кодів відносяться найпростіші коди, коди Хеммінга, Боуза - Чоудхурі - Хоквінгема, мажоритарні, коди Файра, Абрамсона, Міласа - Абрамсона, Ріда - Соломона, компаундні коди [5].

1.3.1 Ненадлишкові коди (код Шеннона - Фано)

При передачі повідомлень, закодованих двійковим рівномірним кодом, звичайно не враховують статистичну структуру переданих повідомлень. Усі повідомлення, незалежно від ймовірності їхньої появи на виході джерела повідомлень, являють собою кодові комбінації однакової довжини, тобто кількість двійкових символів, що доводиться на одне повідомлення, є строго постійною [5].

З теореми Шеннона про кодування повідомлень у каналах без шумів випливає, що якщо передача дискретних повідомлень виконується при відсутності перешкод, то завжди можна знайти такий метод кодування, при якому середня кількість двійкових символів на одне повідомлення буде як завгодно близьким до ентропії джерела цих повідомлень, але ніколи не може бути менше її. На підставі цієї теореми можна ставити питання про побудову такого нерівномірного коду, у якому повідомленням, що часто зустрічаються, привласнюються більш короткі кодові комбінації, а символам, що зустрічаються не часто - більше довгі.

Алгоритм формування оптимального коду Шеннона-Фано [1]:

1. Упорядкувати символи первинного алфавіту за зменшенням ймовірностей їх появи.
2. Розбити список на 2 частині із приблизно рівною сумарною ймовірністю.
3. Усім символам первинного алфавіту, що знаходяться у верхній частині, в першому розряді їхнього оптимального коду встановлюємо 1, а для усіх символів другої частини – 0.
4. Для кожної з отриманих частин повторюємо вище зазначені пункти, починаючи з другого, доти, поки до складу кожної частини не буде входити лише 1 символ.

Наприклад: кількість повідомлень N=6, а їх ймовірності (у порядку зменшення) дорівнюють 0,4; 0,2; 0,2; 0,1; 0,05; 0,05. Необхідно побудувати код Шеннона-Фано.

Для цього, дотримуючись алгоритму, розбиваємо список на 2 частині (рис. 1.3). Далі привласнюємо верхній частини 1, а нижній - 0. Далі повторюємо процедуру доти, поки не розмістимо кожну комбінацію в окрему групу.

al	p(al)						
В	0,3	1	1				"00"
Ж	0,25	1	2				"01"
Е	0,15	2	1	1			"100"
Б	0,1	2	1	2			"101"
Д	0,1	2	2	1			"110"
А	0,05	2	2	2	1		"1110"
Г	0,04	2	2	2	2	1	"11110"
З	0,01	2	2	2	2	2	"11111"

Рисунок 1.3 – Приклад побудови коду Шеннона-Фано

Основний принцип, покладений в основу кодування за методом Шеннона - Фано, полягає в тому, що при виборі кожної цифри кодового позначення варто прагнути до того, щоб кількість інформації, що міститься в ній, була б найбільшою. Тобто щоб незалежно від значень усіх попередніх цифр ця цифра приймала можливе для неї значення (0 або 1) по можливості з однаковою ймовірністю. Зрозуміло, кількість цифр у різних кодових комбінаціях при цьому є різною, тобто даний код є нерівномірним. Повідомленням, що мають більшу ймовірність появи, відповідають короткі кодові комбінації. Повідомленням, що мають меншу ймовірність появи, відповідають більш довгі кодові комбінації [5, 7].

1.3.2 Надлишкові коди (код з однією перевіркою на парність)

Однією з найбільш важливих вимог до систем передачі інформації, є забезпечення високої вірогідності прийнятих повідомлень.

Ймовірність помилкового повідомлення в даних системах, як правило, не повинна перевищувати $P = 10^{-6} \div 10^{-9}$, у той час як ймовірність помилкового приймання елементарного розряду в сучасних дискретних каналах рідко буває меншою ніж $P = 10^{-3} \div 10^{-4}$. Тому для підвищення вірогідності прийнятих повідомлень звичайно застосовують спеціальні міри, що знижують ймовірність появи помилок до деякого припустимого рівня [7].

Надлишкові коди - один з найбільш ефективних засобів забезпечення високої вірогідності, переданих та прийнятих повідомлень. При побудові надлишкового коду для передачі інформації використовується лише частина кодових комбінацій (дозволені комбінації), що відрізняються друг від друга більш ніж в одному розряді. Всі інші комбінації не використовуються й відносяться до множини заборонених [10].

Код з однією перевіркою на парність незалежно від довжини кодової комбінації містить усього один перевірний символ. Цей символ вибирається таким, щоб його сума за модулем два з усіма інформаційними символами дорівнювала нулю.

Завдяки такому способу вибору перевірного символу кодова комбінація містить парну кількість одиниць. Наприклад, прості комбінації 00101 іта 10101 при кодуванні їх за допомогою коду з перевіркою на парність виглядають відповідно 001010 та 101011. Ознакою перекручення кодової комбінації є непарність одиниць у отриманій комбінації. Даний код дозволяє тільки виявляти однократні помилки та усі помилки непарної кратності, тому що тільки в цих випадках кількість одиниць в комбінації стане непарним числом [10].

Коефіцієнт надмірності визначається за формулою [5]:

$$R = \frac{r}{n} = \frac{1}{n}, \tag{1.3}$$

і даний код має кодову відстань $d = 2$. Розподіл робочих кодових векторів по кодових відстанях для усіх векторів однаковий і записується в наступному виді [5]:

$$N_p(d) = Cn^{d_j}, \tag{1.4}$$

де d_j приймає значення 2, 4, 6, … n, якщо n є парним числом, й 2, 4, 6, ... n-1, якщо n є непарним числом [5].

Ймовірність помилкового приймання кодової комбінації визначається ймовірністю появи помилок, що не виявляються (парна кількість). Якщо в комбінації спотворюються два певних символи, а інші не спотворюються, то

ймовірність такої події дорівнює $p_э^2(1-p_э)^{n-2}$. Так як з підвищенням кратності помилок ймовірність помилок різко зменшується, можна написати [13]:

$$P_{н.о.} \approx C_n^2 p_э^2 (1-p_э)^{n-2}. \quad (1.5)$$

1.3.3 Систематичні коди (циклічні коди)

Ідея побудови циклічних кодів базується на використанні многочленів, що не приводяться [10]. Многочленом, що не приводиться, називається многочлен, що не може бути представлений у вигляді добутку багаточленів нижчих ступенів, тобто такий багаточлен ділиться тільки на самого себе або на одиницю й не ділиться ні на який інший багаточлен. На такий багаточлен ділиться без залишку двочлен $x^n + 1$.

Багаточлени, що не приводяться, у теорії циклічних кодів відіграють роль утворюючих поліномів. Множимо комбінацію простого k-значного коду Q(x) на одночлен x^r, а потім ділимо на утворюючий поліном P(x), ступінь якого дорівнює *r*. У результаті множення Q(x) на x^r ступінь кожного одночлена, що входить в Q(x), підвищується на *r*. При діленні добутку $x^r Q(x)$ на утворюючий поліном виходить частка $C(x)$ такого ж ступеня, як й Q(x). Результат множення й ділення можна представити таким чином [10]:

$$\frac{Q(x)x^r}{P(x)} = C(x) + \frac{R(x)}{P(x)}, \quad (1.6)$$

де R(x) — залишок від ділення Q(x) на P(x).

Частка C(x) має такий же ступінь, як й кодова комбінація Q(x), що являє собою простий двійковий код, тому C(x) є кодовою комбінацією цього ж простого *k*-значного двійкового коду.

Ступінь залишку не може бути більшим ступеня утворюючого полінома, тобто його найвищий ступінь може бути дорівнювати *(r-1)*. Отже, найбільша кількість розрядів залишку R(x) не перевищує кількості *r*.

У результаті множення обидвох частин рівності (1.6) на P(x) та виконання деяких перестановок, отримуємо [10]:

$$F(x) = C(x)P(x) = Q(x)x^r + R(x). \quad (1.7)$$

Таким чином, кодова комбінація циклічного *n*-значного коду може бути отримана наступними двома способами [10]:

- множення кодової комбінації Q(x) простого двійкового коду на одночлен x^r та додавання до цього добутку залишку R(x), отриманого у результаті ділення добутку Q(x) x на утворюючий поліном P(x);
- множення кодової комбінації C(x) простого k-значного двійкового коду на утворюючий поліном P(x).

При побудові циклічних кодів першим способом розташування інформаційних символів у всіх комбінаціях є строго впорядкованим - вони займають *k* старших розрядів комбінації, а інші *(n-k)* розрядів приділяються під перевірні (контрольні).

При другому способі утворення циклічних кодів інформаційні та контрольні символи в комбінаціях циклічного коду не відокремлюються друг від друга, що ускладнює процес декодування. Тому, як правило, застосовують перший спосіб побудови циклічного коду [12].

1.3.4 Біноміальний код

Біноміальні коди формуються на основі двійкової біноміальної системи числення. Двійкова *k* – біноміальна система числення задається числовою кодоутворюючою функцією [13]:

$$F = \chi_{i-1} \cdot C_{n-1}^{k-q_{n-1}} + \ldots + \chi_i \cdot C_{n-r+i}^{k-q_i} + \ldots + \chi_1 \cdot C_{n-r+1}^{k-q_1} + \chi_0 \cdot C_{n-r}^{k-q_0} \quad (1.8)$$

с системами обмежень:

$$\begin{cases} k \le r \le n-1, \\ q = k, \\ x_0 = 1 \end{cases} \quad \text{та} \quad \begin{cases} q - k = r - q, \\ 0 \le q \le k-1, \\ x_0 = 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

де r – кількість розрядів біноміального числа (довжина), r є 1,2,...;

k – максимальна кількість одиниць у біноміальному числі;

i – порядковий номер розряду, i = 0, 1,..., r-1;

x_i – біноміальна двійкова цифра – 0 або 1;

n – цілочисельний параметр системи числення;

q – кількість одиниць у біноміальному числі;

q_i – сума одиничних значень цифр x_i від (r-1) – го розряду до (i+1) – го включно:

$$q_i = \sum_{j=i+1}^{r} x_j \qquad (1.10)$$

де i = 0, 1, ..., r-1; x_r = 0.

Рівномірні двійкові біноміальні кодові комбінації містять або k одиниць, або $(n-k)$ нулів у старших розрядах перед молодшою одиницею. Кількість n-розрядних біноміальних чисел дорівнює [13]:

$$N = C_{n+1}^{k} .$$

Корисними властивостями біноміальної системи числення є:

- завадостійкість при передачі, зберіганні та обробленні інформації;
- здатність перебирати, генерувати та нумерувати комбінації кодів з постійною вагою;
- можливість побудови завадостійких цифрових пристроїв на їх основі [13].

1.4 Системи передачі даних

Сукупність технічних засобів для передачі повідомлення від джерела до споживача називається системою передачі даних (СПД). Основні переваги цифрового зв'язку перед аналоговим [4,11]:

– висока завадостійкість, яка пов'язана з кінцевою кількістю рівнів переданих сигналів, та наявність, у зв'язку з цим, порогу завадостійкості;

– оскільки необхідно забезпечити зв'язок між цифровими пристроями, то застосування цифрових сигналів забезпечує зниження апаратно-програмних витрат;

– можливість широкого впровадження розроблених раніше методів оброблення цифрових сигналів;

– простота використання функцій, що забезпечують скритність зв'язку та шифрування даних при їх передачі.

Але при цьому існує й ряд недоліків цифрового зв'язку:

– висока інтенсивність оброблення даних;

– необхідність синхронізації;

– відсутність плавної зміни якості передачі даних (сигнал або є, або повністю відсутній).

Узагальнена структурна схема системи передачі даних односпрямованої дії (рис. 1.4) складається з кінцевого встаткування, яке виконує функції відправника (КВ-ВП) та приймача (КВ-ПП) повідомлень, пристрою захисту від помилок (ПЗП), пристрою стиснення та відновлення даних (ПСД та ПВД), пристрою перетворення сигналів (ППС) та каналу зв'язку (КЗ). ПЗП в парі з ПСД здійснює кодування, а в парі з ПВД - декодування даних. ППС здійснює перетворення сигналів даних у форму, зручну для передачі по каналу зв'язку, а пристрої сполучення (ПС) забезпечують обмін інформаційними та керуючими сигналами між КВ. Координація взаємодії складових частин СПД забезпечується за допомогою спеціальних імпульсів, які формуються пристроєм управління (ПУ) [2].

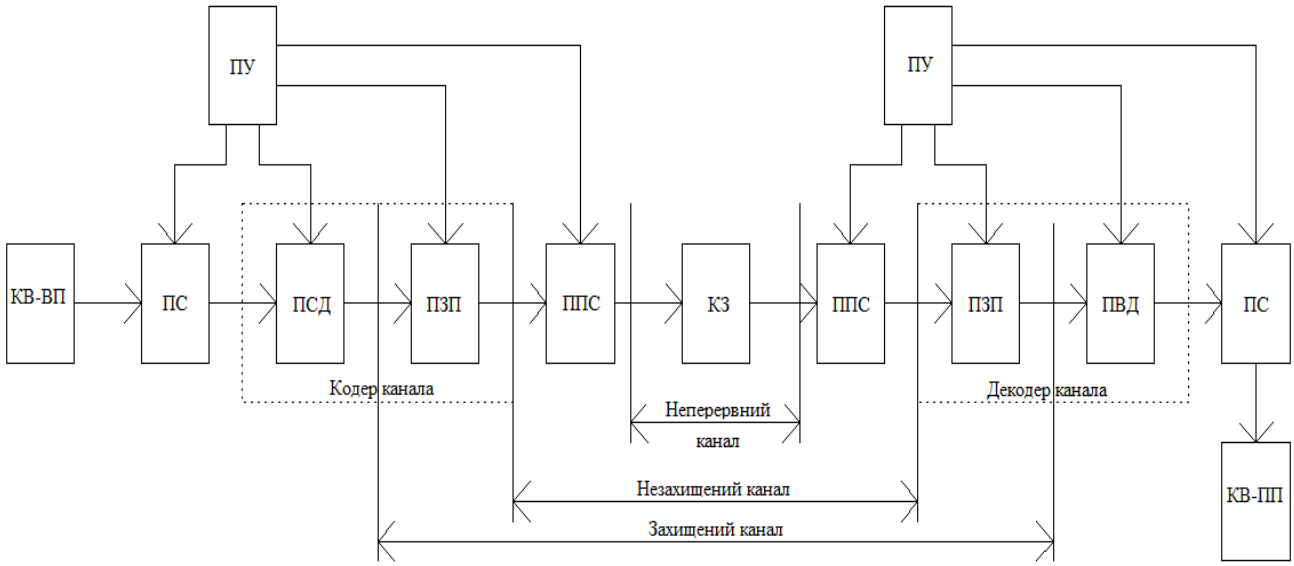


Рисунок 1.4 - Узагальнена структура схеми системи передачі даних односпрямованої дії

Сукупність безперервного каналу із включеними на його вході та виході ППС називають незахищеним або дискретним каналом передачі даних, а об'єднання незахищеного каналу з ПЗП - захищеним від помилок каналом зв’язку [2].

У системах без зворотного зв'язку підвищення вірогідності інформації здійснюється за допомогою властивостей використовуваного коду, у системах зі зворотним зв'язком - за рахунок повторення перекрученої інформації [2].

Існує велика кількість способів побудови зворотного каналу (рис. 1.5). У варіанті I зворотний зв'язок охоплює тільки лінію зв'язку. У варіантах II та III зворотний зв'язок підключений після вирішального пристрою. Варіант III відрізняється тим, що зворотний зв'язок охоплює всю систему [2].

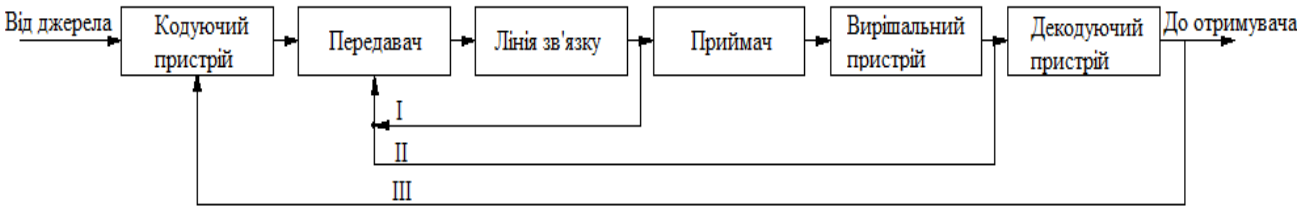


Рисунок 1.5 - Способи побудови каналів зворотного зв'язка

Залежно від способу використання зворотного каналу системи зі зворотним зв'язком можуть бути поділені на три основних типи [6]:

- системи з інформаційним зворотним зв'язком (системи з порівнянням);
- системи з вирішальним зворотним зв'язком (системи з перезапитуванням інформації);
- системи з комбінованим зворотним зв'язком.

У системах з інформаційним зворотним зв'язком по зворотному каналу зв’язку передаються усі прийняті сигнали. На передавальній стороні ці сигнали порівнюються з переданими. У випадку наявності розбіжностей здійснюється повторна передача сигналу або передача даних про необхідні виправлення. У системах з вирішальним зворотним зв'язком приймач сам перевіряє правильність прийнятого сигналу. При виявленні перекручень приймач надсилає по зворотному каналу сигнал перезапиту на повторення передачі сигналу, що спотворюється. Таким чином, у системах з інформаційним зворотним зв'язком рішення про необхідність повторення передачі приймається на передавальній стороні, а в системах з вирішальним зворотним зв'язком - на приймальній стороні [2,6].

Зворотні канали зв’язку в системах з інформаційним зворотним зв'язком та в системах з вирішальним зворотним зв'язком використовуються не однаковою мірою. Зворотний канал в системах з вирішальним зворотним зв'язком завантажений значно менше, ніж у системах з інформаційним зворотним зв'язком. В системах з вирішальним зворотним зв'язком сигнал по зворотному каналу надходить лише у випадку виявлення перекручень у переданому сигналі, у той час як в системах з інформаційним зворотним зв'язком кожний прийнятий сигнал пересилається по зворотному каналу на передавальну сторону.

Структура сигналів у системах з вирішальним зворотним зв'язком (ВЗЗ) повинна бути такою, щоб помилка при передачі могла бути виявлена на приймальній стороні. Це може бути здійснено лише при використанні кодів, що дозволяють виявляти перекручення [2].

Залежно від алгоритму роботи системи з ВЗЗ поділяються на кілька видів.

Існує кілька видів перезапитів, які використовуються в каналах зв'язку з різними показниками [2]:

1. Системи з пакетним перезапитом (ВЗЗ-ПП). Комбінації завадостійкого коду в таких системах поєднуються по *h* комбінацій у пакети, які закінчуються контрольними розрядами, за допомогою яких відбувається виявлення перекручених двійкових комбінацій. Прийняті без виявлених помилок комбінації накопичуються в приймальному пристрої (а саме в накопичувачі «прийому»). Якщо в накопичувачі після прийому пакету не буде записана хоча б одна з *h* комбінацій, по зворотному каналу передається сигнал запиту усього пакета. При повторній передачі з усього блоку приймач відбирає комбінації, які відсутні в накопичувачі, й так доти, поки в накопичувачі не будуть записані усі *h* комбінацій.

2. Системи з послівним перезапитом (ВЗЗ-ПсП). Ці системи дуже схожі на системи з ВЗЗ-ПП, але інформаційна послідовність при перевірці на правильність перезапитує кожне слово. Ці системи використовуються при передачі по каналам зв'язку з невеликим рівнем завад або при невеликому обсязі інформації.

3. Системи з адресним перезапитом (ВЗЗ-АП). Ці системи аналогічні системам з ВЗЗ-ПП, але інформаційна послідовність розбивається на інформаційні блоки (підпакети), у кожному з яких є свій контрольний розряд. Для підвищення швидкості передачі повідомлень по зворотному каналу зв’язку передається складний сигнал запиту (квитанція), яка містить номера (адреси) перезапитаних підпакетів. Відповідно до цього передавач повторює тільки такі підпакети, які не прийняті, а не весь пакет, як у системах з пакетним перезапитом.

4. Системи з векторним перезапитом (ВЗЗ-ВП). Якщо при адресному перезапиті адреса перекрученого підпакета вказується за допомогою двійкового числа, то у випадку векторного перезапиту адреса перекрученого підпакета вказується за допомогою двійкового вектору, в якому 0 відповідає правильній передачі підпакета, а 1 – передачі з перекрученням.

При побудові систем зі зворотним зв'язком значним недоліком є те, що швидкість передачі інформації різко зменшується зі збільшенням ймовірності помилок, що виявляються, $P_{вп}$, тому що при цьому різко збільшується кількість перезапитів. Недоліком систем зі зворотним зв'язком є також складність алгоритму оброблення повідомлень, переданих по прямому та зворотному каналам, й, як наслідок, більша складність технічної реалізації апаратури [1].

Система без зворотного зв'язку при відповідному виборі коду (надмірності та довжини кодових комбінацій) може забезпечити будь-яку, як завгодно малу ймовірність помилки.

Системи передачі без зворотного зв'язку використовують симплексний канал зв'язку й поділяються на системи передачі за допомогою простого двійкового коду, системи передачі за допомогою коду, що виправляє помилки, та системи з повторенням передачі інформації.

Вірогідність у системах з повторенням передачі інформації досягається багаторазовою передачею кодової комбінації та порівнянням на приймальному боці прийнятих комбінацій за критерієм більшості. Недоліком систем з повторенням є також значне зниження швидкості передачі інформації [2].

1.5 Постановка завдання

У результаті наведеного літературного огляду зроблений вивід про те, що необхідно використовувати напівдуплексний канал зв'язку. Однак, надійність будь-якої системи зв'язку неможливо забезпечити, тільки використовуючи конструктивні методи її підвищення, які пов'язані з поліпшенням технології виготовлення та з підвищенням якості окремих вузлів та елементів. Необхідно ще використання сучасних методів завадостійкого кодування повідомлень.

У цей час відомі десятки різних завадостійких кодів, й основне завдання при підвищенні надійності зв'язку - це завдання вибору такого завадостійкого коду, який би з одного боку задовольняв необхідним вимогам щодо завадостійкості системи зв'язку, а з іншого боку - мінімально знижував би швидкість передачі даних та приводив би до незначних апаратурних витрат.

У такий спосіб постановку завдання можна сформулювати таким чином:

$$\begin{cases} R_c \to \max, \\ V \le V_{\max}; \end{cases} \tag{1.11}$$

де R_c – швидкість передачі повідомлень по прямому тракту системи передачі даних;

V та V_{max} – ймовірності невиявлення помилок завадостійкого коду та її максимально припустиме значення.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступне:

1. Провести дослідження залежностей ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0 та від ймовірності переходу 0 в 1 при рівній довжині кодової комбінації. Потрібно порівняти такі завадостійкі коди: код з контролем на парність, рівноважні, циклічні та біноміальні коди.

2. За результатами порівняння обрати найбільш прийнятний код для побудови системи передачі даних з асиметричним каналом зв'язку.

3. Розрахувати параметри обраного коду, які будуть задовольняти таким початковим умовам:

$$\begin{cases} P_{01} = 0{,}009, \\ P_{10} = 0{,}005, \\ P_{\text{но доп}} = 1{,}5 * 10^{-5}. \end{cases}$$

4. Розробити алгоритм функціонування та структурну схему системи передачі інформації на основі обраного завадостійкого коду.

5. Синтезувати функціональну та принципову схеми блоку виявлення помилок.

2 НАУКОВО - ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 0 в 1 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 1 в 0

У даному розділі будемо досліджувати залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 0 в 1 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 1 в 0 для деяких завадостійких кодів.

Для дослідження візьмемо кодові комбінації довжиною n=9 біт та ймовірність переходу 0 в 1 $P_{10} = 0{,}01$.

Рівноважний код має такі параметри: n=9, k=6. За допомогою цього коду можна закодувати N=84 символи.

Формула ймовірності невиявлення помилок для рівноважного коду для асиметричного каналу зв'язку має вигляд [13]:

$$P_{но} = \sum_{r=1}^{k} C_k^r C_{n-k}^r P_{01}^r P_{10}^r P_{11}^{k-r} P_{00}^{n-k-r}, \qquad (2.1)$$

де n - кількість розрядів кодової комбінації;

k - кількість одиничних розрядів;

r - кількість помилкових переходів;

P_{00} – ймовірність переходу 0 в 0;

P_{01} – ймовірність переходу 0 в 1;

P_{10} – ймовірність переходу 1 в 0;

P_{11} – ймовірність переходу 1 в 1.

Біноміальний код має такі параметри: n=10, k=6. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати біноміальним кодом з такими параметрами, дорівнює: N = 210.

Формула ймовірності невиявлення помилок для біноміального коду для асиметричного каналу зв'язку має вигляд [13]:

$$P_{но} = \sum_{qi=0}^{k} \Bigg(\sum_{qw=qi+1}^{k} \sum_{c=1}^{C_{n-k-1=qI}^{qI}} P_{сообщ}(qi,c) \sum_{t=0}^{G1} C_{qi}^{t} C_{n-k-1+qw-qi}^{qw-qi+t} P_{00}^{n-qw-t-1} P_{01}^{qw-qi+t} P_{10}^{t} P_{11}^{qi-t} +$$

$$+ \sum_{c=1}^{C_{n-k-2=qi}^{qi}} P_{сообщ}(qi,c) \sum_{t=1}^{G2} C_{qi}^{t} C_{n-k-1}^{t} P_{00}^{n-qi-t-1} P_{01}^{t} P_{10}^{t} P_{11}^{qi-t} + \sum_{qw=0}^{qi-1} \sum_{t=qi-qw}^{q\min} \sum_{z=1}^{C_{qi-qw}^{t}} \sum_{s=1}^{C_{n-k-1=qw}^{qi-t}} P_{сообщ}(qi,s,z) \times$$

$$\times \sum_{f=qi-qw-t}^{q\max} C_{qi-t}^{qi-t-f} C_{n-k-1-(qi-qw-t)}^{qw-(qi-t-f)} P_{00}^{n-qw-t-f-1} P_{01}^{qw-(qi-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{qi-t-f} \Bigg), \qquad (2.2)$$

де P_{00} – ймовірність переходу 0 в 0;

P_{01} – ймовірність переходу 0 в 1;

P_{10} – ймовірність переходу 1 в 0;

P_{11} – ймовірність переходу 1 в 1;

n - параметр біноміального кода (числа);

k - максимальна кількість одиниць у біноміальному числі (кодової комбінації);

q - кількість одиниць в біноміальної кодової комбінації;

t - переходи одиниць в нулі, що не виявляються, тоді (t+ qw - qi) - переходи нулів в одиниці, що не виявляються;

G - максимальна кількість переходів одиниць, що не виявляються, в нулі;

$P_{сообщ}$ – ймовірність появи повідомлення.

Циклічний код, що розглядається, має такі параметри: n=9, r=4, k=5, d_{min}=3. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати за допомогою такого циклічного коду з такими параметрами, дорівнює N = 32.

Код з контролем на парність має параметри: n=9, r=1, k=8, d_{min}=1. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати за допомогою цього коду: N= 256.

Для симетричного каналу зв'язку відомі наступні формули для визначення ймовірності помилок, що не виявляються.

Для циклічного коду [8]:

$$\text{Рнп} \approx \frac{1}{2^r} \sum_{i=d_{min}}^{n} C_n^i P_e^i (1 - P_e)^{n-1} \tag{2.3}$$

де $P_{нп}$ – ймовірність невиявлення помилок;

P_e – ймовірність перекручення елемента кодової комбінації;

r – кількість перевірних розрядів;

d_{min} - мінімальна кодова відстань;

i - кратність помилки.

Для коду з контролем на парність [8]:

$$P_{нп} \approx C_n^2 P_e^2 (1-p_e)^{n-2} \tag{2.4}$$

де $P_{нп}$ – ймовірність невиявлення помилок;

P_e – ймовірність перекручення елемента кодової комбінації.

Але для асиметричного каналу зв'язку неможливо скористатися формулами (2.3 та 2.4), тому необхідно зробити розрахунок з використанням універсальної методики для циклічного коду та коду з контролем на парність.

Для цього будемо використовувати такий алгоритм дій [13]:

1. Синтезувати завадостійкий код.
2. Побудувати матрицю кодових відстаней.
3. Розрахувати канальну матрицю $P(b_j/a_i)$.
4. Визначити ймовірність невиявлення помилок при передачі по каналу зв’язку символу a_i. Для цього скористаємося наступним виразом:

$$P_{но}(a_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^{|B|} P(b_j / a_i), \tag{2.5}$$

де $P(b_j/a_i)$ - ймовірність появи на виході каналу зв'язку символу b_j, якщо відомо, що надісланий символ a_i.

5. Розрахувати ймовірність невиявлення помилок для усього алфавіту:

$$P_{но} = \sum_{i=1}^{|A|} P(a_i) P_{но}(a_i), \tag{2.6}$$

де $P(a_i)$ - ймовірність появи на вході каналу аі символу;

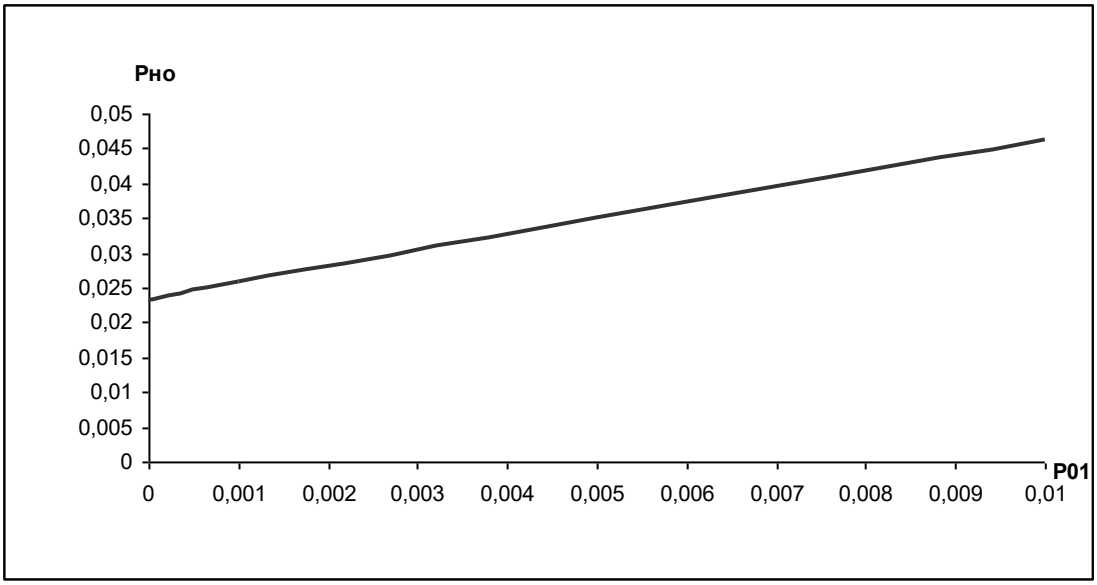
$P_{нп}(a_i)$ – ймовірність невиявлення помилок при передачі символу a_i.

Використовуючи формули (2.1, 2.2, 2.5, 2.6) та параметри досліджуваних кодів, були отримані ймовірності невиявлення помилок для асиметричного каналу зв'язку. Усі дані зведені в таблиці 2.1 та проілюстровані на рисунках 2.1 та 2.2.

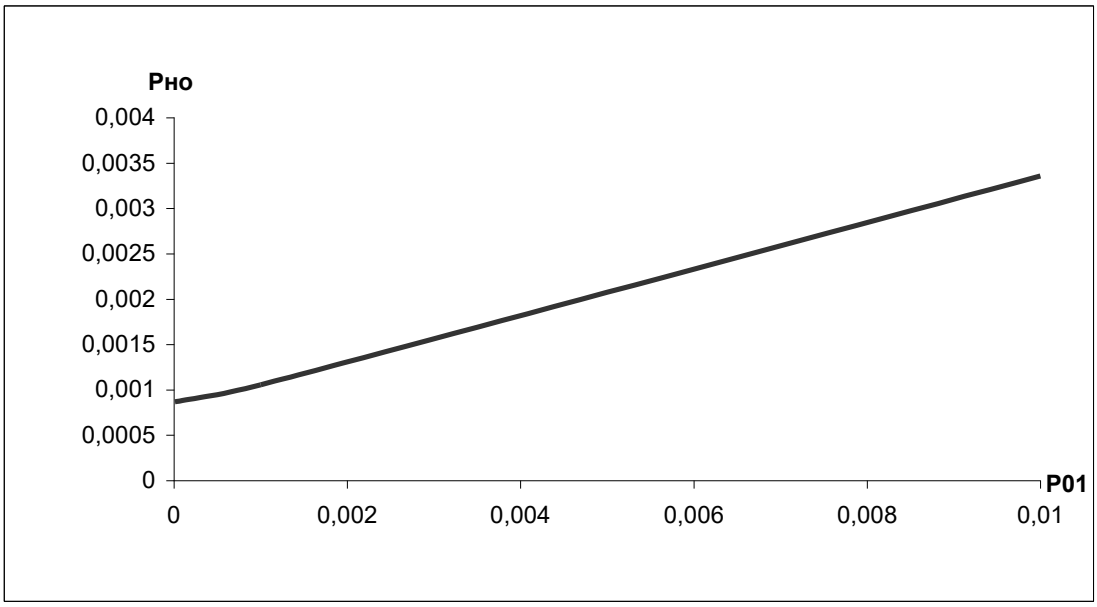
Таблиця 2.1 - Залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0

	Біноміальний код	Код з контролем на парність	Рівноважний код	Циклічний код
P_{01}	$P_{нп}$	$P_{нп}$	$P_{нп}$	$P_{нп}$
0,00001	0,0234	0,00087	0	0,00000002
0,001	0,0258	0,001057	0,00018	0,00000099
0,01	0,0463	0,003357	0,001678	0,00000574

Графіки ймовірності невиявлення помилок, що відображають залежність від ймовірності переходу 0 в 1 для завадостійких кодів, що були досліджені, відображені на рисунку 2.1.



а)



б)

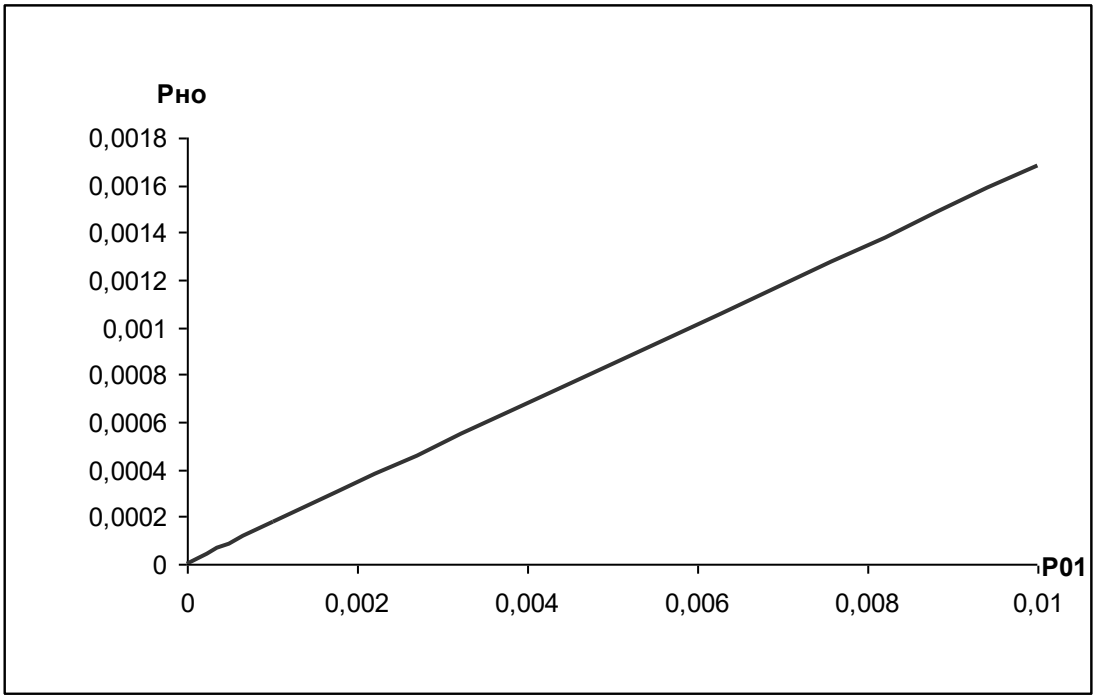
Рисунок 2.1 - Залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 0 в 1 для досліджуваних кодів:

а) біноміальний код;

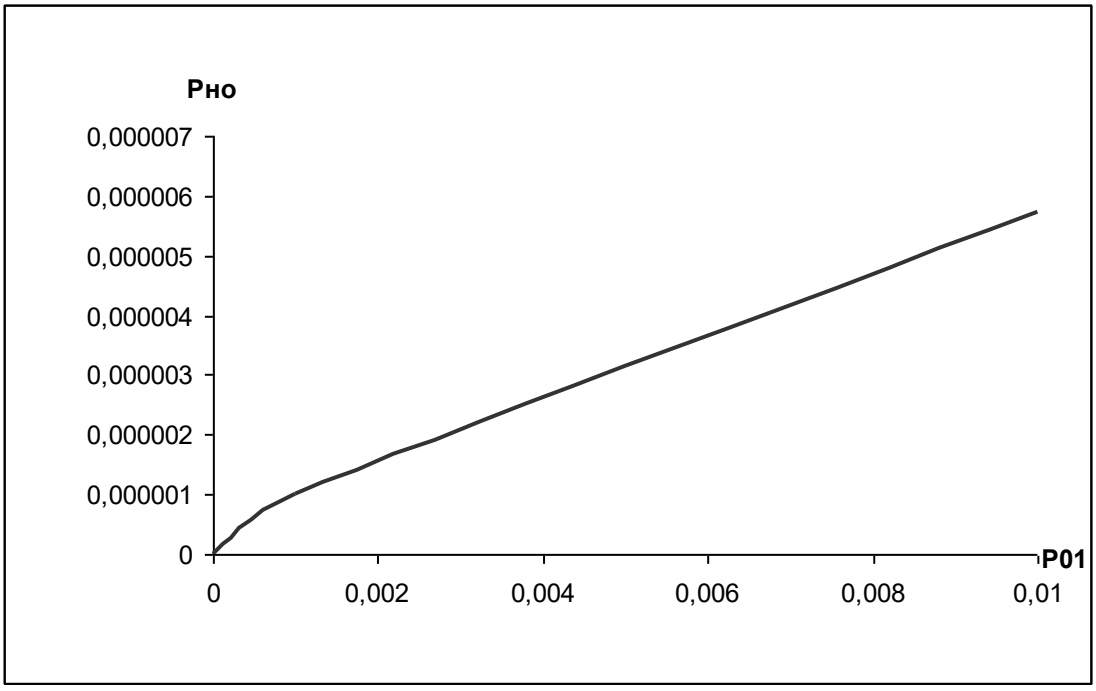
б) код з контролем на парність;

в) рівноважний код;

г) циклічний код



в)



г)

Продовження рисунка 2.1

Узагальнений графік залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності помилкового переходу 0 в 1 для усіх досліджуваних кодів відображений на рис. 2.2.

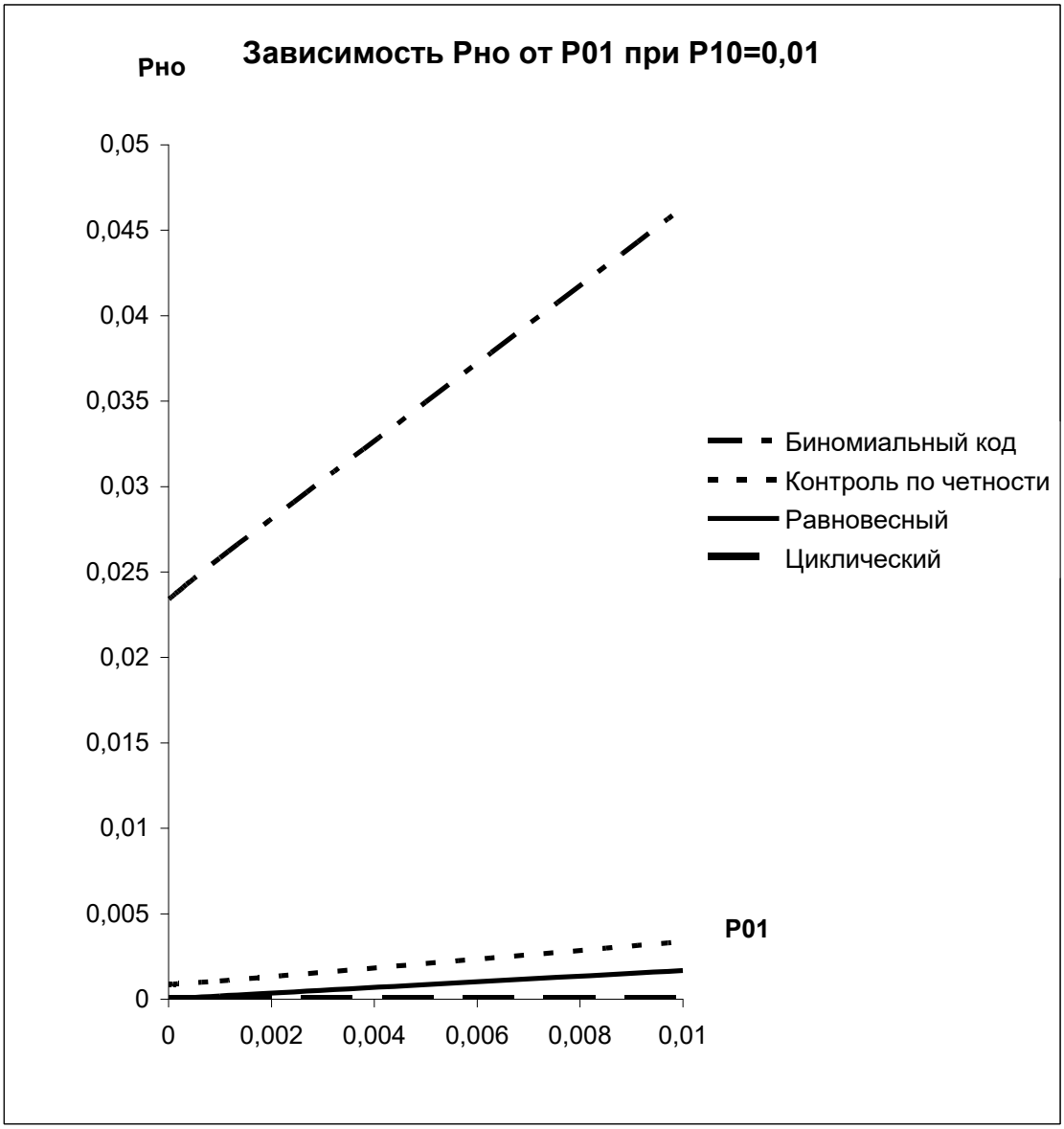


Рисунок 2.2 – Залежності $P_{нп}$ для усіх досліджуваних завадостійких кодів

Висновки: у розділі 2.1 був проведений аналіз залежності ймовірності невиявлення помилок для різних завадостійких кодів від ймовірності помилкового переходу 0 в 1 при незмінній ймовірності переходу 1 в 0 та рівній довжині кодової комбінації. У результаті був отриманий узагальнений графік цих залежностей. Аналіз результатів дослідження дозволяє зробити висновок, що в асиметричних каналах зв'язку найбільш доцільним є застосування циклічного коду. Виключення може представляти випадок повної асиметрії в каналі зв’язку, коли має місце перекручення тільки одиничних (або тільки нульових) розрядів кодової комбінації. У такому випадку найбільш ефективним є застосування рівноважного коду.

2.2 Аналіз залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 0 в 1

У даному розділі будемо досліджувати залежність ймовірності невиявлення помилок завадостійких кодів від ймовірності переходу 1 в 0 при рівній довжині кодової комбінації та при постійному значенні ймовірності переходу 0 в 1 для усіх досліджуваних кодів. Для досліджень візьмемо завадостійку кодову комбінацію довжиною n=9 біт, а ймовірність переходу 0 в 1 $P_{01} = 0,01$.

Розглянемо циклічний код з параметрами: n=9, r=4, k=5, $d_{min}=3$. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати за допомогою коду, який має такі параметри, дорівнює N = 32.

Біноміальний код має такі параметри: n=10, k=6. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати цим кодом, дорівнює: N = 210.

Код з контролем на парність має параметри: n=9, r=1, k=8, $d_{min}=1$. Потужність алфавіту, символи якого можна закодувати таким кодом: N= 256.

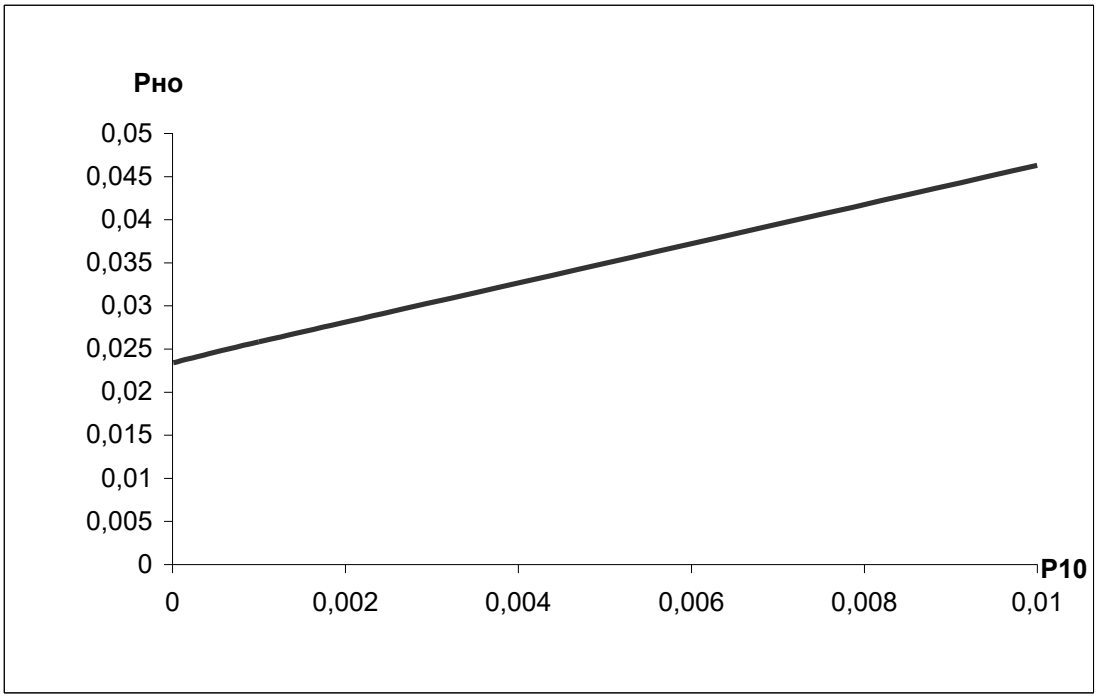
Рівноважний код має такі параметри: n=9, k=6. За допомогою цього коду можна закодувати N=84 символи.

Для кодів з такими параметрами були розраховані ймовірності невиявлення помилок за допомогою формул (2.1, 2.2, 2.3, 2.4). У результаті дослідження визначені ймовірності невиявлення помилок для асиметричного каналу зв'язку. Визначені ймовірності невиявлення помилок зведені у таблиці 2.2.

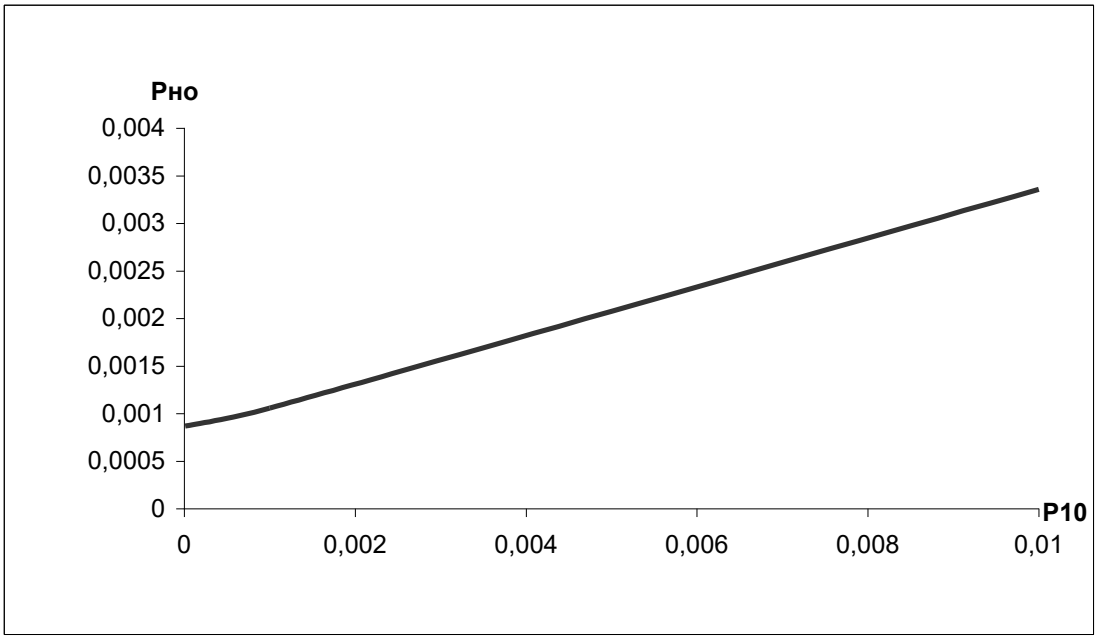
Таблиця 2.2 - Залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0

	Біноміальний код	Код з контролем на парність	Рівноважний код	Циклічний код
P_{10}	$P_{но}$	$P_{но}$	$P_{но}$	$P_{но}$
0,00001	0,0234	0,00087	0	0,00000002
0,001	0,0258	0,001057	0,000184	0,00000099
0,01	0,0463	0,003357	0,001678	0,00000574

Графіки, що відображають залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0 наведені на рисунку 2.3.



а)



б)

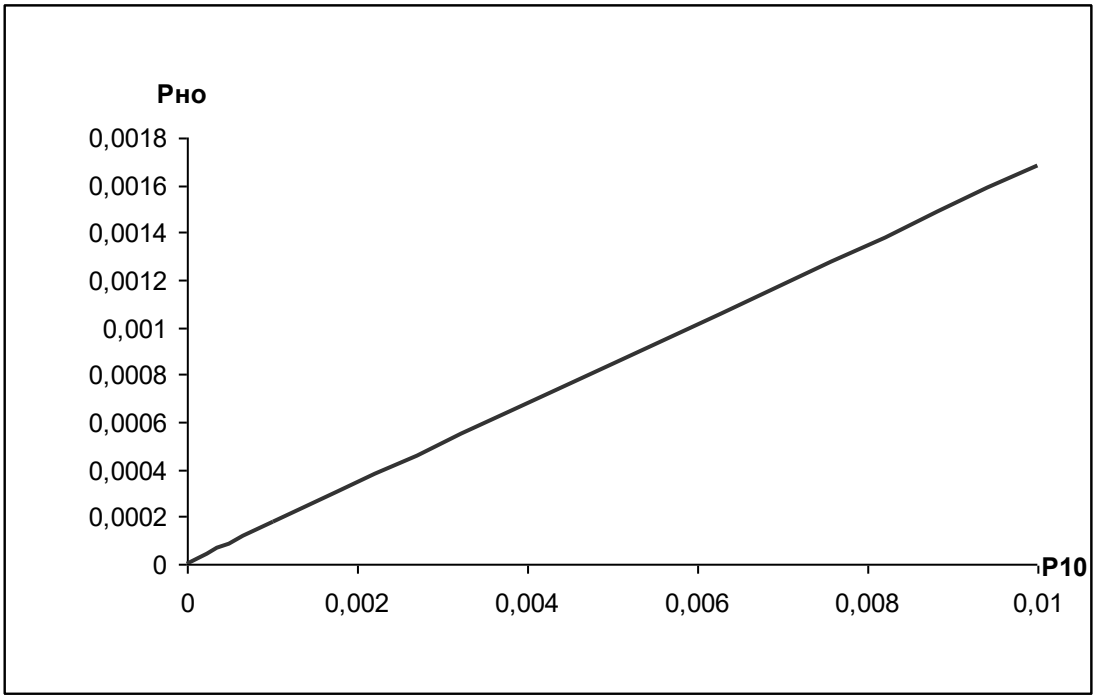
Рисунок 2.3 - Залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності переходу 1 в 0 для досліджуваних кодів:

а) біноміальний код;

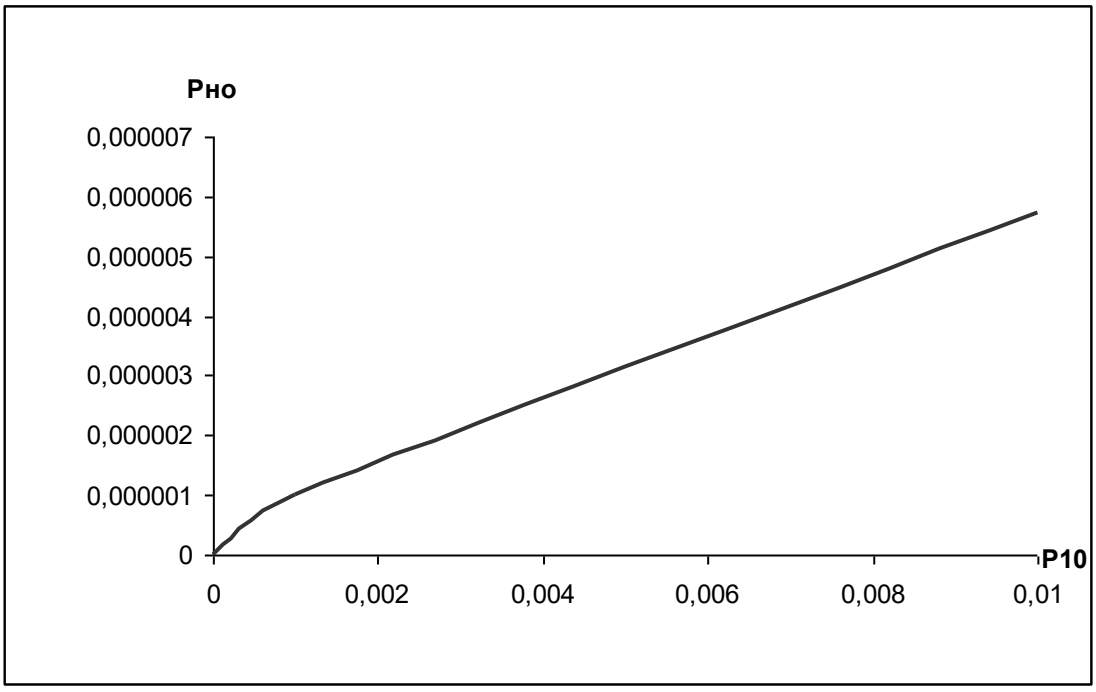
б) код з контролем на парність;

в) рівноважний код;

г) циклічний код



в)



г)

Продовження рисунка 2.3

Узагальнений графік залежності ймовірності невиявлення помилок від ймовірності помилкового переходу 1 в 0 для усіх кодів наведений на рисунку 2.4.

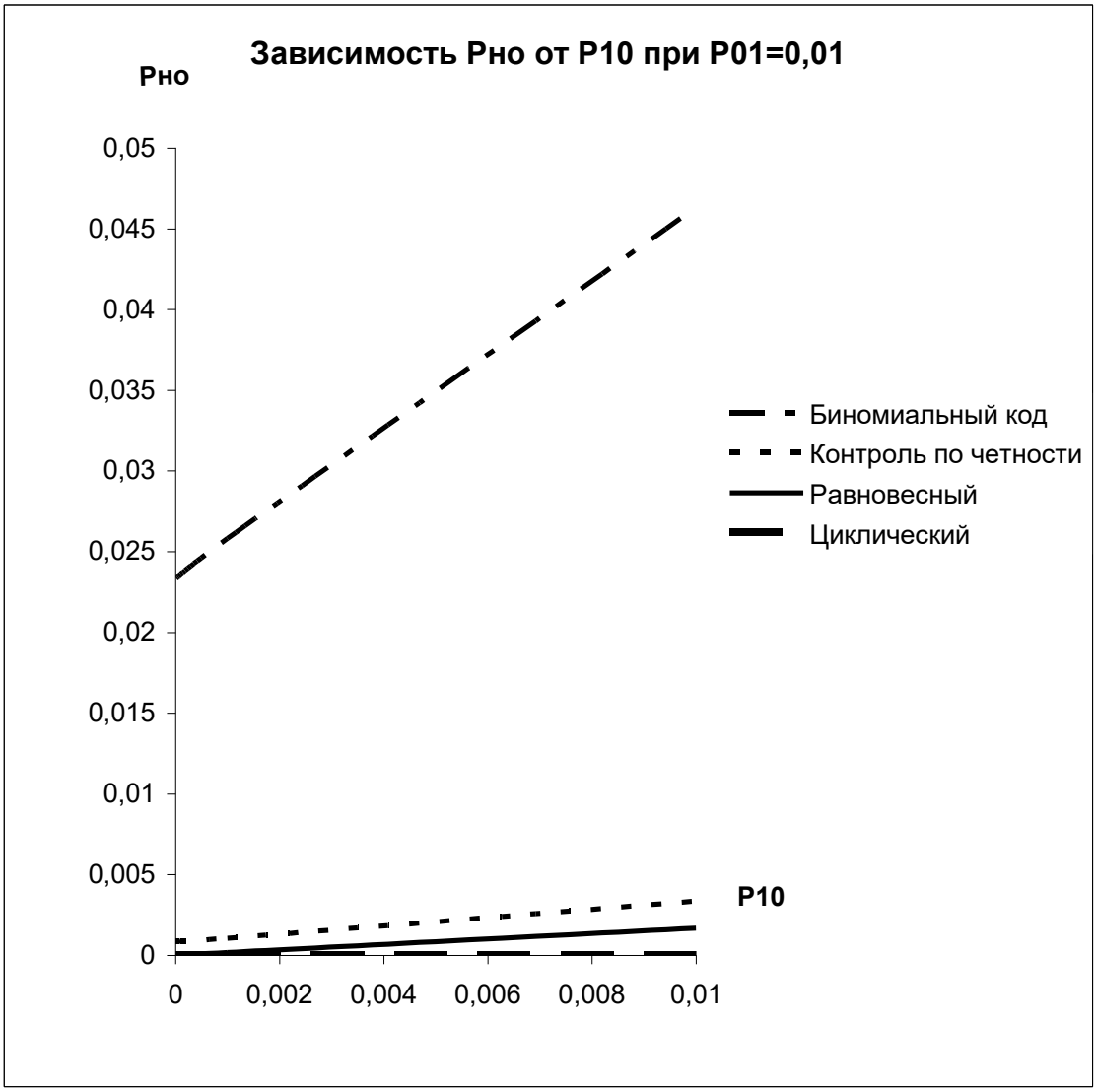


Рисунок 2.4 – Залежності $P_{но}$ для усіх досліджуваних кодів

Висновки: у розділі 2.2 було проведене дослідження ймовірності невиявлення помилок для кількох завадостійких кодів від ймовірності помилкового переходу 1 в 0 при незмінній ймовірності переходу 0 в 1 та при рівній довжині кодових комбінацій. Результати досліджень наведені у вигляді графіків. За результатами цього дослідження можна сказати, що циклічний код за ймовірністю невиявлення помилок найбільш доцільно застосовувати для передачі інформації в асиметричних каналах зв'язку.

При аналізі таблиць та графіків, можна зробити висновки, що в асиметричних каналах зв'язку найбільш ефективно застосовувати циклічний код. Виключення може представляти випадок повної асиметрії, коли має місце перекручення тільки одиничних (або тільки нульових) розрядів кодової

комбінації. У такому випадку найбільш ефективним є застосування рівноважного коду.

2.3 Вибір параметрів коду

У результаті проведеного дослідження був зроблений висновок про доцільність застосування циклічного коду для побудови системи передачі даних з асиметричним каналом зв'язку. Як відзначалось раніше, циклічний код у порівнянні з іншими кодами має більшу надмірність, тому необхідно підібрати такі параметри коду, що б вони відповідали вихідним вимогам, й при цьому код був би не дуже надлишковим.

Виходячи із завдання на кваліфікаційну роботу:

P_{10}=0,009;

P_{01}=0,005;

$P_{нп\ доп}$=1,5* 10^{-5};

необхідно знайти кількість інформаційних *k* та перевірних *r* розрядів.

Таблиця 2.3 – Залежність надмірності коду від кількості інформаційних k та перевірних *r* розрядів при d_{min} = 3

k	r	R
2-4	3	0,6 – 0,43
5-11	4	0,44 – 0,267
12-20	5	0,294 – 0,2

Таблиця розрахована для d_{min} = 3, для того щоб код міг не тільки виявляти, але й виправляти помилки. З таблиці видно, що останній рядок має найменшу надмірність. Розрахуємо та зведемо в таблицю значення ймовірності невиявлення помилок при заданих параметрах коду (табл. 2.4).

Для k = 16:

$P_{нп}$ = 1,4* 10^{-5} < $P_{нп\ доп.}$ = 1,5* 10^{-5}.

Таблиця 2.4 - Значення ймовірності невиявлення помилок при заданих параметрах коду

k	20	19	18	17	16
$P_{нп}$	$2,5* 10^{-5}$	$2,2* 10^{-5}$	$1,9* 10^{-5}$	$1,7* 10^{-5}$	$1,4* 10^{-5}$

Таким чином, обраний циклічний код для побудови системи передачі даних має такі параметри:

$$\begin{cases} d_{\min} = 3 \\ r = 5 \\ n = 21 \end{cases}$$

3 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

3.1 Алгоритм функціонування системи передачі даних

Блок-схема алгоритму функціонування системи передачі даних наведена на рисунку 3.1.

Перша операція після початку роботи - введення параметрів циклічного коду, який буде використовуватися при кодуванні та декодуванні даних. Далі виконуємо обнуління та синхронізацію усіх пристроїв з метою підготовки їх до роботи. Очікуємо сигнал «ГОТОВИЙ» від джерела інформації, якщо сигнал є, продовжуємо роботу, якщо немає - вертаємося назад. Далі записуємо дані в блок пам’яті й починаємо формувати службову інформацію: початок та кінець повідомлення, номер блоку та фазуючу комбінацію. Наступна операція - кодування інформації, при цьому утворяться інформаційні та перевірні розряди. Потім усі частини блоку поєднуємо в один та одержуємо повідомлення, яке вже готове до передачі по каналу зв’язку.

Далі отримане повідомлення перетворюємо з паралельного коду у послідовний та формуємо з цифрового сигналу електричний. Потім перевіряємо наступне: якщо це має бути перша передача по каналу зв’язку, то просто передаємо повідомлення на приймальну сторону. Якщо не перша - то очікуємо сигнал «ГОТОВИЙ» з приймального боку й вже потім починаємо передачу. Після того, як повідомлення отримане на приймальній стороні, перетворюємо сигнал з електричного сигналу в цифровий, з послідовного коду - у паралельний. Далі розбиваємо повідомлення на службові та інформаційні частини. Зі службової інформації виділяємо фазуючу комбінацію та виконуємо фазування усіх блоків. Після цього, записуємо в запам'ятовувальний пристрій інформаційну та перевірну частини коду.

Наступна операція - декодування інформації та виявлення помилок. Якщо помилка виявлена, то виправляємо її, якщо помилка не виявлена - вважаємо, що повідомлення прийняте без перешкод. Далі передаємо інформацію приймачу та виводимо результати операторові. Потім збільшуємо на одиницю вміст лічильника номера блоку з метою контролю чи усі повідомлення отримані.

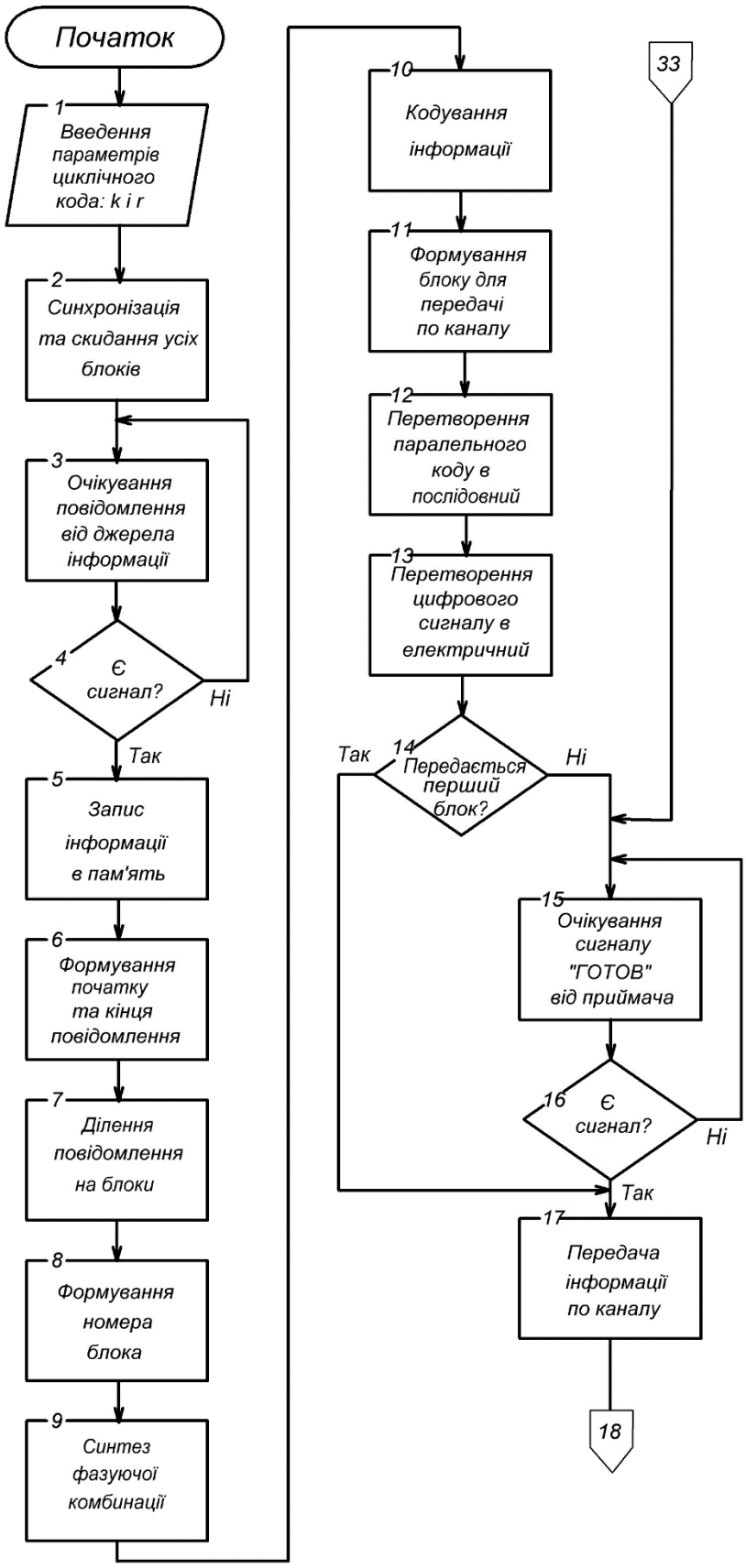
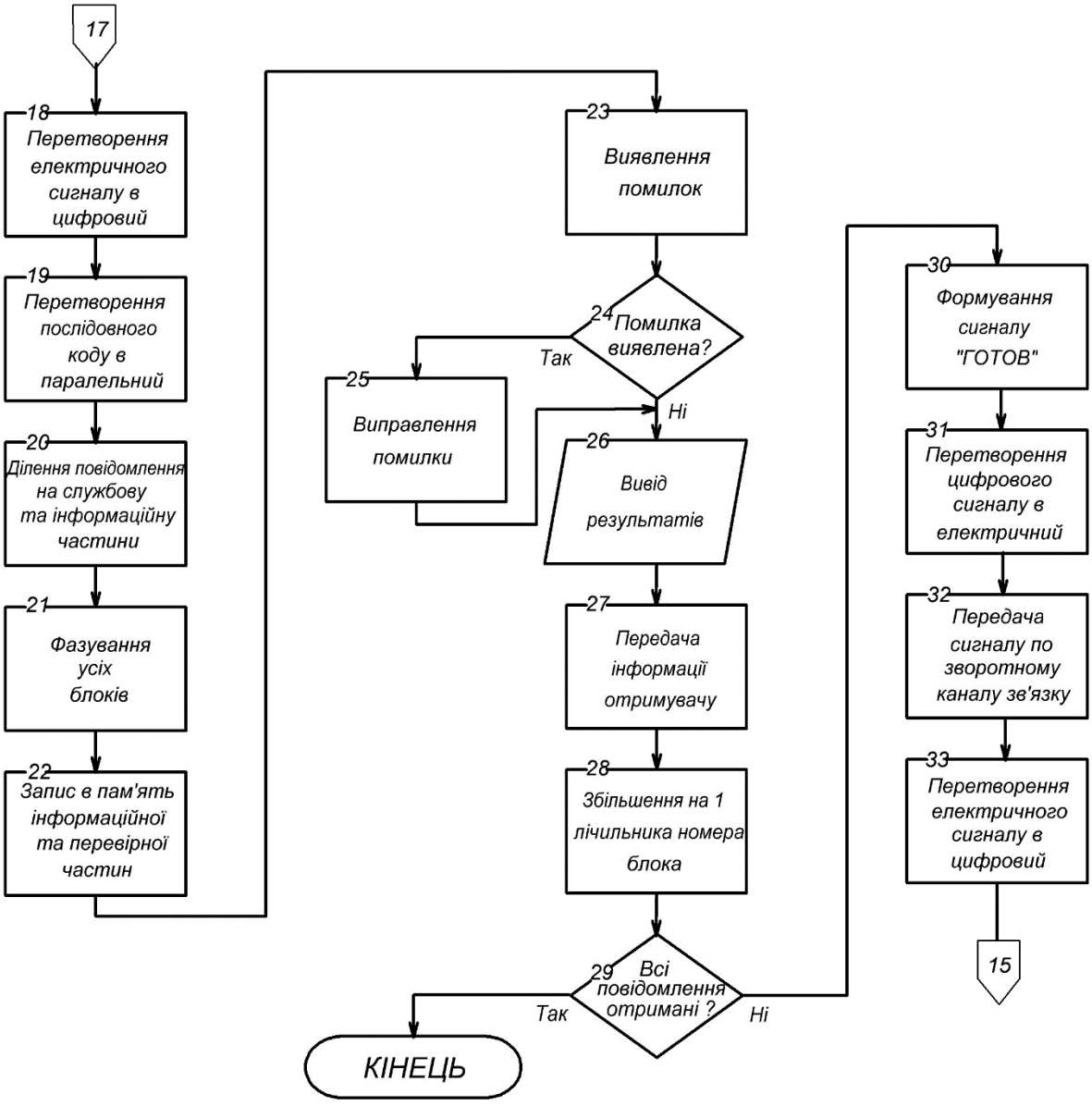


Рисунок 3.1- Блок-схема алгоритму функціонування СПД



Продовження рисунка 3.1

Якщо не усі повідомлення прийняті, то формуємо сигнал «ГОТОВИЙ» на передавальну сторону. Потім цей сигнал з цифрової форми перетворюємо в електричну та передаємо по зворотному каналу зв'язку на сторону передавача, де він знову буде перетворюватися з електричного сигналу в цифровий. Якщо вже отримані усі повідомлення, то припиняємо роботу усієї системи.

Для того, щоб зрозуміти яким чином відбувається кодування та декодування інформації, зупинимося докладніше на блок-схемі алгоритму функціонування приймальної сторони, що наведена на рисунку 3.2.

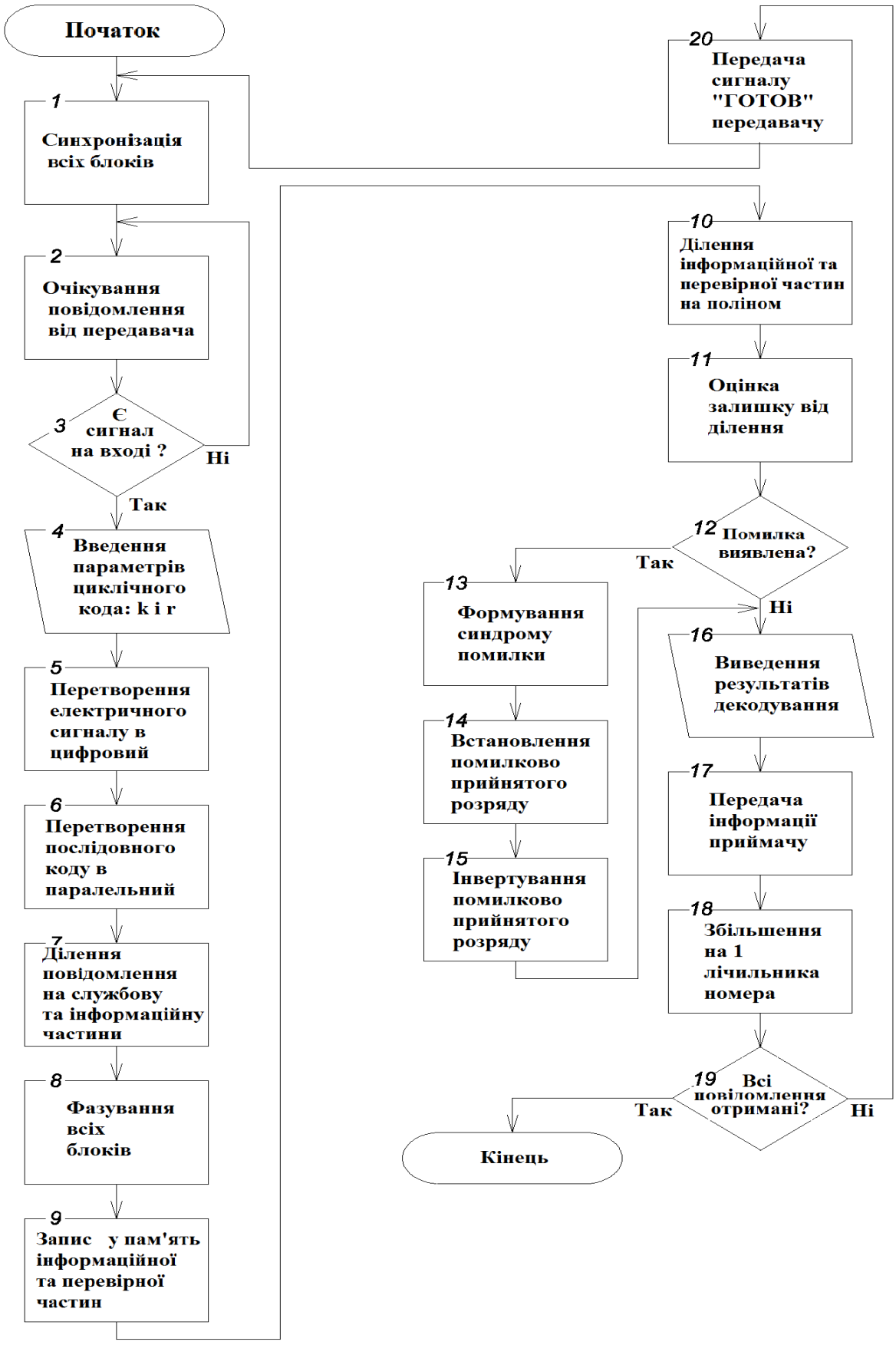


Рисунок 3.2 - Блок-схема алгоритму функціонування приймальної частини СПД

Перша операція після початку роботи - синхронізація усіх блоків. Далі очікування появи на вході повідомлення. Як тільки повідомлення з'явилося, запитуємо введення параметрів циклічного коду. Потім прийнятий сигнал перетворимо з електричної форми в цифрову. Потім з послідовного коду формуємо паралельний код. Далі розбиваємо повідомлення на службову та інформаційну частини й на основі прийнятої фазуючої комбінації фазуємо всі блоки.

Наступна операція - запис у блок пам’яті інформаційної та перевірної частини. Потім ділимо усе повідомлення на утворюючий поліном. Якщо залишок від ділення не дорівнює нулю, то відбулася помилка. Далі формуємо синдром помилки, визначаємо на основі синдрому перекручений розряд, потім інвертуємо його, й тим самим виправляємо помилку. Якщо залишок від ділення на утворюючий поліном є нульовим, то вважається, що повідомлення прийняте без перекручень. Потім виводимо результати декодування операторові та передаємо сигнал приймачу. Потім збільшуємо на одиницю вміст лічильника номера блоку та визначаємо, чи усі повідомлення прийняті. Якщо прийняті не всі повідомлення, то формуємо та передаємо сигнал «ГОТОВИЙ» передавальній стороні. Такий сигнал сигналізує про те, що весь цикл операцій по декодуванню прийнятого повідомлення закінчений, і приймач готовий до приймання нового повідомлення. Якщо вже отримані усі повідомлення, то приймач зупиняє свою роботу.

Таким чином, був розроблений та описаний алгоритм функціонування усієї системи передачі даних, що був складений на основі обраного циклічного коду з параметрами:. $d_{\min} = 3; r = 5; n = 21$. Також розглянутий докладний алгоритм функціонування приймальної сторони СПД, на базі якого описані такі операції як декодування інформації та виявлення помилок.

3.2 Структурна схема системи передачі даних

Система передачі даних характеризується якістю передачі та кількістю переданої за одиницю часу інформації. Основними характеристиками, що визначають якість та ефективність передачі даних, є надійність, швидкість та вірність передачі, а також питома швидкість. Немаловажним показником є складність апаратурної реалізації, що визначає її вартість. При виборі варіантів

проектованої апаратури необхідно зупинитися на тому варіанті, який при рівності одного або декількох показників забезпечує більш високі інші показники. Однак, залежно від призначення технічних засобів часто доводиться погіршувати один показник (наприклад, вартість або швидкість) з метою забезпечення більш високих інших показників [2].

Структурна схема системи передачі даних наведена на рисунку 3.3. В системі застосовується завадостійке кодування, що дозволяє не тільки виявляти, але й виправляти помилки.

Усю систему передачі даних можна розбити на три складові частини: передавач, приймач та безпосередньо канал зв'язку. На стороні передавача джерело інформації передає дані, які необхідно надіслати до споживача. Ці дані надходять у запам'ятовувальний пристрій, де зберігаються до надходження нових даних. Далі інформація кодується відповідним завадостійким кодом за допомогою кодеру. Одночасно блок формування службових символів синтезує усі необхідні службові дані: початок та кінець блоку, номер блоку та фазуюча комбінація. Так як використовується послідовна передача по каналу зв'язку, то необхідно виконати перетворення кодової комбінації з паралельного коду в послідовний. Для цього служить блок перетворення коду. Далі за допомогою модулятора цифровий сигнал перетворюється в електричний, котрий придатний для передачі даних по каналу зв’язку. Синхронізує та управляє роботою усіх блоків пристрій управління передавача. На приймальній стороні електричний сигнал за допомогою демодулятора перетворюється у цифровий. Далі дані оброблюються блоком перетворення коду, й вже паралельний код розбивається на службові та інформаційні частини. Фазуюча комбінація передається у фазуючий пристрій, який через блок керування синхронізує роботу усіх блоків приймача. Усі інші службові символи надходять до лічильника номера блоку та до пристрою управління приймача, а інформаційні та перевірні розряди - у запам'ятовувальний пристрій. Далі усі дані із запам'ятовувального пристрою надходять до регістра зі зворотним зв'язком. Потім формується залишок від ділення даних на утворюючий поліном на основі прийнятих інформаційних та перевірних розрядів. Далі результат ділення декодується: якщо в результаті одержали тільки нулі, то вважається, що повідомлення передане правильно.

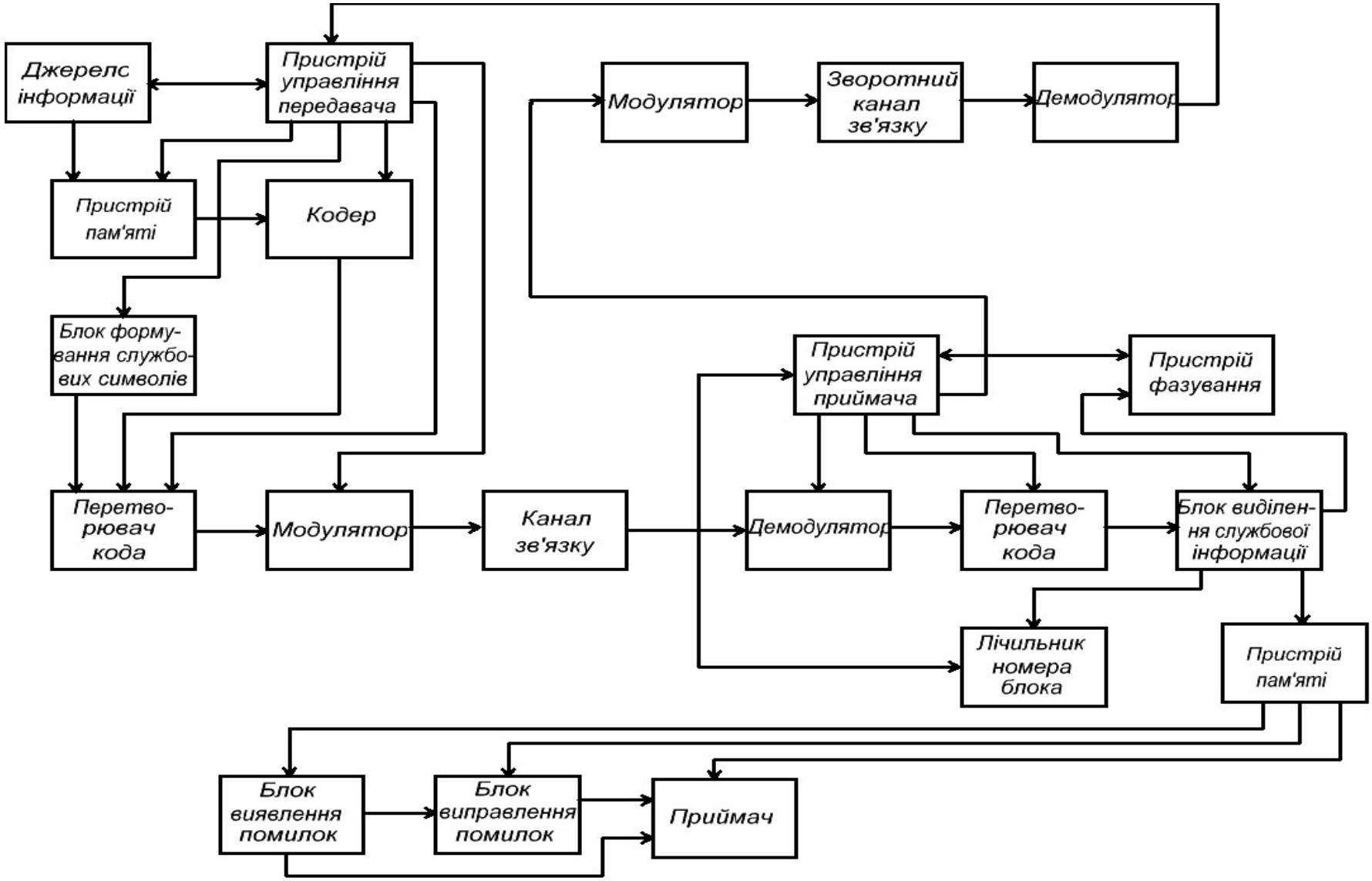


Рисунок 3.3 - Структурна схема системи передачі даних

Якщо у будь-якому розряді була одержана одиниця, то приймається рішення, що відбулася помилка при передачі інформації. Залежно від розташування одиниць блок виправлення помилки визначається перекручений розряд й потім здійснюється його інвертування. Далі інформація передається споживачеві. Блок керування не тільки управляє та синхронізує роботу усіх блоків приймальної сторони, але й передає сигнал на сторону передавача про готовність прийняти наступне повідомлення. Цей сигнал обробляється модулятором та передається по зворотному каналу зв'язку.

Таким чином, була розроблена та обґрунтована структурна схема системи передачі даних, яка може забезпечити надійну передачу даних по асиметричному каналу зв'язку. Дана схема побудована відповідно до алгоритму функціонування та забезпечує виконання усіх операцій алгоритму.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЛОКУ ВИЯВЛЕННЯ ПОМИЛОК

Функціональна схема блоку виявлення помилок наведена на рисунку 4.1.

Вхідними сигналами для блоку виявлення помилок є кодові комбінації, що надійшли з каналу зв’язку (інформаційні та перевірні розряди кодової комбінації), сигнал «R» (скидання в нуль усіх елементів з пам'яттю, що входять до складу блоку), сигнал «WR» (дозвіл завантаження даних у регістр). На виході формується сигнал запису для приймача, якщо кодова комбінація була отримана без перекручень, або для блоку виправлення помилки, якщо була виявлена помилка.

До складу блоку виявлення помилок входять такі структурні елементи:

- перетворювач паралельного коду в послідовний;
- регістр зі зворотним зв'язком та блок керування.

Розглянемо докладніше їхню структуру та роботу.

4.1 Перетворювач коду

Так як дані у блок виявлення помилки надходять у паралельному виді, а для регістра зі зворотним зв'язком необхідні дані в послідовному коді, то потрібно додати до розроблюваного блоку перетворювач коду.

Даний блок (перетворювач коду) являє собою паралельно-послідовний регістр. Зсув даних відбувається по передньому фронту тактового імпульсу. Також регістр має вхід «WR», який з'єднаний з вхідним сигналом «WR», для паралельного завантаження даних. Вхід «R» служить для скидання регістра в стан логічного нуля. Таким чином, з вхідного паралельного коду на виході одержуємо послідовний код.

4.2 Регістр зі зворотними зв'язками

Для виявлення помилок необхідно отримані дані поділити на утворюючий багаточлен, використовуваний при кодуванні даних [5].

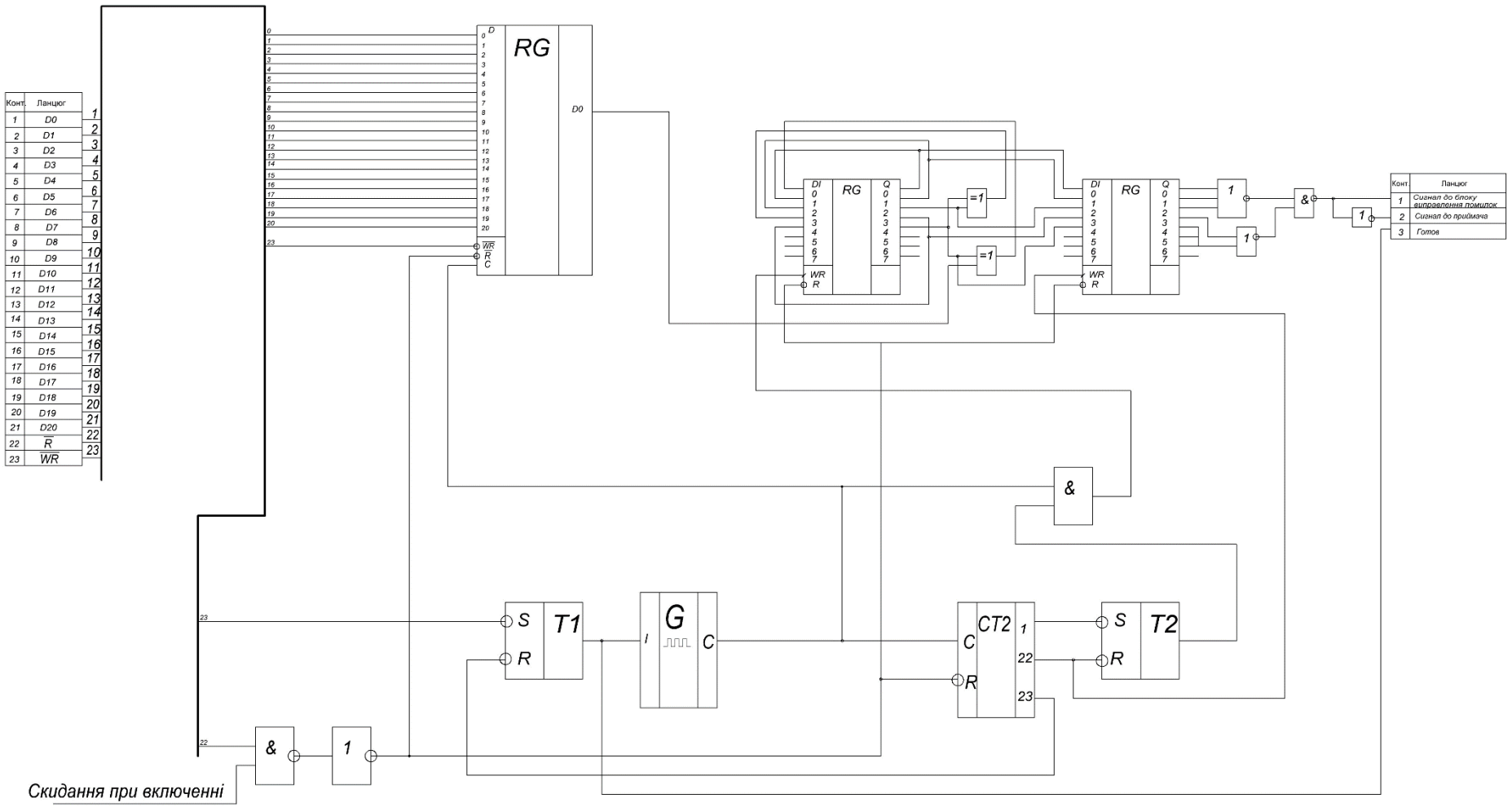


Рисунок 4.1 - Функціональна схема блоку виявлення помилок

Якщо залишок від ділення буде нульовим, то дані отримані без перекручень й передається сигнал приймачу, який свідчить про те, що дані прийняті правильно, без помилок. Якщо залишок від ділення не є нульовим, то передається сигнал до блоку виправлення помилок [5].

Регістр зі зворотними зв'язками будується за наступними правилами [8]:

1. Кількість каскадів тригерів дорівнює ступеню утворюючого полінома *r*.
2. Кількість суматорів за модулем два має бути на один менше кількості ненульових членів утворюючого полінома.
3. Входи усіх комірок регістрів позначаються як x^i (i = 0,1…(r-1)); вихід останньої комірки позначається x^r, а вхід першої x^0.
4. Суматори за модулем два встановлюються на вході тих комірок, для яких у формулі утворюючого полінома x^i має не нульове значення.
5. Вихід останньої комірки з'єднується з одним з входів суматорів.
6. Виходи попередніх комірок з'єднуються з входами наступних через суматор або без них, залежно від того встановлені суматори між ними чи ні.

Таким чином, виходячи з обраних параметрів циклічного коду: ($d_{\min} = 3; r = 5; n = 21$), виберемо утворюючий поліном п'ятого ступеня: $Q(x) = x^5+x^3+1$.

Виходячи з правил побудови регістра зі зворотними зв'язками, необхідно передбачити п'ять тригерів та два суматори, один з яких встановлюється перед першим тригером, а другий - перед четвертим. Схема регістра зі зворотними зв'язками, побудованого на тригерах, наведена на рисунку 4.2.

У роботі побудований регістр зі зворотним зв'язком на восьмирозрядному регістрі, що будується за такими самими правилам, що й на тригерах. Схема регістра наведена на рисунку 4.3.

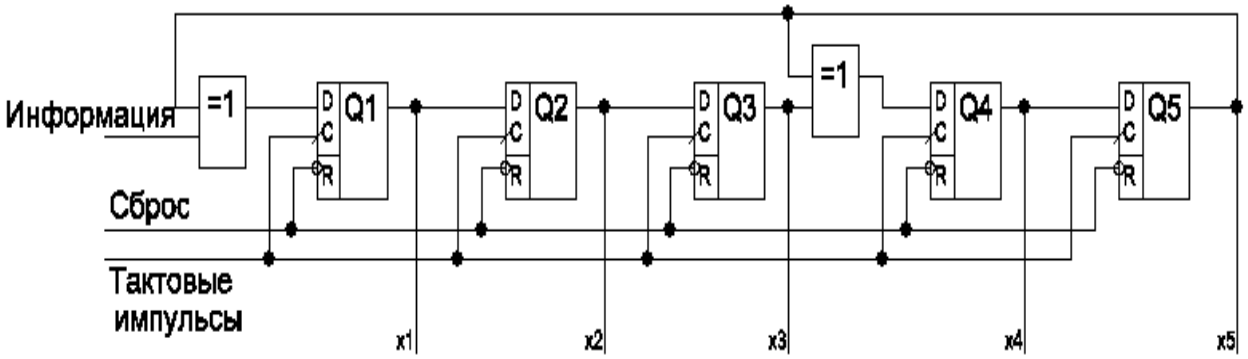


Рисунок 4.2 - Регістр зі зворотними зв'язками, побудований на тригерах

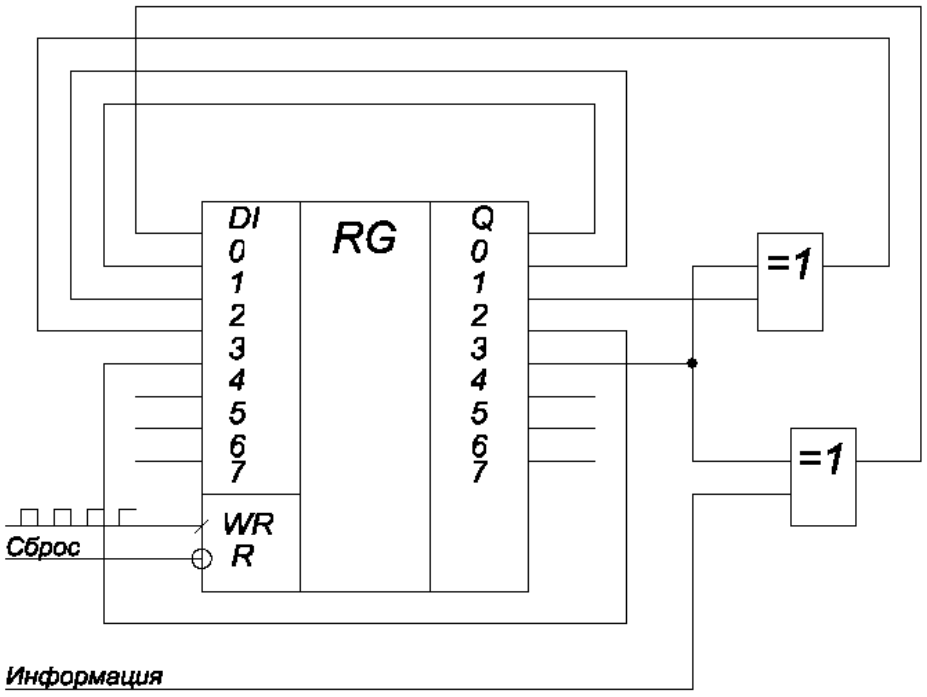


Рисунок 4.3 - Регістр зі зворотними зв'язками, побудований на восьмирозрядному регістрі

4.3 Блок керування

Для синхронізації та керування усіх структурних елементів блоку виявлення помилок необхідним є блок керування. Він складається з керованого генератора, лічильника, блоку «скидання при включенні», тригерів та логічних схем. Керований генератор починає свою роботу, як тільки на вхідний роз’єм надходить сигнал «WR», та зупиняється, коли у ВЗЗ отриманий залишок від ділення. Лічильник та логічні схеми виробляють керуючі сигнали для регістра зі зворотними зв'язками. Один тригер дозволяє роботу генератору, а інший пропускає тактові імпульси на вхід регістра зі зворотними зв'язками. Сигнал «скидання в нуль» та блок «скидання при включенні» служать для скидання усіх елементів з пам'яттю на початку роботи та перед одержанням нової послідовності даних.

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ ТА БЛОКІВ ПРИСТРОЮ

5.1 Вибір елементної бази

У цей час найбільш популярними є схеми транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ).

Вони реалізуються методами напівпровідникової технології та мають малу площу, яку займають елементи [14-15].

В схемах ТТЛ у вхідних ланцюгах використовуються багатоемітерні транзистори. За принципом побудови, а також за найважливішими параметрами вони близькі до схем діод-транзисторної логіки (ДТЛ).

Схеми ТТЛ відрізняються високою швидкодією (t= 6-15нс) й малою споживаною потужністю (р = 45 - 15 мВт).

Для підвищення завадостійкості (припустимий рівень $U_п$ = 1 В) та навантажувальної здатності використовується ТТЛ зі складним інвертором [16].

У роботі в якості елементної бази в основному обрані мікросхеми серії К1533.

Мікросхеми серії К1533 та КР1533 являють собою вдосконалені швидкодіючі малопотужні цифрові інтегральні схеми транзисторної логіки з діодами Шоттки - аналоги закордонної серії SN74ALS.

Такі мікросхеми відрізняються від серії К555 (малопотужної з діодами Шоттки) застосуванням окісної ізоляції та повної імплантації домішок замість дифузії, що дозволило зменшити геометричні розміри елементів та знизити паразитні ємності, й, відповідно, підвищити швидкодію та знизити споживану потужність [16].

Функціональні групи серій забезпечують виконання логічних та арифметичних операцій, зберігання та передачу інформації, перетворення кодів для подання та передачі інформації, адресацію по каналах та пристроях.

Для реалізації структурної схеми пристрою використовуємо серію мікросхем К1533.

5.1.1 Мікросхема КР1533ИЕ10

Мікросхема являє собою двійковий лічильник з асинхронною установкою в стан логічного нуля. На рисунку 5.1 наведене умовне графічне позначення мікросхеми КР1533ИЕ10 [14].

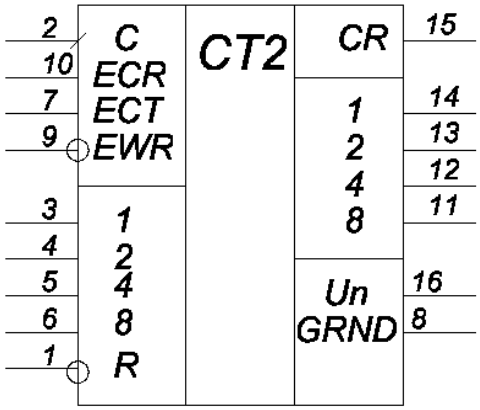


Рисунок 5.1 - Умовне графічне позначення КР1533ИЕ10

Призначення виводів:

1 - вхід встановлення в стан «логічного 0»;

2 - вхід тактових імпульсів;

3, 4, 5, 6 - інформаційні входи;

7 - вхід дозволу рахунку;

8 - загальний;

9 - вхід дозволу запису;

10 - вхід дозволу перенесення старшого розряду;

11 - вихід третього розряду;

12 - вихід другого розряду;

13 - вихід першого розряду;

14 - вихід нульового розряду;

15 - вихід перенесення;

16 - напруга живлення.

Електричні параметри:

Номінальна напруга 5 В ± 10%.

Вхідна напруга низького рівня:

- при $I^0_{вих}$ = 4 мА $\leq$0,4 В;
- при $I^0_{вих}$ = 8 мА $\leq$0,5 В.

Вихідна напруга високого рівня $\geq$2,5 В.

Струм споживання при Uc=5,5 В $\leq$21 мА.

Час затримки поширення сигналу при включенні:

- від виводу 2 до виводу 15 $\leq$23 нс;
- від виводу 2 до виводів 11, 12, 13, 14 $\leq$17 нс;
- від виводу 10 до виводу 15 $\leq$13 нс;
- від виводу 1 до виводів 11, 12, 13, 14 $\leq$24 нс;
- від виводу 1 до виводу 15 $\leq$28 нс.

Час затримки поширення сигналу при вимиканні:

- від виводу 2 до виводу 15 $\leq$26 нс;
- від виводу 2 до виводів 11, 12, 13, 14 $\leq$15 нс;
- від виводу 10 до виводу 15 $\leq$23 нс.

Вхідний струм низького рівня $\leq$(-0,2) мА.

Вхідний струм високого рівня:

- по виводах 2, 9, 10 $\leq$40 мкА;
- по виводах 1 – 7 $\leq$20мкА.

Ємність входу $\leq$5 пФ.

5.1.2 Мікросхема КР1533ИР10

Мікросхема являє собою 8-розрядний регістр зсуву з паралельним записом. Має 2 режими роботи: паралельне завантаження та зсув. Умовне графічне позначення мікросхеми КР1533ИР10 наведене на рисунку 5.2. Робота мікросхеми описана за допомогою таблиці істинності (табл. 5.1) [14].

Призначення виводів:

1 - вхід інформаційний 1 розряду;

2 - 5, 10 - 12, 14 - інформаційні входи;

6 - вхід блокування синхросигналу;

7 - вхід синхронізації;

8 - загальний;

9 - вхід установки в стан «логічного 0»;

13 - вихід інформаційний 8 розряду;

15 - вхід режиму;

16 - напруга живлення.

Рисунок 5.2 - Умовна позначка мікросхеми КР1533ИР10

Електричні параметри:

Номінальна напруга 5 В ± 10%.

Вхідна напруга низького рівня при Uc=4,5 В:

– при $I^0_{вих}$ = 4 мА ≤0,4 В;

– при $I^0_{вих}$ = 8 мА ≤0,5 В.

Вихідна напруга високого рівня при Uc=4,5 В, $I^1_{вих}$ = - 0,4 мА ≥(Un – 2) В.

Струм споживання при Uc=5,5 В ≤29 мА.

Час затримки поширення сигналу при включенні:

від виводу 7 до виводу 13 ≤17 нс;

від виводу 9 до виводу 13 ≤21 нс.

Час затримки поширення сигналу при вимиканні:

- від виводу 7 до виводу 13 ≤19 нс.

Вхідний струм високого рівн ≤20 мкА.

Вхідний струм низького рівня:

– по виводах 6, 7, 9, 15 ≤(- 0,1) мА;

– по виводах 1 – 5, 10 – 12, 15 ≤(- 0,2) мА.

Ємність входу ≤5 пФ.

Таблиця 5.1 - Таблиця істинності для мікросхеми КР1533ИР10

Входи			Функція
SEMO	SYN	DESYN	
0	*	*	Паралельне завантаження
1	*	*	Не змінюється
1	0	0/1	Зсув
1	0/1	0	Зсув

5.1.3 Мікросхема КР1533ИР35

Мікросхема являє собою 8-розрядний регістр зсуву на D-тригерах із загальним входом скидання. Умовне графічне позначення мікросхеми КР1533ИР10 наведене на рисунку 5.3. Робота мікросхеми описана за допомогою таблиці істинності (табл. 5.2) [16].

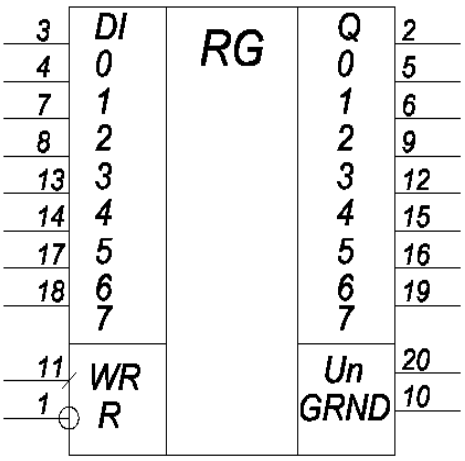


Рисунок 5.3 - Умовна позначка мікросхеми КР1533ИР35

Призначення виводів:

1 - вхід скидання;

2, 6, 9, 12, 15, 16, 19 - входи даних;

3, 4, 7, 8, 13, 14, 17, 18 - виходи даних;

10 - загальний;

11 - вхід дозволу запису;

20 - напруга живлення.

Таблиця 5.2 - Таблиця істинності для мікросхеми КР1533ИР35

Вхід			Вихід
R	WR	D	Q
1	0/1	1	1
1	0/1	0	0
1	0	*	Q0
1	*	*	0

Електричні параметри:

- номінальна напруга 5 В ± 10%;
- вихідна напруга низького рівня при Uc=4,5 В:

при $I^0_{вих}$ = 12 мА ≤0,4 В;

при $I^0_{вих}$ = 24 мА ≤0,5 В;

-вихідна напруга високого рівня при

$I^1_{вих}$ = - 2,6 мА ≥2,4 В;

- струм споживання при низькому рівні вихідної напруги

при Uc=5,5 В ≤29 мА;

- струм споживання при високому рівні вихідної напруги

при Uc=5,5 В ≤20 мА;

- час затримки поширення сигналу при включенні:

від входу 11 ≤15 нс;

від входу 1 ≤18нс;

- час затримки поширення сигналу при вимиканні:

від входу 11 ≤12 нс;

- вхідний струм високого рівня ≤20 мкА;
- вхідний струм низького рівня ≤(- 0,2) мА;
- вхідний пробивний струм ≤0,1 мА;
- вихідний струм (-30)…(-112) мА.

5.1.4 Мікросхема КР1533ТР2

Мікросхема являє собою чотири RS-тригери. Для розширення функціональних можливостей два з 4 тригерів мають 2 входи S, логічно з'єднаних по І. Умовне графічне позначення мікросхеми КР1533ТР2 наведене на рисунку 5.4. Робота мікросхеми описана за допомогою таблиці істинності (табл. 5.3) [14,16].

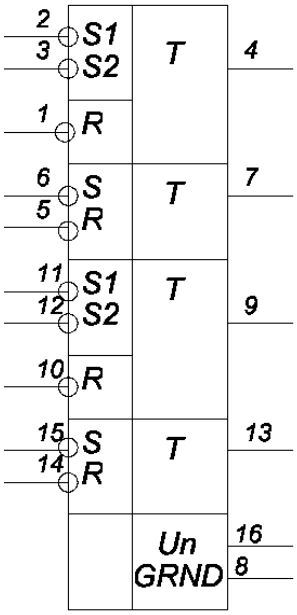


Рисунок 5.4 - Умовне позначення мікросхеми КР1533ТР2

Таблиця 5.3 – Таблиця істинності для мікросхеми КР1533ТР2

Вхід			Вихід
S1	S2	R	Q
1	1	1	Q0
*	0	1	1
0	*	1	1
1	1	0	0
0	0	0	1^*

В таблиці 1^* позначає високий рівень, що зберігається до поки на входах S1, S2 буде низький рівень.

Призначення виводів:

1, 5, 10, 14 - входи скидання;

2, 3, 6, 11, 12, 15 - входи «встановлення у стан високого рівня»;

4, 7, 9, 13 - виходи тригерів;

8 - загальний;

16 - напруга живлення.

Електричні параметри:

- номінальна напруга 5 В ± 10%;
- вихідна напруга низького рівня ≤0,4 В;
- вихідна напруга високого рівня ≥2,5 В;
- струм споживання при Uc=5,5 В ≤5,5 мА;
- час затримки поширення сигналу при включенні:

по входах 2, 3, 6, 11, 12, 15 ≤22 нс;

по входах 1, 5, 10, 14 ≤26нс;

- час затримки поширення сигналу при вимиканні:

по входах 2, 3, 6, 11, 12, 15 ≤22 нс;

- вхідний струм високого рівня ≤20 мкА;
- вхідний струм низького рівня ≤(- 0,2) мА;
- вихідний струм (-10)…(-112) мА;
- ємність входу ≤5 пФ.

Також використовуються такі мікросхеми як КР1533ЛЕ4, КР1533ЛП5, КР1533ЛА3, КР1533ЛА2, КР1533ЛН1, КР1533ЛИ1, для забезпечення логічних функцій ТА, АБО, НІ та що заборонене АБО.

5.2 Розрахунок та синтез основних електронних вузлів, блоків та схем керування

Відповідно до обраного коду для перетворення паралельного коду в послідовний необхідно застосувати 21-розрядний регістр. Тому будемо використовувати три мікросхеми КР1533ИР10, послідовно з'єднаних між собою.

Завантаження даних у регістри відбувається по вхідному сигналу «WR». Зсув даних здійснюється за допомогою тактових імпульсів, які формує керований

генератор. Схема перетворювача паралельного коду в послідовний наведена на рисунку 5.5 [16].

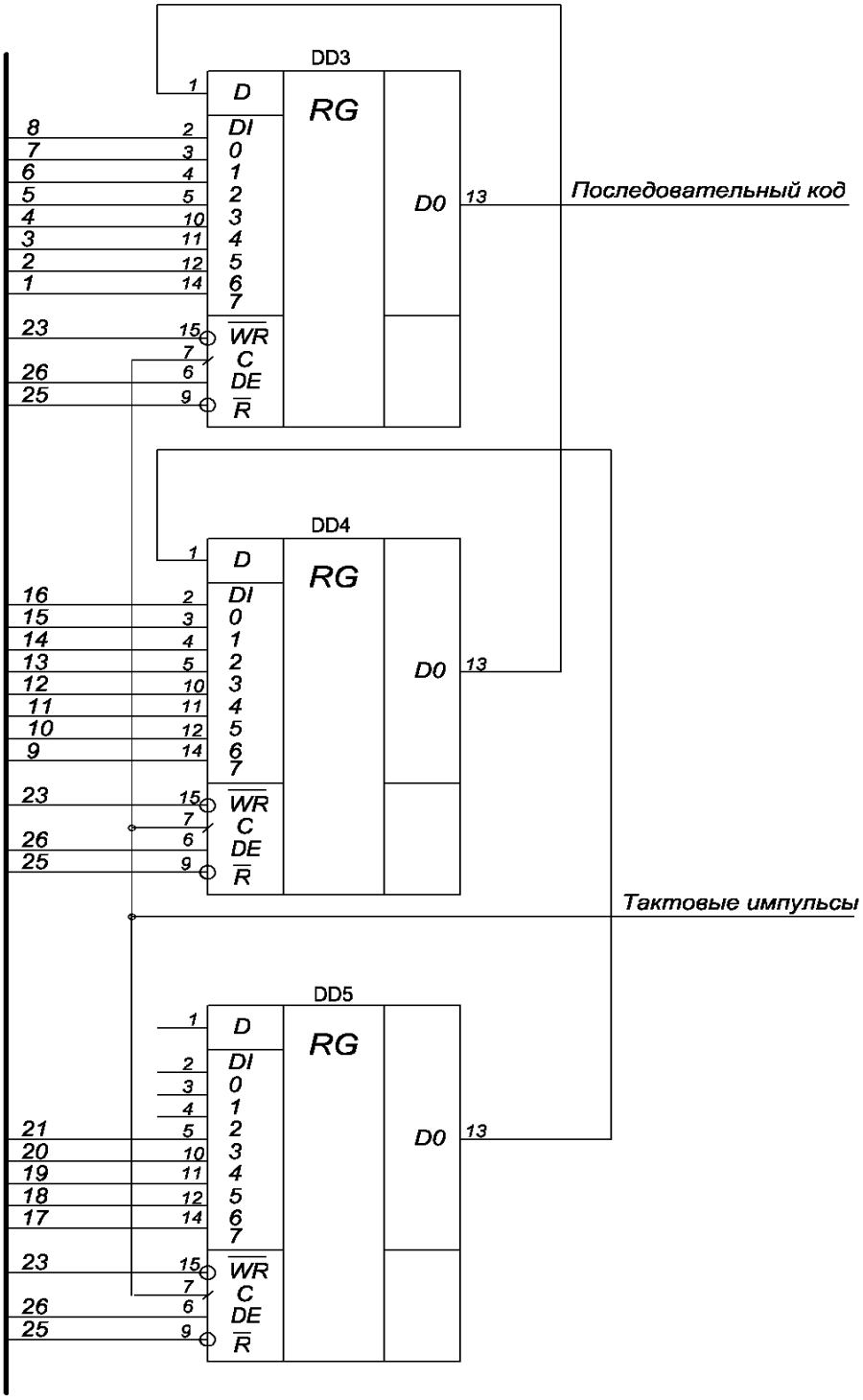


Рисунок 5.5 - Схема перетворювача коду

Дані в послідовному виді надходять на вхід регістра зі зворотним зв'язком. Роботу регістра зі зворотним зв'язком розглянемо на конкретному прикладі. Нехай вихідна кодова комбінація: Q(1,0) = 1000110101111001.

Для одержання циклічного коду необхідно вихідну кодову комбінацію помножити на x^r та поділити на утворюючий поліном P(x). Отриманий залишок від ділення додаємо до вихідної кодової комбінації й одержуємо циклічний код [8].

$Q(x) = x^{15}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^6+x^5+x^4+x^3+1;$

$Q(x)*x^r = x^{20}+x^{16}+x^{15}+x^{13}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^5.$

Обраний утворюючий поліном: $P(x) = x^5+x^3+1.$

$$
\begin{array}{l|l}
x^{20}+x^{16}+x^{15}+x^{13}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^5 & x^5+x^3+1 \\
\hline
x^{20}+x^{18}+x^{15} & x^{15}+x^{13}+x^6+x^5+x \\
\hline
x^{18}+x^{16}+x^{13}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^5 & \\
x^{18}+x^{16}+x^{13} & \\
\hline
x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^5 & \\
x^{11}+x^9+x^6 & \\
\hline
x^{10}+x^8+x^6+x^5 & \\
x^{10}+x^8+x^5 & \\
\hline
x^6 & \\
x^6+x^4+x & \\
\hline
x^4+x \Rightarrow 10010 &
\end{array}
$$

Таким чином, отримана кодова комбінація: 10001101011110011 0010.

Для виявлення помилки необхідно прийняту кодову комбінацію поділити на утворюючий поліном [8]. Розглянемо дану операцію за допомогою часової діаграми роботи регістра зі зворотним зв'язком (рисунок 5.6).

Залишок від ділення із регістру зі зворотним зв'язком виводимо в паралельному виді й якщо залишок не нульовий це значить, що отримані дані перекручені. У цьому випадку надсилається сигнал «WR 1» до блоку виправлення помилок. Якщо у залишку від ділення усі розряди нульові, то надсилається сигнал «WR 2» приймачу.

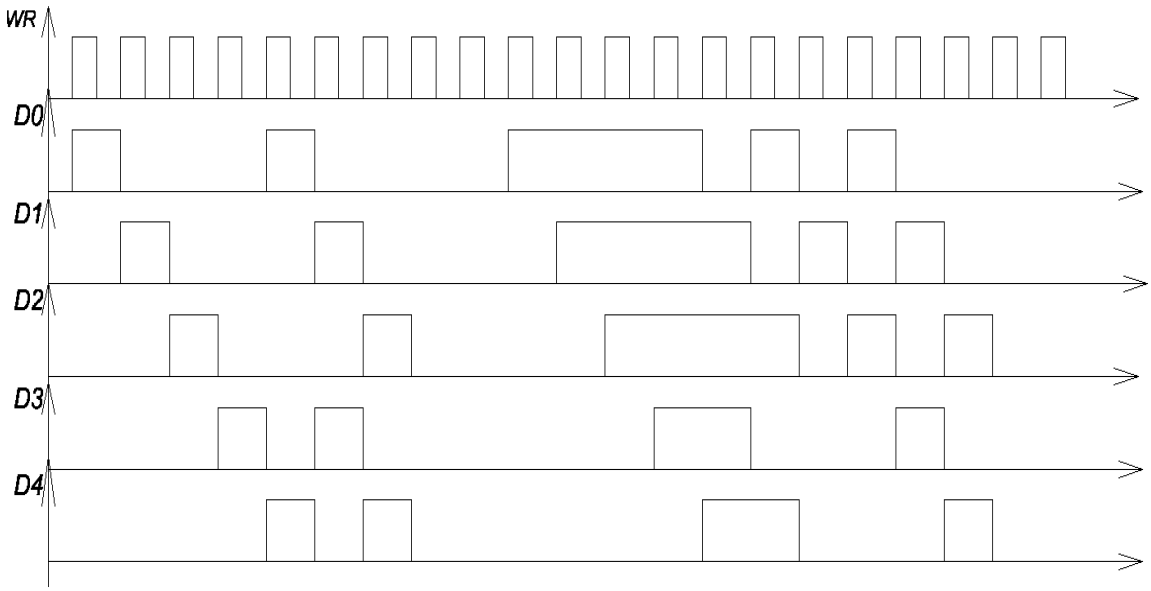


Рисунок 5.6 - Часова діаграма роботи регістра зі зворотним зв'язком

Регістр зі зворотним зв'язком та регістр для паралельної видачі залишку від ділення наведений на рисунку 5.7. Даний електронний вузол побудований на мікросхемах КР1533ИР35, КР1533ЛП5, КР1533ЛЕ4 та КР1533ЛЕ1.

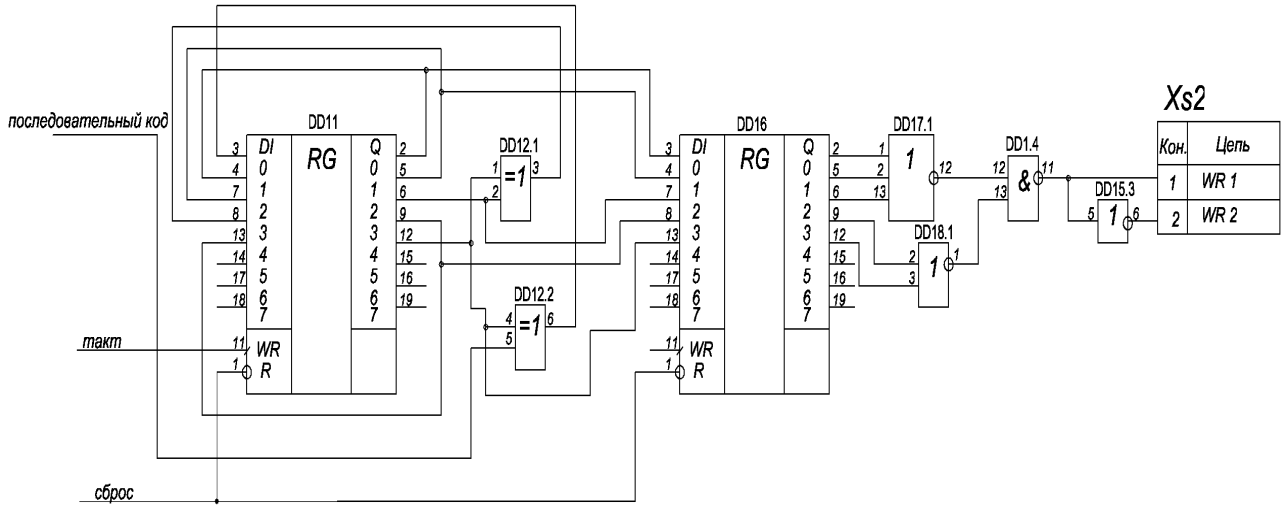


Рисунок 5.7 - Регістр зі зворотним зв'язком та вузол оцінки залишку від ділення

Синхронізація та керування усіх блоків здійснюється за допомогою керованого генератора. Схема та діаграма роботи наведена на рисунку 5.8.

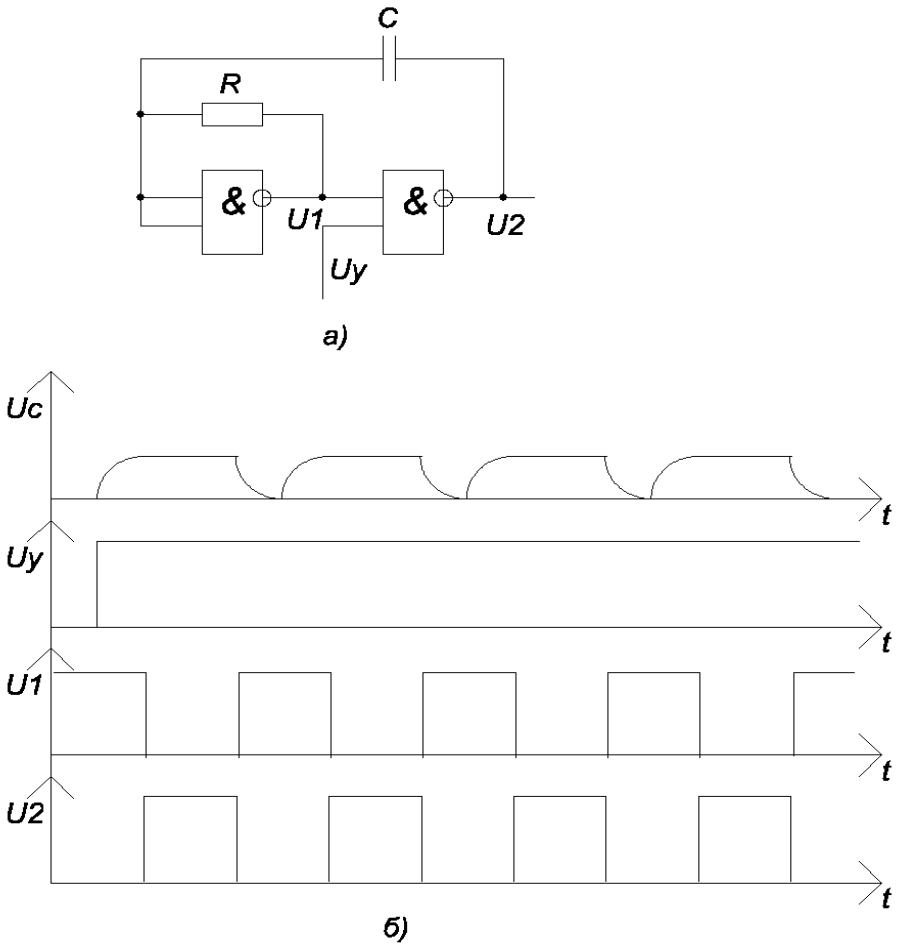


Рисунок 5.8 - Керований генератор:

а) схема генератора;

б) часова діаграма роботи генератора.

Поки на керуючий вхід не надходить сигнал, схема не працює. Як тільки на керуючий вхід приходить сигнал, і напруга U1 дорівнює рівню логічної одиниці, починає заряджатися конденсатор до граничної напруги, напруга при цьому на виході генератора буде відповідати рівню логічного нуля. Коли конденсатор зарядиться, напруга на вході першого елемента ТА-НІ зрівняється з рівнем логічної одиниці. Це спровокує зміну напрямку струму, й конденсатор почне розряджатися, напруга на виході генератора зросте до рівня логічної одиниці. Таким чином, формуються тактові імпульси.

Для розрахунку номіналів резистора та конденсатора скористаємося формулою [16]:

$$f = \frac{1}{3RC}; \tag{5.1}$$

де f - частота генерації тактових імпульсів (для обраної серії КР1533 - 9600 Гц);

R - опір резистора;

C - ємність конденсатора (приймемо С = 0,5 мкФ).

Тоді:

$$R = \frac{1}{3 * 9600 * 0.5 * 10^{-6}} = 69 \ Ом$$

Таким чином, конденсатор – К10 – 23 – 16В – 0,51мкФ ± 20%,

резистор – Р1 – 4 – 0,25 Вт - 68 Ом ± 5%.

Генератор побудований на мікросхемі КР1533ЛА3, що виконує логічну функцію 2 І-НЕ.

Для коректної роботи блоку необхідно встановлювати в нуль усі елементи з пам'яттю при включенні та перед одержанням нового повідомлення. Скидання при включенні здійснюється за допомогою схеми, наведеної на рисунку 5.9, а. Діаграма роботи схеми скидання при включенні зображена на рисунку 5.9, б. Скидання при включенні здійснюється за допомогою конденсатора, резистора та логічного елемента 2 ТА-НІ.

Схема скидання при включенні працює таким чином, що як тільки включається живлення, конденсатор починає заряджатися, тим самим, формуючи низький рівень на другому вході логічної схеми. Так як на першому вході сигнал інверсний, то буде високий рівень. Коли конденсатор зарядиться, на обох входах схеми знову встановлюється високий рівень. Таким чином, формується сигнал скидання при включенні. Оскільки усі схеми управляються інверсним сигналом скидання, то доцільно його проінвертувати, що й показано на часовій діаграмі.

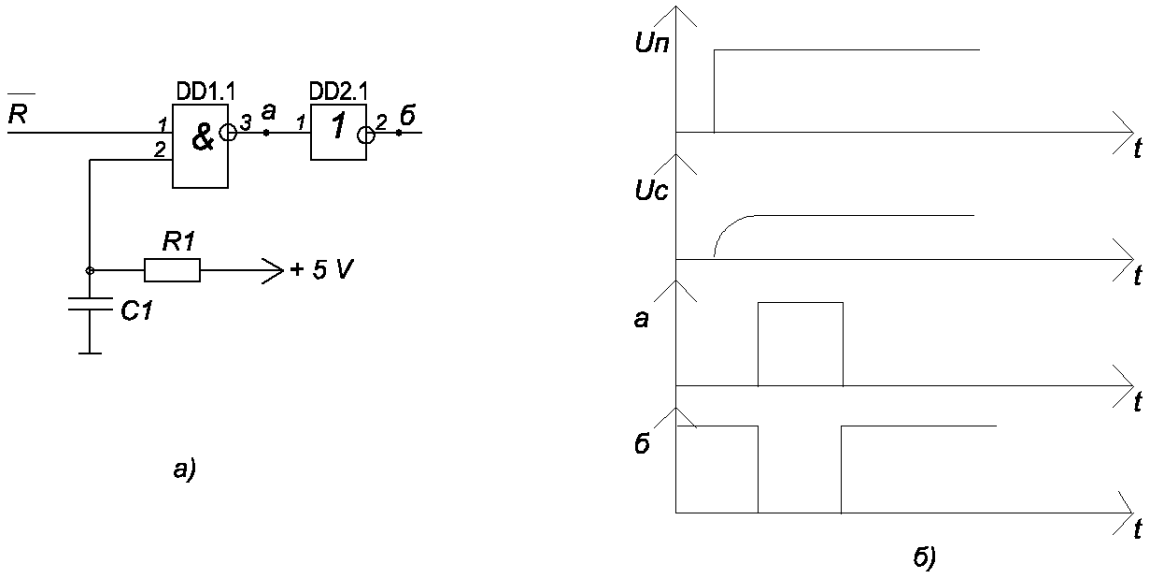


Рисунок 5.9 - Схема скидання при включенні:

а) схема генератора;

б) часова діаграма роботи генератора.

Також схемою скидання при включенні можна управляти за допомогою вхідного сигналу R.

Оскільки регістр зі зворотним зв'язком та схема перетворення паралельного коду в послідовний тактується за допомогою одного генератору, а схема перетворення коду при цьому має затримку від входу до виходу, то необхідно затримувати тактові імпульси на вхід регістра зі зворотним зв'язком. Для цього ми будемо використовувати звичайний RC - ланцюг. Розрахуємо номінали резистора та конденсатора [14].

$$T = 3*R*C, \qquad (5.2)$$

де T - час затримки (з огляду на те, що частота генератора дорівнює 9600 Гц, T = 1 мс);

C - ємність конденсатора (приймемо C = 0,5 мкФ);

R - опір резистора.

$$R = 10^{-3}/3*0,5*\ 10^{-6} = 666,67 \text{ Ом}.$$

Таким чином, конденсатор – К10 – 23 – 16В – 0,51мкФ± 20%,

резистор – Р1 – 4 – 0,25 Вт± 5%.

Так як на вхід регістра зі зворотним зв'язком необхідно подати тільки 21 тактовий імпульс, то доцільно поставити вузол підрахунку тактів. Щоб закодувати у двійковому коді число 21 необхідно 5 розрядів, тобто потрібно застосовувати п’ятирозрядний лічильник. Схема даного вузла наведена на рисунку 5.10.

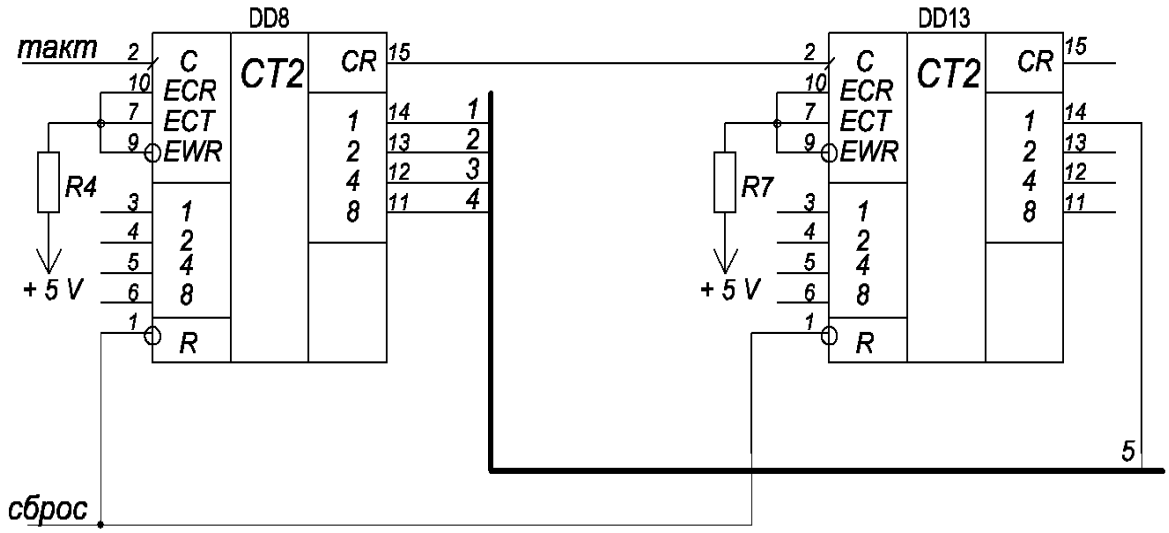


Рисунок 5.10 - П’ятирозрядний лічильник

Лічильник побудований на двох мікросхемах чотирьохрозрядних лічильників КР1533ИЕ10, з яких вихід перенесення першої мікросхеми послідовно з'єднаний з тактовим входом другої мікросхеми. Даний лічильник має кілька коефіцієнтів рахунку. По першому такту дозволяється початок роботи регістра зі зворотним зв'язком, по 22-му такту робота регістра забороняється та висувається залишок від ділення, по 23-му такту закінчується процес виявлення помилки.

Робота усього блоку виявлення помилок наведена за допомогою часової діаграми (рисунок 5.11).

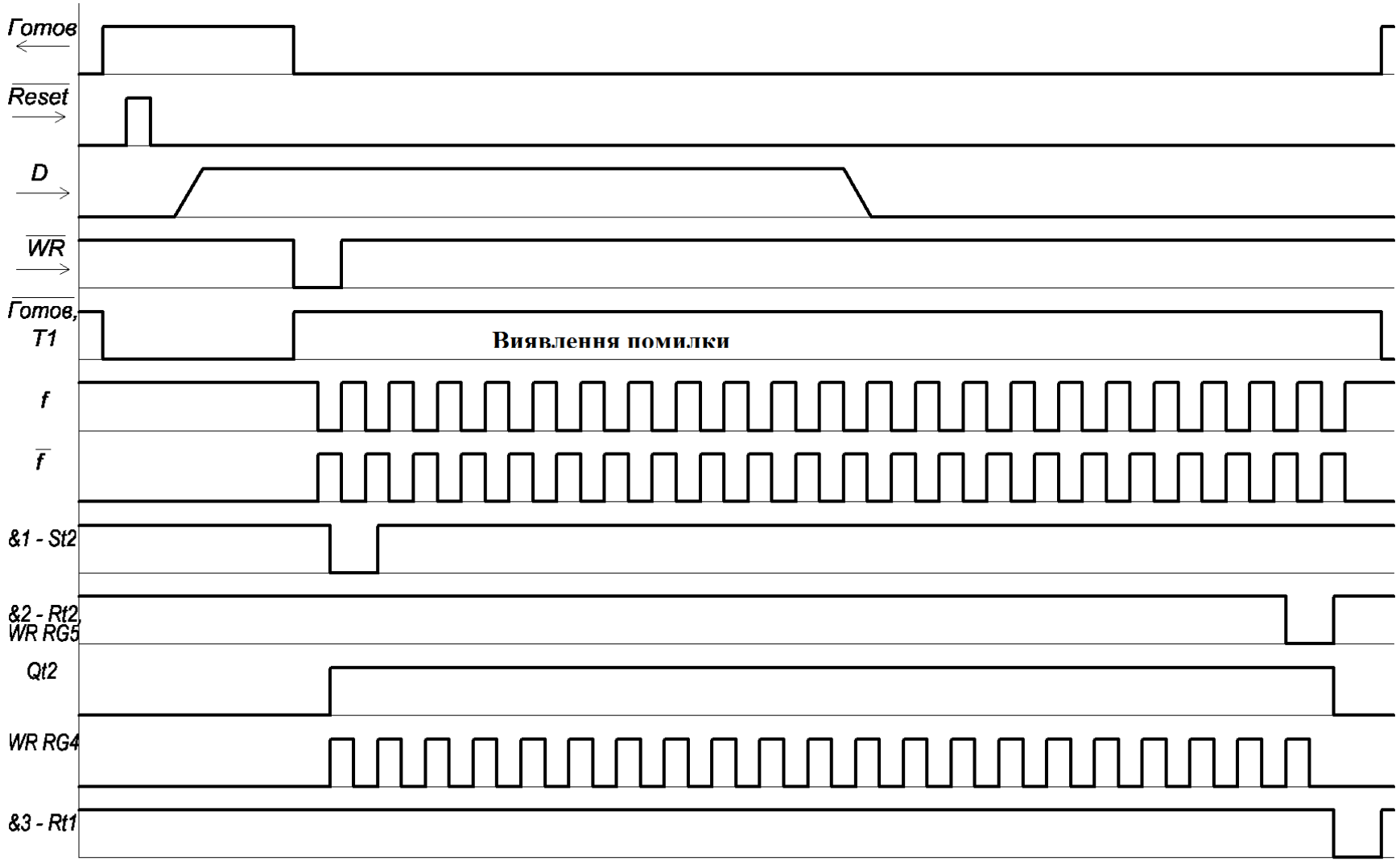


Рисунок 5.11 – Часова діаграма роботи блоку виявлення помилок

По вихідному сигналу «Готовий» попередній блок формує сигнал скидання усієї схеми. Далі до передачі підготовлюються дані. Як тільки дані з'явилися на вхідному роз’ємі, формується сигнал запису. За допомогою цього сигналу ми запускаємо генератор і скидаємо сигнал «Готовий», говорячи тим самим що розпочався процес виявлення помилки. Генератор формує тактові імпульси. За допомогою лічильників та тригера пропускається на вхід регістра зі зворотним зв’язком 21 тактовий імпульс, дозволяється висунути сформований залишок від ділення у наступний регістр і припиняється робота генератора, що означає, що процес виявлення помилки завершений. Оцінюючи залишок від ділення на виході з’являється або сигнал запису для блоку виправлення помилки, якщо вона виявлена, або для приймача, якщо помилка не виявлена. Також на вихідному роз’ємі з’являється сигнал «Готовий», що говорить про готовність блоку прийняти наступні дані.

5.3 Висновки

У розділі «Огляд літератури» розглянуті такі питання: методи кодування, характеристики та класифікація кодів, системи передачі даних. Описані такі коди як: код з контролем на парність, циклічний код, біноміальний код та код Шеннона-Фано.

У науково-дослідній частині досліджена залежність ймовірності невиявлення помилок від ймовірності помилкового переходу 0 в 1 та 1 в 0 для циклічних, рівноважних, біноміальних кодів та коду з контролем на парність. Результати розрахунків цих характеристик кодів при їх застосуванні в асиметричному каналі зв'язку були зведені в таблицю та проілюстровані за допомогою графіків. Найменшою ймовірністю невиявлення помилок, як показало дослідження, характеризується циклічний код. Параметри циклічного коду були обрані таким чином, що б код мав найменшу надмірність та відповідав вихідним даним:

P_{10}=0,009;

P_{01}=0,005;

$P_{нп\ доп}$=1,5* 10^{-5}.

У третьому розділі був синтезований алгоритм функціонування системи передачі даних для асиметричного каналу зв'язку. Так само розглянутий

докладніше алгоритм функціонування приймальної частини. Відповідно до алгоритму побудована та описана структурна схема системи передачі даних.

У четвертому розділі синтезована функціональна схема та розглянута послідовність роботи усіх її блоків.

П’ятий розділ присвячений опису основних електронних блоків та вузлів принципової схеми. Також обґрунтований вибір елементної бази та структурних елементів схеми. Схема побудована відповідно до обраних параметрів циклічного коду:

$$\begin{cases} d_{\min} = 3 \\ r = 5 \\ n = 21 \end{cases}$$

Робота схеми описана та проілюстрована часовими діаграмами. Схема відповідає усім заданим умовам.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Економічна сутність показників використання основних фондів

Основні виробничі фонди підприємства - це вартісне вираження засобів праці. Головною визначальною ознакою основних фондів виступає спосіб перенесення вартості на продукт: поступово - протягом ряду виробничих циклів; частинами - у міру зносу. Знос основних фондів враховується по встановлених нормах амортизації, значення якої включається в собівартість продукції. Після реалізації продукції нарахований знос накопичується в особливому амортизаційному фонді, який призначається для нових капітальних вкладень. Таким чином, одноразово авансована вартість у статутний капітал (фонд) у частині основного капіталу робить постійний кругообіг, переходячи з грошової форми в натуральну, в товарну і знову в грошову. З цього складається економічна сутність основних фондів [17].

Основні виробничі фонди підприємства - це засоби праці, які беруть участь у багатьох виробничих циклах, що зберігають свою натуральну форму й переносять вартість на виготовлений продукт частинами, у міру зносу. Закон відтворення основного капіталу виражається в тому, що у нормальних економічних умовах його вартість, що введена у виробництво, повністю відновлюється, забезпечуючи можливість для постійного технічного відновлення засобів праці. При простому відтворенні за рахунок засобів амортизаційного фонду підприємства формують нову систему знарядь праці, що дорівнює за вартістю зношеним. Для розширення виробництва потрібні нові вкладення фінансових коштів та матеріальних засобів, що інвестуються додатково з прибутку, внесків засновників, емісії цінних паперів, кредиту та ін. При більших масштабах використовуваного основного капіталу великі підприємства мають можливість за рахунок засобів амортизаційного фонду фінансувати не тільки просте, але й значною мірою розширене відтворення засобів праці [18].

Процес відтворення основного капіталу являє собою основу життєдіяльності та ефективності виробництва. Його рух регулюється та контролюється на усіх рівнях керування господарством. Найважливішими відтворювальними характеристиками оберту основних фондів є показники їхнього приросту, відновлення та вибуття. Коефіцієнт приросту відбиває

збільшення основного капіталу за розглянутий період та обчислюється як відношення знову введених основних фондів до їхньої вартості на початок періоду. Ступінь відновлення виробничого апарату вимірюється коефіцієнтом відновлення - відношенням вартості введених основних фондів до їхньої загальної вартості на кінець розглянутого періоду. Показники приросту та відновлення основного капіталу - взаємозалежні величини. Чим вище частка приросту, тим вище рівень відновлення, й навпаки. Істотні корективи в цей взаємозв'язок може внести коефіцієнт вибуття фондів, що являє собою відношення вибулих з експлуатації основних фондів на даному періоді до їхньої вартості на початок періоду. Як на рівні народного господарства в цілому, так й на підприємствах складаються планові та звітні баланси основних фондів, що відбивають кількісні характеристики їхнього відтворення: наявність на початок періоду, вартість на кінець періоду [19].

Поліпшення використання основних фондів вирішує широке коло економічних проблем, спрямованих на підвищення ефективності виробництва: збільшення обсягу випуску продукції, ріст продуктивності праці, зниження собівартості, економію капітальних вкладень, збільшення прибутку та рентабельності капіталу й, в остаточному підсумку, підвищення рівня життя суспільства [19].

Для характеристики використання основного капіталу застосовується система узагальнюючих, вартісних, відносних та натуральних показників. В умовах ринкової економіки найбільш загальним показником, що характеризує ефективність діяльності підприємства, є рентабельність капіталу - відношення прибутку до авансованої середньорічної вартості основного та оборотного капіталу. Цей показник може бути визначений стосовно основних фондів та складений у динаміці [19].

До числа узагальнюючих показників рівня використання основного капіталу ставляться фондовіддача та фондоємність. Фондовіддача виражає відношення вартості продукції, виготовленої за рік (або за інший період часу), до середньорічної вартості основних виробничих фондів. Цей показник може бути розрахований по обсягу продажу реалізованої або відвантаженої продукції [17].

$$Ф_о = \frac{Р}{Ф_{ср.г.}} \quad (6.1)$$

Фондоємність – це величина, яка є зворотною до фондовіддачі. Вона виражає відношення вартості основних фондів до обсягу продукції [17].

$$Ф_е = \frac{1}{Ф_о} \quad (6.2)$$

При розрахунку цих показників середньорічну вартість капіталу варто обчислювати не як середньо балансову, а виходячи з розрахунку середньорічних цін. Фондоємність може бути визначена на одиницю продукції в натуральному вираженні та на грошову одиницю її вартості. Фондовіддача вказує, скільки продукції отримано з кожної гривні діючого основного капіталу. Показник фондоємності відбиває величину вартості основних фондів, необхідну для одержання даного обсягу продукції. Показники фондовіддачі (капіталовіддачі) застосовуються в основному для аналізу рівня використання діючих фондів, а показник фондоємності - головним чином для планування потреби в основних фондах та капітальних вкладеннях при перспективному плануванні або розробленні нових проектів [18].

Із числа інших показників ефективності використання основних фондів на практиці роботи підприємств найбільш часто застосовуються коефіцієнт змінності та коефіцієнт завантаження встаткування. Перший визначається відношенням числа відпрацьованих машиноднів до загального числа встановленого встаткування. Коефіцієнт завантаження встаткування визначається як відношення витрат верстатного часу в станко-годинниках (розрахованих по трудомісткості робіт, виконуваних на даному встаткуванні) до корисного фонду часу роботи встаткування при прийнятому режимі використання (2-х або 3-х змінному). Цей показник широко використовується в розрахунках виробничої потужності для синхронізації пропускної здатності різних видів устаткування [18].

$$K_{см} = \frac{\sum_i F_i}{W_{об}} \qquad (6.3)$$

Досягнутий рівень використання можливої продуктивності технологічного встаткування вимірюється коефіцієнтом інтенсивності використання верстатного парку, що визначається відношенням фактичного обсягу випущеної продукції до встановленої виробничої потужності встаткування (пропускної здатності) [17,19].

Резерви росту капіталовіддачі пов'язані з мобілізацією як екстенсивних факторів - збільшення часу корисного використання машин, так й інтенсивних факторів - підвищення продуктивності встаткування в одиницю часу. Головним фактором підвищення ефективності використання основних фондів є їхнє відновлення та технічне вдосконалювання. Впровадження досягнень науково-технічного прогресу підвищує рівень механізації та автоматизації виробництва, підвищує продуктивність праці робітників, сприяє економії матеріальних витрат, підвищує культуру та безпеку виробництва [17].

Значні резерви перебувають у збільшенні часу роботи машин та механізмів. Основними причинами цілозмінних та цілодобових простоїв устаткування є ремонт, несправність та налагодження, а також організаційні несправності: відсутність матеріалів, заготівель, інструмента, енергії та ін.

Система резервів поліпшення використання основних фондів підприємства може бути представлена в такий спосіб [19].

1. Технічне вдосконалювання засобів праці:
   - технічне переозброєння на базі комплексної автоматизації та гнучких виробничих систем;
   - заміна застарілої техніки, модернізація встаткування;
   - ліквідація вузьких місць та диспропорції у виробничих потужностях підприємства;
   - механізація допоміжних та обслуговуючих виробництв;
   - впровадження прогресивної технології спеціального оснащення;
   - розвиток винахідництва та раціоналізації.
2. Збільшення часу роботи машин та встаткування;

– ліквідація встаткування, що не використовується (здача в оренду, лізинг, реалізація та ін.);
– скорочення строків ремонту встаткування;
– зниження простоїв: цілозмінних та внутризмінних.

3. Поліпшення організації та керування виробництвом:

– прискорення досягнення проектної продуктивності знову введених виробничих систем;
– впровадження наукової організації праці та виробництва;
– поліпшення забезпечення матеріально-технічними ресурсами;
– удосконалювання керування виробництвом на базі ЕОМ;
– розвиток матеріальних стимулів у працівників, що сприяють підвищенню ефективності виробництва [19].

6.2 Розрахунок собівартості та оптової ціни пристрою, що розроблюється

6.2.1 Розрахунок собівартості. В процесі виробництва будь-якого виробу споживаються різні матеріали, комплектуючі вироби, використовуються різні види обладнання та інструменти, проводиться велика кількість технологічних операцій [20]. У зв'язку з цим для обліку фактичних витрат на виробництво та для обґрунтування собівартості необхідна певна класифікація цих витрат. Для розрахунку собівартості одиниці певного виду продукції, що випускається, застосовується класифікація за калькуляційними статтями витрат. У плануванні та в обліку собівартості продукції застосовується наступне типове групування за статтями калькуляції:

– основна заробітна плата;
– додаткова заробітна плата;
– відрахування від заробітної плати;
– матеріали та комплектуючі;
– витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
– виробничі витрати;
– адміністративні витрати;
– позавиробничі витрати (комерційні витрати) [20].

Групування витрат по калькуляційних статтях витрат дозволяє визначити рівень собівартості виробу, а відповідно й рівень його ціни. Вона характеризує місце виникнення витрат та їх цільове призначення.

Вихідними даними для складання калькуляції собівартості на проектований пристрій є стаття калькуляції на покупні та комплектуючі вироби. Необхідно врахувати вартість напівфабрикатів, що йдуть на виготовлення друкованої плати.

Дані по цій статті витрат приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Дані на покупні та комплектуючі вироби

Найменування комплектуючих	**Кількість**	**Ціна однієї одиниці,(грн.)**	**Сума на один виріб (грн.)**
1	**2**	**3**	**4**
Мікросхеми			
КР1533ЛА3	1	15	15
КР1533ЛН1	2	12	24
КР1533ИР10	3	20	60
КР1533ТР2	1	17	17
КР1533ЛИ1	1	10	10
КР1533ИЕ10	2	25	50
КР1533ЛА2	3	10	30
КР1533ИР35	2	22	44
КР1533ЛП5	1	20	20
КР1533ЛЕ4	1	10	10
КР1533ЛЕ1	1	13	13
Конденсатори			
К10 – 23 – 16В – 0,51мкФ	2	10	20
К10 – 23 – 16В – 0,51мкФ	1	10	10
К50 – 6 – 16В – 10 мкФ	1	10	10
К10 – 50в – 16В – 0,15 мкФ	18	5	90

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4
Резистори			
С1 – 4 – 0,25 Вт – 68Ом	2	1	2
С1 – 4 – 0,25 Вт – 680Ом	1	1	1
С1 – 4 – 0,25 Вт – 1кОм	5	1	5
Витратні матеріали			
Гетінакс(двосторонній)	100 $см^2$	40	40
Припой, флюс і др.		15	15
Загальна вартість, (грн.)			**486**

Витрати на основну заробітну плату (Зо):

$$З_о = Т * Г * К * А, \quad (6.1)$$

де Т – сумарна трудомісткість розробки продукту (годин), яка визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво та налаштування продукту, Т = 8 (годин);

Г – середня годинна тарифна ставка одного робітника задіяного у виробництві продукту, грн. / год, Г = 60 грн. / год;

К – коефіцієнт трудової участі (розрядності), К = 1,3;

А – кількість працівників задіяних у виробництві, А = 2.

Тоді

$$З_о = Т * Г * К * А = 8*60*1,3*2 = 1248 \text{ (грн.)}.$$

Додаткова заробітна плата (10 – 30% від $З_о$):

$$З_д = З_о * К_д/100, \quad (6.2)$$

де $К_д$ – відсоток додаткової заробітної плати, $К_д$ = 10%.

$$З_д = З_о * К_д/100 = 1248*(10\%/100) = 124,80 \text{ (грн.)}.$$

Нарахування на заробітну плату – єдиний соціальний внесок у розмірі 22%.

$$Н_в = (З_о + З_д) * 22/100. \quad (6.3)$$

$$Н_в = (1248+124,8) * 22/100 = 302,02 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання.

Оренда машинного часу ($О_м$):

$$О_м = М_в * Ч_м, \quad (6.4)$$

де $М_в$ – величина машинного часу, необхідного для розробки та налагодження продукту, годин, $М_в$ = 1дн * 8ч = 8 годин;

$Ч_м$ – вартість оренди машинного часу, грн. / год:

$$Ч_м = Ц_{еом} / Н_р * 259 * 8, \quad (6.5)$$

де $Ц_{еом}$- ціна обладнання, задіяного при виробництві виробу,

$Ц_{еом}$ = 35000 грн;

$Н_р$ – термін ефективної роботи, $Н_р$ = 5;

259 – кількість робочих днів;

8 – тривалість зміни.

$$Ч_м = 35000/5*259*8 = 3,40 \text{ (грн./ч)}.$$

Тоді

$$О_м = М_в * Ч_м = 8*3,4 = 27,20 \text{ (грн.)}. \quad (6.6)$$

Загальновиробничі витрати. Являють собою витрати, що пов'язані з управлінням підрозділом, витрати на службові відрядження співробітників підрозділу, амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення і т.п.

Загальновиробничі витрати ($В_{зв}$) визначаються в розмірі 130-250% від основної заробітної плати.

$$В_{зв} = З_о * \% В_{зв} = 1248 * 1,3 = 1622,40 \text{ (грн.)}. \quad (6.7)$$

Визначимо виробничу собівартість:

$$В_с = З_о + З_д + Н_в + М + О_м + В_{зв} =$$
$$= 1248 + 124,80 + 302,02 + 486 + 27,20 + 1622,40 = 3810,42 \text{ (грн.)}. \quad (6.8)$$

Адміністративні витрати можуть містити:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємством;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на оплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити;
- витрати, пов'язані з оплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг);
- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків та інших кредитно-фінансових підприємств;
- податки, відрахування.

Адміністративні витрати ($В_а$) визначаються в розмірі 140 - 200% від основної заробітної плати.

$$В_а = З_о * \% В_а = 1248 * 1,4 = 1747,20 \text{ (грн.)}. \quad (6.9)$$

Витрати на збут ($В_з$). Включають витрати на рекламу і предреализационная підготовку пристрою. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі 5 - 10% від виробничої собівартості.

Тоді

$$В_з = В_с * (5 – 10)\% = 3810,42 * 0,05 = 190,52 \text{ (грн.)}. \quad (6.10)$$

Повна собівартість пристрою (С):

$$С=В_с+ В_а + В_з . \quad (6.11)$$

$$С = 3810,42 + 1747,20 + 190,52 = 5748,14 \text{ (грн.)}.$$

Калькуляція собівартості виробу зводиться в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Калькуляція собівартості виробу, що розробляється

Найменування статей калькуляції	Величина, грн.
1. Основна заробітна плата	1248
2. Додаткова заробітна плата	124,80
3. Нарахування на заробітну плату	302,02
4. Матеріали та комплектуючі	486
5. Оренда машинного часу	27,20
6. Загальновиробничі витрати	1622,40
7. Адміністративні витрати	1747,20
8. Витрати на збут	190,52
Разом повна собівартість	5748,14

6.2.2 Розрахунок ціни пристрою. Розрахунок оптової ціни виробу проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток»:

$$Ц_{опт} = С + П, \quad (6.12)$$

де С – собівартість пристрою;

П – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу рентабельності виробництва продукції:

$$R = (П / С) * 100\%, \quad (6.13)$$

де R - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

R = 10%.

Тоді оптова ціна:

$$Ц_{опт} = С + (R * С / 100) = 5748,14 + 0,1*5748,14 = 6323 \text{ (грн.)}. \quad (6.14)$$

Визначимо роздрібну ціну розробленого виробу:

$$Ц_{розн} = Ц_{опт} * 1,2 = 6323 * 1,2 = 7588 \text{ (грн.)}, \quad (6.15)$$

де 20% ПДВ.

Позитивні сторони даної методики полягають в її простоті, комплексної очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво та забезпечення прибутковості від створення та реалізації пристрою. Недолік даної методики полягає в тому, що вона недостатньо враховує ринкові чинники ціноутворення й, перш за все, попит. Однак, у реальній перехідній економіці існують ситуації, коли підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, при виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни, яка б відповідала умовам існуючого ринку, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

6.3 Висновки з техніко-економічної частини

Таким чином, по першому питанню можна підсумувати, що основні фонди підприємства - це вартісне вираження засобів праці, які переносять свою вартість на продукт частинами, у міру зносу. Закон відтворення основного капіталу виражається в тому, що його вартість, що введена у виробництво, повністю відновлюється, забезпечуючи можливість технічного відновлення засобів праці.

Економічна сутність показників використання основних фондів полягає у визначенні, головним чином, рентабельності виробництва. Також ефективність використання основних фондів можна визначити за допомогою таких показників як фондовіддача та фондоємність. Показники фондовіддачі (капіталовіддачі) застосовуються в основному для аналізу рівня використання діючих фондів, а показник фондоємності - головним чином для планування потреби в основних фондах та капітальних вкладеннях при перспективному плануванні або розробленні нових проектів. Існує ряд резервних заходів щодо підвищення ефективності використання основних фондів.

Також у розділі «Техніко-економічна частина» був виконаний розрахунок собівартості пристрою, у результаті якого було встановлено, що виробнича собівартість пристрою становить 3810,42 грн., а повна собівартість - 5748,14 грн. Основну частину собівартості становлять загальновиробничі витрати, адміністративні витрати та витрати на експлуатацію встаткування. Для зниження собівартості продукції потрібно зменшити адміністративні та загальновиробничі витрати.

Виконаний розрахунок ціни розробленого пристрою. Оптова ціна пристрою становить 6323 грн., а роздрібна - 7588 грн. Сформований висновок, що для встановлення реальної ціни, яка б відповідала умовам існуючого ринку, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження ймовірності невиявлення помилок від ймовірностей помилкового переходу одиниці в нуль та нуля в одиницю, проведеного в розділі «Науково-дослідна частина» було встановлено, що для побудови системи передачі даних у порівнянні з іншими досліджуваними кодами циклічний код є найбільш оптимальним. Виходячи із заданих умов, були обрані параметри циклічного коду. Обраний код характеризується такими параметрами: кількість інформаційних розрядів – 16, кількість перевірних розрядів – 5, мінімальна кодова відстань – 3, ймовірність невиявлення помилок – $1,4* 10^{-5}$.

Був синтезований алгоритм функціонування системи передачі даних для асиметричного каналу зв'язку. Докладніше розглянутий алгоритм функціонування приймальної частини. Відповідно до алгоритму розроблена та описана структурна схема системи передачі даних. Синтезовано функціональну схему та розглянута послідовність роботи всіх її блоків.

Описані основні електронні блоки та вузли принципової схеми. Також обґрунтований вибір елементної бази та структурних елементів схеми. Схема побудована відповідно до обраних параметрів коду. Схема забезпечує мінімальну ймовірність невиявлення помилки, яка є можливою завдяки застосуванню циклічного коду. Це дозволило поліпшити якість передачі даних, знизити апаратурні витрати завдяки відносно нескладним методикам кодування. Скорочується час передачі даних внаслідок відсутності необхідності повторної передачі даних. Відзначимо, що недоліком циклічного коду є більш довга кодова комбінація в порівнянні з іншими кодами та складність методики виправлення помилок.

У розділі «Техніко-економічна частина» розглянуте питання економічної сутності показників використання основних фондів. Також був зроблений розрахунок, у результаті якого було встановлено, що виробнича собівартість пристрою становить 3810,42 грн., а повна собівартість - 5748,14 грн. Основну частину собівартості становлять загальновиробничі витрати, адміністративні витрати та витрати на зміст та експлуатацію встаткування. Для зниження собівартості продукції потрібно зменшити адміністративні та загальновиробничі витрати.

Виконаний розрахунок ціни розробленого пристрою. Оптова ціна пристрою становить 6323 грн., а роздрібна - 7588 грн. Сформований висновок, що для встановлення реальної ціни, яка б відповідала умовам існуючого ринку, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A.G. Loshkovskii. Teletraffic Theory. Methodical instructions for laboratory works on course «Teletraffic Theory in Telecommunications» / A.G. Loshkovskii, T.R. Shmeleva. – Odessa: ONAT after A.S. Popov, 2013. – 36 p.
2. Беркман Л.Н., Отрох С.І., Тарбаєв С.І., Чумак Н.С. Загальні поняття про сигнали та канали зв'язку. Навчальний посібник. Частина 1. – Київ: ДУТ ННІТІ, 2017. – 132 с.
3. Новгородцев А.І. Зниження дисперсії в оптоволоконній лінії зв'язку / А.І. Новгородцев, Д.В. Токаренко // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2020). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2020. - С. 115.
4. Signals Transmission In Network Communication. – June 2018. – http://ecestudyaid.blogspot.com/2018/07/signals-transmission-in-network.html.
5. Беркман Л.Н., Бондарчук А.П., Гайдур Г.І., Чумак Н.С. Кодування джерел інформації та каналів зв'язку. Навчальний посібник. – Київ: ННІТІ ДУТ, 2018. – 91с.
6. Беркман Л.Н., Варфоломеєва О.Г., Коршун Н.В., Макаренко А.О. Сигнали в системах телекомунікацій та методи їх обробки. Навчальний посібник. Частина 2. – Київ: ДУТ ННІТІ, 2017. – 92с.
7. Information Theory And Coding. – March 2016. – https://educheer.com/essays/information-theory-and-coding.
8. Варфоломеєва О.Г., Отрох С.І., Твердохліб М.Г., Чумак О.І. Оптимальне приймання сигналів. Основи теорії завадостійкості. Навчальний посібник. – Київ: ННІТІ ДУТ, 2018. – 120 с.
9. Yeung, Raymond W. (2008). "The Science of Information". Information Theory and Network Coding. Springer.
10. Coding theory. – July 2018. - https://wiki2.org/en/Coding_theory.
11. A Mathematical Theory of Communication. – May 2017. – http://www.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf.
12. Information theory and coding. – 2019. – https://uclouvain.be/en-cours-2019-LINGI2348.

13. Борисенко А.А., Бережная О.В., Кулик И.А. Оценка помехоустойчивости системы передачи данных на основе равновесных кодов // Вісник Сумського державного університету. – 1999. - № 1. – С. 79-82.

14. Швець Є.Я. Матеріали і компоненти електроніки: навчальний посібник / Є.Я. Швець, І.Ф. Червоний, Ю.В. Головко. – Запоріжжя: ЗДІА, 2014. – 278 с.

15. Жуйков В.Я. Мікропроцесори і мікроконтролери: електронний підручник з грифом МОН / Жуйков В.Я., Терещенко Т.О., Петергеря Ю.С., Хохлов Ю.В. – http://www.kaf-pe.ntu-kpi.kiev.ua, 2010.

16. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т. 10. – М.: ИП Радио Софт, 2000. – 544 с.

17. Финансы предприятий: Учебник / Под ред. проф. Н.В. Колчиной. – М.: Финансы и статистика, 2015. – 413 с.

18. Клочкова Е.Н. Экономика предприятия: учебник / Е.Н. Клочкова, В.И. Кузнецов, Т.Е. Платонова; под редакцией Е.Н. Клочковой. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 447 с.

19. Тарасюк М. Бюджетне планування в Україні // Вісник КНТЕУ. – 2018.– № 2. – С. 19-31.

20. Типовое положение по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции. Утверждено КМ Украины от 26 апреля 1996 №473//Бізнес.-№32-35.