

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

**Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування
рухом поїздів»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт
з дисципліни**

"СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ"

Частина 5

Харків - 2013

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри «Автоматика та комп'ютерне теле-

керування рухом поїздів» 23 березня 2011 р., протокол № 7.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.092507 “Автоматика і автоматизація на транспорті” спеціалізації 7.092507.01 “Автоматика і комп’ютерні системи управління рухом поїздів” усіх форм навчання.

Укладачі:

доц. О.В. Нейчев,
старш. викл. М.В. Ушаков

Рецензент

проф. О.В. Єлізаренко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни

"СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ"

Частина 5

Відповідальний за випуск Нейчев О.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 14.04.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра "Автоматика та комп'ютерне телекерування
рухом поїздів"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з дисципліни

"Системи диспетчерського управління"

Частина 5

для студентів спеціальності

"Автоматика і автоматизація на транспорті"

спеціалізації

"Автоматика та системи управління рухом поїздів"

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів"

_____ 2011 р., протокол № _____

Укладачі:
доц. О.В. Нейчев,
старш. викл. М.В. Ушаков

Рецензент
проф. О.В. Єлізаренко

Лабораторна робота

ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНІКИ

Мета роботи

1 Вивчення принципів побудови і функціонування систем керування віддаленими об'єктами.

2 Дослідження впливу параметрів лінії зв'язку і потужності, споживаної об'єктами керування, на величину втрат у лінії і її максимальну довжину при використанні місцевого керування.

1 Загальні відомості

Керуванням називається процес здійснення на технічній пристрій спеціально організованих впливів ззовні, спрямованих на одержання необхідного результату його функціонування. Технічній пристрій, на якій спрямовані керуючі впливи, називається *керованим об'єктом (об'єктом керування)*, а пристрій, що формує ці впливи, – *керуючим пристроєм*.

У більшості виробничих процесів керуючий пристрій знаходиться в пункті керування (ПК), а керовані об'єкти – в одному або декількох контрольованих пунктах (КП), віддалених від ПК на деяку відстань. У цьому випадку для організації керування ПК і контрольовані пункти з'єднуються лінією/лініями зв'язку (ЛЗ). Під провідною *лінією зв'язку* звичайно розуміють комплекс технічних засобів, що містить у собі пристрої захисту від перенапруг, ізолятори, кабель, дроти, що з'єднують розпорядницькі і виконавчі пункти.

Керування, як частина технологічного процесу, може бути ефективним лише в тому випадку, якщо оператор одночасно з можливістю впливати на об'єкти керування, одержує необхідну для прийняття рішень контрольну (сигнальну) інформацію. Пристрої керування-сигналізації застосовуються для передачі на значні відстані різноманітних величин і даних, що мають розпорядницький або контрольний характер. Усі вони

поєднуються загальним терміном «повідомлення» і охоплюють накази, команди, повідомлення про стан контрольованих об'єктів, значення вимірюваних величин, тобто все те, що повинне бути передане з одного пункту в інший. Стосовно систем ДЦ повідомленнями варто вважати команди (накази) на встановлення тих або інших маршрутів, переведення стрілок, контрольну інформацію про стан станційних і перегінних пристроїв. І хоча в даній роботі питання збору, передачі, приймання і відображення контрольної інформації не розглядаються, варто пам'ятати, що методи, засоби, схемні рішення для побудови систем (підсистем) контролю аналогічні системам керування.

Залежно від способів передачі керуючих впливів від ПК до КП розрізняють три основні види керування віддаленими об'єктами: *місцевий, дистанційний і телемеханічний*.

2 Місцеве керування

При **місцевому способі** (рисунок 1) в пункті керування знаходяться органи керування і джерело енергії для живлення об'єктів, а в КП – тільки керовані об'єкти. Лінією зв'язку передаються керуючі впливи об'єктам керування, і одночасно електрична енергія для їх роботи. Власне, в процесі керування оператор замикає/розмикає робочі кола живлення ОУ. У деяких літературних джерелах цей спосіб називають також прямопровідним керуванням.

Приклад реалізації місцевого способу керування показаний на рисунку 1. Тут органами керування є кнопки К1 - Кп, які вмикають і вимикають керовані об'єкти. Лінійна батарея ЛБ для живлення об'єктів керування розташована в ПК. Слід зазначити, що принципового значення місце розташування пристроїв електроживлення не має – батарея може розташовуватися і у безпосередній близькості від ОУ, однак звичайно, для зменшення кількості напільних пристроїв пристрої живлення розміщуються в пункті керування.

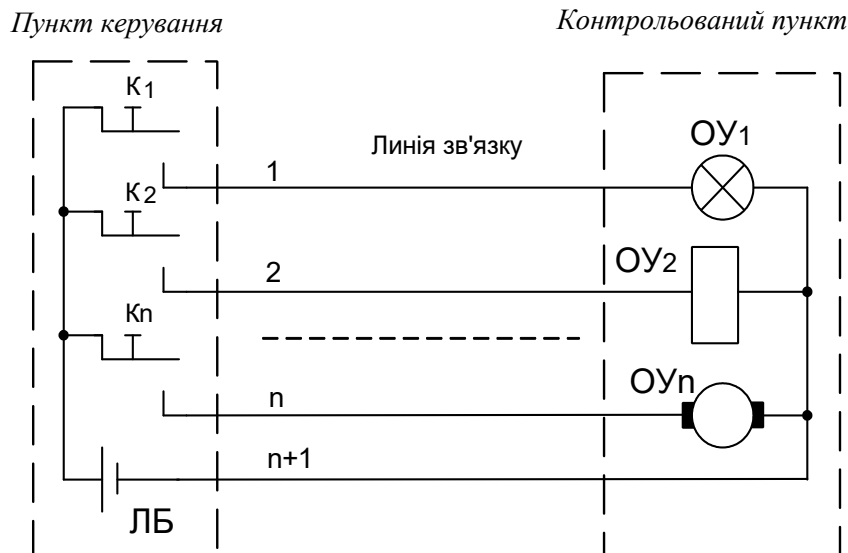


Рисунок 1 – Приклад схемної реалізації місцевого керування

Перевагами місцевого способу керування є його простота, висока швидкодія, відсутність будь-якої додаткової апаратури, окрім кнопочового пульта (комутаторів), об'єктів керування і провідників лінії зв'язку. Його відрізняє висока надійність і завадостійкість. Так, пошкодження однієї з ліній зв'язку (провідника) не порушує керування іншими об'єктами. Помилкове вмикання об'єкта керування в результаті впливу електромагнітних завад на лінію зв'язку також малоімовірне, оскільки вимагає значної потужності завади.

Найпоширеніший спосіб енергопостачання при місцевому керуванні – *центральне живлення* об'єктів. При центральному живленні вся енергія, необхідна для вмикання і роботи ОУ, передається провідниками лінії зв'язку з пункту керування. Тому місцевий спосіб має два істотних недоліки – невисоку дальність керування через втрати енергії в лінії зв'язку і багатопровідність. Для того, щоб увімкнути N об'єктів за схемою, наведеною на рисунку 1, потрібен мінімум $N+1$ провідник (один провідник зворотний). Якщо ж потрібно керувати ОУ зі значною потужністю споживання (наприклад стрілковими електродвигунами), для зменшення втрат енергії в лініях зв'язку частину жил кабелю необхідно дублювати, що веде до збільшення витрат кабельно-провідникової продукції і вартості системи керування. Тому місцевий спосіб застосовують на

невеликих відстанях (десятки, сотні метрів) при невеликому числі об'єктів (одиниці, десятки).

У залізничній автоматичній місцевий спосіб керування застосовують у системах електричної централізації (ЕЦ) із центральним живленням. Органи керування (сигнальні кнопки, рукоятки стрілкових комутаторів, пускові, сигнальні реле, ін.) розташовуються на спеціальних пультах, у релейних приміщеннях постів ЕЦ. Керовані об'єкти (стрілки і світлофори) знаходяться у горловинах станцій і з'єднуються з постами ЕЦ кабельними лініями зв'язку.

3 Дистанційне керування

Дистанційний спосіб (рисунком 2) принципово відрізняється від місцевого тим, що при дистанційному керуванні лінією зв'язку передаються сигнали малої потужності, що несуть інформацію про те, який об'єкт треба ввімкнути/вимкнути, а не енергія для роботи цього об'єкта. У цьому випадку в пункті керування формуються керуючі впливи, що забезпечують вибір ОУ, тобто команди керування. Ці команди використовуються для вмикання на КП комутуючих пристроїв (КУі), що замикають робочі кола об'єктів керування. Об'єкти керування одержують живлення від місцевих джерел, що знаходяться у безпосередній близькості від них.

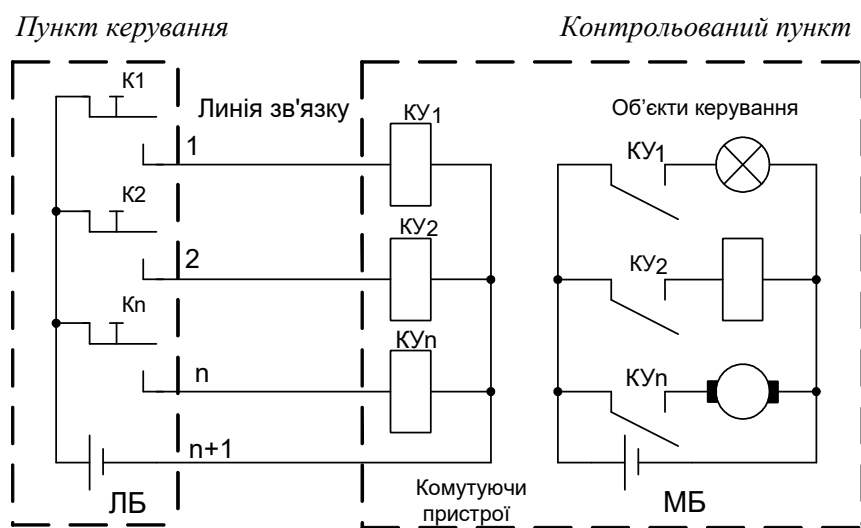


Рисунок 2 – Дистанційне керування

Як видно з рисунка 2, при замиканні одного із ключів К, розташованих у пункті керування, замикається електричне коло живлення відповідного комутуючого пристрою КУ (проміжного реле), контактами якого здійснюється безпосереднє керування об'єктами.

Дистанційний спосіб дозволяє збільшити дальність керування, оскільки лінією зв'язку в цьому випадку передаються лише слабкі сигнали для вмикання реле (десятки міліампер). Цей струм значно менше струмів, які споживаються об'єктами. Тому втрати енергії в лінії зв'язку при дистанційному керуванні істотно менші, ніж при місцевому керуванні. Однак такий недолік, як багатопровідність, зберігається. Дистанційне керування застосовують на середніх відстанях (сотні метрів, одиниці кілометрів) при невеликій кількості об'єктів (десятки об'єктів).

Даний спосіб використовується у системах електричної централізації з місцевим живленням. У цьому випадку в горловинах станцій розташовуються релейні шафи, у яких розміщуються проміжні реле, джерела живлення та інші комутуючі пристрої, що замикають робочі кола об'єктів керування.

4 Телекерування

4.1 Терміни й визначення

Термін «телекерування» означає віддалене керування або керування на відстані.

Основна мета **телемеханічного способу** керування — зробити кількість провідників ліній зв'язку істотно менше кількості керованих об'єктів. У цьому випадку лінія зв'язку повинна стати загальною для групи об'єктів керування. Щоб команди, передані загальною лінією зв'язку, впливали на якийсь певний об'єкт (а не на всі відразу) у пункті передачі команди зашифровуються, а в пункті приймання розшифровуються. Комплекси технічних засобів, що вирішують ці завдання, називаються **вибірними пристроями**.

Таким чином, засобом для виключення багатопровідності при великій кількості об'єктів керування є шифрація (*кодування*) переданої і дешифрація (*декодування*) прийнятої інформації.

Процес перетворення повідомлень із однієї форми в іншу, здійснений за певними законами або правилами для подавання інформації у вигляді, найбільш зручному для зберігання, передачі лініями зв'язку або автоматичної обробки, називається **кодуванням**. У свою чергу коди - це закони або правила, відповідно до яких здійснюються зазначені перетворення. Так, наприклад, коди Бауера, циклічні коди, коди з постійною вагою - це правила перетворення повідомлень. Крім того, кодами називають отримані в результаті кодування впорядковані послідовності логічних змінних, що несуть командну або контрольну інформацію. Так, коли ми говоримо: «Сформовано код команди...», під кодом розуміємо саме результат кодування безвідносно до того, відповідно до якого правила це кодування здійснювалося. У цьому випадку більш прийнятним було б говорити «кодова комбінація». Кожна кодова комбінація складається з фіксованого набору символів і відповідає одному повідомленню.

При побудові кодів можна використовувати будь-яку систему числення, але в системах ДЦ застосовують двійкову. Її основна перевага полягає в тому, що схемна реалізація пристроїв для операцій із двійковими числами не викликає особливих труднощів, оскільки більшість елементів, використовуваних для побудови схем, мають два стійких стани. Це електромагнітні реле, тригери, транзистори, що працюють у ключовому режимі. Один із цих станів позначають «1», інший «0». Крім того, для побудови телемеханічних сигналів досить двох імпульсних ознак: амплітуда U_1 або U_0 , частота f_1 або f_0 , фаза Φ_1 або Φ_0 для передачі елементів повідомлень, які мають значення «1» або «0» відповідно. Все це разом узятє і визначило широке використання двійкового обчислення при побудові кодів.

4.2 Принцип дії системи телекерування з паралельним каналом зв'язку

Після того, як повідомлення набуло вигляду кодової комбінації, воно повинне бути доставлене по лінії зв'язку в пункт

призначення для реалізації. Одним з варіантів вирішення цього завдання може бути схема, наведена на рисунку 3.

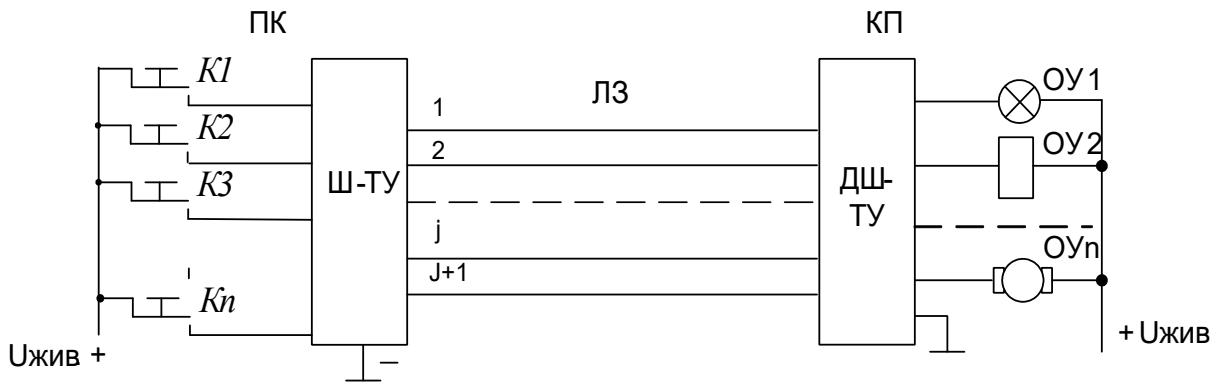


Рисунок 3 – Структурна схема пристроїв каналу ТУ з паралельним каналом зв'язку

У пункті керування оператор або деяка автоматична система впливає на органи керування телемеханічної системи, у результаті чого формуються первинні сигнали (команди). Це можуть бути сигнали від кнопок, рукояток, датчиків та ін. Первинні сигнали надходять у пристрій, що кодує (шифратор Ш-ТУ). Шифратор перетворює первинний сигнал (натискання однієї або декількох кнопок у певній послідовності) у кодований вихідний сигнал. Закодувати первинні сигнали – це значить зробити їх відмінними один від одного у вихідному сигналі. Потім код команди повинен бути переданий з ПК на КП. У схемі, наведеній на рисунку 3, для передачі команд від Ш-ТУ до дешифратора (ДШ-ТУ) кожному розряду коду виділяється окремий провідник лінії зв'язку. Приймачами закодованої команди на КП можуть бути електронні реєстратори або проміжні реле (як у випадку дистанційного керування). Дешифратор, аналізуючи стан контактів проміжних реле, формує необхідний керуючий вплив на відповідний об'єкт керування. Можливий варіант схемної реалізації схеми телекерування поданий на рисунку 4.

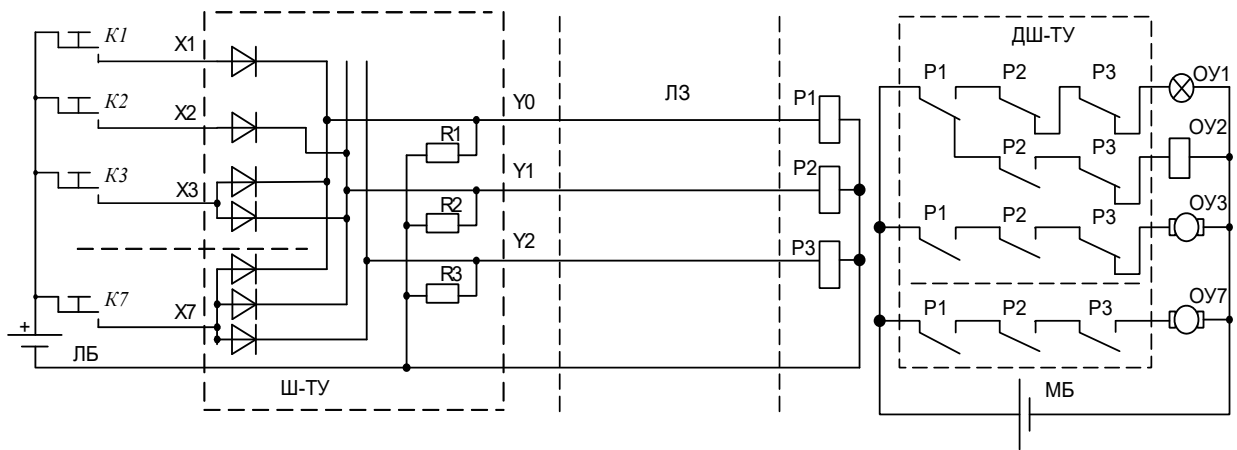


Рисунок 4 – Схеми пристроїв шифрації й дешифрації команд ТУ

Якщо код команди складається з j розрядів, для передачі інформації з ПК на КП буде потрібно $j+1$ провідник (один загальний). Максимальна кількість різних команд N , що може бути передана в цьому випадку по лінії зв'язку при використанні двійкового кодування:

$$N = 2^j.$$

Так, наприклад, при 8-розрядному коді ($j = 8$) буде потрібно 9 провідників лінії зв'язку, по яких можна буде передати 256 команд. Інформація про значення кожного розряду сформованого коду передається одночасно (паралельно) по лінії зв'язку від ПК до КП, тому такий канал зв'язку прийнято називати паралельним.

Очевидно, що при такій схемній організації підсистеми зв'язку між ПК й КП необхідна кількість дротів ЛЗ виявляється значно менше кількості об'єктів керування (9 проти 256). Однак у ряді випадків навіть така кількість дротів (жил кабелю) може істотно підвищити вартість системи керування, особливо якщо відстань між ПК й КП обчислюється сотнями кілометрів. Тому в системах ДЦ для керування віддаленими розосередженими об'єктами розповсюдження отримала схема з послідовним каналом зв'язку.

4.3 Принцип дії системи телекерування з послідовним каналом зв'язку

У схемі, наведеної на рисунку 5, інформація з ПК на КП передається по двопровідній лінії зв'язку. Її відмінністю від схем на рисунках 3 і 4 є те, що після формування коду значення окремих його розрядів поелементно (послідовно) повинні бути перетворені передавачем (ПРД-ТУ) в імпульси певної тривалості й форми й передані по лінії зв'язку на контрольований пункт.

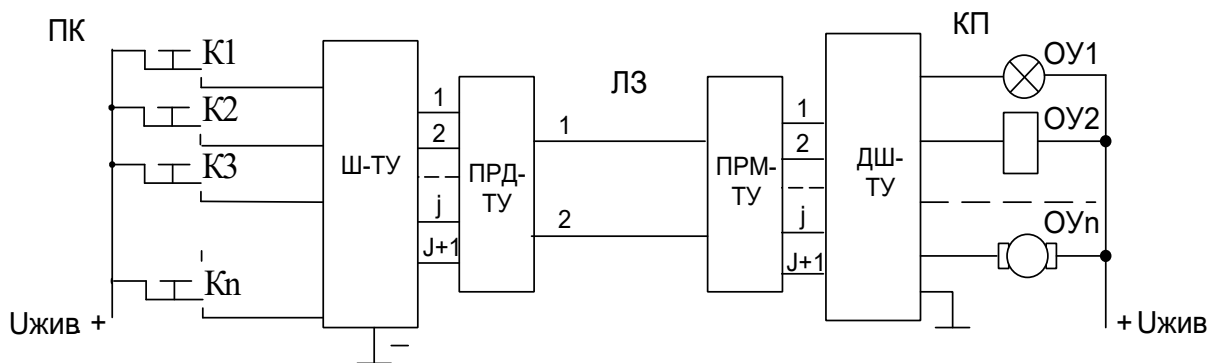


Рисунок 5 – Структурна схема пристроїв каналу ТУ з послідовним каналом зв'язку

Для передачі повідомлень по лінії зв'язку необхідний переносник, що із заданою швидкістю й найменшими спотвореннями доставив би одержувачу адресоване йому повідомлення. У телемеханіці як переносник звичайно використовують **імпульси** постійного або змінного струму – **короткочасні впливи напруги або струму на лінійне коло**. Щоб повідомлення, побудовані з імпульсів, могли відрізнитися один від одного, параметри імпульсів (амплітуда, тривалість, полярність, частота або фаза) повинні змінюватися під впливом переданого повідомлення, набуваючи стійкі ознаки, на підставі яких на приймальній стороні передане повідомлення можна було б відновити.

Для передачі по лінії зв'язку повідомлення як би накладається на переносник, змінюючи його параметри. Переносник з «нанесеним» на нього повідомленням називається **телемеханічним сигналом**.

Процес зміни параметрів переносника під впливом переданого повідомлення називається **модуляцією** (докладніше див. пункт 4.5).

У процесі модуляції в лінії зв'язку створюється така послідовність імпульсів, у якій кожному елементу переданої кодової комбінації (1 - j) відповідає свій імпульс, а символу елемента коду (1 або 0) - відповідне значення імпульсної ознаки (амплітуди, частоти або фази). Побудований у такий спосіб сигнал набуває структуру кодової комбінації, у яку перетворений первинний сигнал. Наприклад, створюється унікальна, властива тільки цій команді й цьому коду послідовність частот (при використанні частотних імпульсних ознак). Якщо отримана в результаті кодова комбінація має вигляд 001011, сигнал, що їй відповідає, для випадку частотної модуляції може мати вигляд як на рисунку 6.

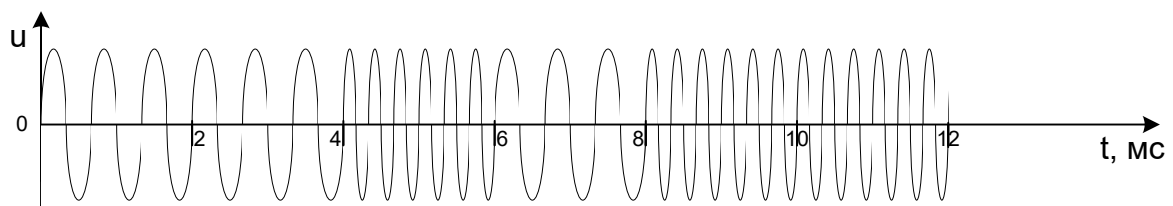


Рисунок 6 – Осцилограма сигналу при частотній модуляції

Вибір конкретних частот для передачі значень логічних змінних коду (f_0 , f_1), тривалості імпульсів можуть відрізнятися від системи до системи й визначаються розробником залежно від призначення системи, умов експлуатації, обсягу переданих даних, рівнів завад та ін. У наведеному прикладі для передачі «0» обрана частота 1500 Гц, для «1» – 3000 Гц, тривалість імпульсів 2 мс.

На контрольованому пункті сигнал сприймається приймальним пристроєм (ПРМ-ТУ), підсилюється й перетворюється в початкову кодову комбінацію. Потім здійснюється його декодування декодувальним пристроєм (дешифратором ДШ-ТУ). Декодований сигнал надходить на вихідні перетворювачі (реле або електронні комутатори), що замикають робочі кола об'єктів керування.

4.4 Коди й кодування

Кожне повідомлення (наприклад команда) перш ніж бути доставленим кінцевому одержувачу кілька разів перетвориться як у ПК, так і в КП. Перше перетворення відбувається на етапі введення команди оператором у систему керування. Оператор для формування команди повинен у певній послідовності натиснути кнопки вибору лінійного пункту (наприклад початку й кінця маршруту) – виконати ряд дій, у загальному випадку, унікальних і характерних тільки для цієї команди. У результаті впливу диспетчера на апарат керування (рисунки 3 – 5) пристрої, що шифрують, системи (Ш-ТУ) здійснюють друге перетворення – формують код команди: послідовність логічних змінних, несучу інформацію про адресу одержувача й значеннєвий зміст команди.

Процедура кодування має на меті:

- 1) мінімізацію часу передачі повідомлень (передача повідомлень повинна відбуватися за мінімальний час);
- 2) надійність доставки повідомлень (імовірність спотворення значеннєвого змісту переданих повідомлень повинна бути мінімальною).

Як кодуванням можна зменшити час передачі повідомлень? Допустимо, з ПК на КП необхідно передавати команди:

- 1 Перевести стрілку 1 у плюсове положення;
- 2 Перевести стрілку 1 у мінусове положення;
-
- 99 Увімкнути пневмоочистку стрілок 1- 17;
- 100 Вимкнути пневмоочищення стрілок 1 – 17.

Нехай канал зв'язку між КП і ПК телефонний. Передає команди диспетчер, а приймає й виконує – черговий по станції. У звичайному режимі керування для передачі команд диспетчер повинен вимовити 5-6 слів: «Перевести стрілку № ...», наприклад. Якщо ж заздалегідь скласти перелік команд, пронумерувати їх і довести цей список до диспетчера й ДСП, власне передача команд у цьому випадку буде зводитися до проголошення одного – двох слів, що повідомляють черговому порядковий номер команди. При такому підході час передачі команд зменшиться, канал зв'язку вивільниться для передачі інших команд або контрольних повідомлень.

У системах ТУ вирішуються аналогічні завдання й аналогічні засоби. Фактично, з ПК на КП необхідно передати порядковий номер команди із заздалегідь складеного списку. У розглянутому прикладі за натисканням однієї із кнопок шифратор повинен сформувати порядковий номер кнопки (він же номер команди). Визначивши на приймальній стороні цей номер, автоматично вирішується питання визначення значеннєвого змісту команди.

Завдання, методи й засоби вирішення другої частини проблеми (забезпечення надійної доставки неспотворених повідомлень) також можна проілюструвати за допомогою наведеного вище прикладу. Припустимо, у ДНЦ виникла необхідність передати команду № 7. Для зв'язку використовується все той же телефонний канал. У процесі передачі-приймання команди в умовах впливу завад (шумів у лінії зв'язку, у приміщенні ДНЦ або ДСП) на приймальній стороні черговий по станції може сприйняти «сім» як «вісім» (або навпаки). Тому гарантувати правильне сприйняття команд при використанні співзвучних або близьких за звучанням слів проблематично. Виходом з положення може бути таке рішення: перенумерувати перелік команд таким чином, щоб у ньому були відсутні номери, співзвучні при вимові. Так, наприклад, команду №7 залишаємо в списку під тим же номером, а команді №8 присвоюємо інший номер, припустимо «сто один», і так за всім списком.

Аналогічні проблеми виникають при передачі повідомлень технічними засобами. Для систем керування кодові комбінації – ті ж слова, і чим менша їхня відмінність, тим більша ймовірність помилкового приймання. Розглянемо дві довільних кодових комбінації: 01001011 і 11001011. При передачі по лінії зв'язку вони будуть «звучати» практично однаково (за винятком першого символу, «звуку»).

Таким чином, для підвищення надійності каналу зв'язку в системах керування відповідальними технологічними процесами необхідно застосовувати коди, що задовольняють певні вимоги (у цьому випадку під кодами маються на увазі й правила побудови кодових комбінацій, і природно, самі кодові комбінації). По-перше, коди повинні мати мінімальну довжину, тому що це

зменшить час передачі команд, а по-друге, коди повинні бути завадозахищеними, тобто стійкими до перетворення однієї кодової комбінації в іншу при спотворенні окремих символів. Рішення цих завдань суперечливо. Щоб код став завадозахищеним, при його побудові використовують не всі можливі кодові комбінації, а тільки частину. Інша частина використовується для виявлення помилок, що виникають у процесі передачі й приймання. Наприклад, для трирозрядного коду всі можливі кодові комбінації:

- | | |
|--------|--------|
| 1) 000 | 5) 100 |
| 2) 001 | 6) 101 |
| 3) 010 | 7) 110 |
| 4) 011 | 8) 111 |

Рекомендовані для використання:

- | | |
|------------|---------|
| 2) 001 | 3) 010 |
| 5) 100 | 8) 111, |
| або 1) 000 | 4) 011 |
| 6) 101 | 7) 110 |

У таких кодових комбінаціях спотворення одного імпульсу не приведе до трансформування однієї команди в іншу. Спроможність кодів протистояти трансформуванню повідомлень залежить від мінімальної **кової відстані d** – **кількості двійкових розрядів, яким одна використовувана кодова комбінація відрізняється від іншої**. У наведеному прикладі $d=2$. У завадозахищених кодах d завжди більше 1. У загальному випадку, чим більша кодова відстань, тим більш стійким виявляється код до трансформування команд. Так, якщо з наведеного переліку можливих кодових комбінацій трирозрядного двійкового коду використовувати тільки 000 і 111 ($d=3$) для трансформування однієї команди в іншу в процесі передачі необхідно спотворити одночасно три імпульси (три розряди). Імовірність такої події досить незначна. Очевидно, що збільшення кодової відстані можливе за рахунок збільшення кількості контрольних двійкових розрядів, а отже, і загальної довжини коду.

У свою чергу довжина коду не може бути як завгодно великою, оскільки це приведе, по-перше, до зменшення кількості переданих в одиницю часу повідомлень, а по-друге, до

збільшення кількості спотворених повідомлень. Цей факт пояснюється тим, що використання завадозахищених кодів і збільшення кодової відстані не захищає коди від спотворення окремих імпульсів унаслідок впливу завад, а зменшує тільки ймовірність трансформування однієї дозволеної кодової комбінації в іншу. Більш того, чим більша довжина кодової комбінації, тим вища ймовірність її приймання з помилкою. Збільшення довжини кодової комбінації призведе до збільшення часу передачі окремих повідомлень, а отже, і до збільшення ймовірності того, що за час передачі виникне досить потужна завада, здатна спотворити один або кілька імпульсів сигналу. Прийнята спотворена кодова комбінація після дешифрації відсівається, команда не виконується. Оператор повинен повторно передати цю ж команду, що веде до ще більшого завантаження каналу зв'язку.

Основними характеристиками кодів є:

- основа коду m – кількість різних символів, використовуваних для побудови кодових комбінацій. У двійкових кодів $m=2$ (0 і 1);

- довжина коду n – кількість двійкових розрядів кодової комбінації;

- максимальна кількість кодових комбінацій N

$$N = m^n$$

- кількість інформаційних символів k – кількість розрядів кодової комбінації, використовуваних для кодування повідомлень;

- кількість перевірочних символів r – кількість розрядів кодової комбінації, використовуваних для підвищення завадозахищеності кодів;

- вага кодової комбінації i – кількість логічних одиниць у кодовій комбінації;

- кодова відстань d – кількість двійкових розрядів, якою одна кодова комбінація відрізняється від іншої.

4.5 Імпульсні ознаки сигналів і види модуляції

Вибір імпульсних ознак для побудови сигналів являє собою досить складне завдання. Її розв'язання, так само, як і вибір кодів, впливає на завадозахищеність каналу зв'язку і його безвідмовність. Причому в цьому випадку під завадозахищеністю варто розуміти **стійкість окремих імпульсів до спотворення в результаті впливу завад.**

Імпульсними ознаками, придатними для використання в системах телекерування-телесигналізації є: амплітуда, тривалість, полярність, частота, фаза. Ці ознаки мають різну завадостійкість, і їхній вибір значною мірою позначається на завадостійкості каналу зв'язку розроблюваної системи. Крім того, істотно відрізняються й схемні рішення, необхідний склад обладнання для технічної реалізації систем, що використовують ту або іншу ознаку, а чим складніший пристрій, тим нижча його надійність.

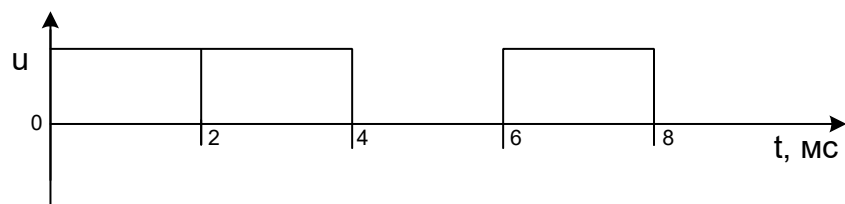
З наведеного переліку ознак усі (за винятком полярного) можуть набувати нескінченне число значень: амплітуда імпульсу може змінюватися від нуля вольтів до сотень вольтів, частота від одиниць герц до гігагерц, фаза від 0 градусів до 360. Полярна ознака має тільки дві реалізації (позитивну й негативну). Однак навіть у тих імпульсних ознаках, які можуть мати нескінченне число реалізацій, звичайно використовуються дві (рідше три або чотири). Одному значенню ознаки присвоюється значення «0», іншому – «1». Ці значення ознак використовуються для передачі однойменних значень кодових комбінацій. Використання більшої кількості значень ознаки для позначення «0» і «1» у рамках однієї системи або одного каналу зв'язку ускладнює систему й знижує її надійність.

Зміна під впливом переданого повідомлення такого параметра переносника, як амплітуда, одержала назву «амплітудної модуляції», частоти - «частотної модуляції», фази - «фазової модуляції» і т.д.

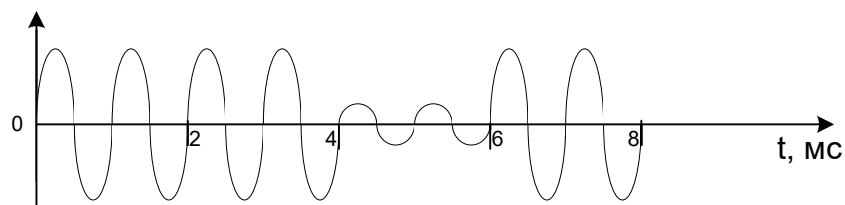
Маніпуляція – окремий випадок модуляції, при якому переносник набуває обмежене (кінцеве) число значень імпульсної ознаки. Усі розглянуті нижче приклади – це приклади маніпуляції.

4.5.1 Амплітудна ознака

Амплітуда імпульсів є досить розповсюдженою ознакою, використовуваною для передачі інформації. Одному значенню амплітуди імпульсу (звичайно високій амплітуді) присвоюється значення «1», іншому - «0». Зразкова осцилограма сигналу, побудованого з використанням амплітудної ознаки, для кодової комбінації 1101 має вигляд, поданий на рисунку 7, а, б.



а)



б)

а – осцилограма сигналу в колі постійного струму

б – осцилограма сигналу в колі змінного струму

Рисунок 7 – Осцилограми сигналів, побудованих з використанням амплітудної ознаки

Приймачами амплітудно-маніпульованих сигналів є пристрої, що мають східчасту характеристику чутливості (граничну). Схемні рішення для побудови пристроїв передачі/приймання, елементна база для їхньої реалізації є найбільш простими й поширеними. Амплітудна ознака застосовна як у колах постійного, так і змінного струму. Однак амплітуда імпульсів легко спотворюється в результаті впливу завад, витоків між прямим і зворотним дротами лінії зв'язку, коливань напруги живлення та ін., тому в системах ДЦ для передачі інформації на значні відстані амплітудна ознака не застосовується.

4.5.2 Часова (широтна) ознака

Тривалість посылки імпульсу також є ознакою, що характеризує цей імпульс. Часові ознаки можуть мати як імпульси, так і інтервали, що розділяють ці імпульси (рисунок 8). Для утворення часової ознаки рід струму значення не має. Це дозволяє передавати сигнали, побудовані з використанням часової ознаки, будь-якими каналами зв'язку.

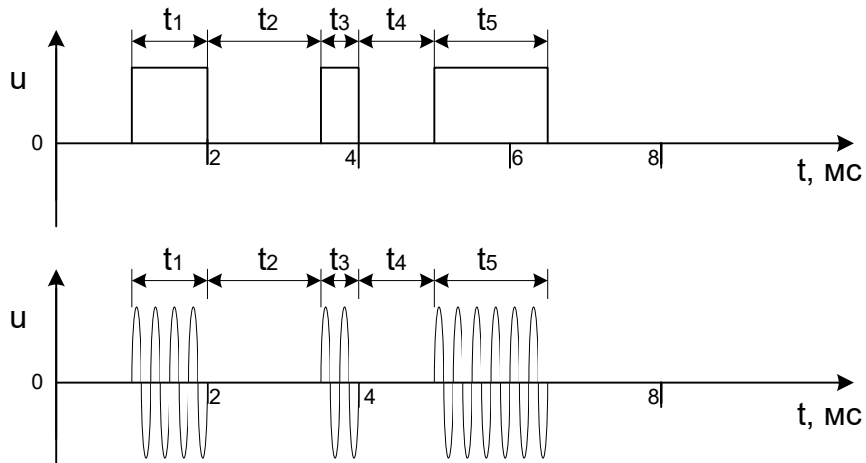


Рисунок 8 – Осцилограми сигналів, побудованих з використанням часової ознаки

Часові ознаки широко використовувалися в перших системах диспетчерської централізації, наприклад, у системі ДВК (диспетчерська централізація часового коду). Однак через низьку завадостійкість часової ознаки (тривалість імпульсів легко спотворюється під впливом завад) у сучасних системах ДЦ для побудови сигналів часова ознака не використовується.

4.5.3 Полярна ознака

Як ознаку імпульсів постійного струму можна використовувати полярність (напрямок) його протікання (рисунок 9). Напрямок струму в колі фіксують пристрої, здатні реагувати на полярність імпульсів, наприклад, поляризовані реле.

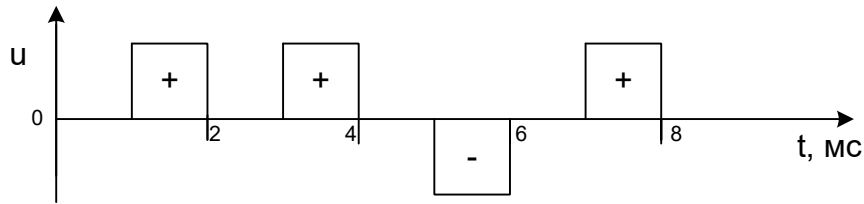


Рисунок 9 – Осцилограма сигналу, побудованого з використанням полярної ознаки

Завадозахищеність сигналів, побудованих з використанням полярних ознак, досить висока, однак їхня передача можлива лише по провідних лініях зв'язку. Крім того, проблематичне посилення різнополярних імпульсів постійного струму, неможлива організація більш одного каналу зв'язку по виділеній лінії. Тому полярні ознаки застосовуються обмежено: у системах передачі інформації – у телеграфії, в «ранніх» системах ДЦ – ПЧДЦ (полярно-частотна диспетчерська централізація), у провідних системах автоблокування.

4.5.4 Частотна ознака

Якщо для передачі повідомлень використовується змінний струм, як імпульсна ознака може бути використана його частота (рисунок 10).

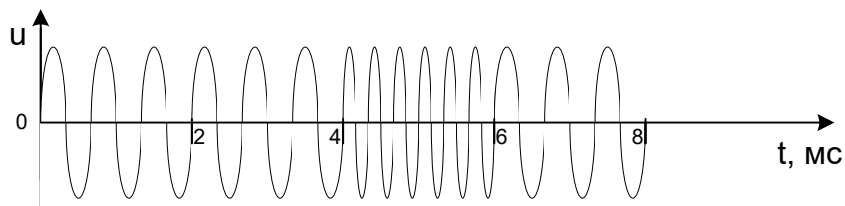


Рисунок 10 – Осцилограма сигналу, побудованого з використанням частотної ознаки

Для передачі повідомлень, поданих у вигляді двійкових кодів, досить двох частот. Одна частота використовується для передачі елемента сигналу, що має значення логічного «0», інша – «1». Визначення значень частотної ознаки на стороні приймання, а отже, і якості прийнятого імпульсу (0 або 1) здійснюють частотні детектори. При обмеженій кількості робочих частот як детектори можуть застосовуватися фільтри або резонансні

контури, що дозволяють чітко розрізнити частоти, що використовуються для передачі елементів сигналу.

Застосування частотної ознаки переважніше в порівнянні з полярним, а тим більш амплітудним: перетворення однієї частоти в іншу внаслідок зміни параметрів лінії, наприклад, або з іншої причини мало ймовірно; сигнали можна передавати по будь-яких лініях зв'язку, у тому числі й бездротових; сигнали легко підсилювати, дальність передачі при наявності підсилювачів практично не обмежена. Однак приймальні пристрої слабо захищені від завад, що створюються сусідніми лініями зв'язку, лініями електропередач, грозовими розрядами або замиканнями в контактній мережі, якщо ці завади у своєму спектрі містять частоти, що збігаються із частотами заповнення імпульсів телемеханічного сигналу. Більша частина цих проблем вирішується оптимальним вибором і розносом робочих частот, досить віддалених від основних частот завад і їхніх гармонійних складових, якісною фільтрацією, тому частотна ознака є найпоширенішою у системах передачі інформації.

4.5.5 Фазова ознака

Зсув фази змінного струму також може використовуватися як імпульсна ознака сигналу (рисунок 11).

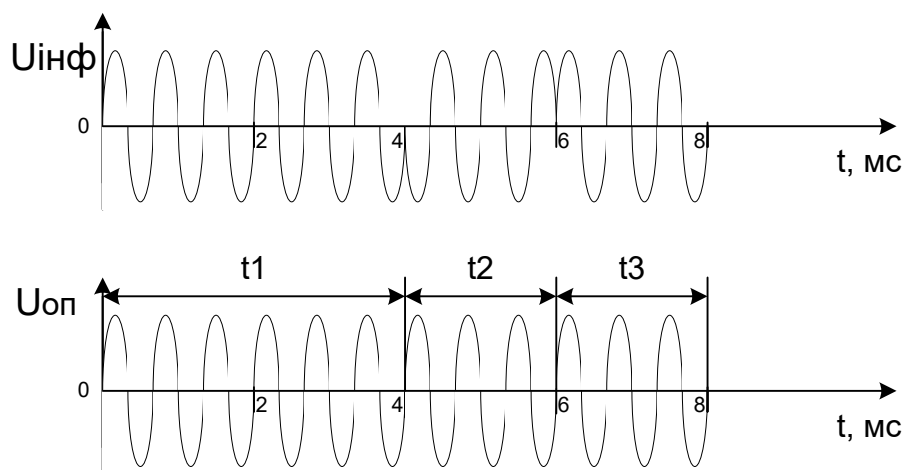


Рисунок 11 – Осцилограма сигналу, побудованого з використанням фазової ознаки

Для його технічної реалізації необхідне виконання таких умов: на стороні приймання необхідно мати джерело змінної напруги/струму з постійною фазою (джерело опорної напруги); частота опорної напруги повинна бути стабільна й точно дорівнювати частоті імпульсів сигналу, переданого лінією зв'язку. Пояснюється ця вимога тим, що визначити зсув фаз між сигналами можна лише в результаті їхнього безперервного порівняння (див. рисунок 10), а це можливо тільки у випадку рівності частот випробовуваного сигналу й контрольного (опорного). У наведеному прикладі фаза інформаційного сигналу на інтервалах часу t_1 , t_3 збігається з фазою опорної напруги, що відповідає, наприклад, логічній 1. На відрізок t_2 інформаційний імпульс і опорна напруга зрушені на 180 градусів.

У загальному випадку можна одержати нескінченне число значень фазової ознаки (від 0 до 360 градусів), однак завадозахищеність сигналів прямо залежить від кута зсуву фаз між значеннями, присвоєними «1» і «0». Максимальна завадозахищеність досягається при зсуві фаз в 180 градусів, тому в системах телекерування для підвищення надійності роботи каналоутворюючий апаратури, як правило, використовують зсув фази 120 або 180 градусів. Завадостійкість фазової ознаки виявляється однією з найбільш високих.

4.5.6 Методи й засоби підвищення завадозахищеності каналів зв'язку

У розділі 1 даних методичних вказівок було дане визначення провідної лінії зв'язку як комплексу технічних засобів, що включає в себе пристрої захисту від перенапруг, ізолятори, кабель, дроти для з'єднання розпорядницьких і виконавчих пунктів. Чому мова йшла про дротову лінію? Тому, що це найпоширеніший у системах залізничної автоматики тип ліній зв'язку, що дозволяє передавати не тільки слабкострумові сигнали, а в ряді випадків і енергію для роботи об'єктів керування (див. розділи 2, 3). Термін «канал зв'язку» у даних методичних вказівках застосовувався неодноразово, однак визначення каналу зв'язку дано не було.

Під **каналом зв'язку** розуміють комплекс технічних засобів, що включає в себе лінію зв'язку й апаратуру, що дозволяє

забезпечувати передачу сигналів від джерела до одержувача незалежно від передачі по ній інших сигналів. Т.о., лінія зв'язку – це середовище поширення сигналів, а канал зв'язку – це середовище й апаратура, що дозволяє ефективно використовувати це середовище. Так, по одній лінії зв'язку (у тому числі й провідний) можна організувати кілька каналів зв'язку, виділивши кожному для роботи певну смугу частот. При цьому можлива одночасна передача сигналів по різних каналах і в різних напрямках.

За типом середовища поширення канали зв'язки розділяються на провідні, акустичні, оптичні, інфрачервоні, радіоканали.

Яким же чином можна підвищити завадозахищеність провідних каналів зв'язку, використовуваних у системах ДЦ, і зменшити кількість помилок, що виникають у процесі передачі/приймання? Для пояснення методів і засобів вирішення цієї проблеми звернемося до добре відомого прикладу з акустичним каналом зв'язку.

Припустимо, в одній з аудиторій навчального закладу йде лекція. Вікна аудиторії виходять на вулицю з інтенсивним рухом автотранспорту. У процесі читання лекції з'ясовується, що частина студентів, що перебувають у дальніх від викладача рядах, не можуть упевнено сприймати матеріал, – рівень шуму порівнянний або перевищує рівень корисного сигналу. Чому в перших рядах «все чути», а в останніх «майже нічого»? Тому що в процесі розповсюдження від джерела (викладача) до одержувача (студента) акустичний сигнал, як і будь-який інший, загасає, його рівень знижується на фоні практично незмінного в межах аудиторії рівня сторонніх шумів.

Перше, що спробує зробити лектор, – почне говорити голосніше. Стосовно до каналів зв'язку систем телекерування аналогічним рішенням буде **збільшення вихідної потужності передавача.**

Якщо це не допомогло, викладач або студенти спробують щільніше зачинити вікна аудиторії, щоб знизити рівень шуму в аудиторії. Технічним аналогом цієї дії є **екранування ліній зв'язку.**

У тому випадку, якщо й цей захід не дав бажаних результатів, можна порекомендувати учасникам лекції змінити аудиторію: перейти, наприклад, у підвальне приміщення. Аналогом у системах диспетчерської централізації буде **заміна повітряних ліній зв'язку кабельними**, заглубленими до землі. Земля в цьому випадку буде виконувати функцію додаткового екрана. Якщо зміна аудиторії неможлива, можна перемістити джерело сигналів (викладача) у центр аудиторії, тобто **змінити структуру лінії зв'язку або ретранслювати повідомлення**.

Ще один варіант – відмовитися від акустичного каналу зв'язку й «переключитися» на оптичний: викладач письмово на дошці викладає лекційний матеріал, а студенти конспектують написане. Технічний аналог – відмова від традиційних провідних ліній зв'язку й перехід на **волоконо-оптичні**.

На жаль, наведений приклад має недоліки. Аналогія між акустичним каналом зв'язку, у якому передавач – органи мовлення викладача, а приймачі – слухові апарати студентів, і провідним телемеханічним каналом не є повною. У випадку з лекцією не можна якимсь чином змінити (перенастроїти) передавачі й приймачі або змінити правила кодування інформації – граматичні, лексичні, стилістичні правила російської або української мов. У системах ТУ ці проблеми вирішуються досить легко:

- **вибором** для роботи каналу зв'язку **частотного діапазону**, у якому рівні завад мінімальні;

- вибором для побудови сигналів тих **імпульсних ознак**, які найменше піддані спотворенню у результаті впливу завад, тобто, використанням частотної або фазової модуляції;

- застосуванням завадозащитних **кодів**.

5 Дослідження впливу параметрів лінії зв'язку й потужності, споживаної об'єктами керування, при використанні схеми місцевого керування

5.1 Запустіть програму "Початок Електроніки" (Робочий стіл\АТ\Начало Электроники")

5.2 Зберіть схему для керування трьома об'єктами (рисунок 12).

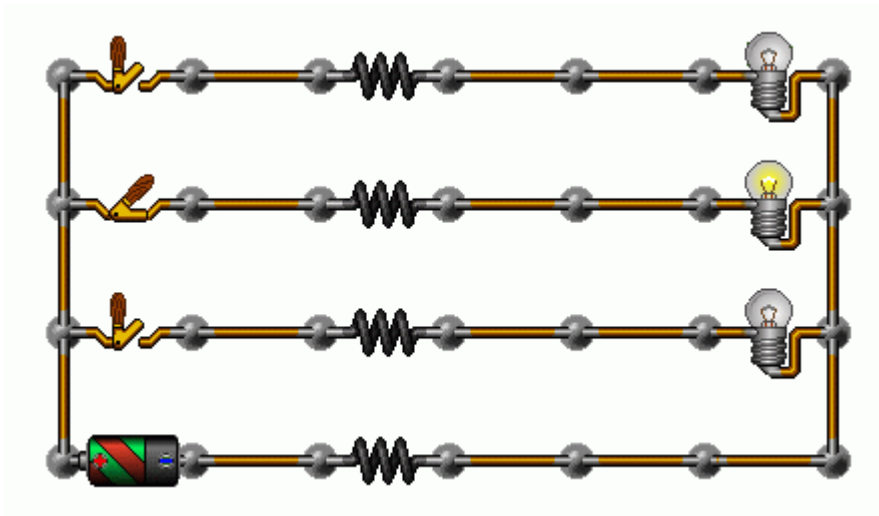


Рисунок 12 – Схема макета

Як об'єкти керування використовуються лампи розжарювання.

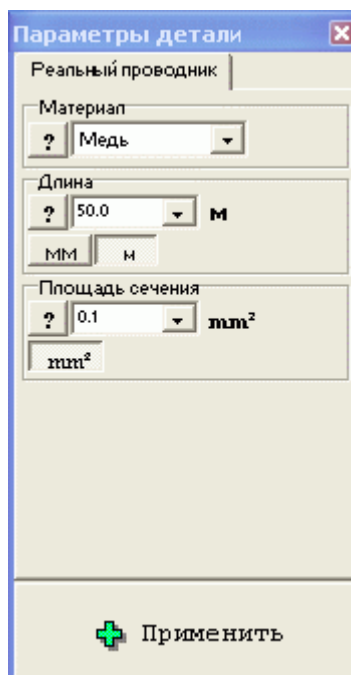
Параметри штучної лінії:




Матеріал: мідь
Довжина: 50 м
Площа перерізу:
0,1 мм²

Напруга джерела живлення: 24 В

Номинальна напруга ламп розжарювання: 24 В, потужність 1 Вт.



5.3 Маніпулюючи органами керування, простежте роботу схеми. Укажіть переваги й недоліки такої схеми керування

5.4 Використовуючи цифровий мультиметр , виконайте вимірювання напруги на об'єктах керування й

спадання напруги на дротах лінії зв'язку. Змінюючи параметри схеми, простежте зміну цих напруг. Побудуйте графіки зміни напруги в залежності від одного з параметрів.

5.4.1 Напруга на об'єкті керування від довжини лінії зв'язку (10...1000 м).

5.4.2 Напруга на об'єкті керування від потужності об'єкта (1...50 Вт).

5.4.3 Падіння напруги на лінії зв'язку від довжини лінії зв'язку (10...1000 м).

5.4.4 Падіння напруги на лінії зв'язку від потужності об'єкта (1...50 Вт).

5.4.5 Падіння напруги на лінії зв'язку від площі поперечного перерізу провідника лінії зв'язку.

5.4.6 Падіння напруги на лінії зв'язку від матеріалу провідника лінії зв'язку.

5.4.7 Аналізуючи графіки, зробіть висновки про достоїнства й недоліки схеми місцевого керування. Запропонуйте способи їхнього усунення.

6 Зміст звіту

Завдання 1

6.1 Назва й мета роботи

6.2 Схеми місцевого керування (рисунок 1), дистанційного керування (рисунок 2) і телекерування (рисунок 5).

6.3 Умова завдання й розрахунок втрат енергії (розсіювання потужності) у двопровідній лінії зв'язку при місцевому керуванні об'єктом (світлофорна лампа 25 Вт, 12 В, дрот: мідь, діаметр жили 1,05 мм²). Відстань від поста керування до об'єкта:

$L = N_{\text{о}} \text{ у списку п/г} * 100 \text{ м.}$

6.4 Наведіть таблиці й графіки залежності напруги від одного з параметрів схеми місцевого керування (пункти 5.1 - 5.4).

6.5 Висновки за результатами досліджень.

Примітка – Вимоги пунктів 6.1-6.3 виконати на етапі підготовки до виконання роботи.

Завдання 2

6.6 Перетворити у двійкові одnobайтні коди десяткові числа J і $2J$, де

$J = 100$ (дес.) + № у списку п/г. .

Визначити кодову відстань d між отриманими кодовими комбінаціями.

6.7 Побудувати приблизну осцилограму сигналу, що відповідає кодовій комбінації $J(\text{bin})$ (див. пункт 6.6) при частотній маніпуляції.

$f(1) = 2$ кГц, $f(0) = 2,5$ кГц, тривалість імпульсу 2 мс, масштаб рисування: 1 см. = 1 мс.

6.8 Розробити електричну принципову схему пристроїв, наведених на рисунках 13 – 15, використовуючи електронні компоненти. Вихідні дані для індивідуального завдання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для індивідуального завдання

Номер прізвища студента в списку підгрупи	Схема для індивідуального завдання	Індивідуальне завдання
1 - 4	Рисунок 13	Кількість об'єктів керування $n=3+2\text{№}$
5 - 8	Рисунок 14	Кількість об'єктів керування $n=2\text{№}$
9.....	Рисунок 15	Розрахувати параметри контуру, що задає частоту генератора, для частот: $f_1 = \text{№} * 100$ Гц $f_2 = \text{№} * 150$ Гц

6.9 Використовуючи симулятор «Multisim» зібрати схему відповідно до завдання й перевірити її працездатність.

6.10 Висновки за результатами лабораторної роботи.

Примітка – Вимоги пунктів 6.6 – 6.8 виконати на етапі підготовки до виконання другої частини лабораторної роботи.

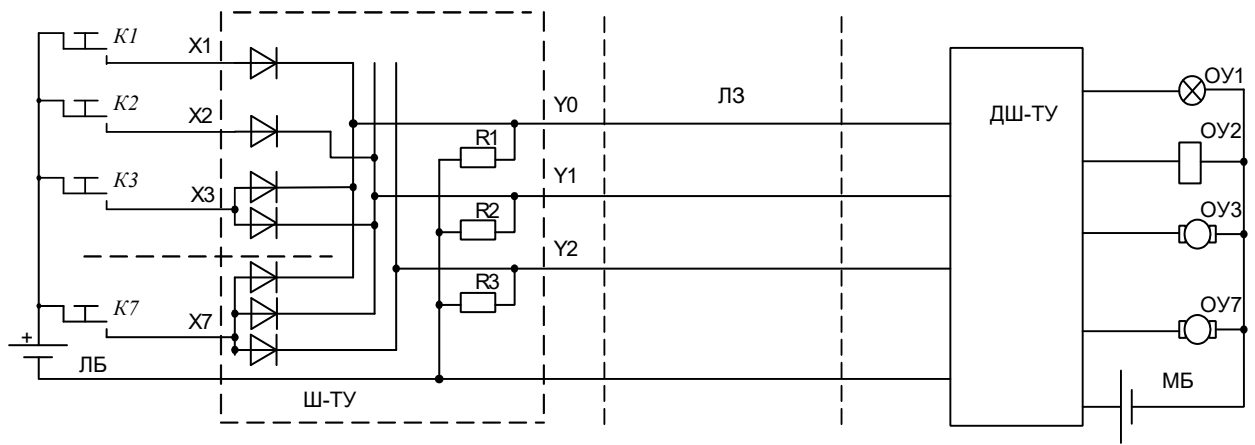


Рисунок 13

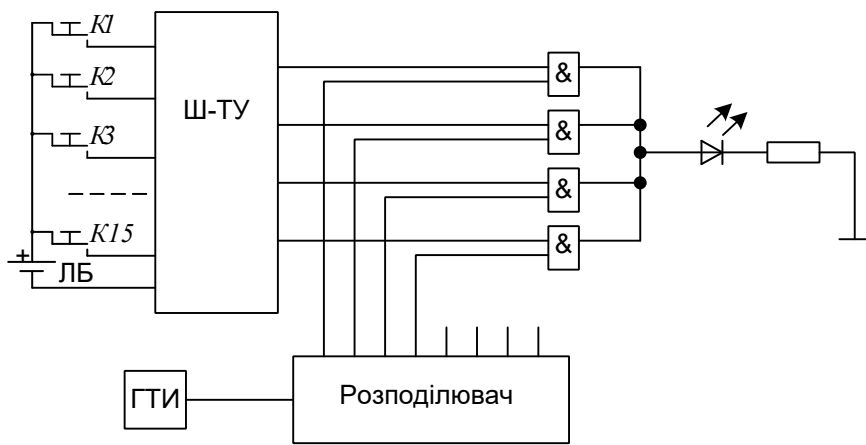


Рисунок 14

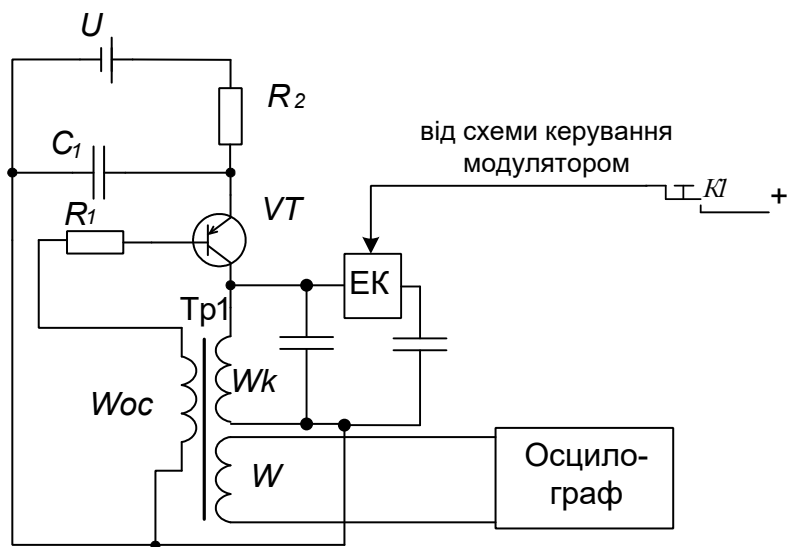


Рисунок 15

Контрольні питання для підготовки до виконання й захисту лабораторної роботи

1 Чому при використанні місцевого керування втрати енергії в лінії зв'язку більші, ніж при дистанційному керуванні?

2 Які види керування реалізовані в системах ЕЦ різних модифікацій?

3 З якою метою в схему керування вогнями світлофора включений трансформатор?

4 Пояснити роботу систем, що здійснюють телемеханічне керування об'єктами.

5 Що називають кодами?

6 Розрахувати втрати енергії (розсіювання потужності) у двопровідній лінії зв'язку із заданим опором жили при прямопроводном (місцевому) керуванні об'єктом номінальною потужністю P Вт і робочою напругою $U_{роб}$. Довжина лінії зв'язку L м.

7 Правила перетворення десяткових чисел у двійкові. Характеристики й види кодів.

8 Що є модуляція?

9 Що мають на увазі під завадостійкістю каналу зв'язку?

10 Яких перетворень зазнає повідомлення в процесі передачі з розпорядницького пункту на виконавчий?

11 Які організаційно-технічні заходи сприяють підвищенню завадостійкості каналу зв'язку?

12 З якою метою здійснюється кодування в системах ДЦ?

Список літератури

1 Системы диспетчерской централизации: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Д.В. Гавзов, О.К. Дрейман, В.А. Кононов, А.Б. Никитин; Под общ. ред. проф. Вл.В. Сапожникова. – М.: Издательство "Маршрут", 2002. – 407 с.

2 Карвацкий С.Б., Пенкин Н.Ф., Малинникова Т.В. Телеуправление стрелками и сигналами: Учеб. для техникумов ж.-д. трансп. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 224 с.

3 Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. "Радиотехника". – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1988. – 448 с.

