

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
НА ТЕМУ:

**ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ
ВІД ПОМИЛОК НА ОСНОВІ КОДУ ФАЙРА**

Завідувач кафедрою електроніки
і комп'ютерної техніки

_____ А.С. Опанасюк

Керівник роботи

_____ І.А. Кулик

Виконав студент гр. ТК-71

_____ Д.Т. Ухарський

РЕФЕРАТ

В кваліфікаційній роботі бакалавра був спроектований телекомунікаційний пристрій захисту від помилок. Розроблений пристрій застосовує циклічний код Файра для виявлення і коригування пачки помилок. Крім того, задіяна технічна можливість використання зворотного зв'язку з метою підвищення вірності передачі. Телекомунікаційний пристрій забезпечує надійну синхронізацію та фазування по циклу передавача та приймача системи передачі даних, які застосовують проводові лінії зв'язку.

В кваліфікаційній роботі бакалавра проведений детальний огляд типів завад та причини їх виникнення в каналах зв'язку, а також видів систем проводового зв'язку, розглянуті їх структура та основні блоки, що їх складають. Розгорнуто висвітлені питання розрахунку параметрів завадостійкого коду – коду Файра. Вирішені завдання по вибору складу та довжини передаваних інформаційних пакетів. Синтезовані алгоритм функціонування та структурна схема телекомунікаційного пристрою захисту від помилок, принципова схема проектного пристрою на основі елементної бази SN74ALS.

Для виконання випускної роботи використано 7 літературних джерел. Область застосування даного пристрою – системи передачі даних, які застосовують проводові лінії зв'язку.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 45 сторінок тексту, 1 таблицю і 15 рисунків і 3 креслення.

Ключові слова: проводовий зв'язок, пристрій захисту від помилок, код Файра, пачка помилок.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Список умовних скорочень | 4 |
| Введення | 5 |
| 1 Огляд літератури і постановка завдання проектування | 6 |
| 1.1 Завади в каналах зв'язку | 6 |
| 1.2 Узагальнена структурна схема системи проводового зв'язку | 9 |
| 1.3 Код Файра | 15 |
| 1.4 Постановка завдання проектування | 17 |
| 2 Розробка структурної схеми та алгоритму роботи телекомунікаційного пристрою захисту від помилок | 18 |
| 2.1 Вибір способу захисту від помилок | 18 |
| 2.2 Структурна схема телекомунікаційного пристрою | 21 |
| 2.3 Алгоритм роботи телекомунікаційного пристрою | 22 |
| 3 Розробка формату інформаційного пакету | 24 |
| 4 Спосіб фазування по циклу | 28 |
| 5 Розробка схем блоків телекомунікаційного пристрою захисту від помилок | 31 |
| 5.1 Вибір елементної бази | 31 |
| 5.2 Генератор тактових імпульсів | 33 |
| 5.3 Кодувальний блок | 34 |
| 5.4 Блок формування фазуючої комбінації | 36 |
| 5.5 Блок формування номера | 38 |
| 5.6 Блок керування | 39 |
| 5.7 Блок комутації | 41 |
| 5.8 Буферний накопичувач | 42 |
| Висновок | 44 |
| Список літератури | 45 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|---|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпись</i> | <i>Дата</i> | Телекомунікаційний пристрій захисту від помилок на основі коду Файра. Пояснювальна записка | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| Разраб. | | Ухарський Д.Т. | | | | | | |
| Провер. | | Кулик І.А. | | | | | 3 | 45 |
| Реценз. | | | | | | СумДУ ТК-71 | | |
| Н. контр. | | Кулик І.А. | | | | | | |
| Утверд. | | Опанасюк А.С. | | | | | | |

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕТ – кінець інформаційного пакету

FC – фазуюча комбінація

NB – номер блоку

ST – початок інформаційного пакету

AУ – апаратура ущільнення

ЕЗЛ – емітерно-зв'язана логіка

КУА – каналоутворююча апаратура

ТПЗП – телекомунікаційний пристрій захисту від помилок

ТТЛ – транзисторно-транзисторна логіка

ТУД – термінальне устаткування даних

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕліТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 4 |

ВСТУП

Сучасні системи передачі даних містять велику кількість складових частин. На них покладається багато вузькоспеціалізованих завдань для потрібної роботи всього пристрою.

Важливе місце в системі обміну інформації займають технічні засоби, що здійснюють передачу даних між кінцевим устаткуванням даних по каналах зв'язку із заданими якісними характеристиками. У ролі кінцевого устаткування даних в інформаційній системі виступають обчислювальні пристрої, пристрої введення-виводу інформації, цифрові вимірювальні прилади і тощо. Технічні засоби обміну й передачі інформації містять у собі апаратуру каналу даних, пристрої сполучення між кінцевим устаткуванням даних і каналами передачі даних.

У системах передачі зі зворотним зв'язком є можливість одержати по зворотному каналу електрозв'язку інформацію про конкретний характер помилок і кожному окремому відрізу повідомлення у міру його передачі змінювати надмірність, що вводиться, і режим приймання сигналів. У результаті такого методу передачі сигналів даних можна суттєво підвищити вірність обміну даними при більшій середній швидкості передачі або меншій затримці повідомлень.

Значний вииграш у системах передачі зі зворотним зв'язком досягається при незалежності помилок у прямому й зворотному каналах і у випадку використання зворотного каналу, характеризуємого значно меншою ймовірністю помилкового приймання сигналів, чим у прямому каналі. Побудова системи передачі зі зворотним зв'язком часто полегшується тим, що між двома пунктами, як правило, можна організувати двосторонній зв'язок.

У даній кваліфікаційній роботі буде проектуватися телекомунікаційний пристрій захисту від помилок (ТПЗП), який входить до складу системи передачі даних. Практична реалізація розроблювального пристрою повинна припускати оптимальний вибір реальних інтегральних мікросхем, а також аналогових елементів. Основними критеріями вибору є забезпечення необхідної швидкодії системи, низького енергоспоживання, а також мінімальна вартість ТПЗП.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕлІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 5 |

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Завади в каналах зв'язку

У реальних каналах зв'язку сигнали при передачі спотворюються, що приводить до відтворення повідомлення на прийомному кінці з деякою помилкою. У загальному випадку це веде до зниження вірності й швидкості передачі. Причиною цього є викривлення, внесені самим каналом, випадкові перешкоди, що впливають на сигнал у лінії зв'язку, а також випадкові зміни параметрів самого каналу.

Викривлення, внесені каналом, можуть бути лінійними й нелінійними. Вони усуваються шляхом відповідної корекції характеристик каналу [1, 2].

На відміну від викривлень перешкоди носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі й тому не можуть бути повністю усунуті.

Перешкоди в каналі зв'язку підрозділяються на внутрішні й зовнішні. Джерелом внутрішніх перешкод є тепловий хаотичний рух електронів у лампах, напівпровідникових приладах, електричних колах і т.д.

До зовнішніх перешкод ставляться атмосферні, станційні, індустриальні, космічні й інші перешкоди. У радіоканалах найпоширенішими є атмосферні перешкоди. Енергія цих перешкод в основному зосереджена в області середніх і довгих хвиль. Станційні перешкоди обумовлені порушеннями розподілу робочих частот, поганою фільтрацією гармонік сигналу, нелінійними процесами в апаратурі, що ведуть до перехресних викривлень і т.д. Індустриальні перешкоди створюються лініями електропередачі, генераторами, системами запалювання двигунів і ін. Космічні перешкоди створюються електромагнітними процесами, що відбуваються в Галактиці, на Сонці й інших неземних об'єктах. Ці перешкоди особливо позначаються в діапазоні УКХ до декількох ГГц, після чого їх інтенсивність різко убуває [1, 2].

Величезна різноманітність джерел приводить до того, що структура й імовірнісні характеристики перешкод суттєво відрізняються. Проте, по характеру спектра всі перешкоди в каналах зв'язку можна розділити на флуктуаційні, зосереджені й імпульсні.

Флуктуаційна перешкода є випадковим процесом, що володіє практично рівномірним енергетичним спектром. Ця перешкода має місце у всіх реальних

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 6 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

каналах зв'язку. Прикладом флуктуаційної перешкоди є внутрішні шуми елементів апаратури зв'язку, космічні шуми й деякі види атмосферних і індустріальних перешкод. Ширина спектру флуктуаційних перешкод багато більше спектра переданого сигналу [1, 2].

Зосереджена перешкода має енергетичний спектр більш вузький або такий же, як у сигналу. Вона може створюватися сторонніми засобами зв'язку й іншими промисловими об'єктами. Як правило, зосереджені перешкоди являють собою модульовані коливання. Цей вид перешкод особливо сильно проявляється в каналах радіозв'язку.

Імпульсна перешкода являє собою випадкові або регулярні послідовності імпульсів великої шпаруватості. Тривалість таких імпульсів менше тривалості елементарного сигналу. Перехідні явища від впливу імпульсів у прийомній апаратурі звичайно встигають загаснути до моменту приходу наступного імпульсу. До імпульсних перешкод ставляться багато видів атмосферних і індустріальних перешкод. Залежно від частоти проходження імпульсів вони можуть впливати на приймач із широкою смугою – як імпульсна перешкода, а на приймач із вузькою смугою – як флуктуаційна перешкода [1, 2].

Ще одним видом перешкод є флуктуація параметрів радіоканалу. Випадкові зміни його параметрів приводять до мінливості коефіцієнта передачі й часу проходження сигналів по каналу зв'язку, а також до явища багатопроменевого поширення радіохвиль.

Усі перераховані вище збурювання обов'язково проявляються у вигляді перешкоди тією чи іншою мірою при передачі сигналів.

Незалежно від виду збурювань у каналі зв'язку, його вплив на сигнал можна представити у вигляді оператора $x = \phi(u, \Pi)$.

Якщо збурювання, що діє в каналі зв'язку, складається із сигналом, то це адитивна перешкода. До неї ставляться теплові шуми, атмосферні, космічні, промислові й станційні перешкоди.

Аддитивна перешкода впливає на вхід приймача незалежно від сигналу й проявляється також при відсутності сигналу. У цьому випадку оператор ϕ перетвориться в суму $x = u + \Pi$. Адитивну перешкоду в інженерній практиці часто називають шумом [1, 2].

Якщо ж збурювання безпосереднє пов'язане із проходженням сигналу в каналі зв'язку, то воно називається мультиплікативною перешкодою. Ця

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 7 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

перешкода перемножується із сигналом, а при його відсутності ніяк не проявляється на вході приймача. При цьому оператор ϕ перетворюється в добуток $x = u \cdot a$, де a – коефіцієнт передачі каналу зв'язку, що змінюється випадковим образом у часі [1, 2].

Мультиплікативні перешкоди характерні для каналів радіозв'язку. Вони виникають у результаті багатопроменевого поширення радіохвиль, їх інтерференції в точці приймання, а також у результаті нерегулярних змін параметрів середовища поширення радіохвиль (висоти й товщини шарів тропосфери, електронної концентрації й т.п.).

У результаті багатопроменевості поширення радіохвиль амплітуда й фаза сигналу повільно, у порівнянні із власними коливаннями, змінюється. Цю зміну можна представити як процес модуляції у вигляді добутку функції, що модулює, і функції, що модулюється.

Мультиплікативна перешкода може бути також результатом прояву нелінійних властивостей окремих елементів тракту радіозв'язку, у яких одночасно діють сигнал і перешкода.

У каналах радіозв'язку мають місце як адитивні, так і мультиплікативні перешкоди. Тому сигнал у каналі зв'язку може бути представлений у вигляді [1, 2]:

$$x(t) = \sum_{i=1}^k a_i(t) A[t - \tau_i(t)] + \Pi_i(t),$$

де $a_i(t)$ – коефіцієнт передачі каналу радіозв'язку;

$A(t)$ – сигнал, що передається;

$\tau_i(t)$ – час затримки сигналу i -го променю;

$\Pi_i(t)$ – адитивна завада;

k – кількість променів.

Канал зв'язку, параметри a і τ якого незмінні в часі, називається каналом з постійними параметрами. Таких каналів украй мало. До них ставляться провідні канали зв'язку й канали радіозв'язку УКХ прямої видимості [1, 2].

В усі ж інших каналах параметри a й τ безупинно міняються випадковим образом. Такі канали радіозв'язку називаються каналами зі змінними параметрами.

Випадкові зміни параметрів a і τ приводять до безперервної зміни рівня прийнятого сигналу, які називаються завмираннями або федінгами. Завмирання

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 8 |
| Изм. | Лист | № докум. | Підпись | Дата | | |

обумовлені інтерференцією в точці приймання багатьох променів, що пройшли різні шляхи в результаті багаторазового відбиття радіохвиль від різних шарів атмосфери [1, 2].

Нерегулярний характер зміни висоти й товщини цих шарів, а також їх електронної концентрації приводить до випадкових змін амплітуд і фаз окремих променів на вході приймача. У підсумку, результуючий сигнал піддається завмиранням за випадковим законом [1, 2].

Крім інтерференційних завмирань спостерігаються поляризаційні завмирання, обумовлені обертанням площини поляризації хвилі під дією магнітного поля Землі.

Залежно від ширини спектра сигналу й властивостей середовища розповсюдження розрізняють гладкі й селективні завмирання. У свою чергу завмирання можуть бути повільними й швидкими.

Коли взаємне запізнювання прийдешніх променів порівнянне із тривалістю елемента сигналу, явище багатопроменевого поширення викликає не тільки завмирання сигналу, але й накладення сусідніх елементів сигналу один на одного. Це явище називається радіовідлуння, а запізнілий промінь – відлуння-сигналом [1, 2].

Повільні зміни параметра $a_i(t)$, що приводять до повільних завмирань, викликаються добовими й сезонними змінами стану тропосфери й іоносфери.

Швидкі завмирання обумовлені, головним чином, багатопроменевим поширенням радіохвиль.

Типовими представниками каналів зі змінними параметрами є короткохвильові канали радіозв'язку, а також УКХ-канали тропосферного, іоносферного й метеорного радіозв'язку.

1.2 Узагальнена структурна схема системи проводового зв'язку

Передача електричних сигналів у відповідності зі схемою, наведеної на рисунку 1.1, має ряд істотних недоліків, основними з яких є наступні [1, 2]:

1. Дальність зв'язку має обмежену величину. Якщо здійснюється передача сигналів у телефонній системі зв'язку, то безпосередня далекість між двома абонентами може досягати 1000-1100 км. У телеграфній системі зв'язку безпосередня далекість двох абонентів може бути 200-600 км.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 9 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

2. Низька ефективність використання лінії зв'язку. У системах провідного зв'язку лінії являє собою дорогі спорудження. Досить сказати, що симетричний кабель, що полягає з 16 провідників, кожний з яких має діаметр $d = 1,2$ мм (наприклад, кабель МКСБ 4х4х1,2), що й забезпечує з'єднання абонентів на дальність 1000 км, вимагає витрат міді 374 т і свинцю 1660 т. Якщо використовувати 4 пари провідників коаксіального кабелю такої ж довжини, то буде потрібно 630 т міді й 1800 т свинцю.

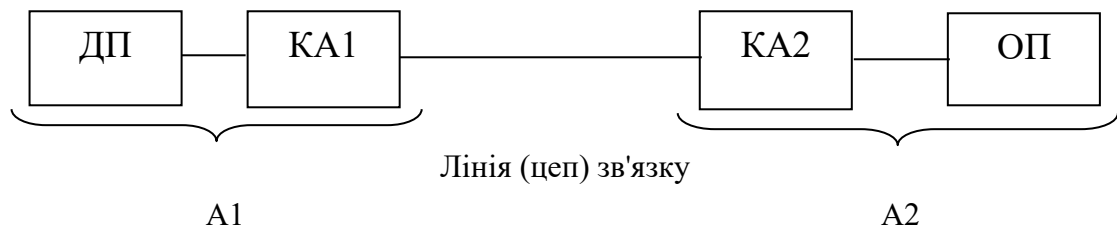


Рисунок 1.1 – Спрощена структура провідного зв'язку (ДП – джерело повідомлень, КА – кінцева апаратура, ОП – одержувач повідомлень, А1 і А2 – перший і другий абоненти)

Названі фактори обумовили інший спосіб організації далекого зв'язку, ніж це показано на рисунку 1.1.

Розглянемо схему багатоканального провідного зв'язку, за допомогою якої можна пояснити спосіб передачі повідомлень у реальному випадку.

Структурна схема системи багатоканального провідного зв'язку представлена на рисунку 1.2 [1, 2]. Тут прийняті наступні додаткові позначення:

- К – комутаційна апаратура;
- КУА – каналоутворююча апаратура;
- АЛ – абонентська лінія;
- СЛ – з'єднувальна лінія.

Як відомо, сукупність технічних засобів разом з лінією зв'язку, що забезпечують передачу повідомлень, називаються каналом зв'язку.

Слід розрізняти провідний канал місцевого й далекого зв'язку. Канал місцевого зв'язку містить у собі: кінцеву й комутаційну апаратуру, а також абонентські й з'єднувальні лінії. Абонентська лінія з'єднує кінцеву й комутаційну апаратуру, а з'єднувальна – комутаційну й каналоутворюючу [1, 2].

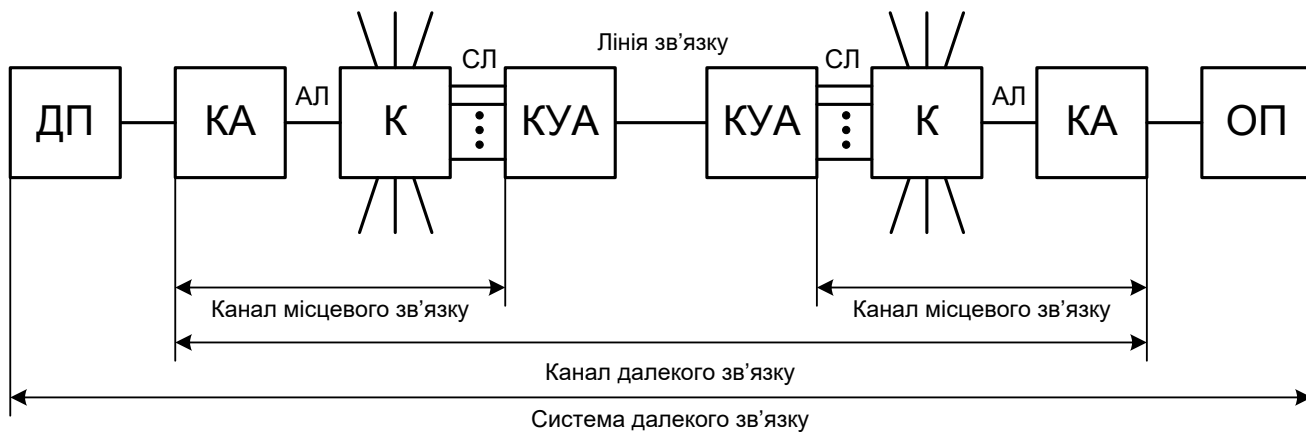


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи багатоканального провідного зв'язку

Канали місцевого зв'язку призначені для обміну інформацією між абонентами, що перебувають у межах міста, великого населеного пункту або установи. Канал далекого зв'язку використовується для обміну інформацією між абонентами, територіально вилученими на більші відстані (наприклад, між різними містами, вилученими пунктами зв'язки й т.п.), і містить у собі крім каналу місцевого зв'язку також каналообразуючу апаратуру й лінію далекому зв'язку [1, 2].

Лінія далекого зв'язку називається магістраллю зв'язку. На магістральних ділянках встановлюють проміжні підсилювальні пункти, які можуть бути як обслуговувальними (ОПП), так і необслуговувальними (НПП).

Необслуговувальні підсилювальні пункти забезпечуються дистанційним живленням і контролем з боку обслуговувальних пунктів.

Відстань між двома підсилювальними пунктами називаються підсилювальними ділянками.

При проектуванні й експлуатації систем зв'язку необхідно знати величини рівнів сигналу в різних точках тракту передачі. Для виміру енергії сигналу при його передачі користуються діаграмою рівнів (рисунок 1.3) [1, 2].

На діаграмі рівнів: точка 1 – вхід; точка 2 – вихід каналу; точки 3 – виходи підсилювачів; точка 4 – входи підсилювачів.

Мінімально припустимий рівень у точці 4 визначається необхідним перевищенням P_c над P_n .

У такий спосіб захищеність оцінюється формулою [1, 2]:

$$A_3 = 10 \lg \frac{P_c}{P_n} = U_c - U_n,$$

де P_c і P_n – потужність сигналу й перешкоди;

U_c і U_n – відповідні рівні.

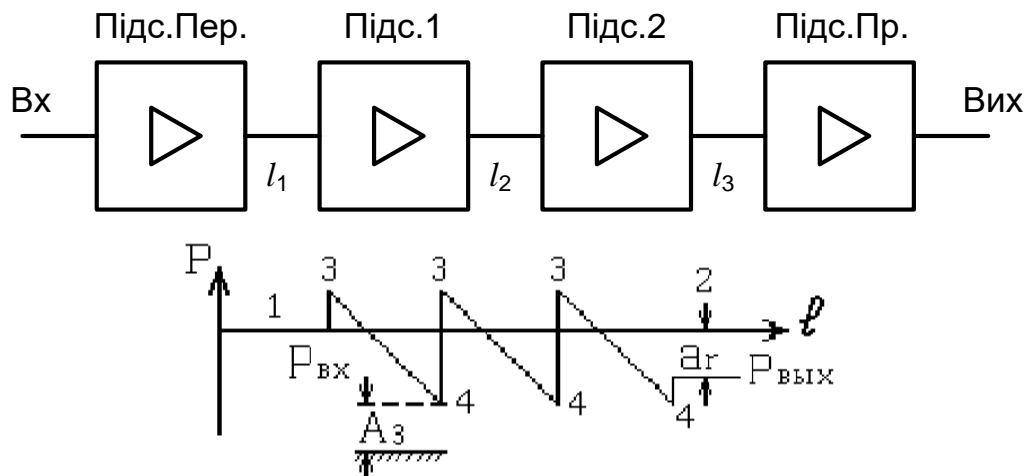


Рисунок 1.3 - Діаграма рівнів тракту передачі

Співвідношення між рівнями на вході й виході каналу визначається його робочим або залишковим загасанням. Воно знаходиться як різниця між сумою всіх робочих загасань a_{pi} і сумою всіх робочих посилень s_{ki} у каналі [1, 2]:

$$a_r = \sum a_{pi} - \sum s_{ki} .$$

Для забезпечення нормальної роботи системи зв'язку величини відповідних рівнів сигналів і перешкод нормуються й співвідносяться до точки тракту передачі з нульовим вимірювальним рівнем.

Канал проводового зв'язку разом із джерелом і одержувачем повідомлень становлять систему проводового зв'язку. За аналогією з каналами місцевого й далекого зв'язку слід розрізнити проводові системи місцевого й далекого зв'язку. Не виключаючи важливості систем місцевого зв'язку, надалі, проте, основний упор буде зроблений на розгляд систем далекого проводового зв'язку.

Як впливає з рисунку 1.2, у систему далекого зв'язку в загальному випадку входять: джерело й одержувач повідомлення, кінцева апаратура, абонентські й з'єднувальні лінії, комутаційна й каналоутворююча апаратура, а також лінії зв'язку.

Розглянемо роль і призначення комутаційної й каналоутворюючої апаратури.

Комутаційна апаратура й каналоутворююча апаратура в системі проводового зв'язку мають загальне призначення – підвищити ефективність

використання дорогих ліній зв'язку, однак, виконується це по-різному [1, 2].

Роль комутаційної апаратури можна пояснити у такий спосіб. Нехай є шість абонентів, між якими необхідно організувати зв'язок таким чином, щоб кожен абонент мав можливість з'єднання з будь-яким іншим [1, 2].

Це завдання можна просто розв'язати, якщо з'єднати лініями зв'язку "кожного абонента з кожним" так, як це показано на рисунку 1.4, а) [1, 2].

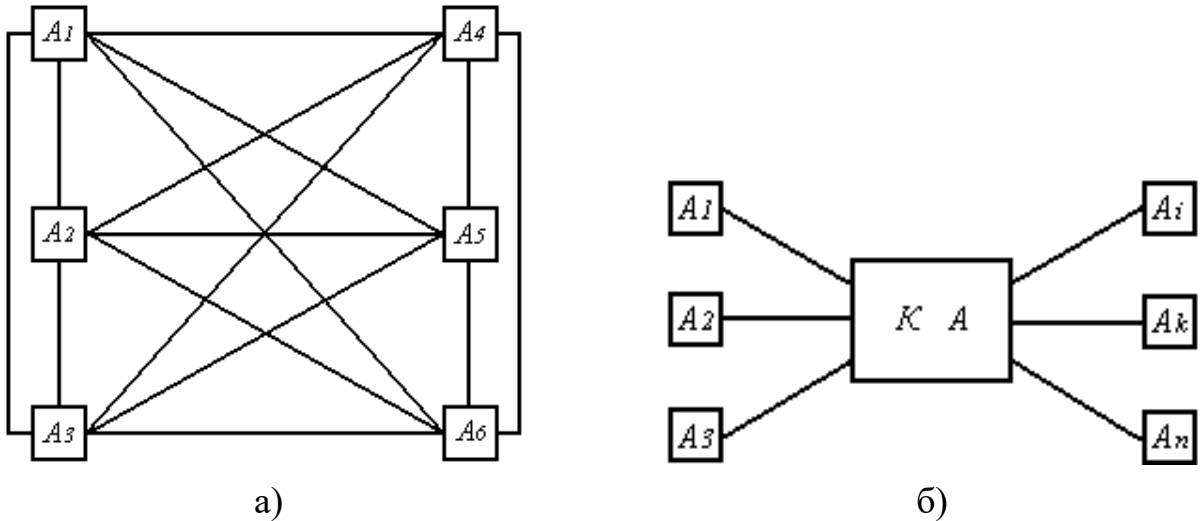


Рисунок 1.4 – Способи з'єднання абонентів

Такий спосіб з'єднання абонентів, у принципі, є розумним, оскільки забезпечується достатня надійність з'єднання, але реалізація його дорога.

Простий підрахунок показує, що для з'єднання шести абонентів один з одним потрібно 15 двопроводових ланцюгів зв'язку. Загальна формула для підрахунку кількості ланцюгів зв'язку $N_{л}$, необхідних у з'єднанні "кожного абонента з кожним" має вигляд [1, 2]

$$N_{л} = \frac{n(n-1)}{2},$$

де n – число абонентів.

У той же час забезпечити зв'язок між абонентами можна іншим способом, а саме так, як це показано на рисунку 1.4, б). Абоненти за допомогою шести абонентських ліній з'єднуються з комутаційною апаратурою.

Заявка на з'єднання от визивного абонента, наприклад A_1 , надходить на КА, де за допомогою приладів комутації може бути здійснене з'єднання абонента A_1 з кожним з п'яти інших. Зокрема, з'єднання абонентів A_1 н A_4 відбувається по

ланцюгу: А1-АЛ1-комутаційні прилади КА-АЛ4-А4.

Таким чином, використання комутаційної апаратури для з'єднання 6 абонентів приводить до того, що замість 15 ліній потрібно 6. Різниця стає більш помітною, якщо побільшає число абонентів, що обслуговуються. Так якщо $n = 100$, то при використанні КА потрібно 100 абонентських ліній, у той же час, якщо здійснити зв'язок за принципом "кожний з кожним" буде потрібно 4950 ланцюгів зв'язку. У міру подальшого збільшення числа абонентів доцільність використання комутаційної апаратури стане ще більш очевидною.

Настільки помітний виграш у кількості ланцюгів зв'язку при застосуванні комутаційної апаратури пояснюється тим, що кожний ланцюг використовується не однократно, а багаторазово. Наприклад, абонентська лінія АЛ1, яка з'єднує абонента А1 і КА, використовується при обміні інформацією як з абонентом А2, так і з А3, і будь-яким іншим з n можливих абонентів. Точно також будь-яка інша i -я абонентська лінія використовується багаторазово, тобто щораз, як тільки необхідно здійснити з'єднання будь-якого абонента з абонентом A_i .

На противагу такому багаторазовому використанню ланцюгів зв'язку в схемі, представлений на рисунку 1.2, прийняте однократне їхнє використання, кожний ланцюг зв'язку призначений для з'єднання тільки однієї пари абонентів.

Таким чином, на підставі викладеного можна дати наступне визначення комутаційної апаратури.

Комутаційною називається апаратура, що здійснює з'єднання абонентів між собою за допомогою мінімальної кількості ланцюгів зв'язку, що досягається на основі багаторазового їхнього використання [1, 2].

Каналоутворююча апаратура також призначена для з'єднання між собою абонентів за допомогою мінімальної кількості ланцюгів (каналів) зв'язку, однак, що досягається на основі одночасної (паралельної) передачі по одному ланцюгу (каналі) зв'язку сигналів від сукупності незалежних абонентів. Умови для одночасної передачі сигналів є те, у що обсяг (ємність) існуючих ланцюгів (каналів) зв'язку, як правило, значно більше обсягу первинних електричних сигналів [1, 2].

Процес одночасної (паралельної) передачі по одному ланцюгу (каналі) зв'язку сигналів від ряду незалежних абонентів називається ущільненням ланцюга (каналу) зв'язку. Апаратура, що виконує цю функцію, називається апаратурою ущільнення (АУ) або каналоутворюючою апаратурою (КУА).

Слід звернути увагу на той факт, що донедавна доводилася доцільність

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 14 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

застосування каналоутворюючої апаратури для здійснення зв'язку на лініях міжміського зв'язку, коли вартість лінійних споруджень вище вартості КУА. Однак, у цей час, з розвитком радіоелектроніки й зниженням вартості елементів радіоапаратури, доцільно використовувати каналоутворюючу апаратуру й у межах міської мережі (особливо у великих містах), коли далекість абонентів може бути значною.

У закордонній літературі замість терміна ущільнення використовується термін мультиплексування. Мультиплексування означає паралельне виконання одним комплектом устаткування декількох різних, але схожих операцій. Цей термін широко застосовується в обчислювальній техніці. Стосовно до електров'язку мультиплексування означає використання одного ланцюга (каналу) зв'язку для одночасного ведення декількох передач, тому КУА називають мультиплексором [1, 2].

За допомогою рисунка 1.2 можна визначити основні елементи системи далекого зв'язку, заснованої на використанні так званих каналів, що комутуються. Такі канали зв'язку забезпечують тимчасове (на сеанс передачі) з'єднання абонентів.

У ряді випадків обмін інформацією між абонентами може здійснюватися також по каналам, що некомутуються. Такий канал зв'язку забезпечує постійне з'єднання абонентів і в ньому комутаційна апаратура відсутня.

Канали зв'язку, що некомутуються, на деякий термін закріплюються (арендуються) за визначеними абонентами, які мають пріоритет по відношенню до інших, і застосовуються постійно.

1.3 Код Файра

Найбільш відомим циклічним кодом, який виправляє одинарні пачки помилок, є двійковий код Файра, причому для цього потребується невелике число перевірочних символів. Утворюючий поліном даного коду [2, 3, 4]

$$P(x) = q(x)(x^c + 1), \quad (1.1)$$

де $q(x)$ – неприводимий багаточлен ступеню t , який належить ступеню m ;

c – просте число, яке не ділиться на m без залишку.

Багаточлен $q(x)$ належить ступеню m , якщо m – найменше позитивне число

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕліТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 15 |

таке, що двучлен $(x^m + 1)$ ділиться на $q(x)$ без залишку. Для будь-якого t існує, по меншій мірі, один неприводимий багаточлен $q(x)$ ступеню t , який належить показнику ступеня [2, 3, 4]

$$m = 2^t - 1. \quad (1.2)$$

Наприклад, якщо $q(x) = x^3 + x^2 + 1$ ($t = 3$), то $m = 2^3 - 1 = 7$ і число c може приймати значення, які не діляться на сім, тобто 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23 і т.д.

Довжина коду Файра дорівнює найменшому загальному кратному чисел c і m , тобто [2, 3, 4]

$$n = \text{НОК}(c, m). \quad (1.3)$$

Кількість перевірочних символів [2, 3, 4]

$$r = c + t. \quad (1.4)$$

Кількість інформаційних символів [2, 3, 4]

$$k = n - c - t. \quad (1.5)$$

Можна одержати код меншої довжини з тим же числом перевірочних символів, якщо користуватися методом отримання циклічних кодів [3, 4]. При застосуванні кодів Файра можна виправити будь-яку одиничну пачку помилок довжини b або менше і одночасно виявити будь-яку пачку помилок довжини $l \geq b$ або менше, якщо $c \geq b + l - 1$ і $t \geq b$ [2, 3, 4].

Якщо застосовувати ці коди тільки для виявлення помилок, можна виявити будь-яку комбінацію з двох пачек помилок, довжина найменшою з якої не перевищує t , а сума довжин обох пачек не перевищує $c + 1$, а також будь-яку одиничну пачку помилок з довжиною, яка не перевищує числа перевірочних символів $r = c + t$ [2, 3, 4].

Наприклад, код Файра породжується поліномом

$$P(x) = (x^4 + x + 1)(x^7 + 1) = x^{11} + x^8 + x^7 + x^4 + x + 1$$

Визначимо параметри коду. Так як $t = 4$, $c = 7$, то, використовуючи формули ((1.1)-(1.5)), одержуємо $m = 2^4 - 1 = 15$, $n = \text{НОК}(7, 15) = 7 \cdot 15 = 105$, $r = 4 + 7 = 11$, $k = 105 - 11 = 94$.

Цей код може бути використаний, наприклад, для виправлення пачки помилок довжини $b = 4$ або менше і виявлення будь-якої пачки помилок довжини $l \leq 4$ або для виправлення пачки помилок довжини $b = 2$ або менше і виявлення пачки помилок довжини $l \leq 6$. Якщо застосовувати цей код виключно для

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕліТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 16 |

виявлення помилок, можна виявити будь-яку одиночну пачку помилок довжини $l \leq 4 + 7 = 11$ і будь-яку комбінацію з двох пачек помилок, довжина найменшою з яких не перевищує $t = 4$, а сума довжин не перевищує $c + 1 = 8$

1.4 Постановка завдання на проектування

Згідно технічного завдання канал зв'язку, який застосовується, може мати досить великий рівень завад, що проявляється в тому, що при передачі в повідомленнях можуть виникати пачки помилок довжиною до восьми. Крім того, є технічна можливість організувати зворотний канал в системі передачі даних, для якої розроблюються передавальний телекомунікаційний пристрій захисту від помилок.

Для проектування заданого ТПЗП формулюються наступні технічні вимоги:

- імовірність помилкової реєстрації знака $P_{kk} \leq 10^{-6}$;
- швидкість передачі дискретної інформації $V = 4800 \text{ біт/сек}$;
- припустимий час затримки видачі повідомлення споживачеві $t_3 \leq 18 \text{ сек}$;
- імовірність неправильного запуску прийомного пристрою $P_{лф} \leq 0,9 \times 10^{-5}$;
- імовірність помилкової реєстрації одиничного елемента $P_o \leq 8 \times 10^{-4}$.

Пропонується застосовувати один з найефективніших способів захисту від помилок – кодовий спосіб на основі використання циклічного коду Файра, який призначений для виявлення та коригування пачек помилок, які виникають в каналі зв'язку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД ПОМИЛОК

2.1 Вибір способу захисту від помилок

Основним способом підвищення вірності передачі дискретних повідомлень є введення в передану послідовність надмірності з метою виявлення й виправлення помилок у прийнятій інформації. Усі пристрої захисту від помилок діляться на дві групи: симплексні (без зворотного зв'язку) і дуплексні (зі зворотним зв'язком) [2, 5].

У симплексних пристроях захисту від помилок підвищення вірності може бути досягнуто трьома способами: шляхом багаторазового повторення символів; одночасною передачею однієї й тієї ж інформації з декількома паралельними каналами; застосуванням кодів, що виправляють помилки [2, 5].

Для проектування телекомунікаційних пристроїв захисту від помилок повинні бути задані наступні параметри [2, 5]:

- імовірність помилкової реєстрації знака $P_{кк}$;
- швидкість передачі дискретної інформації V ;
- припустимий час затримки видачі повідомлення споживачеві t_3 ;
- час готовності до передачі (час фазування по циклу) t_{ϕ} ;
- імовірність неправильного запуску прийомного пристрою $P_{н\phi}$;
- імовірність помилкової реєстрації одиничного елемента P_o ;
- характер групування помилок і тип каналу зв'язку.

Однією з головних завдань проектування ТПЗП є вибір способу захисту від помилок, який при мінімальних витратах забезпечить виконання поставлених вимог. Під витратами мається на увазі не тільки вартість апаратури, але й необхідні смуга частот (необхідне число каналів зв'язку), час на передачу повідомлення, а також вартість обслуговування пристрою в процесі експлуатації [2, 5].

Згідно із завданням, при групуванні помилок у пачки довгої довжини (п'ять і більше помилок), у даному випадку вісім, то кодувальні та декодувальні вузли виходять громіздкими і для їхнього кодування та декодування потрібно порівняно багато часу. У цьому випадку краще використовувати багаторазове повторення повідомлення. Але при цьому потрібно стежити за тим, щоб час затримки не перевищував припустимої величини.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 18 |

Для цього проведемо розрахунки для трьохкратного повторення.

При цьому ймовірність реєстрації знака дорівнює

$$P_{KK} = 3n_k P_0^2 \approx 3 \cdot 12 (8 \cdot 10^{-4})^2 = 1,536 > 1 \cdot 10^{-6}.$$

Такий результат є незадовільним, нерівність не виконується.

Максимальна затримка видачі інформації приймачу при трикратном повторенні буде становити:

$$t_3 = 24 \cdot \tau_0 = \frac{24}{4800} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Час затримки прийнятно для практичних вимог, не перевищує припустимої величини 18 мс.

Із проведених розрахунків видно, що мажоритарний метод не підходить тому що не виконується нерівність по ймовірності помилкового приймання кодової комбінації, вона більше чим задане за умовою. У цьому випадку потрібно застосовувати завадостійке кодування і для даного пакета помилок застосуємо циклічні коди.

Вибираючи завадостійкий код, насамперед, необхідно враховувати його коригувальну здатність, яка залежить від кодової відстані d , чисельно рівної мінімальному числу елементів, за якими відрізняється будь-яка кодова комбінація від іншої. У загальному випадку [2, 5]:

$$d = t_e + t_k + 1, \quad (2.1)$$

де t_e й t_k – числа виявляємих та коригувальних помилок відповідно, причому обов'язково $t_e \geq t_k$.

Таким чином, з рівності (2.1) слідує

$$d = 8 + 8 + 1 = 17.$$

Кількість перевірочних елементів r коригувального коду залежить від виду коду, а число інформаційних елементів [2, 5]:

$$k = n - r, \quad (2.2)$$

де n – довжина двійкової послідовності, яка кодується завадостійким кодом. Відношення r до n з виразу (2.2) називають коефіцієнтом надмірності коду.

Тому, що $d > 5$, для виконання умови n будемо вибирати з ряду $n = 1023$, $m = 10$ [2, 5]:

$$n = 2^m - 1, \quad (2.3)$$

де m – ціле число.

Тоді кількість контрольних розрядів одержимо

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 19 |

$$r \leq m \times t \leq 10 \times 8 = 80 \text{ біт},$$

а число інформаційних елементів (2.2):

$$k = n - r = 1023 - 80 = 943 \text{ біт}.$$

$$V_{ef} = 4800 \times (1023 - 80) / 1023 = 4800 \times 0,922 \approx 4425 \text{ біт/с}.$$

Знайдемо вид утворюючого полінома, у якому показник ступеня багаточлена повинен бути $m = 10$ (2.3) [3, 4]. Кількість мінімальних багаточленів дорівнює мінімальній кодовій відстані тобто восьми. Порядок останнього старшого полінома визначимо з вираження $2t_k - 1 = 2 \times 8 - 1 = 15$. Використавши таблиці багаточленів, що приводяться, випишемо мінімальні поліноми 10-го ступеня [3, 4].

$$P_1 = x^{10} + x^3 + 1;$$

$$P_3 = x^{10} + x^3 + x^2 + x^1 + 1;$$

$$P_5 = x^{10} + x^8 + x^3 + x^2 + 1;$$

$$P_7 = x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3;$$

$$P_9 = x^{10} + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x^1 + 1;$$

$$P_{11} = x^{10} + x^5 + x^4 + x^2 + 1;$$

$$P_{13} = x^{10} + x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x^1 + 1;$$

$$P_{15} = x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^1 + 1.$$

Число контрольних елементів визначається показником ступеня, тобто $r = 80 \text{ біт}$.

Перевіримо виконання умови:

$$P_{\text{кк розрах}} < P_{\text{кк}}. \quad (2.4)$$

Імовірність невиявлених помилок для коду залежить від довжини блоку n і ймовірності помилкового приймання одиничного елемента P_o .

$$P_{\text{ккр}} = \frac{1}{2^r} C_{k+r}^{d_{\min}} P_o^{d_{\min}}, \quad (2.5)$$

де P_o – імовірність помилкового приймання одиничного елемента.

$C_{k+r}^{d_{\min}}$ – число комбінацій з n по d_{\min} .

Нехай $k = 300$, тоді

$$P_{\text{ккр}} = 9,8 \cdot 10^{-11}.$$

Згідно з нерівністю (2.4) даний поліном нам підходить, тому що з формули

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 20 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

(2.5) слідує

$$P_{ккр} = 9,8 \cdot 10^{-11} < 10^{-6}.$$

Для забезпечення даної ймовірності помилки кількість інформаційних символів у повідомленні $k = 300$ біт.

2.2 Структурна схема телекомунікаційного пристрою

Структурна схема ТПЗП, яка являє собою сукупність основних блоків, що реалізують задані функції:

- 1) блок початкової установки (БПУ);
- 2) генератор тактових імпульсів (ГТІ);
- 3) формувач номера блоку (ФНБ);
- 4) пристрій фазування по циклу (ПФЦ);
- 5) кодер;
- 6) блок формування комбінації, яка фазує (БФФК);
- 7) блок накопичувача (БН);
- 8) пристрій керування (ПК);

Телекомунікаційний пристрій захисту від помилок працює наступним чином. У вихідному стані обидві частини ТПЗП перебувають у стані очікування виклику. Після завершення процесу групового фазування перший формувач сигналів обміну ФСО₁ передавача генерує сигнал запиту даних від термінального устаткування ТУД відправника повідомлення. Під дією керуючих сигналів від ПК до інформаційної послідовності, що надходить із ТУД і преутвореної в послідовний код у БП, на відповідних часових позиціях додаються кодові комбінації номера блоку, формовані ФНБ. Дані, передані в цифровий канал зв'язку, кодуються завадостійким циклічним кодом. Сформовані кодером перевірочні елементи додаються до інформаційних і службових символів наприкінці блоку. Аналогічним образом формуються наступні блоки. Наприкінці кожного блоку ПК опитує стан аналізатора зворотного каналу зв'язку й у випадку наявності сигналу "Підтвердження" здійснює подальшу передачу наступних блоків або при наявності сигналу "Запит" припиняє введення інформації й видає повторно із блоку накопичувача БН інформаційний блок, у якому виявлена помилка. відбувається перевірка цілісності блоку й здійснює передачу в канал зв'язку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 21 |

Структурна схема передавальної частини передавача ТПЗП зображена на кресленні ЕлІТ 6.172.492 Е1.

2.3 Алгоритм роботи телекомунікаційного пристрою

Складання алгоритму функціонування є однієї з найважливіших завдань проектування ТПЗП. Якщо реалізація ТПЗП передбачається апаратно, то розробку алгоритму функціонування доцільно робити паралельно з розробкою структурної схеми телекомунікаційного пристрою захисту від помилок. Алгоритм визначає основні функції пристрою й послідовність їх виконання. При визначенні основних функцій ТПЗП для спрощення цього завдання приведемо перелік основних функцій, які є типовими для всіх типів пристроїв захисту від помилок [5]:

- 1) початкова установка блоків ТПЗП;
- 2) приймання, перетворення й контроль інформації, що надходить від джерела на передавальній стороні, і видача її споживачеві на приймальній;
- 3) генерування тактових імпульсів і синхронізація (у випадку роботи без пристрою перетворення сигналів),
- 4) групове фазування (по циклах);
- 5) формування номера блоку;
- 6) підрахунок числа біт у блоці, формування номерів блоків при передачі;
- 7) кодування повідомлень завадостійким циклічним кодом;
- 8) формування інформаційних пакетів і зберігання їх у буферних накопичувачах передавача й приймача до ухвалення рішення про приймання їх із заданою вірністю;
- 11) формування сигналів аварійної ситуації і їх індикація;
- 12) індикація стану апаратури.

При відображенні стану апаратури доцільно індицирувати наступні можливі ситуації: включення живлення апаратури каналу даних; підключення телекомунікаційного пристрою захисту від помилок до лінії; виклик; передача/приймання; очікування; немає несучої; помилка периферійного пристрою; помилка нумерації блоків; немає фази.

Залежно від конкретного типу пристрою перелік функцій може бути доповнений і розширений, а також можливе виключення частини функцій. Очевидно, що для реалізації цих функцій в пристроях захисту від помилок з

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕлІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

"жорсткою логікою" повинні перебувати відповідні блоки, а в програмувальному – відповідні підпрограми. Наприклад, для реалізації першої функції потрібний блок початкової установки пристрою, який формує імпульс установки всіх інших блоків у вихідний стан (скидання в нульовий стан або запис в елементи пам'яті певної кодової комбінації, яка повинна видаватися із блоку на початку роботи). Звичайно початкова установка апаратури проводиться через 1-2 с після включення живлення або при перемиканні режимів роботи.

Для реалізації другої функції в структурну схему передавальної частини необхідно ввести блок приймання й перетворення повідомлення, що вводиться, який повинен забезпечити короткочасне зберігання кодових комбінацій (байтів), які поступють, і перетворення їх у відповідну форму (найчастіше в послідовний код). У цьому блоці може відбуватися також узгодження рівнів сигналів, що надходять з ТУД, з рівнями ТПЗП.

Таким чином, з урахуванням певних функцій, які повинен виконувати телекомунікаційний пристрій захисту від помилок до заданої послідовності для передачі необхідних кодових комбінацій у канал (формату блоку), складається алгоритм функціонування проектного ТПЗП.

На підставі отриманих функцій складемо алгоритм роботи ТПЗП, якій розробляється. На початку роботи необхідно зробити установку всіх блоків у нульовий стан, або записати в елементи пам'яті певні кодові комбінації, які повинні видаватися із блоку на початку роботи. Далі, необхідно встановити, чи готове джерело інформації. Якщо джерело інформації готове, то можна починати передачу даних. Спочатку передається блок комбінацій, які фазують (FK), далі йде передача інформаційного блоку й відбувається формування номера блоку (NB). Дані, передані в цифровий канал, кодується завадостійким кодом, у нашому випадку це циклічний код, сформований кодером, перевірочні елементи додаються до інформаційних, далі відбувається формування блоку службових біт (початок ST і кінець ET інформаційного пакету). Інформаційна послідовність, яка була надана ТУД, передається в канал зв'язку й далі до одержувача повідомлень.

Блок-схема алгоритму функціонування проектного передавальної частини ТПЗП зображена на кресленні ЕЛІТ 6.172.492 СА.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 23 |

3 РОЗРОБКА ФОРМАТУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПАКЕТУ

В процесі розробки системи передачі даних необхідно ТПЗП спроектувати так, щоб забезпечити необхідну завадостійкість повідомлень при максимальній ефективній швидкості передачі інформації. Завадостійкість і ефективна швидкість залежать від надмірності повідомлень, що передаються, причому зі збільшенням надмірності завадостійкість підвищується, а ефективна швидкість падає [2, 5].

Для блокових роздільних кодів, при яких кодування та декодування здійснюються незалежно для кожної кодової комбінації (блоку), надмірність R визначається за формулою [2, 5]:

$$R = 1 - \frac{k}{n_{\bar{o}}} = \frac{r}{n_{\bar{o}}}, \quad (3.1)$$

де k – кількість інформаційних елементів;

$n_{\bar{o}}$ – загальна кількість елементів в блоці;

r – число перевірочних елементів.

У реальних систем передачі даних ефективна швидкість буде менше за рахунок передачі в каналі, крім r перевірочних елементів, додаткової службової інформації, що складається з N_{cl} біт, тобто [5]:

$$V_{ef} = \frac{n_{\bar{o}} - r - n_{cl}}{n_{\bar{o}}\tau_0} = V \left(1 - \frac{r + n_{cl}}{n_{\bar{o}}} \right) \quad (3.2)$$

де V – швидкість передачі, *біт/с*, яка числено дорівнює для двійкових систем швидкості модуляції $B = \frac{1}{\tau_0}$.

Для підвищення ефективності передачі даних метод кодування слід вибрати таким чином, щоб задана завадостійкість забезпечувалася при мінімальному числі перевірочних елементів r , то ж відноситься і до службових знаків. Величина r залежить від використовуваного коду, який вибирається виходячи з необхідної ймовірності помилкового прийому кодової комбінації $P_{кк}$ і характеру помилок в цифровому каналі [5].

Передача повідомлень від відправника до одержувача зазвичай здійснюється по блоках. Блок може містити десятки і сотні символів (кодових комбінацій). Збільшення довжини блоку веде до підвищення числа перевірочних елементів r , однак r збільшується значно повільніше $n_{\bar{o}}$. Тому, якщо необхідно забезпечити максимальну ефективну швидкість передачі інформації, то потрібно

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 24 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

збільшувати довжину блоку. Оптимальна величина блоку визначається з графіка залежності $V_{ef} = \varphi(n_b)$ при фіксованих P_o , N_{cl} і r (це збільшення довжини блоку призводить до збільшення затримки видачі інформації одержувачу і ускладнює апаратну реалізацію системи передачі даних) [5].

На практиці рекомендується використовувати інформаційні блоки довжиною k біт, обрані з ряду 120, 240, 480, 960 біт. Прийнятною ефективною швидкістю вважається $V_{ef} = (0,90 \div 0,95) \times V$, біт/с [5].

З метою запобігання втрати блоку або вставки (повторно переданого одного і того ж блоку) кожному блоку при передачі слід привласнювати певний порядковий номер NB, а на приймальній стороні контролювати дотримання черговості їх надходження. При цьому необов'язково робити наскрізну нумерацію блоків для всього переданого масиву. Кількість номерів має бути на одиницю більше числа повторюваних блоків при виявленні помилок, тобто досить через певний цикл (3-6 блоків) циклічно повторювати ці номери. Наприклад: № 1, № 2, № 3, № 4, № 1, № 2 і т.д. Це дозволить зменшити число елементів n_N , що виділяються для кодування номерів блоків.

Крім NB в блок можуть бути введені комбінації, що позначають початок ST і кінець ET інформаційного блоку, що складаються з n_s і n_e біт відповідно. Ці комбінації для коду, використовуваного для передачі даних [5], мають стандартні значення: ST – 0000010 та ET – 0000011. У багатьох практичних випадках комбінації ST і ET вводять до складу інформації, що формується відправником, і немає необхідності формувати їх в системі передачі даних. Тоді ознакою початку блоку може бути комбінація NB, а приймання номеру наступного блоку свідчить про закінчення попереднього.

До складу службових символів блоку може входити фазуюча кодова комбінація (FC), що складається з l одиничних елементів, яка служить для забезпечення синхронного перемикавання передавального і приймального розподільників. Таким чином, формат блоку повідомлення в каналі зв'язку має вигляд, показаний на рисунку 3.1. Кількість службових біт N_{cl} дорівнює сумі [5]:

$$N_{cl} = n_s + n_e + l + n_N.$$

Виходячи з усього вище викладеного, прийmemo наступні твердження [5]:

а) ознакою початку блоку є комбінація NB, а отримання номеру наступного блоку свідчить про закінчення попереднього;

б) кількість номерів блоків має бути на одиницю більше числа повторюваних блоків при виявленні помилок, що дозволить зменшити число

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 25 |

елементів n_N , що виділяються для кодування номерів блоків.

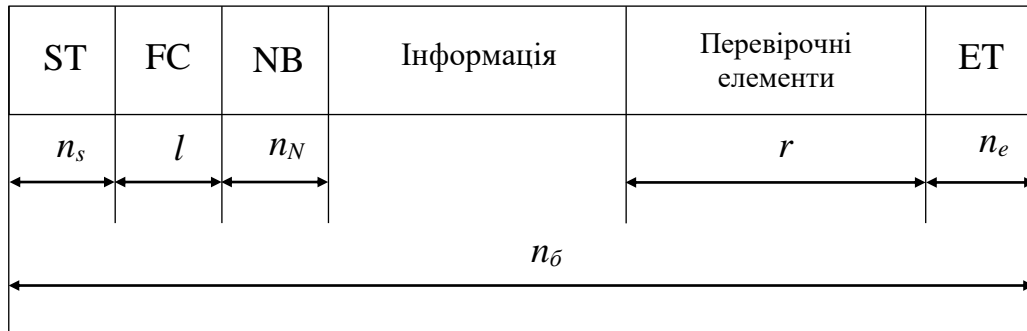


Рисунок 3.1 – Типовой формат інформаційного блоку

Оптимальна довжина блоку може бути знайдена шляхом побудови залежності $V_{ef}/V = \varphi(n_b)$ при заданих значеннях P_{no} , r і n_{cl} .

Визначаючи ряд значень $n_b = 120, 240, 480, 960$ біт, а також значенням $n_{cl} = 8+3 = 11$ при відомому $P_o = 8 \times 10^{-4}$ і фіксованому $r = 10$, одержуємо графік залежності $V_{ef}/V = \varphi(n_b)$, з якого і обчислюємо оптимальне значення довжини інформаційного блоку. Розрахункова формула буде мати вид (3.2):

$$V_{ef} = V \left(1 - \frac{r + n_{cl}}{n_b} \right) = V \left(1 - \frac{10 + 11}{n_b} \right).$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю і побудуємо графіки $V_{ef}/V = \varphi(n_b)$ (рисунок 3.2).

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків залежності $V_{ef}/V = \varphi(n_b)$

| n_b | V_{ef}/V |
|-------|------------|
| 100 | 0,79 |
| 200 | 0,895 |
| 300 | 0,93 |
| 400 | 0,9475 |
| 500 | 0,958 |
| 600 | 0,965 |
| 700 | 0,97 |
| 800 | 0,97375 |
| 900 | 0,976667 |

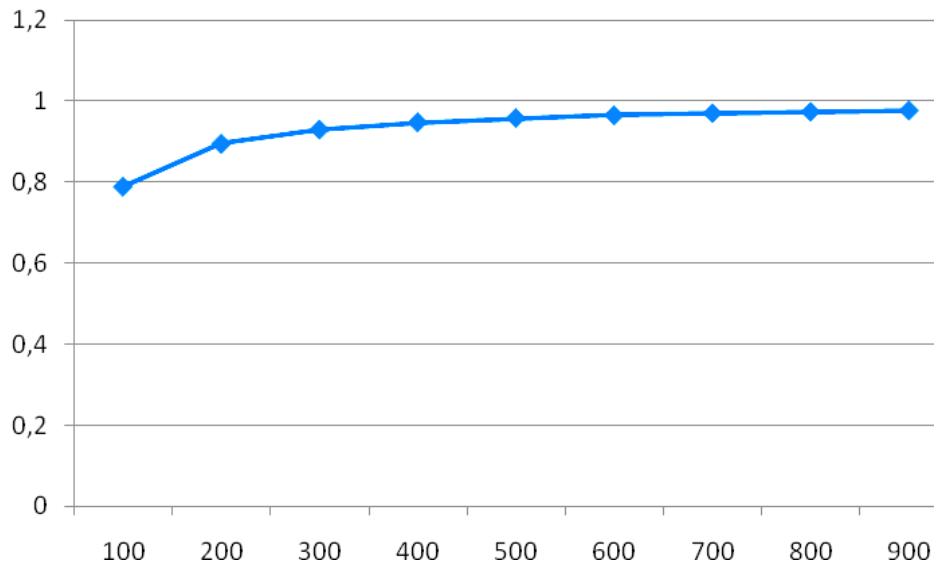


Рисунок 3.2 – Графік залежності $V_{ef}/V = \varphi(n_b)$

За графіком видно, що оптимальне значення довжини блоку становить $n_b = 300$ біт, так як при цьому співвідношення $V_{ef}/V = 0,93$, що цілком влаштовує умови забезпечення оптимальної швидкості передачі.

4 СПОСІБ ФАЗУВАННЯ ПО ЦИКЛУ

Пристрої фазировання по циклу (ФЗЦ) служать для визначення початку блоку інформації (циклу) в прийнятій послідовності цифрових сигналів, що необхідно для правильного декодування повідомлення. Фазування по циклам являє собою процес примусового встановлення певного фазового співвідношення між розподільниками на передавальній і приймальній сторонах АКД, при якому перший, переданий в канал зв'язку, біт направляється в перший осередок приймального регістру, другий – в другу і т.д. Для здійснення процесу фазування на приймальній стороні необхідно мати відомості про фазу передавального розподільника. На відміну від поелементної синхронізації ці відомості необхідно надсилати на приймальню частину АКД на початку передачі, або протягом усього сеансу зв'язку [1, 5].

При безперервній передачі повідомлень або передачі великих масивів інформації в результаті різних впливів, що збурюють, здатних порушити синфазний режим роботи системи, необхідно забезпечити систематичний контроль за станом фазуючих пристроїв безперервною передачею в канал маркерних комбінацій. У таких випадках слід застосовувати маркерний спосіб фазировання [1, 5].

Так як в каналі передачі виникають групові помилки застосовуємо маркерное фазування (з безперервною синхронізацією), при яких протягом всього сеансу зв'язку по каналу спільно з інформаційними сигналами передаються спеціальні кодові комбінації (маркери), які використовуються для фазування АКД по циклу.

Також розрізняють синхронні і стартостопні способи фазування. У синхронних – цикли фіксованої довжини впливають безупинно один за одним, в зв'язку з чим їх початок і кінець в приймачі, який працює у фазі, заздалегідь відомі. При стартстопном – цикл може початися в довільний момент часу, а довжина його бути довільною. У проміжках між видачею блоків передавальній і приймальній розподільники знаходяться на "Стоп". Запуск їх відбувається під дією команди "Старт", що подається перед початком блоку в канал зв'язку. Команда "Старт" може бути представлена окремим сигналом або кодовою комбінацією [1, 5].

Незалежно від способу фазировання будь-яка схема пристрою ФЗЦ повинна містити блок введення в передану послідовність маркерної комбінації на

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 28 |

передавальній стороні і блок виділення цієї комбінації в приймачу.

Побудова пристроїв ФЗЦ залежить від багатьох чинників: кількості біт і структури маркера, способів розміщення та передачі фазуєчої комбінацій в блоці, способів їх селекції та ін. В той же час, пристрої ФЗЦ повинні бути простими і надійними в роботі, забезпечувати малий час фазування перед початком передачі інформаційних повідомлень і після перерв зв'язку, володіти високою завадостійкістю, що виключає встановлення помилкової фази, незначно знижувати пропускну здатність за рахунок введення фазуючої інформації [1, 5].

В процесі проектування пристроїв ФЗЦ зробимо такий вибір [1, 5]:

- 1) спосіб фазування маркерний синхронний;
- 2) скористатися синхронізуючими властивостями маркерної комбінації;
- 3) розташувати маркерну комбінацію на початку;
- 4) кількість розрядів в маркерної комбінації 8 біт.

Оскільки довжина блоку складає більше 100 біт, маркерну комбінацію для більш простої апаратної реалізації доцільно розташовувати на початку, а не передавати l -розрядну фазуючу комбінацію за l циклів по одному біту в блоці.

Таким чином застосовуємо маркерний спосіб фазування по циклам з однією фазуючою послідовністю у вигляді цілісного блоку на початку повідомлення, що передається.

При виборі маркерної комбінації слід мати на увазі, що її довжина має визначальний вплив на ймовірності помилкового фазирования $P_{лф}$ і пропуску $P_{пр}$. Ймовірність $P_{лф}$ залежить від числа одиничних елементів, що входять в блок. Ймовірність помилкового виділення маркера з інформаційної послідовності визначається тільки його довжиною і числом інформаційних елементів, включаючи надлишкові в переданому блоці інформації, а ймовірність помилкової реєстрації фазуючої комбінації на перетині маркерних та інформаційних елементів блоку залежить від структури маркерної кодової комбінації. Для зменшення ймовірності помилкового виділення маркера при виборі його структури необхідно враховувати [1, 5]:

- 1) структура маркерної комбінації не повинна бути однорідною;
- 2) розряди початку і кінця її повинні бути різними;
- 3) структура фазуючої комбінації не повинна бути регулярною;
- 4) довжина маркерної комбінації доцільно брати кратною байту або напівбайтів.

З урахуванням цих рекомендацій і вибору відповідної довжини маркера

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 29 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

можна забезпечити прийнятне значення ймовірності помилкового фаування при одноразовому прийомі маркерної комбінації $P_{лф}$, яка визначається формулою [1, 5]:

$$P_{лф} = \frac{n-l+1-(2^l-1) \cdot \left[1-\left(1-\frac{1}{2^{-l}}\right)^{n-l+1}\right]}{n+l}, \quad (3.3)$$

де n – число розрядів в блоці, за винятком фазуючої комбінації, тобто $n = n_{\sigma} - l$;
 l – кількість розрядів в маркерній комбінації.

Тоді з (3.3) слідує

$$P_{лф} = \frac{n_{\sigma} - 2l + 1 - (2^l - 1) \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{1}{2^{-l}}\right)^{n_{\sigma} - 2l + 1}\right]}{n_{\sigma}}. \quad (3.4)$$

Припускаючи ряд значень $l = 4, 8, 12, \dots$, при відомих $P_{лф\ зад} = 0,9 \cdot 10^{-5}$ і $n_{\sigma} = 310$, отримаємо ряд значень для ймовірності помилкового фаування при одноразовому прийомі маркерної комбінації $P_{лф}$, з яких і знайдемо оптимальне значення довжини маркерної комбінації.

Так як довжина фазуючої комбінації повинна бути кратною байту або напівбайту, то приймаємо її рівною $l = 8$ біта.

Отже, нами був обраний синхронний маркерний спосіб фаування по циклу з застосуванням маркерної комбінації довжиною $l = 8$ біта, причому вона розташовується на початку блоку. З урахуванням всіх рекомендацій і вибору довжини маркера маркерная комбінація матиме вигляд: 10011101.

5 РОЗРОБКА СХЕМ БЛОКІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД ПОМИЛОК

5.1 Вибір елементної бази

Практична реалізація розроблювального ТПЗП повинна припускати оптимальний підбір реальних мікросхем, а також аналогових елементів. Основними критеріями підбору є:

- забезпечення необхідної швидкодії системи;
- низького енергоспоживання;
- мінімальна вартість пристрою захисту від помилок.

У тих випадках, коли слід вибирати відразу між двома факторами, наприклад, між швидкістю роботи і завадостійкістю системи, то слід прийняти або компромісне рішення, або враховувати той критерій, який є ключовим і забезпечує ефективне функціонування пристрою.

При розробці пристрою використовуємо цифрові мікросхеми серії SN74ALS, яка побудована на основі транзисторних-транзисторної логіки (в таблиці 5.1 наведені основні параметри мікросхем даної серії). Серія включає малопо-тужні швидкодіючі інтегральні мікросхеми, призначені для організації високошвидкісного обміну і обробки цифрової інформації, часового і електрично-го узгодження сигналів в обчислювальних і телекомунікаційних системах [6, 7].

Таблиця 5.1 – Основні параметри мікросхем серії SN74ALS [6, 7]

| Параметр | SN74ALS |
|----------------------------------|---------|
| $I_{вх}^0, \text{мА}, \leq$ | -0,2 |
| $I_{вх}^1, \text{мА}, \leq$ | 0,02 |
| $I_{вих\ max}^0, \text{мА}$ | 4 |
| $I_{вих\ max}^1, \text{мА}$ | -0,4 |
| $U_{вих}^0, \text{В}, \leq$ | 0,4 |
| $U_{вих}^1, \text{В}, \geq$ | 2,5 |
| $K_{роз}$ | 20 |
| $t_{зат}^{0/1}, \text{нС}, \leq$ | 4 |
| $t_{зат}^{1/0}, \text{нС}, \leq$ | 4 |

| | |
|----------------------|-----|
| $P_{жив}, мВт, \leq$ | 1 |
| $U_{ном}, В, \leq$ | 0,8 |
| $f_{max}, МГц, \leq$ | 100 |

де $I_{вх}^0$ – вхідний струм логічного нуля;

$I_{вх}^1$ – вхідний струм логічної одиниці;

$I_{вих max}^0$ – максимальний вихідний струм логічного нуля;

$I_{вих max}^1$ – максимальний вихідний струм логічної одиниці;

$U_{вих}^0$ – максимальне значення вихідної напруги, яке відповідає рівню логічного нуля, при якому забезпечується нормальна робота наступних інтегральних схем;

$U_{вих}^1$ – мінімальне значення вихідної напруги, яке відповідає рівню логічної одиниці, при якому забезпечується нормальна робота наступних інтегральних схем;

$K_{роз}$ – коефіцієнт розгалуження по виходу визначає число входів елементів даної серії, яке може бути без порушення працездатності підключено до виходу попереднього логічного елемента;

$t_{зам}^{0/1}$ – час затримки переходу інтегральних схем зі стану логічного нуля в стан логічної одиниці;

$t_{зам}^{1/0}$ – час затримки переходу інтегральних схем зі стану логічної одиниці в стан логічного нуля;

$P_{жив}$ – потужність, споживана базовим логічним елементом від джерела живлення;

$U_{ном}$ – максимально допустиме значення статичної завади;

f_{max} – максимальна частота переключення.

Висока швидкодія в поєднанні з низькою споживаною потужністю і великою навантажувальною здатністю, широкий набір логічних і інтерфейсних мікросхем серії SN74ALS дозволяють створювати обчислювальні та телекомунікаційні пристрої з якісно новими характеристиками і високими техніко-економічними показниками [6, 7].

Суттєвою особливістю серії SN74ALS є наявність інтерфейсних і буферних мікросхем, що володіють підвищеною навантажувальною здатністю по виходу в стані високого і низького рівня і меншою, в порівнянні з серією SN74S, потужністю споживання при практично рівній швидкодії. У порівнянні з

відомими серіями ТТЛ-мікросхем, вона володіє мінімальним значенням множення швидкодії на потужність, що розсіюється.

У проектуваному ТПЗП з серії SN74ALS використовуються двійкові лічильники, універсальні чотирьох- і 8-розрядні зсувні регістри, мультиплексор, тригери, логічні елементи "виключно АБО" і інші логічні елементи.

5.2 Генератор тактових імпульсів

Для стабільної роботи ТПЗП необхідний тактовий генератор. Схема генератора наведена на рисунку 5.1, де показаний класичний генератор Пірса, в якому використовується звичайний польовий транзистор [6].

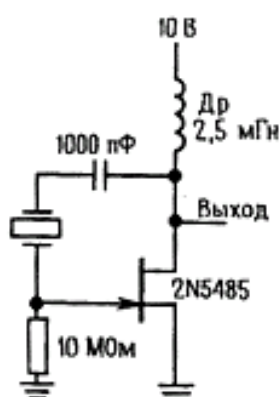


Рисунок 5.1 – Принципова схема генератора тактових імпульсів

Ці схеми призначені для використання спільно з кварцовими резонаторами діапазону частот від 100 кГц до 20 МГц і спроектовані таким чином, що забезпечують прекрасну стабільність частоти коливань при жорсткому обмеженні його амплітуди за допомогою вбудованого амплітудного дискримінатора і схемотехнічного обмежувача. Вони забезпечують формування вихідних коливань як синусоїдальної, так і прямокутної форми (з ТТЛ і ЕЗЛ логічними рівнями).

В якості альтернативи, а саме в тих випадках, коли досить мати вихідне коливання тільки прямокутної форми і не пред'являються граничні вимоги по стабільності, можна застосовувати закінчені модулі кварцових генераторів, які зазвичай випускаються в металевих DIP-корпусах. Вони пропонують стандартний набір частот наприклад, 1, 2, 4, 5, 6, 8 10 16 і 20 МГц, а також "дивні" частоти, які зазвичай використовуються в мікропроцесорних системах [6].

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

Частота генерації також визначається швидкістю передачі даних, яка є в завданні: $f_z \geq V_{ef}$, где $V_{ef} = (0,9 \div 0,95) \times V$.

Тоді, коли має місце $V_{ef} = 0,92 \times V = 0,92 \times 4800 = 4416 \text{ Гц}$, одержуємо $f_z \geq 4416 \text{ Гц}$. Якщо $f_z = 4416 \text{ Гц}$ і $C = 1000 \text{ нФ} \pm 10\%$, тоді $R = 10 \text{ МОм}$.

5.3 Кодувальний блок

Згідно з завданням до випускної роботи, потрібно побудувати схему блоку, який формує циклічний код, тобто при приході інформаційних розрядів повинні сформувати перевірочні. Згідно з раніше обраного полінома виду:

$$P_1 = x^{10} + x^3 + 1.$$

Побудуємо для нього схему, яка формує циклічний код за обраним поліномом. В якості елементів виберемо суматори за модулем 2 SN74ALS86 і D-тригери серії SN74ALS74 (рисунок 5.2) [6, 7].

Мікросхема SN74ALS74 містить два незалежних D-тригера, що спрацьовують по фронту тактового сигналу на вході C. Низький рівень напруги (логічний "0") на входах установки S або скидання R встановлює виходи тригера у відповідний стан незалежно від стану інших входів (C і D). При наявності на входах установки і скидання логічної "1" потрібна попередня установка інформації по входу даних щодо фронту тактового сигналу, а також відповідний витяг інформації після подачі фронту синхросигналу.

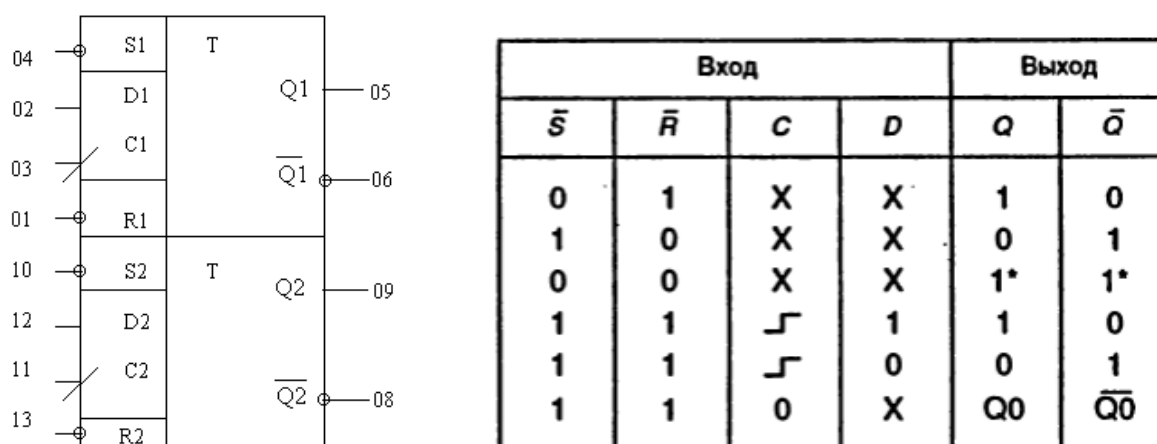
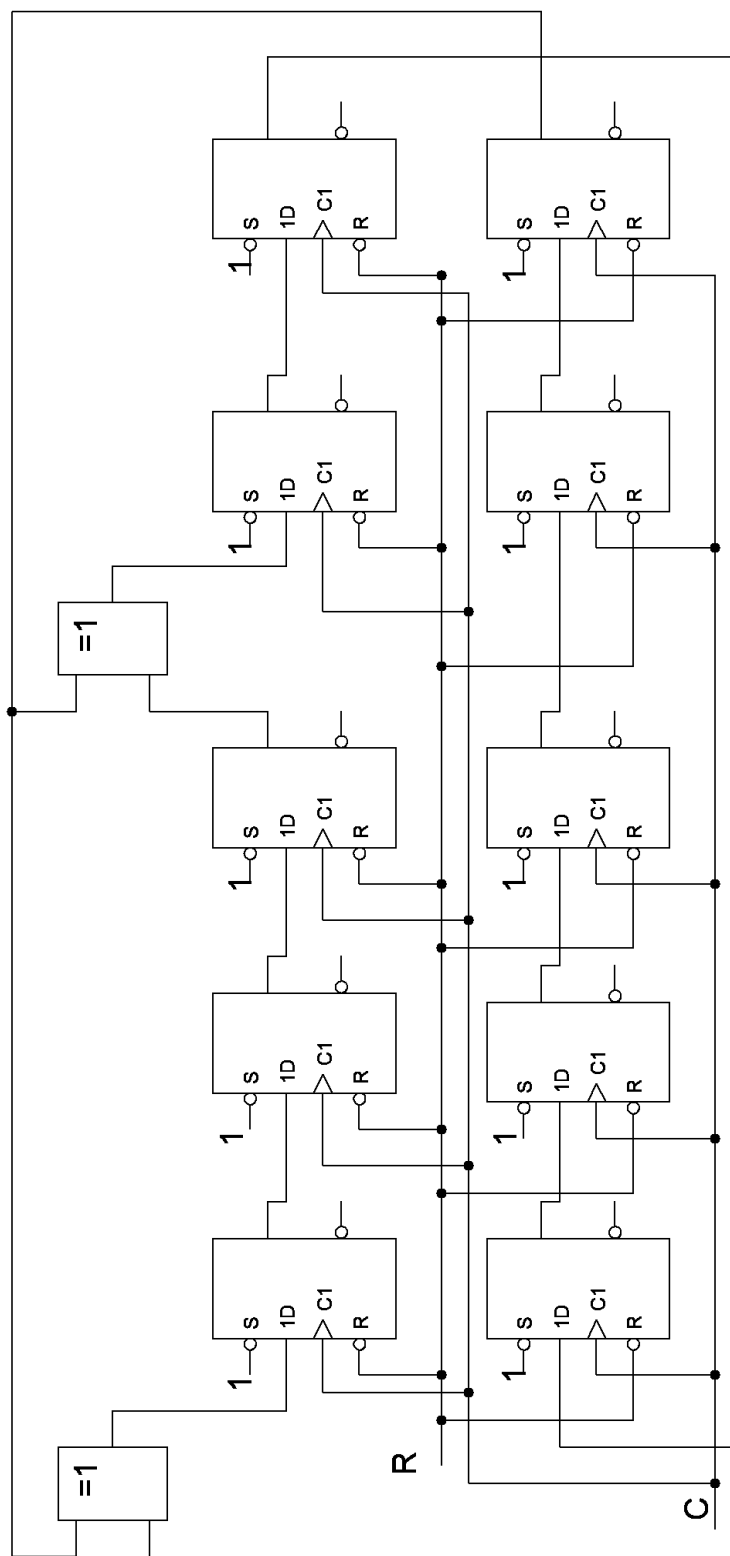


Рисунок 5.2 – Мікросхема SN74ALS74 і таблиця функціонування D-тригерів [7]



Інформаційна послідовність

Рисунок 5.3 – Схема кодувального блоку

Схему, яка формує циклічний код Файра за обраним поліномом, має вигляд на рисунку 5.3.

5.4 Блок формування фазуючої комбінації

Для реалізації блоку формування фазуючої комбінації (має довжину в 8 біт) будемо використовувати один восьмирозрядний реверсивний регістр, завівши зворотний зв'язок з виходу останнього розряду на вхід першого, що забезпечить циклічний перехід фазуючої комбінації регістрі (рисунк 4.4) . Під час початкової установки блоків ТПЗП подамо логічні "1" на ті паралельні входи регістру, які відповідають одиницям обраної фазуючої комбінації 10001011, а входи, на які повинен надійти логічний "0" нуль, під'єднаємо до "загальної" шини. Таким чином, фазуюча комбінація 10001011 буде занесена в регістр після включення живлення і буде міститися там протягом усього сеансу зв'язку, лише циклічно переходячи в сама в себе.

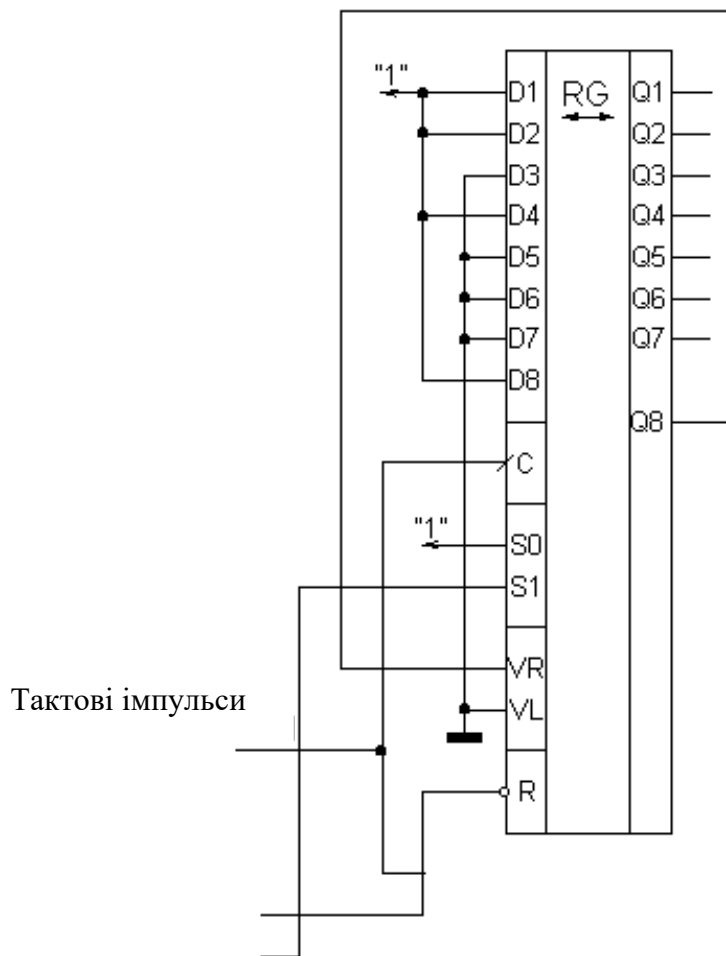


Рисунок 5.4 – Схема блоку формування фазуючої комбінації

Як реверсивний будемо використовувати регістр SN74ALS198N [7]. Він реалізує чотири режими роботи, а саме: зберігання восьмирозрядного коду, зсув

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 36 |

коду вліво, зрушення коду вправо, паралельний введення і виведення коду. Режими роботи задаються двухразрядним кодом, що подається на входи управління S0 і S1. Умовне графічне позначення і режими роботи регістру SN74ALS198N при певних значеннях сигналів на входах S0 і S1 позначені в таблиці (рисунок 5.5) [7].



Рисунок 5.5 – Мікросхема SN74ALS198N і таблиця режимів її роботи [7]

Мікросхема є восьмирозрядний зсувний регістр, що забезпечує чотири режими роботи: паралельне завантаження, зсув вліво, зсув вправо, зберігання.

Синхронна паралельне завантаження здійснюється при подачі на входи D восьмирозрядного слова і при установці на входах S0, S1 логічної "1". Дані завантажуються у відповідні тригери і передаються на вихід. Під час завантаження послідовні входи даних блоковані.

Зсув вправо здійснюється по фронту тактового імпульсу при подачі на вхід S0 логічної "1", а на вхід S1 – логічного "0". На вхід DR інформація подається в послідовному коді. Помінявши рівні на входах S0 і S1 на протилежні, отримаємо режим послідовного введення інформації із зсувом вліво, при цьому дані подаються на вхід DL.

При логічному "0" на входах S0 і S1 регістр блокується і на виходах зберігається попередній стан (режим зберігання). Зміна станів входів S0 і S1 має здійснюватися при високому рівні напруги на тактовій вході C.

При подачі логічного "0" на вхід R всі виходи асинхронно встановлюються в нульовий стан незалежно від стану інших входів.

5.5 Блок формування номера

Блок формування номера інформаційного блоку реалізується за допомогою трехразрядного двійкового лічильника і чотирьохрозрядного зсувного регістру (рисунок 5.6). Причому подавати імпульс на синхровхід С лічильника і вхід управління режимом L регістра треба трохи раніше, ніж зчитувати комбінацію номера блоку з регістра, наприклад, при включенні в одиничний стан першого керуючого тригера, що відповідає за включення блоку формування фазуючої комбінації.

На рисунку 5.6 на основі RS-тригера, двох інверторів і логічного елемента І також побудований аналізатор зворотного каналу зв'язку, який під час надходження на його вхід сигналу перезапиту, забороняє збільшення номерів блоку на одиницю. Обнуління тригера відбувається по приходу на його інверсний вхід R сигналу x3, який сигналізує про закінчення циклу передачі інформаційного блоку.

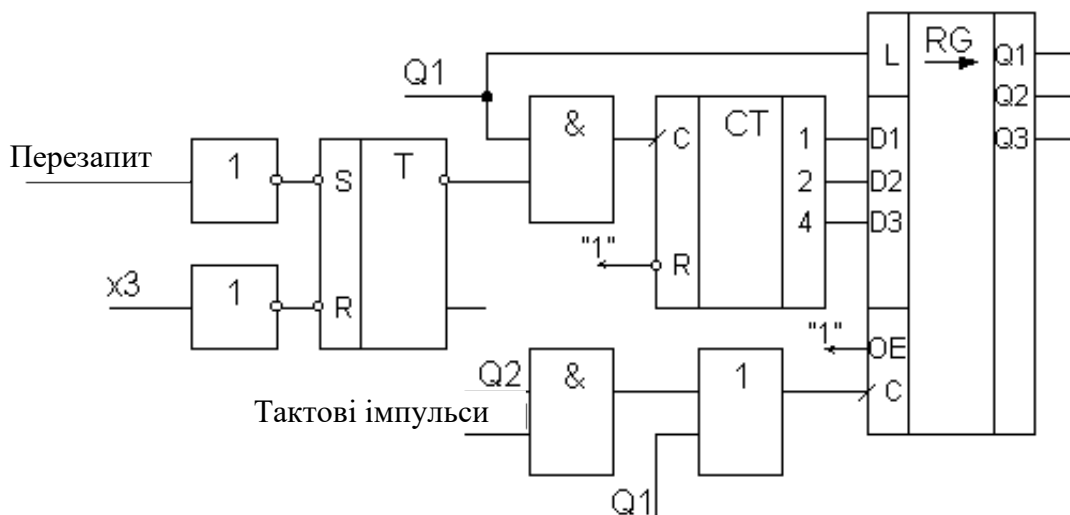


Рисунок 5.6 – Схема блоку формування номеру інформаційного блоку

RS-тригер будемо реалізовувати на основі JK-тригера SN74ALS109 [7]. Як двійковий лічильник будемо використовувати мікросхему SN74ALS393, зсувний регістр – SN74ALS295, а в якості елементів І і інверторів будемо використовувати відповідно SN74ALS08 і SN74ALS04 [7].

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 38 |

5.6 Блок керування

З алгоритму роботи проектованого телекомунікаційного пристрою видно, що цикл функціонування можна розділити на три частини:

- 1) передача фазуючої комбінації;
- 2) передача номеру інформаційного блоку;
- 3) передача інформаційних і перевірочних біт.

Дані операції будуть повторюватися циклічно протягом усього сеансу зв'язку після встановлення з'єднання та перевірки готовності апаратури до передачі даних.

Виходячи з такого підходу, можна зробити висновок, що в даному випадку блок керування можна побудувати на основі тактового розподільника імпульсів. Цей спосіб придатний для синтезу схем, що працюють в режимах повторюваних циклів, характерних для схем моніторингу і діагностики каналів зв'язку, послідовної комутації напряму передачі даних тощо.

Блок керування телекомунікаційного пристрою будується на основі схеми тактового розподільника імпульсів, що представляє собою ряд з'єднаних одна з одною схем пам'яті, кількість яких приймається рівним числу тактів роботи пристрою захисту від помилок [6].

Початок роботи кожної з цих схем пам'яті задається зміною будь-якого вхідного сигналу. Зазвичай в якості схем пам'яті вибираються тригери того чи іншого типу. По кожному такту спрацьовує тільки один елемент пам'яті, а всі інші знаходяться в вихідному стані. Перед початком роботи блок керування пристроєм повинен бути приведений до вихідного стану, при якому один з елементів пам'яті буде встановлений в одиничний стан, а решта інших будуть приведені в нульовий стан [6].

Схема блоку керування на тактовому розподільнику імпульсів, побудованому для розв'язання завдань управління ТПЗП наведена на рисунку 5.7. Блок містить RS-тригери, схемах "I-HE" і "АБО-HE". При подачі управляючого сигналу "Пуск", який в даному випадку є сигналом готовності термінального устаткування ТУД, тригер Т1 встановлюється в одиничний стан, а Т2 і Т3 – в

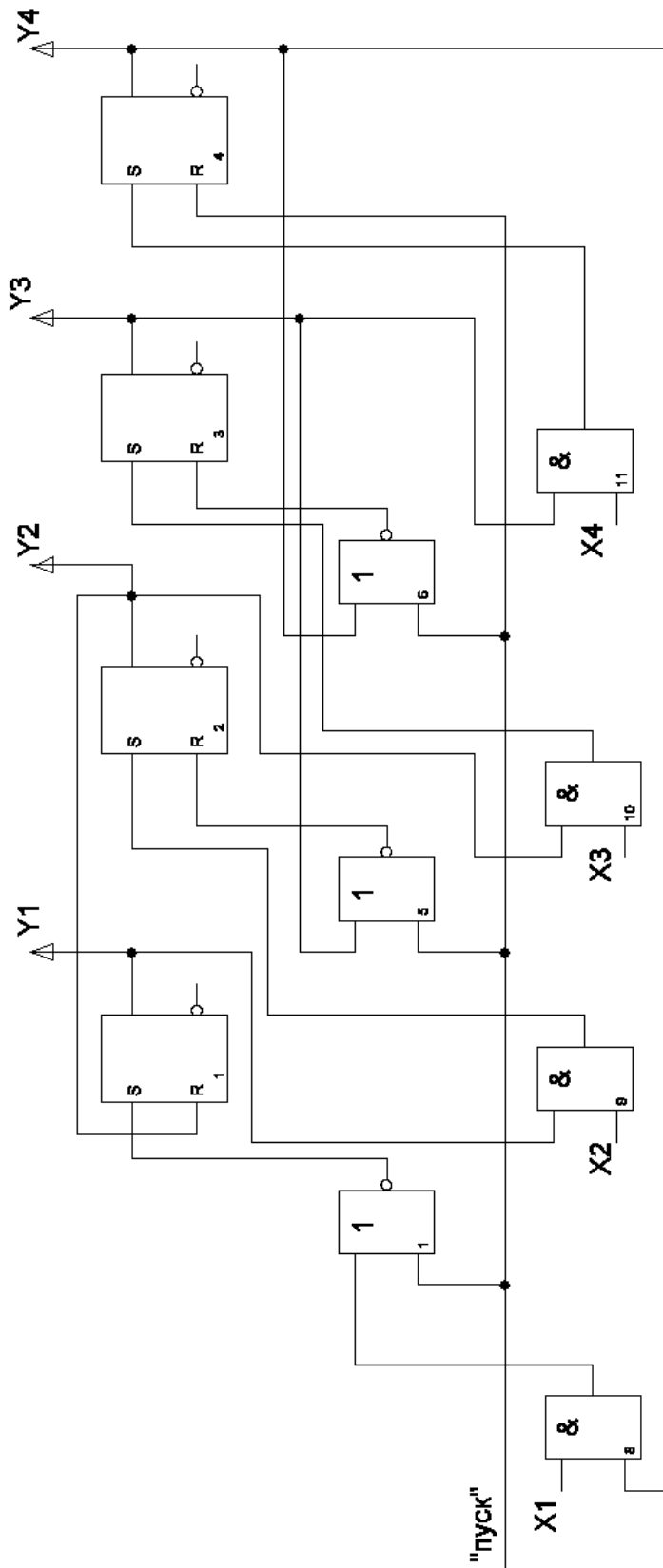


Рисунок 5.7 – Схема блоку керування

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ

Лист

40

нульовий, що співпадає з вихідним станом блоку керування 100. Так як перша схема "I-HE" має логічну "1" на своєму першому вході, що надходить з тригера T1, то вхідний сигнал x1 після інвертування вільно проходить на інверсний вхід тригера T2 і встановлює його в стан логічної "1". Поява логічної "1" на прямому виході T2 призводить до встановлення тригера T1 в стан логічного "0", і в той самий момент з'являється дозвільний сигнал на першому вході другої схеми "I-HE". Тому поява сигналу x2 призведе до спрацювання тригера T3 та встановлення тригера T2 в стан логічного "0". Після появи сигналу x3 у тригера T3 з'явиться нульовий стан, і блок керування перейде до режиму очікування управляючого сигналу "Пуск", при появі якого цикл функціонування ТПЗП буде повторюватися.

Визначимо призначення сигналів y_1 , y_2 , y_3 і y_4 :

- 1) y_1 – сигнал закінчення передачі фазуючої комбінації;
- 2) y_2 – сигнал закінчення передачі номера блоку;
- 3) y_3 – сигнал закінчення передачі інформаційних біт;
- 4) y_4 – сигнал закінчення передачі перевірочних біт.

RS-тригери будемо реалізовувати на основі JK-тригерів SN74ALS109 [7], в яких є інверсні входи встановлення тригерів відповідно в стан логічного "0" R і логічної одиниці "1" і S. Встановлення тригера в потрібний стан здійснюється подачею низкого рівня сигналу на вхід R або вхід S. Як елементи "I-HE" і "АБО-HE" будемо використовувати відповідно SN74ALS00 і SN74ALS02, а в якості інвертора – SN74ALS04 [7].

5.7 Блок комутації

Так як в канал зв'язку інформація передається побітово і в такому порядку: передача фазуючої комбінації від блоку фазування за циклами; передача номеру блоку з блоку формування номеру інформаційного блоку; передача інформаційної послідовності і перевірочних розрядів з блоку кодування необхідно розробити блок комутації, який би передавав інформацію в канал зв'язку у відповідній послідовності і при певних керуючих сигналах. Даний блок пропонується реалізувати на мікросхемі мультиплексора типу SN74ALS151 (рисунок 5.8).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 41 |

ВИСНОВОК

Проектований телекомунікаційний пристрій захисту від помилок може бути використаний для каналів зв'язку, в яких існує високий рівень завад і можуть виникати пачки помилок досить великої довжини. З метою підвищення вірності передачі повідомлень застосовується помилковиявляюче та коригувальне кодування, а саме циклічний код Файра, пристосований для виправлення помилок, які групуються. Технічною можливістю каналу зв'язку, який розглядається, є організація і впровадження зворотного каналу для введення дуплексного або напівдуплексного режимів передачі.

Основними технічними характеристиками розробленого телекомунікаційного пристрою захисту від помилок є наступні:

- імовірність помилкової реєстрації знака $P_{\text{кк}} = 9,8 \times 10^{-11}$;
- ефективна швидкість передачі дискретної інформації $V_{\text{эф}} = 4425 \text{ біт/сек}$;
- припустимий час затримки видачі повідомлення споживачеві $t_3 \leq 18 \text{ сек}$;
- імовірність неправильного запуску прийомного пристрою $P_{\text{лф}} \leq 0,9 \times 10^{-5}$;
- загальна довжина інформаційного пакету 1023 біт ;
- довжина інформаційного блоку 300 біт ;
- кількість перевірочних розрядів для інформаційного пакету 80 біт ;
- застосований код – циклічний код Файра.

Для побудови телекомунікаційного пристрою захисту від помилок використовується сучасна елементна база SN74ALS: логічні елементи, паралельні та послідовні регістри, тригерні елементи і лічильники, мультиплексор, оперативний запам'ятовувальний пристрій.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудой В.М. Системи передачі інформації / В.М. Рудой. – Москва, МГОУ, 2015. – 171 с.
2. Кожевников В.Л. Теорія інформації та кодування: навчальний посібник / В.Л. Кожевников, А.В. Кожевников. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 108 с.
3. Scott A. Vanstone, Paul C. Van Oorschot (2018). An introduction to error correcting codes with applications, 356 p.
4. David Terr. "Cyclic Code". MathWorld. (Сторінка оновлена 2021 р.).
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Пристрій захисту від помилок" по курсу "Системи передачі даних" / Укладачі Кулик І.А., Зубань О.Ю. – Суми, Видавництво СумДУ, 2008. – 73 с.
6. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для студентов вузов по направл. подгот. 230100 "Информатика и вычислительная техника" / Угрюмов Е. П. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 797 с.
7. Платт Чарльз. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры. Аналоговые и цифровые микросхемы. Светодиоды. ЖК-дисплеи. Источники звука / Чарльз Платт, Фредерик Янссон. – СПб: BHV, 2016. – 368 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕЛІТ 6.172.492 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 45 |