

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



КОСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

З КУРСУ

СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

для здобувачів вищої освіти
за ОПІ Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
першого рівня вищої освіти

ID 6331

Тернопіль 2024

Конспект лекцій з дисципліни «Системи диспетчеризації в електроенергетиці» передбачає самостійне вивчення студентами лекційного матеріалу відповідно до робочої програми дисципліни. В конспекті лекцій розглядаються питання організації автоматизованих систем диспетчерського керування в електроенергетичних системах, обробки сигналів телемеханіки в таких системах, ознайомлення з методами модуляції. В матеріалах лекцій висвітлені питання щодо використання елементів Булевої алгебри при створенні логічних інтегральних мікросхем та розглянуто принципи роботи елементів пристроїв телемеханіки на їх основі. Окремо розглянуто питання організації каналів зв'язку для передачі телемеханічної інформації, загальні принципи побудови систем телемеханіки та мікропроцесорні системи телемеханіки і цифрові пристрої.

Для повного розуміння лекційного матеріалу необхідно відвідувати всі лекції, на яких лектор пояснює практичне використання матеріалу кожної лекції на прикладі конкретних задач і виробничих ситуацій.

Для повного засвоєння матеріалу дисципліни необхідно виконати всі лабораторні та самостійні завдання, які розроблені в об'ємі даного курсу.

Конспект лекцій розроблено для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 - "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

м. Тернопіль: Вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024 р., 113 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Б.Я. Оробчук

Рецензент: д.т.н, проф. А.М. Лупенко,

Відповідальний за випуск: доцент Б.Я. Оробчук

Конспект лекцій для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії
Протокол № 7 від 15 січня 2024 р.

Розглянуто й рекомендовано до друку на засіданні науково-методичної комісії факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Протокол № 5 від 08 лютого 2024 р.

Конспект лекцій складено з врахуванням матеріалів літературних джерел, наведених у списку.

Самостійна робота №3

Варіант	Завдання
1	Лінії зв'язку для передачі телеінформації
2	Первинне і вторинне ущільненням ліній зв'язку
3	Основний показник характеристики каналу зв'язку
4	Режими передачі інформації в системах телемеханіки
5	Передача декількох сигналів однією лінією
6	Принципи тимчасового і частотного розділення сигналів
7	Принципи використання високовольних ліній для передачі телемеханічних повідомлень
8	Принципи використання радіоканалів для передачі інформації
9	Використання частотних діапазонів в енергосистемах для передачі інформації
10	Найбільш надійний вид зв'язку для передачі інформації
11	Особливості конструкцій і способів прокладки волоконно-оптичних кабелів
12	Основні перешкоди в системах телемеханіки та способи боротьби з ними
13	Двоступінчатий вибір об'єкту
14	Види телемеханічних передач
15	Особливості циклічної і спорадичної телемеханічних передач
16	Принцип адресної передачі телеінформації
17	Види телесигналізації в системах АСДУ
18	Принцип роботи системи ТУ-ТС з часовим розділенням сигналів
19	принцип роботи системи ТУ-ТС з частотним розділенням сигналів
20	Види телевимірювань в системах АСДУ
21	Принцип роботи кодоімпульсної системи телевимірювання
22	Джерела повідомної інформації в системах АСДУ
23	Роль вимірювальних перетворювачів в системах телемеханіки
24	Функції основних складових мікропроцесора
25	Роль ОЗП, ПЗП, ППЗП
26	Принципи організації інтерфейсу з послідовною і паралельною передачею даних
27	Засоби візуального відображення в цифрових пристроях
28	Роль програмованих контролерів в системах АСДУ
29	Призначення основних складових програмованих контролерів
30	Призначення основних блоків, що входять в структуру мікропроцесорних телекомплексів

Варіант	Завдання
1	Пояснити зміст операції "кон'юнкція"
2	Пояснити зміст операції "диз'юнкція"
3	Пояснити електричну схему, що ілюструє дію операції І-НІ.
4	Пояснити електричну схему, що ілюструє дію операції АБО-НІ
5	Логічні операції, що виконуються функцією "виключаюче АБО"
6	Принцип роботи інвертуючого електронного ключа на біполярному транзисторі
7	Принцип роботи логічного елемента І на двоємітному транзисторі
8	Типи тригерів та їх характеристика
9	Принцип роботи RS-триггера
10	Технології, що використовуються при створенні логічних інтегральних мікросхем
11	Класи аналогових інтегральних мікросхем
12	Область застосування диференційних підсилювачів
13	Переваги і область застосування цифрових інтегральних мікросхем
14	Відеопідсилювачі та вузькосмугові підсилювачі
15	Принцип роботи шифратора
16	Принцип роботи дешифратора
17	Пояснити, який сигнал буде на виході дешифратора, якщо на обидва входи подати 1
18	Пояснити, який сигнал буде на виході дешифратора, якщо на обидва входи подати 0
19	Принцип роботи регістра зміщення
20	Принцип роботи розподільника
21	Принципи роботи безконтактних ключів
22	Пояснити, який сигнал буде на виході суматора, якщо на вхід 1 подати 0, а на вхід в 2 - 1
23	Пояснити, який сигнал буде на виході суматора, якщо на вхід 1 подати 1, а на вхід в 2 - 1
24	Пояснити, який сигнал буде на виході суматора, якщо на вхід 1 подати 0, а на вхід в 2 - 0
25	Пояснити, який сигнал буде на виході суматора, якщо на вхід 1 подати 1, а на вхід в 2 - 0
26	Призначення і принцип дії цифроаналогового перетворювача
27	Пояснити, яка напруга буде на виході цифроаналогового перетворювача, якщо в його регістрі зберігається кодова комбінація 0111
28	Пояснити, яка напруга буде на виході цифроаналогового перетворювача, якщо в його регістрі зберігається кодова комбінація 0110
29	Пояснити, яка напруга буде на виході цифроаналогового перетворювача, якщо в його регістрі зберігається кодова комбінація 1011
30	Пояснити, яка напруга буде на виході цифроаналогового перетворювача, якщо в його регістрі зберігається кодова комбінація 1101

З М І С Т

1. Організація автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК) в електроенергетичних системах	2
Вступ	2
1.1 Аналіз процесів роботи в електричних системах та мережах, силовому обладнанні електричних станцій і підстанцій та АСДК	3
1.2 Впровадження сучасних методів управління електроенергетичними, електротехнічними та автоматизованими системами диспетчерського керування	4
2. Обробка сигналів телемеханіки в АСДК	11
2.1 Адаптація АСДК для зменшення втрат електроенергії в технологічному процесі	11
2.2 Передача телемеханічної інформації	12
2.3 Методи передачі інформації	14
2.4 Обробка аналогових сигналів	17
2.5 Кодування повідомлень	21
3. Впровадження в електроенергетичні процеси АСДК методів модуляції	26
3.1 Основні положення	26
3.2 Застосування аналогової модуляції в АСДК	26
3.3 Застосування імпульсної модуляції в АСДК	30
4. Використання елементів алгебри логіки при створенні логічних інтегральних мікросхем в АСДК	33
5. Використання інтегральних мікросхем в АСДК	39
6. Принципи роботи пристроїв телемеханіки в АСДК	42
7. Організація каналів зв'язку для передачі телемеханічної інформації в АСДК	49
7.1 Загальні положення	49
7.2 Використання спеціальних ліній зв'язку для оптимізації задач в АСДК	50
7.3 Розділення сигналів	53
7.4 Канали зв'язку високовольтними ЛЕП	55
7.5 Радіоканали зв'язку	57
7.6 Волоконно-оптичні канали	59
7.7 Завадостійкість пристроїв телемеханіки	61
8. Принципи побудови і експлуатації АСДК	64
8.1 Способи вибору об'єктів	64
8.2 Види телемеханічних передач	65
8.3 Системи автоматичного телекерування і телесигналізації	67
8.4 Системи автоматичного телевимірювання	74
8.5 Датчики телеінформації	77
9. Мікропроцесорні системи і цифрові пристрої в АСДК	79
9.1 Задачі з проектування і технічного обслуговування електроенергетичного обладнання і АСДК	79
9.2 Загальні відомості про цифрові пристрої	80
9.3 Програмовані контролери в АСДК	85
9.4 Структура мікропроцесорних телекомплексів в АСДК	87
Список використаної літератури	89
Словник спеціальних термінів і визначень	91
Завдання на самостійну роботу	111

Лекція №1. Організація автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК) в електроенергетичних системах

Вступ

У електроенергетичних системах широко використовуються методи централізованого управління режимами виробництва і розподілу електричної енергії за допомогою засобів телемеханіки. Такі методи базуються на широкій телемеханізації енергосистем, що в свою чергу зумовлюють впровадження комплектів телемеханічної апаратури телесигналізації, телевимірювання, телекерування на всіх рівнях диспетчерського управління енергосистемами. В даний час автоматизовані системи управління охоплюють практично всі диспетчерські пункти (ДП) енергосистем і енергооб'єднань, а також велике число ДП підприємств електромереж.

До методів управління електропостачанням у електроенергетиці відносяться і телемеханіка, яка є галуззю техніки і технічною наукою про контроль та управління об'єктами на відстані за допомогою перетворення контрольованих управляючих параметрів і дій в сигнали, що передаються каналами зв'язку. Телемеханіка вивчає проблеми, пов'язані з управлінням об'єктами, віддаленими від центру управління на значні відстані. За останні роки засоби телемеханіки в енергосистемах набули ряд якісних змін. Змінилася апаратна база телемеханічних систем: пристрої жорсткої апаратної логіки замінюються мікропроцесорними пристроями. Розроблено пристрої, які об'єднують в собі функції телемеханіки, обліку електроенергії і релейного захисту та володіють високою надійністю, малими габаритами і низьким енергоспоживанням.

Однією з найважливіших проблем в області управління енергосистемами в даний час є впровадження автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДК). У зв'язку з цим великого значення набувають питання надійної передачі оперативно-режимної інформації на диспетчерські пункти енергосистем і енергооб'єднань, що здійснюється засобами телемеханіки. Телемеханізація енергосистем є технічною базою інформаційного забезпечення АСДК. Функції і об'єми інформації, що передаються телемеханічною апаратурою в цій системі, розширюються. Швидкий розвиток мікропроцесорної техніки, широке впровадження ЕОМ створили хороші передумови в електроенергетичних системах для переходу до мікропроцесорних пристроїв, створення систем реєстрації аварійних порушень і передачі інформації на різні рівні диспетчерської ієрархії. Розвиток інформаційно-мережових технологій дозволяє створювати і удосконалювати програмне забезпечення оперативно-інформаційних управляючих комплексів АСДК, надавати оперативному персоналу

ЗАВДАННЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ

Самостійна робота №1

Варіант	Завдання
1	Структура диспетчерського управління в енергетичних системах
2	Основні принципи побудови системи диспетчерського управління
3	Основні функції оперативного персоналу в нормальному режимі
4	Склад технічних засобів, програмне і інформаційне забезпечення АСДУ
5	Вирішення інформаційних, технологічних і режимних завдань в системі АСДУ електричних мереж
6	Інформація, яку отримує диспетчер електричних мереж
7	Основні вимоги до систем телемеханіки
8	Дати пояснення термінів "повідомлення", "подія", "інформація"
9	Види телемеханічних повідомлень в системах АСДУ
10	Пояснити утворення сигналів в системах телемеханіки
11	Використання переносників інформації в системах телемеханіки
12	Фізичний сенс імпульсу в системах телемеханіки
13	Розкрити роль дискретних сигналів
14	Розкрити роль аналогових сигналів
15	Принцип процесу квантування аналогових сигналів за часом
16	Визначення кроку квантування за часом
17	Принцип процесу квантування аналогових сигналів за рівнем
18	Принцип дії аналого-цифрового перетворювача
19	Види кодів в телемеханіці
20	Надійність передачі кодів
21	Перевірка кодів на парність
22	Використання модуляції в системах передачі інформації
23	Розкрити суть процесу модуляції
24	Принцип роботи модулятора
25	Принцип роботи демодулятора
26	Принципи дії аналогової і дискретної модуляції
27	Принципи дії амплітудної і частотної модуляції
28	Принципи дії імпульсної модуляції
29	Результуючі струми
30	Маніпуляція. Види імпульсної модуляції

Широтно-імпульсна модуляція - (ШИМ), або модуляція за тривалістю імпульсів — процес керування шириною (тривалістю) височастотних імпульсів за законом, який задає низькочастотний сигнал. В електроніці це може бути керування середнім значенням вихідної напруги шляхом зміни тривалості замкнутого стану електронного (електромеханічного) ключа, наприклад, у схемі ключового стабілізатора напруги

Шифратор - логічний пристрій, що виконує логічну функцію перетворення n -розрядного коду в k -розрядний m -ковий (найчастіше двійковий) код

Я

Якість електричної енергії - це ступінь відповідності фактичних значень параметрів електричної енергії встановленим Державним стандартом значенням

можливість контролю і управління процесом виробництва, передачі та розподілу електроенергії в реальному часі.

1.1 Аналіз процесів роботи в електричних системах та мережах, силовому обладнанні електричних станцій і підстанцій та АСДК

Енергосистема є великою штучною системою кібернетичного типу. Вона складається з сукупності керуючих і керованих об'єктів. Об'єкти і їх технологічні процеси нерозривно пов'язані один з одним. Регулювання процесів здійснюється на основі використання великої кількості внутрішніх зворотних зв'язків. При цьому керуючі і керовані об'єкти обмінюються великими потоками інформації, які в процесі управління багато разів переробляються. Зовнішнє середовище здійснює на енергосистему випадкові дії і енергосистема повинна реагувати на них так, щоб забезпечувати безперервне енергопостачання споживачів при необхідній якості енергії.

Безперервність процесів виробництва і споживання електричної енергії, швидкість протікання технологічних процесів, залежність режиму енергосистеми від режиму роботи споживачів викликають необхідність оперативного управління режимами енергосистеми. Для цього в кожному підрозділі енергосистеми існує диспетчерська служба, до складу якої зазвичай входить оперативна група і група режимів. Оперативна група займається цілодобовим веденням режиму енергосистеми, а група режимів - розробкою режимів на перспективу. Оперативне управління енергетичними об'єктами здійснюється з диспетчерського пункту, на який передається інформація від керованих об'єктів. Отримана інформація обробляється, аналізується, і на її підставі диспетчер ухвалює рішення щодо управління режимом [1].

У електричних мережах диспетчер повинен отримувати інформацію про стан устаткування об'єктів, розташованих на великій відстані від диспетчерського пункту і розосереджених на великій території, інформацію про навантаження ліній і трансформаторів на підстанціях, напругу в різних точках мережі, спрацьовування релейного захисту і автоматики, відключення споживачів. Великі об'єми інформації, що отримується диспетчером, вимагають введення ЕОМ в процес управління. Для управління енергетичними об'єктами на різному рівні диспетчерського управління створені спеціальні алгоритми і методи, засновані на застосуванні математичних моделей і введенні пристроїв телемеханіки. Ці алгоритми реалізуються в оперативно-інформаційних управляючих комплексах (ОІУК) АСДК. ОІУК виконує координацію роботи алгоритмів пристроїв, встановлених на енергетичних об'єктах, надає диспетчеру

інформацію про стан контрольованих об'єктів, реєструє, архівує і зберігає цю інформацію в базі даних, забезпечує виконання команд диспетчера, діагностує стан устаткування, здійснює зв'язок з верхнім рівнем оперативно-диспетчерського управління через корпоративну мережу енергосистеми.

1.2 Впровадження сучасних методів управління електроенергетичними, електротехнічними та автоматизованими системами диспетчерського керування

Цілі і завдання управління електроенергетичними системами

Основним завданням управління електроенергетичними системами (**ЕЕС**) є постачання споживачів необхідною кількістю електроенергії з необхідною якістю і надійністю при мінімальних витратах.

Управління **ЕЕС** здійснюється диспетчерським персоналом і автоматичними пристроями. Управління **ЕЕС** в нормальному режимі здійснюється оперативним персоналом і пристроями автоматики нормального режиму **АРЧМ** - автоматичною системою регулювання частоти і активної потужності та автоматичними пристроями регулювання напруги і реактивної потужності, тобто є автоматизованим. Основними функціями оперативного персоналу в нормальному режимі є:

- ✓ управління режимом відповідно до завдання на добу;
- ✓ виконання оперативних перемикачів;
- ✓ виведення устаткування в ремонт і резерв та введення його в роботу;
- ✓ збір, обробка і документування оперативної інформації.

Завдання управління **ЕЕС** в аварійному режимі - відключення пошкодженого елемента, запобігання розповсюдженню аварій на сусідні ділянки, відновлення параметрів режимів до допустимих рівнів. Процеси відбуваються швидко, тому управління здійснюється релейним захистом і автоматикою та є автоматичним, тобто відбувається без участі людини.

У післяаварійному режимі вирішуються завдання відновлення допустимих значень параметрів, відновлення живлення споживачів, які були відключені, відновлення нормальної схеми, виводу в ремонт пошкодженого устаткування; управління такими режимами автоматизоване, тобто виконується спільно оперативним персоналом і автоматичними пристроями.

У аварійному режимі вирішуються завдання відновлення допустимих

Цифровий осцилограф - в загальному вигляді цифровий осцилограф складається з вхідного дільника, нормалізуючого підсилювача, аналого-цифрового перетворювача, блока пам'яті пристрою керування та пристрою відображення

Ч

Часовий розподіл сигналів - імпульсні методи передачі допускають також організацію багатоканального зв'язку з поділом каналів за часом. У системах часового поділу каналів лінія зв'язку за допомогою обертового перемикача (розподільника) по черзі представляється для передачі сигналів різних відправників

Частота - фізична величина, характеристика будь-яких процесів, які регулярно повторюються; кількість подій за одиницю часу. Число рухів, коливань, повторень за одиницю часу; величина, що виражає кількість коливань, повторень за одиницю часу

Частотна маніпуляція - при частотній маніпуляції значенням «0» і «1» інформаційної послідовності відповідають певні частоти синусоїдального сигналу при незмінній амплітуді. Частотна маніпуляція є завадостійкою, оскільки перешкоди телефонного каналу спотворюють в основному амплітуду, а не частоту сигналу

Частотна модуляція - тип аналогової модуляції, при якому частота вихідного сигналу змінюється у часі залежно від миттєвого значення інформаційного сигналу, тобто інформаційний сигнал керує частотою несучого сигналу

Частотний інтервал - різниця двох граничних частот

Ш

Шина даних - призначена для передачі інформації. У комп'ютерній техніці прийнято розрізняти виводи пристроїв за призначенням: одні слугують для передачі інформації (наприклад у вигляді сигналів низького або високого рівнів), інші для поєднання всіх пристроїв (шина адреси) — кому ці конкретні дані призначені

Ширококутний підсилювач - забезпечує посилення сигналу робочої частоти, отриманого після фільтра, і містить два каскади підсилення та катодний повторювач на виході

Трансформатор - статичний електромагнітний пристрій, призначений для перетворення змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої напруги тієї ж частоти

Трансформатор струму - вимірювальний трансформатор, в якому за нормальних умов роботи вторинний струм практично пропорційний первинному і зсув фаз між ними близький до нуля

Тригер - електронна логічна схема, яка має два стійкі стани, в яких може перебувати доки не зміняться відповідним чином сигнали керування. Напруги і струми на виході тригера можуть змінюватися стрибкоподібно

У

Ультракороткі хвилі - радіохвилі, з діапазонів метрових, дециметрових, сантиметрових, міліметрових і дециміліметрові хвилі. Діапазон частот цих хвиль знаходиться в межах від 30 МГц (довжина хвилі 1000 см) до 3 ТГц (довжина хвилі 0,1 мм)

Ущільнення лінії зв'язку - метод побудови системи зв'язку, що забезпечує одночасну і незалежну передачу повідомлень від багатьох відправників до такого ж числа одержувачів. У таких системах багатоканального зв'язку (багатоканальної передачі) загальна лінія зв'язку «ущільнюється» десятками - сотнями індивідуальних каналів, по кожному з яких відбувається обмін інформацією єдиної пари абонентів. Канальні передавачі разом з підсумовуючим пристроєм утворюють апаратуру ущільнення

Ф

Фазова маніпуляція - один з видів фазової модуляції, при якій фаза несучого коливання змінюється стрибкоподібно в залежності від інформаційного повідомлення

Фазова модуляція - один з видів модуляції, при якій фаза несучого коливання керується інформаційним сигналом

Фільтр низьких частот - фільтр, що пропускає низькі частоти, та послаблює частоти, що розташовані вище частоти відтинання фільтру

Флеш пам'ять - це тип довготривалої комп'ютерної пам'яті, вміст якої можна видалити чи перепрограмувати електричним методом

Ц

Цифрова схема - це мікроелектронна схеми, яка використовуються для перетворення та обробки цифрових сигналів.

значень режимних параметрів і запобігання аваріям; управління такими режимами також автоматизоване.

У основі побудови системи диспетчерського управління лежать наступні принципи:

- ✓ ієрархічна побудова системи з прямим підпорядкуванням чергового оперативного персоналу кожному ступеню персоналу вищого ступеня ієрархії;
- ✓ строга диспетчерська дисципліна;
- ✓ чітке розмежування функцій і відповідальності між персоналом кожного ступеня і максимальна самостійність диспетчера в межах своєї ієрархії.

Основне устаткування – генератори, трансформатори, лінії, **РЗА**, зв'язок і телемеханіка знаходиться в оперативному управлінні або оперативному контролі диспетчера відповідного рівня. У оперативному управлінні знаходиться устаткування, операції з якими вимагають координації дій підлеглого оперативного персоналу, наприклад, відключення міжсистемних ліній проводиться тільки за розпорядженням головного диспетчера. У оперативному контролі знаходиться устаткування, стан або режим роботи якого має значення для даного рівня управління, але не вимагає координації дій підлеглого персоналу. Кожен елемент **ЕЕС** може знаходитися в оперативному управлінні тільки одного диспетчера і в оперативному контролі декількох диспетчерів вищого рівня. Закріплення устаткування за диспетчерами здійснюється нормативними документами **ЕЕС**. У зв'язку з ускладненням схем і режимів роботи **ЕЕС** все більше значення в роботі диспетчера набуває автоматизація управління.

Призначення, функції і завдання АСДК, АСУ, АСУ ТП

Автоматизована система диспетчерського управління енергосистемою призначена для підвищення надійності і ефективності оперативного диспетчерського і технологічного управління об'єктами, що входять до складу енергосистеми. **АСДК** є сукупністю технічних засобів і інформаційно-математичного забезпечення, що використовуються для диспетчерського управління енергетичними об'єктами на основі ЕОМ. **АСДК** використовується на всіх рівнях ієрархії управління енергосистемами (рис. 1.1 і рис. 1.2).

паралельно. Такі тригери перемикаються практично одночасно

Смуга пропускання частот - діапазон частот, у межах якого амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) акустичного, радіотехнічного або оптичного пристрою є досить рівномірною для того, щоб забезпечити передачу сигналу без суттєвого викривлення його форми

Смуговий фільтр - електронний фільтр, що пропускає сигнали в певному діапазоні (смузі) частот, і послаблює (вирізає) сигнали частот за межами цієї смуги. Наприклад, смуговий фільтр на 1800-1900 МГц пропускає тільки сигнали, частота яких лежить в інтервалі 1800÷1900 МГц. При цьому частота 1800 МГц називається нижньою частотою зрізу, а 1900 МГц — верхньою частотою зрізу. На цих частотах придушення сигналу повинно складати 3 дБ (0,707 від сигналу на центральній частоті)

Стандарт RS232 - стандарт інтерфейсу обміну даними між двома пристроями шляхом послідовної передачі даних (асинхронний зв'язок або синхронний зв'язок), знаходить використання у послідовних портах комп'ютерів та інших пристроях

Стандарт RS485 - стандарт передачі даних двопровідним напівдуплексним багатоточковим послідовним каналом зв'язку

Стільниковий зв'язок - один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа. Особливість стільникового зв'язку полягає в тому, що зона покриття ділиться на «стільники», що визначається зонами покриття окремих базових станцій.

Структурна схема - призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із структурної схеми повинно бути зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини

Струм - упорядкований напрямлений рух електрично заряджених частинок у просторі. Заряди, які створюють електричний струм, називають носіями струму: у металах це електрони, у напівпровідниках - електрони та дірки, в електролітах - позитивно та негативно заряджені іони, в іонізованих газах - іони й електрони. Упорядкований рух носіїв струму в електропровідному середовищі під дією електричного поля називають струмом провідності. Якщо рух зарядів відбувається разом з тілом, на якому вони знаходяться, то такий струм називають конвекційним. За напрямком струму вибирають рух позитивно заряджених частинок. Таким чином, напрямком струму в металевих провідниках є протилежним до напрямку руху електронів

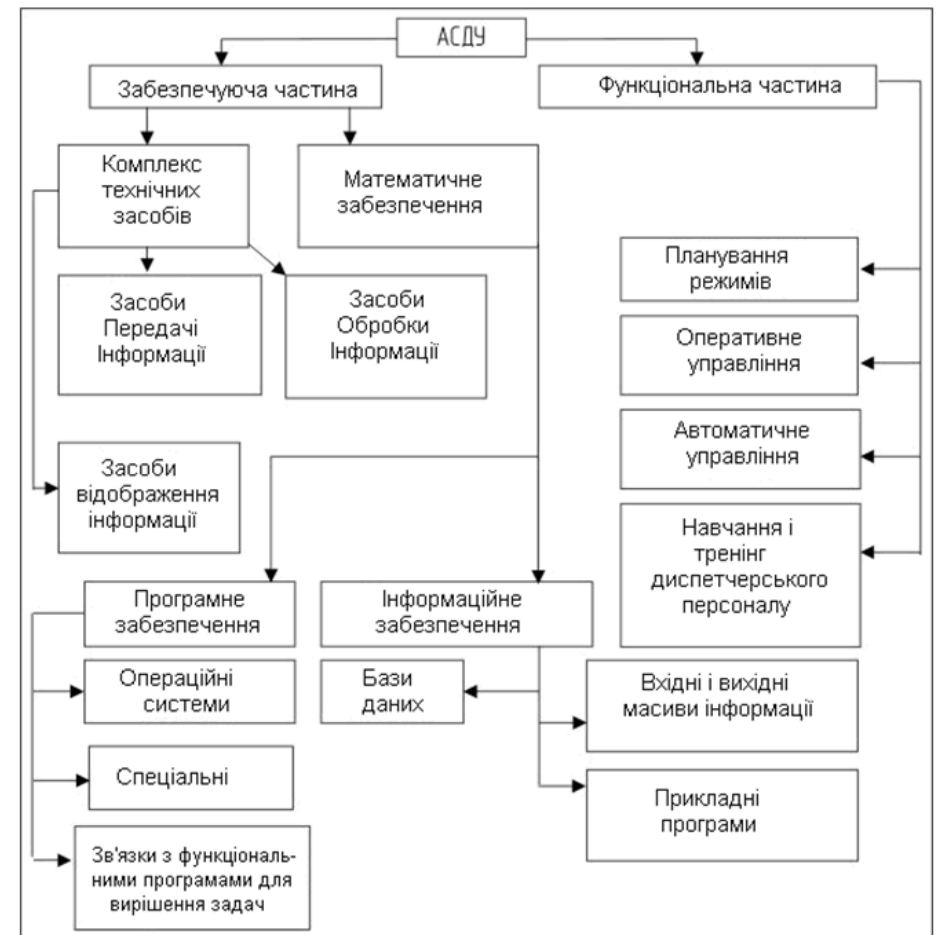


Рисунок 1.3 - Структура АСДК

До складу **АСДК** (рис. 1.3) входять функціональна частина, тобто набір функцій, що реалізуються за допомогою **АСДК**, комплекс технічних засобів (**КТЗ**), програмне і інформаційне забезпечення. **КТЗ** є сукупністю обчислювальних управляючих пристроїв засобів перетворення, відображення і реєстрації сигналів, пристроїв передачі та обробки сигналів і даних, виконавчих пристроїв для виконання всіх функцій **АСДК**. Сюди входять ЕОМ, пристрої телемеханіки, датчики інформації, канали зв'язку, апаратура передачі даних, пристрої зв'язку з ЕОМ. Нормативним і директивним документом, на основі якого ведеться проектування і розробка **АСДК**, є [2].

У складі **АСДК** електричних мереж передбачається розробка наступних

комплексів завдань [3]:

1. Комплекс інформаційних завдань, призначених для виконання наступних функцій:

- ✓ введення і виведення інформації ЕОМ;
- ✓ оцінка достовірності інформації;
- ✓ контроль параметрів (струмів, напруги, потужності) по граничних значеннях і видача сигналу за виявленими відхиленнями параметрів;
- ✓ виявлення зміни положення вимикачів, спрацьовування релейного захисту і сповіщення диспетчера про характер події, що відбулася;
- ✓ телекерування вимикачами;
- ✓ відображення схем телемеханізованих об'єктів і поточного стану їх устаткування;
- ✓ ведення протоколу подій.

2. Комплекс технологічних завдань, що виконують наступні функції:

- ✓ автоматичне складання добової відомості параметрів режимів мереж;
- ✓ контроль перевантажень трансформаторів в нормальних режимах і в аварійних умовах;
- ✓ вибір числа паралельно працюючих трансформаторів;
- ✓ визначення ресурсу трансформаторів за ізоляцією;
- ✓ визначення ресурсу вимикачів за зношенням контактної системи;
- ✓ складання бланків оперативних перемикачів;
- ✓ контроль за електроспоживанням згідно показників інтегральних значень витрати електроенергії на підстанціях.

3. Комплекс режимних завдань:

- ✓ розрахунок сталих режимів і струмів короткого замикання в мережах напруги 35 кВ і вище;
- ✓ розрахунок і оптимізація втрат потужності і енергії в основних і розподільних мережах;
- ✓ розрахунок і аналіз аварійних режимів;
- ✓ аналіз показників якості електроенергії і інші завдання.

На всіх підприємствах енергетичного циклу існують системи обліку електроенергії. Найбільш поширеними засобами первинного обліку енергії, як в електроенергетичній системі, так і у споживачів, є лічильники електричної енергії. Індукційні лічильники вимірюють сумарну витрату енергії, проте не дозволяють оперативно контролювати інші параметри, зокрема, максимальну потужність в години максимуму навантаження енергосистеми, витрати електроенергії по годинах доби і тому подібне

Релейний захист - це сукупність пристроїв (або окремих пристрій), що містить реле і здатна реагувати на короткі замикання (КЗ) в різних елементах електричної системи, автоматично виявляти і відключати пошкоджену ділянку. У ряді випадків релейний захист може реагувати і на інші порушення нормального режиму роботи системи (наприклад, на підвищення струму, напругу) — включати сигналізацію або (рідше) відключати відповідний елемент системи

Ретранслятор - обладнання зв'язку, яке з'єднує два або більше радіопередавачів, віддалених один від одного на великі відстані

Розподільник - пристрій, що виконаний на тригерах, має ряд виходів і забезпечує почергове виникнення імпульсів на цих виходах

Розподільча мережа - лінія електропередачі, до якої підключено ряд трансформаторних підстанцій або вводи до електроустановок споживачів

С

Сигнал - зміна фізичної величини (наприклад, температури, тиску повітря, світлового потоку, сили струму тощо), що використовується для пересилання даних. Саме завдяки цій зміні сигнал може нести в собі якусь інформацію. Сигнал — фізичний процес, властивості якого визначаються взаємодією між матеріальним об'єктом та засобом його дослідження

Симплексний канал - канал, що допускає передавання даних лише в одному напрямку, який встановлюється заздалегідь

Синфазна перешкода - синфазна перешкода на двопровідній лінії передачі наводиться, як правило, зовнішнім джерелом перешкоди і через взаємний ємнісний зв'язок між провідниками лінії

Синфазний сигнал - складова аналогового сигналу, присутня з одним знаком, амплітудою і фазою на всіх провідниках, що розглядаються. У електроніці, де сигнал передається з використанням напруги, синфазний сигнал визначається зазвичай як півсума напруг

Синхронізація - приведення двох або декількох процесів або потоків до такого їхнього протікання, коли певні стадії різних процесів здійснюються в певному порядку, або одночасно, для уникнення конкуренції потоків або взаємного блокування. Загальна ідея полягає в тому, що в певних точках процесам необхідно разом домовитися про певний порядок дій зі спільними ресурсами. Синхронізація необхідна у випадках, коли паралельно протікаючим процесам (або потокам одного процесу) необхідна взаємодія

Синхронний лічильник - у синхронних лічильниках всі тригери отримують тактовий імпульс одночасно, оскільки тактові входи їх з'єднуються

на електростанціях) і втрати напруги (погіршують умови регулювання напруги). У деяких електричних установках реактивна потужність може бути значно більше активної. Це приводить до появи великих реактивних струмів і викликає перевантаження джерел струму. Для усунення перевантажень і підвищення потужності коефіцієнта електричних установок здійснюється компенсація реактивної потужності

Реверсивний лічильник - реверсивні лічильники мають переходи у двох напрямках: в прямому (при лічбі підсумовуючих сигналів $U+$) і в зворотному (при лічбі віднімальних сигналів $U-$).

Регістр пам'яті - це регістри, які мають паралельні входи та виходи, запис інформації виконуються одночасно в усіх розрядах за один такт керування

Регістр - послідовний або паралельний логічний пристрій, який виконує функцію приймання, запам'ятовування і передавання інформації. Інформація в регістрі зберігається за видом числа (слова), зображеного комбінацією сигналів 0 і 1. На регістрах можна виконувати операції перетворення інформації з одного виду на інший, наприклад, послідовного коду на паралельний. Регістри можуть використовуватися для виконання деяких логічних операцій, наприклад, логічне порозрядне множення

Регістр зсуву - регістри зсуву крім операції зберігання виконують потрібне перетворення почергового двійкового коду в паралельний, паралельного в почерговий, виконують арифметичні і логічні операції, служать в якості цифрових елементів затримки. Сутність зсуву полягає в тому, що з приходом кожного тактового імпульсу відбувається перезапис (зсув) вмісту тригера кожного розряду в сусідній розряд без конфігурації порядку проходження одиниць і нулів. При зсуві на право після кожного тактового імпульсу біт з більш старшого розряду зсувається в молодший, а при зсуві на ліво – навпаки

Регулювання напруги - заходи, що здійснюються для підтримання належного рівня напруги

Регулювання частоти - заходи, що здійснюються для підтримання частоти в допустимих межах

Резонансний контур - електричне коло, складене з резистора, конденсатора та котушки індуктивності, в якому можливі коливання напруги й струму. Коливальні контури широко застосовуються в радіотехніці та електроніці, зокрема в генераторах електричних коливань, в частотних фільтрах. Вони використовуються практично в кожному електротехнічному пристрої

Такі функції можуть надати деякі електронні лічильники, які можуть також зберігати накопичену інформацію протягом заданого проміжку часу, наприклад, за поточний і попередній розрахунковий періоди. Проте за допомогою одних лічильників неможливо контролювати суміщений максимум навантаження підприємства, що живиться від декількох підстанцій, оцінювати якість електричної енергії, фіксувати перевищення навантаження підприємства по заданій потужності. Ці і інші сервісні функції виконують пристрої на базі мікропроцесорів, що утворюють автоматизовані системи контролю і управління електроспоживанням (**АСКУЕ**) [2, 4]. Системи **АСКУЕ**, що існують в енергетичних підрозділах, різноманітні за структурою, способами представлення інформації, організації баз даних і форм звітності, Проте всі вони призначені для організації оперативного контролю і обліку витрати електричної енергії.

Безпосередньо на енергетичних об'єктах (електростанціях, підстанціях і ін.) впроваджуються автоматизовані системи управління технологічним процесом (**АСУ ТП**) [5]. У основі **АСУ ТП** знаходиться **СКЗУ** - система контролю, захисту і управління, що володіє широкими можливостями, такими як [6]:

- ✓ взаємодія з вищестоящими рівнями (**АСДК**);
- ✓ захист устаткування, зокрема, підстанцій і ліній від пошкоджень;
- ✓ автоматика (**АПВ, АЧР, АРН** і ін.);
- ✓ дистанційне керування основним устаткуванням;
- ✓ збір, обробка і реєстрація інформації про роботу устаткування в нормальному режимі;
- ✓ формування, автоматичне оновлення, архівація інформаційної бази даних;
- ✓ контроль і діагностика параметрів режиму, що вийшли за межі встановлених норм;
- ✓ контроль правильності виконання оперативних перемикань;
- ✓ реєстрація, зберігання та перегляд аварійних і перехідних процесів і ін.

Автоматизація управління електричними мережами окрім **АСДК, АСКУЕ, АСУ ТП** повинна охоплювати всі напрями у виробничо-технічній і економічній діяльності.

Автоматизована система управління підприємством електромереж (**АСУ ПЕС**) покликана виконувати наступні функції:

- ✓ управління виробничо-технічною діяльністю;
- ✓ управління енергоремонтом;
- ✓ техніко-економічне планування;

- ✓ управління матеріально-технічним постачанням;
- ✓ управління транспортом і перевезеннями;
- ✓ управління кадрами;
- ✓ управління капітальним будівництвом;
- ✓ перспективний розвиток електричних мереж;
- ✓ бухгалтерський облік.

Одним з найважливіших етапів автоматизації управління електричними мережами є паспортизація устаткування і об'єктів управління (підстанцій і ліній електропередачі). На основі паспортних характеристик проводиться розрахунок показників надійності, плануються заходи щодо підвищення надійності електропостачання споживачів, аналізуються пошкодження в мережах за причинами і видами устаткування, контролюється виконання заходів щодо усунення причин аварій і запобігання відмовам устаткування в електричних мережах. З використанням паспортних даних елементів мереж формуються місячні, квартальні та річні плани ремонтно-експлуатаційних робіт на лініях і підстанціях, розраховуються потреби в матеріальних і трудових ресурсах.

гічними труднощами створення монокристалічних напівпровідникових плівок на підкладках. Тому активні елементи (в мініатюрному або безкорпусному оформленні) виконують по звичайній технології виготовлення дискретних напівпровідникових пристроїв та монтують на готових підкладках

Поздовжня перешкода - виникає під впливом паразитної напруги постійного або змінного струму, яка прикладається між будь-якою точкою сигнального кола і заземленим корпусом підсилювача

Поперечна перешкода - поперечна перешкода діє послідовно з корисним сигналом. Цей вид перешкоди обумовлений в основному електромагнітними наведеннями на контур, утворений джерелом сигналу, приймачем сигналу і лінією зв'язку

Послідовний інтерфейс - послідовні інтерфейси передають дані послідовно біт за бітом по одній лінії зв'язку. Частота, з якою передаються біти, називається швидкістю передачі і вимірюється в бодах (1 бод = 1 біт/с). В ПЕОМ використовують декілька значень швидкості передачі: 75, 110, 150, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 бод

Проміжний трансформатор - використовується для включення вимірювальних приладів у струмові кола релейного захисту, для вирівнювання струмів у схемах диференціальних захистів і ін.

Р

Радіоімпульс - це відрізок високочастотного коливання певної форми. Такі імпульси створюються при комутації кіл змінного струму. Форма таких імпульсів визначається огинаючою, такою ж як у відеоімпульсів, а наповнення може бути синусоїдальним, прямокутно-імпульсним і т.п.

Радіоканал - це канал зв'язку, в якому передача інформації здійснюється за допомогою радіохвиль. Включає середовище поширення радіохвиль і пристрої перетворення електричних сигналів в електромагнітне випромінювання (радіопередавальний пристрій) та електромагнітне випромінювання в електричні сигнали (радіоприймальний пристрій).

Реактивна потужність - це величина, що характеризує навантаження, яке створюється в електротехнічних пристроях коливаннями енергії електромагнітного поля в колі змінного струму. Реактивна потужність Q дорівнює добутку значень діючої напруги U і струму I , помноженому на синус кута зміщення фаз j між ними: $Q = UI \sin j$. Вимірюється в ВАрах. Реактивна потужність пов'язана з повною потужністю S і активною потужністю P . Реактивна потужність, що споживається в електричних мережах, викликає додаткові активні втрати (на покриття яких витрачається енергія

П

Паразитна ємність - небажаний зв'язок між провідниками чи елементами електронних схем, обумовлений наявністю електричної ємності між ними. Наявність паразитних ємностей призводить до виникнення паразитних позитивних і негативних зворотних зв'язків (33).

Паралельний інтерфейс - характеризуються тим, що в ньому для передачі біт у слові використовуються окремі сигнальні лінії, і біти передаються одночасно. Паралельні інтерфейси використовують логічні рівні ТТЛ (транзисторних-транзисторної логіки), що обмежує довжину кабелю через невисоку завадозахищеність ТТЛ-інтерфейсу. Гальванічна розв'язка відсутня.

Перевірка на непарність - означає, що число одиниць у пакеті даних, включаючи біт парності, повинно бути непарним

Передача інформації - передача на відстань буквено-цифрової інформації

Перехідний процес - режим роботи енергосистеми, при якому швидкості зміни параметрів настільки значні, що вони повинні враховуватися при розгляді конкретних практичних задач

Персонал оперативний - персонал, що здійснює оперативне управління і обслуговування електроустановок (огляд, оперативні перемикання, підготовку робочого місця, допуск і нагляд за працівниками, виконання робіт в порядку поточної експлуатації)

Піднесуча - електромагнітне коливання, призначене для утворення модульованого сигналу шляхом зміни одного або декількох параметрів цього коливання, який надалі застосовується для модуляції піднесучої або несучої більш високої частоти

Підсилювач низької частоти - призначений для підсилення неперервних електричних сигналів, частотний діапазон яких лежить в межах від десятків герц до десятків кілогерц. Характерною особливістю ПНЧ є те, що відношення верхньої підсилювальної частоти до нижньої велике і зазвичай становить не менше кількох десятків

Післяаварійний режим - сталий режим енергетичної системи після усунення аварійних умов

Плівкова технологія - плівкова технологія дає можливість отримувати всі пасивні елементи схем (резистори, конденсатори та інші). Отримання активних елементів (діодів, транзисторів) пов'язане з великими техноло-

Лекція № 2. Обробка сигналів телемеханіки в автоматизованих системах диспетчерського керування

2.1 Адаптація АСДК для зменшення втрат електроенергії в технологічному процесі

У інформаційних системах **АСДУ** телемеханіка знаходить найширше застосування. Вона призначена для збору і передачі інформації про параметри режиму і положення комутаційної апаратури з контрольованих пунктів (**КП**), тобто підстанцій або диспетчерських пунктів нижнього рівня, на диспетчерські пункти управління (**ПУ**), а також для керуючих впливів з **ПУ** на **КП** (рис. 2.1).

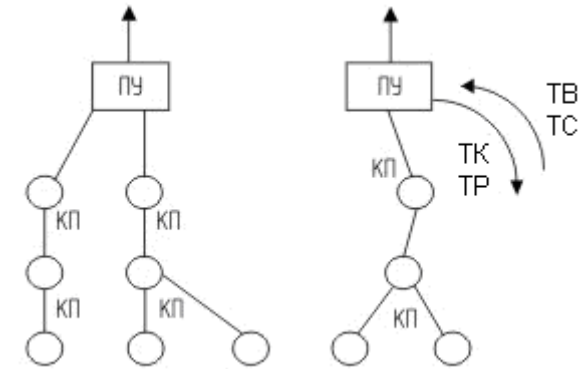


Рисунок 2.1 - Приклад структури телемеханічної системи

У **АСДУ** енергосистеми на різних рівнях ієрархії і між рівнями передаються, обробляються і відображаються диспетчеру великі об'єми інформації. Ця інформація підрозділяється на повідомну і розпорядливу.

До розпорядливої інформації відносяться команди телекерування (**ТК**), телерегулювання (**ТР**), розрахунково-планова інформація, тобто планові завдання на майбутній період роботи контрольованих енергооб'єктів: перетікання активної і реактивної потужностей по лініях, генерування потужності генераторів, вивід в ремонт устаткування і ін. Джерелом розпорядливої інформації є диспетчер або ЕОМ верхнього рівня ієрархії.

До повідомної інформації відносяться телесигналізація (**ТС**) і телевимірювання (**ТВ**).

У багаторівневій системі підпорядкований диспетчерський пункт 1 є контрольованим пунктом для диспетчерського пункту 2 верхнього рівня.

Розрізняють наступні види телемеханічних повідомлень [7]:

✓ телесигнали (**ТС**) - повідомлення типу "включено-відключено", які

відображають положення комутаційної апаратури, спрацьовування захистів і автоматики і інші види повідомної інформації;

- ✓ поточні телевимірювання (**ТВП**), що відображають параметри режиму (потужність, напруга, струм, тиск, температура і ін.);
- ✓ інтегральні телевимірювання (**ТВІ**), наприклад, витрата води, пари, електроенергії і т.д.;
- ✓ телевимірювання за викликом (**ВТВ**);
- ✓ телекерування (**ТК**) - розпорядлива керуюча інформація для передачі команд на включення (відключення) комутаційної апаратури, наприклад, відключення вимикача на підстанції, блокування дій пристроїв автоматики;
- ✓ телерегулювання (**ТР**) - розпорядлива інформація, що передається з метою дії на уставки регуляторів на електричних станціях і підстанціях

Пристрої телемеханіки можуть виконувати одну або декілька змінних функцій (**ТК-ТР, ТВ -ТС, ТК-ТС, ТК-ТС-ТВ**).

Основні вимоги до систем телемеханіки:

- ✓ забезпечення достовірності передаваних повідомлень;
- ✓ прийнятний час передачі повідомлень;
- ✓ надійність функціонування.

2.2 Передача телемеханічної інформації

Для автоматизованого управління роботою і забезпечення стійкості функціонування **ЕЕС** необхідна інформація у вигляді сигналів, що відображають основні величини процесу виробництва, споживання, передачі і розподілу електроенергії, тобто режимні параметри **ЕЕС** (потужність, напруга, струм), а також інформація про стан включеного в роботу устаткування (*включено-відключено*).

У телемеханіці існує поняття *події* - це стан або зміна стану об'єктів, обумовлені в документації. Повідомлення про події, тобто все те, що передається оператору про хід технологічного процесу, можуть бути надлишковими, тобто містити більше відомостей, ніж це необхідно диспетчеру або ЕОМ для ухвалення рішення (наприклад, для виводу в ремонт одного із трансформаторів на підстанції 110/10 кВ немає необхідності знати струми і напруги по всіх відвідних лініях всіх підстанцій або вироблення енергії всіма електростанціями).

Інформація - це частина повідомлення, яка представляє новизну і раніше не була відома диспетчерові або ЕОМ.

У автоматичних пристроях повідомлення передаються від однієї ланки

Напівпровідникові прилади - електронні прилади, дія яких заснована на електронних процесах в напівпровідниках. У електроніці вони служать для перетворення різних сигналів, в енергетиці — для безпосереднього перетворення одних видів енергії в інші

Напруга нульової послідовності - характеризує потенціал нейтралі по відношенню до землі і рівна векторній сумі трьох напруг між фазою і землею. Поява цієї напруги свідчить про наявність замикання на землю

Напруга зворотної послідовності — з'являється при несиметричних коротких замиканнях тривало, а при трифазних коротких замиканнях - короточасно, оскільки кожне трифазне замикання починається з несиметричного

Несуча частота - сигнал, чиї параметри підлягають зміні для перенесення іншого, інформаційного сигналу. Якщо порівнювати сигнал і інформаційний сигнал, то для першого носієм є зміни навколишнього середовища, а для другого носієм є несучий сигнал

Нульовий потенціал - потенціал - робота по перенесенню заряду із даної точки в точку з нульовим потенціалом. Потенціал будь-якої точки в електричному колі можна прийняти за нульовий, потенціали всіх інших точок відповідно зміняться, але різниця потенціалів точок залишиться без зміни

О

Оперативні перемикання - дії комутаційними апаратами, що мають на меті зміну схеми електроустановки або стану обладнання

Оператор Пірса - Стрілка Пірса також відома як оператор NOR - це двомісна логічна операція, яка є запереченням диз'юнкції; тому значення «істинно» одержується тільки тоді, коли обидва операнди мають значення «хибно»

Оператор Шеффера - штрих Шеффера (операція NAND) - двомісна логічна операція, яка є запереченням кон'юнкції; тому значення «хибно» одержується тоді й тільки тоді, коли обидва операнди мають значення «істина»

Операційний підсилювач - підсилювач постійного струму з диференціальним входом, що має високий коефіцієнт підсилення. Призначений для виконання різноманітних операцій над аналоговими сигналами, переважно, в схемах з негативним зворотним зв'язком (НЗЗ).

Оптичний сигнал - сигнал у вигляді дії оптичного випромінювання, дієвою величиною якого є потік випромінювання

М

Маніпуляція - окремий випадок аналогової модуляції, при якій в якості несучого сигналу використовується гармонійна несуча, а в якості модулюючого сигналу використовується дискретний, двійковий сигнал

Миттєве значення - миттєвим значенням струму або напруги називається величина синусоїдального струму чи напруги, що визначається у певний час

Мікроконтролер - або однокристална мікроЕОМ - виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші).

Мікропроцесорний пристрій - програмно-керований пристрій, що здійснює процес обробки цифрової інформації і управління ним. Побудований на одній або декількох великих інтегральних схемах

Модем - (скорочення від модулятор-демодулятор) - пристрій зв'язку для перетворення сигналу за допомогою процесів модуляції (зміна параметрів електромагнітного коливання за законом інформаційного повідомлення) та протилежного йому - демодуляції, що дозволяє комп'ютеру передавати дані по телефонній лінії; він є пристроєм узгодження в телекомунікаційних системах, системах автоматичного керування тощо

Модулятор - (лат. Modulator - зберігаючий ритм) - пристрій, який змінює параметри несучого сигналу відповідно до змін переданого (інформаційного) сигналу

Модуляція - це утворення сигналу шляхом зміни параметрів носія інформації під впливом повідомлення

Мультивібратор - релаксаційний генератор електричних коливань прямокутного типу. В спектрі мультивібратора є багато гармонік - на відміну від генератора синусоїдальних коливань («моновібратора»)

Н

Напівпровідникова технологія - технологічний процес виготовлення напівпровідникових виробів і матеріалів, і складається з послідовності технологічних (обробка, складання) та контрольних операцій, частина виробничого процесу виробництва н/п виробів (транзисторів, діодів і т. п.)

до іншої у вигляді сигналів, для передачі яких використовуються фізичні процеси, що володіють властивістю переміщення (звукові, електричні або електромагнітні коливання). Сигнали утворюються за певними законами. Сигнал може бути простий (елементарний) або складний, такий, що складається з декількох елементарних сигналів [8].

Елементарний сигнал може приймати два або декілька значень, наприклад, імпульс постійного струму різної полярності або амплітуди (рис. 2.2, а) або це може бути імпульс змінного струму з частотою f_1 і f_2 (рис. 2.2, б):

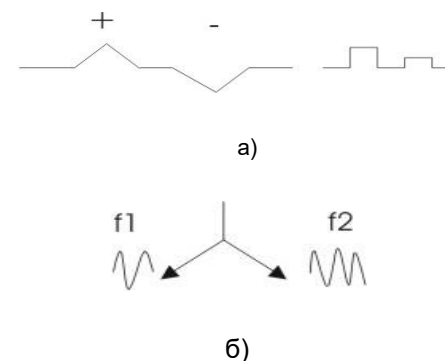


Рисунок 2.2 - Приклади елементарних сигналів

Якщо потрібно передати повідомлення, маючи один елементарний сигнал, то одночасно його можна послати у вигляді імпульсу з частотою f_1 або f_2 , але заборонено обидва відразу, тобто здійснюється операція *Так-Ні* (наприклад, *включено-відключено*).

Для передачі 4 повідомлень потрібно 2 елементарних сигнали (2^2).

Для передачі 8 повідомлень - 3 елементарних сигнали (2^3).

Для передачі 16 повідомлень - 4 елементарних сигнали (2^4) і так далі.

У загальному випадку N повідомлень вимагають n -елементарних сигналів:

$$N = 2^n$$

Інформаційну ємкість системи оцінюють логарифмом числа її можливих станів M :

$$C_i = \log_2 M \quad (2.1)$$

Кожному з M станів системи повинен відповідати певний сигнал, що передає інформацію про стан системи.

Оскільки повідомлень багато, то і сигналів повинно бути багато,

причому сигнали повинні відрізнятися один від одного. Сигнал поступає в лінію зв'язку, передається і перетворюється в повідомлення з інформацією, оскільки одержувачеві потрібний не сам сигнал, а інформація, яку він несе. Щоб одержувач (диспетчер або ЕОМ) дізнався про подію, що відбулася, повинно бути утворено інформаційне коло: *подія - повідомлення з інформацією - сигнал*.

2.3 Методи передачі інформації

Для передачі сигналу, що несе інформацію, необхідно використувати такий фізичний процес, який, по-перше, міг би розповсюджуватися лінією зв'язку або радіоканалом, а по-друге, змінювати свої параметри. У телемеханіці в якості передавача інформації зазвичай використовують електромагнітні коливання у вигляді змінного струму або імпульсів. Розроблені системи з використанням імпульсів світла, що випромінюються лазерами [8].

У телемеханіці під *імпульсом* розуміють короткочасну дію струму або напруги на схему чи пристрій. Імпульси постійного струму або напруги називають *відеоімпульсами*. Високочастотні коливання змінного струму, що утворюють імпульси, називають *радіоімпульсами* (рис. 2.3).

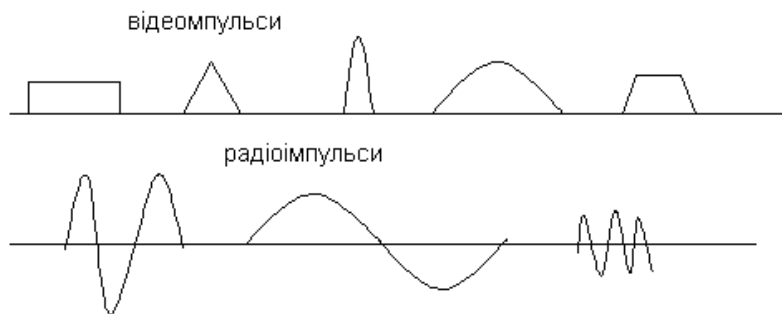


Рисунок 2.3 - Приклади форми імпульсів

Кожен імпульс характеризується *амплітудою* A і *тривалістю* τ . Під тривалістю імпульсів постійного струму розуміють інтервал часу, протягом якого миттєве значення напруги або струму перевищує $1/2$ амплітудного значення імпульсу. Під тривалістю імпульсів змінного струму розуміють інтервал часу, протягом якого огинаюча заповнюючих коливань перевищує $1/2$ амплітудного значення імпульсу [8].

використовуються для радіомовлення, а також для аматорського і професійного радіозв'язку

Кристал ІМС - мікроелектронний виріб кінцевої або проміжної форми призначений для виконання функцій електронної схеми елементи і з'єднання якого неподільно сформовані в об'ємі і (або) на поверхні матеріалу, що становить основу такого виробу незалежно від способу його виготовлення

Л

Лазер - пристрій для генерування або підсилення монохроматичного світла, створення вузького пучка світла, здатного поширюватися на великій відстані без розсіювання і створювати винятково велику густину потужності випромінювання при фокусуванні. Лазери використовуються для зв'язку (лазерний промінь може переносити набагато більше інформації, ніж радіохвиля), різання, пропалювання отворів, зварювання, спостереження за супутниками, медичних і біологічних досліджень і в хірургії

Лінія зв'язку - сукупність технічних пристроїв і фізичного середовища, що забезпечують передавання електричних сигналів одного, двох або багатьох каналів зв'язку на віддаль. Найпоширеніші електричні лінії передачі поділяють на проводові (кабельні лінії зв'язку, повітряні лінії зв'язку) та безпроводові — радіотехнічні (наприклад, лінії радіорелейного зв'язку). Крім того, є лінії зв'язку звукові (гідроакустичний зв'язок) та оптичні. Для одночасного і незалежного передавання сигналів вдаються до ущільнення лінії зв'язку

Лічильник електричної енергії - електричний вимірювальний прилад, засіб обліку спожитої електричної енергії змінного або постійного струму

Лічильник імпульсів - пристрій, виконаний на основі тригерів, логічний стан виходів якого залежить від числа імпульсів, що поступили на вхід

Лічильник - пристрій для підрахунку кількості сигналів, які надходять на його вхід. Двійкові реверсивні лічильники мають переходи у двох напрямках: в прямому (при лічбі підсумовуючих сигналів $U+$) і в зворотному (при переліку віднімальних сигналів $U-$)

Логічний елемент - це електронна схема, що реалізує певну перемикальну функцію. Логічні елементи являють собою електронні пристрої, у яких оброблювана інформація закодована у вигляді двійкових чисел, відображуваних напругою (сигналом) високого і низького рівня

Іонізуюче випромінювання - надходить із радіоактивних матеріалів, рентгенівських трубок, прискорювачів частинок і присутнє у навколишньому середовищі.

К

Калібрування - комплекс дій, що проводяться під час регулювання та періодичного підтвердження градуовальних характеристик контрольно-вимірювального приладу чи системи вимірювання спеціально для того, щоб встановити кореляцію (залежність) між показами приладу та кінцевим результатом

Канал зв'язку - в інформаційних технологіях засіб для передачі сигналів між пристроями, які розташовані на відстані один від одного

Кібернетика - наука про загальні закони одержання, зберігання, передавання й перетворення інформації у складних системах управління

Коди Хеммінга - лінійні коди, які забезпечують виявлення та корекцію помилок. Використовуються при передачі та зберіганні даних. Особливістю даного коду є використання кількох бітів контролю парності. Коди Хеммінга забезпечують виявлення двох помилок і виправлення однієї помилки

Колектор - область транзистора, призначенням якої є екстракція носіїв заряду з бази

Конденсатор зв'язку - призначений для забезпечення високочастотного зв'язку на частотах від 24 до 1500 кГц в лініях електропередачі номінальною напругою 35, 110, 150, 220, 330, 500 кВ змінного струму частотою 50 і 60 Гц

Контрольний кабель - багатожильний кабель для передачі інформації про стан, положення і режим роботи контрольованих об'єктів, доступ до яких утруднений або неможливий. На відміну від кабелю зв'язку, допускає струмове навантаження

Кон'юнкція - (операція AND) - двомісна логічна операція, що має значення «істина», якщо всі операнди мають значення «істина». Операція передбачає вживання сполучника «і» в логічних висловлюваннях

Короткі хвилі - діапазон радіохвиль з частотою від 3 МГц (довжина хвилі 100 м) до 30 МГц (довжина хвилі 10 м). Друга назва - декаметровий діапазон хвиль. Короткі хвилі відбиваються від іоносфери з малими втратами. Тому, шляхом багатократних відбивань від іоносфери і поверхні Землі, вони можуть поширюватися на великі відстані. Короткі хвилі

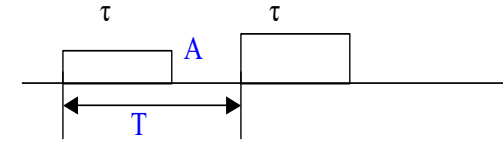


Рисунок 2.4 - **A** - амплітуда, τ – тривалість, **T** - період проходження імпульсів

Відрізнити один імпульс від іншого можна на підставі імпульсних ознак q :

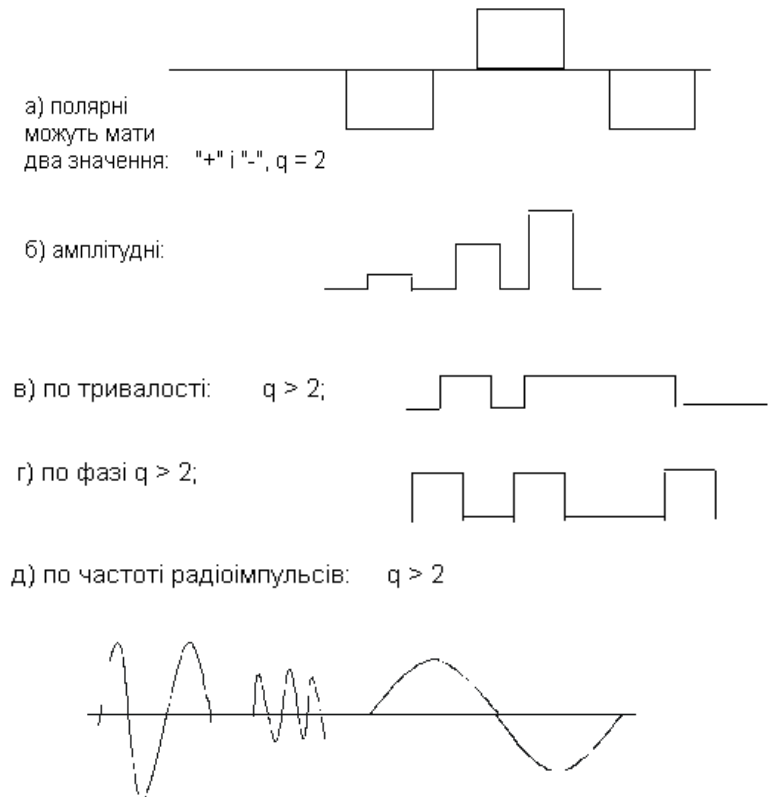


Рисунок 2.5 - Імпульсні ознаки

Теоретично їх може бути нескінченно багато, проте на практиці із-за дії перешкод важко відрізнити імпульси, що відрізняються один від

одного на малу величину за амплітудою, тому практично використовують $q = 2$, тобто імпульс є або імпульсу немає.

Послідовність імпульсів або електромагнітні коливання у вигляді змінного струму, що використовуються в телемеханіці в якості передавача інформації, є процесом, що періодично повторюється. Всякий процес, що періодично повторюється, може бути представлений таким, що складається з гармонійних коливань певних частот, які описуються рядом Фур'є [8]:

$$F(t) = A_0 + \sum A_k \cdot \cos(k \cdot \Omega \cdot t + \psi_k), \quad (2.2)$$

де A_0 - постійна складова;

A_k - амплітуда коливань k -ої гармоніки;

Ω - кутова частота $2\pi/T$ (де T - період проходження імпульсів);

ψ_k - початкова фаза k -ої гармоніки: 1,2,3.

Це означає, що послідовність імпульсів є сумою деякого значення постійного струму A_0 і нескінченного числа гармонік з амплітудами A_k і частотами $k \cdot \Omega$ з початковими фазами ψ_k .

Сукупність гармонічних складових, на які розкладений сигнал, утворюють спектр, який може бути безперервним або дискретним.

У телемеханіці частіше використовують дискретні двійкові сигнали, оскільки передача таких сигналів відтворює інформацію з більшою точністю і меншими перешкодами. Пояснюється це тим, що приймачі дискретних сигналів повинні розрізняти тільки два значення сигналу (+ і -) або (f_1 і f_2) і достатньо, щоб амплітуда такого сигналу всього в 3-5 разів перевищувала амплітуду перешкод, тоді як в телефонній розмові це перевищення повинне бути в 100-200 раз.

Повідомлення про процес передачі електричної енергії є випадковою функцією часу λ .

Якщо функція λ може приймати в задані моменти часу тільки певні значення, то її називають дискретною за множиною і часом. Сюди відносяться повідомлення телемеханіки «включено-відключено», тобто телесигналізація, а також «включити-відключити», тобто телекерування (рис. 2.6. а).

Якщо функція λ має безперервну множину значень і змінюється безперервно в часі, то її називають *безперервною по множині і часу*. Сюди відносяться повідомлення телевимірювань (рис. 2.6, б).

Первинні параметри - напруга, струм, активна і реактивна потужність, - які знімаються датчиками телемеханіки (аналогові сигнали) є безперервними, а передача інформації каналами зв'язку на пункт управління

3

Заперечення - (інверсія)- логічна операція, за допомогою якої з певного істинного висловлювання отримують нове висловлювання, яке буде хибним, і навпаки

Захисна смуга - смуга частот, що розділяє два суміжні канали частот і призначена для створення захисного інтервалу від взаємних завад

Зворотний зв'язок – зв'язок, при якому на вхід регулятора подається дійсне значення вихідної змінної, а також задане значення регульованої змінної

!

Імпульс - це вибірка частини безперервного фізичного сигналу протягом кінцевого часового інтервалу, наприклад, короткочасове посилення струму або напруги

Імпульсний сигнал - це функція часу. Характеристики поділяються на дві групи: часові і електричні. Останні ще називаються характеристиками інтенсивності

Інвертор - логічний елемент, який забезпечує інверсію (від англійського inversion - перевертання, перестановка) вхідного сигналу. На виході інвертора напруга високого рівня, коли на вході діє напруга низького рівня, або напруга низького рівня, коли на вході напруга високого рівня

Інтегральна мікросхема - мініатюрний мікроелектронний виріб, елементи якого нерозривно пов'язані конструктивно, технологічно та електрично. Виконує певні функції перетворення і має високу щільність упаковки електрично з'єднаних між собою елементів і компонентів, які є одним цілим з точки зору вимог до випробувань та експлуатації

Інтелектуальний термінал - термінал із власною пам'яттю і мікропроцесором, що надає засоби редагування і перетворення даних незалежно від роботи ЕОМ, до яких він підключений. До інтелектуальних можна віднести банківські термінали, термінали для роздрібної торгівлі і збирання інформації у промисловості та ін.

Інтерполяція - в обчислювальній математиці спосіб знаходження проміжних значень величини за наявним дискретним набором відомих значень

Інформаційна ємність - показує міру інформації випадкової величини. За визначенням, залежить лише від ймовірнісного розподілу. Чим менша ймовірність події, тим більша інформаційна ємність отриманої інформації про настання події

Диференційний підсилювач - електронний підсилювач з двома входами, вихідний сигнал якого пропорційний різниці вхідних напруг.

Дільник напруги - це пристрій, який в залежності від коефіцієнта передачі (настроюється окремо) регулює значення вихідної напруги відносно вхідної

Довгі хвилі - діапазон радіохвиль з частотою від 30 кГц (довжина хвилі 10 км) до 300 кГц (довжина хвилі 1 км). Довгі хвилі поширюються на відстані до 1—2 тис. км за рахунок дифракції на сферичній поверхні Землі. Хвилі такої довжини здатні обігнути Земну кулю

Е

Екранування - зменшення створеного зарядом електричного поля на певній віддалі від нього завдяки взаємодії з іншими зарядами. Створене електричним зарядом поле змушує інші заряди перерозподілитися в просторі навколо нього. Завдяки таким зміщенням сусідніх зарядів, поле на віддалі від початкового заряду спадає не за законом Кулона, а швидше, здебільшого за експоненціальним законом

Електричні коливання - періодичні зміни величин електричного заряду, струму, напруги, електричної й магнітної складових напруженості електромагнітного поля

Електромагнітне реле - являє собою прилад, в якому при досягненні певного значення вхідної величини вихідна величина змінюється стрибком, і призначений для застосування в колах управління, сигналізації

Електромагнітні коливання - взаємозв'язані коливання електричного і магнітного полів, складовими яких є єдине електромагнітне поле

Електромеханічне реле - являє собою електричний апарат, що складається з вимірювальної й виконавчої частин або пристроїв. При дії на вимірювальний пристрій електричної величини керування (струм, напруга й ін.) певного значення реле спрацьовує і його виконавчий пристрій, що містить контакти, комутує допоміжне коло оперативного струму, що приводить в дію електроприводи вимикачів великої потужності. Струми, що комутуються реле, звичайно не перевищують 5 А при напругах до сотень вольтів

Електронна лампа - (радіолампа) – це електровакуумний прилад який працює за рахунок управління інтенсивністю потоку електронів, що рухаються у вакуумі або розрідженому газі між електродами

здійснюється дискретними сигналами. Тому в телемеханіці виконується обробка аналогових сигналів. Такий процес називається *квантуванням*, тобто заміною безперервного повідомлення дискретним.

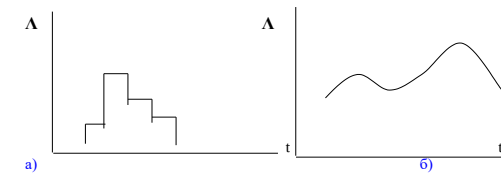


Рисунок 2.6 - Дискретна (а) і безперервна (б) функції

2.4 Обробка аналогових сигналів

Квантування за часом

Заміна безперервного повідомлення окремими значеннями, що виконується в певні моменти часу, називається *дискретизацією* або *квантуванням за часом*. Вісь часу ділиться на інтервали t . Проводять вертикальні лінії до перетину з функцією $\lambda(t)$ і визначають її значення, починаючи з λ_0 (рис. 2.7, а). Це означає, що в інтервалі T функція передаватиметься не безкінечним рядом значень, а дискретними значеннями $\lambda_0 + \lambda_5$ (рис. 2.7, б).

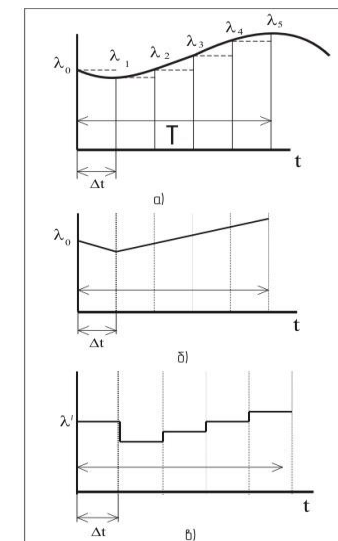


Рисунок 2.7 - Квантування безперервного повідомлення за часом

Відновити квантовану функцію λ' на приймальній стороні можна за допомогою лінійної або ступінчастої інтерполяції. Це виконується запам'ятовуваними пристроями, що зберігають значення $\lambda'(t_i)$ до появи наступного значення $\lambda(t_{i+1})$ (рис. 2.7, е).

Очевидно, що чим більше дискретних значень передається за час T , тобто чим менший крок квантування Δt , тим з більшою точністю буде відновлена на приймальному кінці функція $\lambda'(t)$, проте це підвищує вимоги до пропускної спроможності каналів зв'язку. В той же час при надмірно великому t відтворювана функція буде сильно спотворена, і це стане однією з причин похибки телевимірювань.

Крок квантування може бути визначений з теореми Котельникова [8]: *будь-яка безперервна функція, спектр якої обмежений частотою F_{MAX} , може бути повністю відновлена по її дискретних значеннях, узятих через інтервали часу t* :

$$\Delta t = \frac{1}{2\eta F_{MAX}} \quad (2.3)$$

де η - коефіцієнт, який залежить від способу інтерполяції.

Квантування за рівнем

Цей процес полягає в заміні безперервної функції її окремими значеннями, віддаленими один від одного на кінцевий інтервал G , який називають *кроком квантування*. При цьому значення функції в даний момент часу замінюється її найближчим значенням, який називають *рівнем квантування* (рис. 2.8).

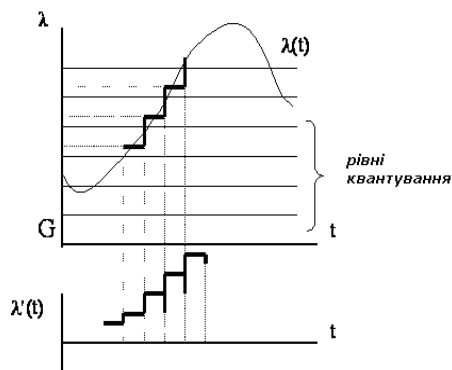


Рисунок 2.8 - Квантування безперервного повідомлення за рівнем

Дешифратор - це логічний пристрій який перетворює код числа, яке поступило на його вхід, в сигнал на одному з його виходів. Дешифратор досить важливий пристрій для електроніки цього часу, тому, що він являється складовою мікросхемотехніки і займає в ній своє місце. Дешифратор виконує зворотню функцію до шифратора і перетворює двійковий код на сигнал який виходить від одного з контактів

Диз'юнкція - (операція OR) - двомісна логічна операція, що має значення «істина», якщо хоча б один з операндів має значення «істина». Операція відображає вживання сполучника «або» в логічних висловлюваннях

Дискретний сигнал - сигнал, інформативний параметр якого може змінюватися тільки переривчасто та мати тільки скінченну кількість значень у заданому діапазоні протягом певного інтервалу часу

Диспетчерська служба - передбачений штатним розписом підприємства, організації або установи в разі потреби (виробничої, службової тощо) підрозділ, який здійснює цілодобове чергування силами однієї або декількох осіб

Диспетчерське управління - процес управління діяльністю з виробництва, передачі та постачання електричної енергії з метою забезпечення надійної роботи енергосистеми, ведення режиму навантаження енергетичної системи згідно з вимогами нормативно-технічних документів

Диспетчерський пункт - центр системи диспетчерського управління, де зосереджується інформація про стан енергопостачання. До складу д.п. входять: операторська (зал чергувань, кабінет), де знаходиться робоче місце диспетчера; апаратна з допоміжним устаткуванням; контрольно-ремонтна майстерня з черговим персоналом, обслуговуючим устаткування д.п.; допоміжні приміщення. На д.п. енергосистеми основне значення мають автоматична сигналізація і виміри, що вимагають безперервного спостереження; це обумовлює розміщення відповідних пристроїв і приладів на диспетчерському щиті перед диспетчерським пультом

Диспетчерський щит - пристрій для оперативного візуального контролю і автоматичної реєстрації інформації про стан об'єктів, що входять в систему диспетчерського управління. Встановлюється в диспетчерських пунктах енергетичних систем, промислових підприємств і ін.

Диференціальна перешкода - перешкода, яка з'являється на нейтралі

Генератор тактових імпульсів - генерує електричні імпульси заданої частоти (зазвичай прямокутної форми) для синхронізації різних процесів в цифрових пристроях — ЕОМ, електронних годинниках і таймерах, в мікропроцесорній та іншій цифровій техніці. Тактові імпульси часто використовуються як еталонна частота — рахуючи їх кількість, можна, наприклад, вимірювати часові інтервали. Частота тактових імпульсів визначає швидкість обчислень

Гібридна технологія - технологія гібридних інтегральних мікросхем базується на використанні товстих і тонких плівок, нанесених на керамічну підставу. Плівки виготовляються із спеціальних паст. Пасивні елементи формуються в плівці, а активні у вигляді мініатюрних безкорпусних напівпровідникових приладів розміщуються над плівкою і з'єднуються з плівковими елементами подовжніми виводами

Грозозахисний трос - тросовий громовідвід - заземлений дріт у повітряних лініях електропередач, який слугує для захисту струмопровідних проводів від прямих ударів блискавки. Він підвішується над струмопровідними проводами й заземляється при кожній опорі

Д

Датчик Холла - це пристрій, заснований на принципі гальваноманітного явища. Ефект Холла - явище, при якому виникає поперечна різниця потенціалів під час розміщення провідника з постійним струмом у магнітному полі

Двійковий лічильник - реалізують лічбу вхідних імпульсів у двійковій системі числення

Двійковий сигнал - сигнал, параметри якого можуть приймати тільки одне з двох можливих значень

Демодуляція - процес, зворотний модуляції, тобто виділення НЧ модулюючого сигналу з модульованих ВЧ коливань (наприклад, виділення коливань звукової частоти або сигналів зображення).

Десятковий код - спосіб представлення десяткового числа, у якому кожній цифрі відповідає певна послідовність двійкових розрядів

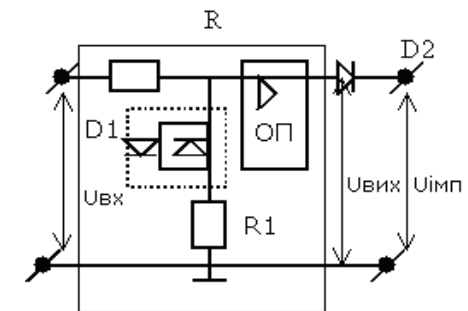
Десятковий лічильник - двійково-десяткові лічильники реалізують лічбу імпульсів у десятковій системі числення, причому кожна десяткова цифра від нуля до дев'яти кодується чотирирозрядним двійковим кодом (тетрадою). Ці лічильники часто називають десятковими або декадними, оскільки вони працюють з модулем лічби, кратним десяти (10, 100, 1000 і т.д.)

По осі ординат відкладається величина заздалегідь вибраного кроку квантування G і проводяться лінії, паралельні осі часу t , що позначають рівні квантування. Перехід з одного рівня на інший відбувається, коли значення функції λ знаходиться в середині інтервалу квантування. Максимальна помилка квантування $\Delta = \pm G/2$. Крок квантування може бути змінним. Так, наприклад, якщо при вимірюванні бажано отримати рівномірну шкалу напруги або струму, то крок квантування із зростанням амплітуди зменшують. Квантована функція може бути відновлена на прийнятній стороні шляхом ступінчастої або лінійної інтерполяції.

Принцип дії аналого-цифрового перетворювача

Перетворення вимірюваних датчиками синусоїдних (аналогових) величин напруги $U(t)$, струму $I(t)$ і ін. в послідовність імпульсів проводиться за допомогою вимірювальних перетворювачів: часоімпульсних (ЧІП), частотно-імпульсних, аналогово-цифрових (АЦП) і ін.

В якості прикладу спочатку розглянемо принцип дії часоімпульсного перетворювача (ЧІП), схема якого представлена на рис. 2.9 [7]. До складу його входить *компаратор* – пристрій, що дозволяє порівняти два струми або напругу ($U_{вх}$ - вхідна і $U_{ет}$ - еталонна) і визначити знак різниці між ними. Основний елемент компаратора - *операційний підсилювач (ОП)*.



Компаратор з операційним підсилювачем

Рисунок 2.9 - Схема часоімпульсного перетворювача

Компаратор фіксує переходи миттєвою напругою $U_{вх} = U_0 \cdot \sin(2\pi f + \psi)$ через нульові значення, а діод **D2** на його виході пропускає тільки позитивні імпульси напруги $U_{імп}$:

D1- діоди, що захищають **ОП** від перевантаження;

R - вхідний опір підсилювача;

R1- струмообмежувальний опір.

Таким чином, синусоїдна вхідна напруга сигналу заміщується на послідовність імпульсів постійного струму прямокутної форми, а його інформаційні параметри - амплітуда, фаза, частота - перетворюються в єдиний інформаційний параметр - тривалість імпульсу τ (рис. 2.10).

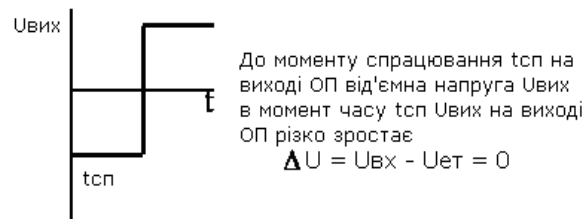


Рисунок 2.10 - Перетворення синусоїдної напруги в послідовність імпульсів

У системах телевимірювання перетворення безперервної (аналогової) вимірюваної величини в цифровий еквівалент - код виконується аналого-цифровими перетворювачами (**АЦП**). Розглянемо принцип дії **АЦП**, в схему якого включений **ЧІП** [7, 8]. У даній схемі вимірювана напруга перетворюється в допоміжний параметр - часовий інтервал τ ; він, у свою чергу, перетворюється в деяку кількість імпульсів, яка далі кодується (рис. 2.11).

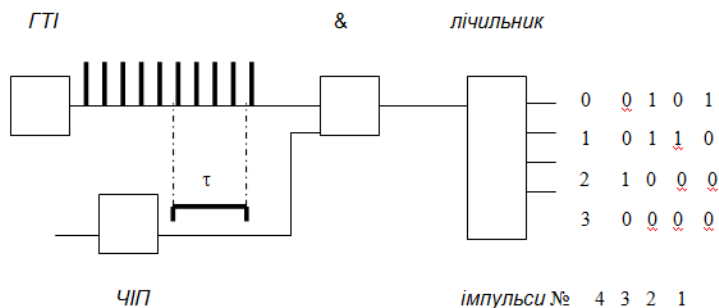


Рисунок 2.11 - Перетворення синусоїдальної напруги в двійковий код за допомогою аналогово-цифрового перетворювача

Елемент **&(І)** відкривається на τ - час тривалості імпульсу, що знімається з виходу **ЧІП**. За цей час з генератора тактових імпульсів **ГТІ** проходить певне число імпульсів, що поступають на вхід лічильника імпульсів, виконаного на тригерах, і у вигляді двійкового коду знімається з його виходів:

Високочастотні загороджувачі підвішують на одноколових, двоколових гірляндах на траверсах порталів або встановлюють на колонці конденсатора зв'язку або шинної опори

Вита пара - це кабель, який має дві або чотири кручених пари проводів. Кабелі на основі вита пара являють собою кілька пар скручених попарно ізольованих мідних проводів у єдиній діелектричній (пластиковій) оболонці. Він достатньо гнучкий і зручний для прокладки. Скручування проводів дозволяє звести до мінімуму індуктивні наведення кабелів один на одного і знизити вплив перехідних процесів

Відеоімпульс - електричний імпульс прямокутної, трапецевидної, експоненціальної, дзвоноподібної або ін. форми (переважно однієї полярності). Використовують в телебаченні, обчислювальній техніці, автоматичі і ін.

Відеопідсилювач - широкопasmовий ламповий або напівпровідниковий підсилювач, який використовується в телевізійних, радіолокаційних, осцилографічних і ін. пристроях для підсилення відеосигналів перед подачею їх на електроннопроменеву трубку або цифровий монітор

Волоконно-оптична лінія - це волоконно-оптична система, яка складається з пасивних та активних елементів і призначена для передачі інформації у оптичному діапазоні

Вузькосмуговий підсилювач - підсилює сигнали в дуже вузькій смузі частот, яка може бути обрана в будь-якій ділянці частотного спектру. За межами цієї ділянки підсилення пристрою близьке до нуля. Вузькосмугові підсилювачі відрізняються від широкопasmових величиною смуги частот, що підлягає підсиленню. Тому при однакових значеннях коефіцієнта g вузькосмуговий підсилювач має більш високий коефіцієнт посилення на каскад, ніж широкопasmовий

Г

Гальванічна розв'язка - принцип ізоляції діючих частин електричних систем для запобігання протіканню між ними електричного струму; не допускається ніякий металічний контакт. Гальванічна розв'язка використовується, коли два або більше електричних кіл повинні обмінюватися інформацією, але їхні «землі» можуть бути під різними потенціалами. Це є ефективним методом боротьби з небажаними паразитними сигналами, які проникають через спільні ділянки «земляного» провідника. Гальванічна розв'язка використовується також для безпеки, запобігаючи враженню людей електричним струмом

Асинхронний лічильник - асинхронні підсумовуючі лічильники на двоступеневих Т-тригерах будуються так, щоб вхідні імпульси **U**+ надходили на лічильний вхід тільки першого (молодшого) розряду. Сигнали перенесення передаються асинхронно (послідовно в часі) з прямих виходів молодших розрядів на Т-входи сусідніх старших

Асинхронний режим - асинхронним режим називається тому, що кожен байт може бути трохи зміщений у часі щодо побітових тактів попереднього байта. Така асинхронність передачі байт не впливає на коректність прийнятих даних, тому що на початку кожного байта відбувається додаткова синхронізація приймача з джерелом за рахунок бітів "старт"

Б

База - область транзистора, в яку інжектуються емітером неосновні для цієї області носії заряду

Байт - одиниця виміру обсягу даних, найменша адресована одиниця пам'яті ЕОМ (містить 8 бітів)

Біполярний транзистор - напівпровідниковий елемент електронних схем, із трьома електродами, один з яких служить для керування струмом між двома іншими.

Біт - мінімальна одиниця кількості інформації, яка дорівнює одному двійковому розряду, який може бути рівним одному з двох значень/станів (0 або 1), що використовуються для представлення даних у двійковій системі числення. Англійською двійковий знак звучить як binary digit - скорочено виходить bit (біт)

В

Виклик об'єкта - передача на відстань команд на підключення пристроїв телемеханіки контролюваного об'єкта до каналу зв'язку

Високочастотний загороджувач - призначений для обмеження зони розповсюдження струмів високої частоти, тобто для зменшення витoku струмів високої частоти каналів зв'язку лінією електропередачі в сторону протилежну напрямку до кореспондента. Являє собою високочастотний загороджувальний фільтр і складається з силового реактора і елемента настройки. Реактор розрахований на тривале проходження по ньому робочого струму лінії і короткочасне - струмів короткого замикання. Елемент настройки включається паралельно реактору і служить для того, щоб підвищити опір загороджувача на певній частоті або смузі частот.

1-й імпульс $\rightarrow 2^0 \rightarrow 0\ 0\ 0\ 1$ - тобто одиниця;
2-й імпульс $\rightarrow 2^1 \rightarrow 0\ 0\ 1\ 0$ - тобто два;
3-й імпульс $\rightarrow 2^2 \rightarrow 0\ 0\ 1\ 1$ - тобто три;
4-й імпульс $\rightarrow 2^3 \rightarrow 0\ 1\ 0\ 0$ - тобто чотири;
і так далі.

Перетворення можуть виконуватися по арккосинусній, логарифмічній і інших залежностях (тоді в схему вводяться конденсатори). Якщо виконується перетворення з інтегруванням, то в схеми перетворювачів вводять мультівібратори (для перетворення частот), логічні елементи, регістри, реверсивні лічильники.

Перетворення амплітуди, фази, частоти синусоїдальних струмів і напруги проводиться на основі випрямлення, запам'ятовування миттєвих значень, інтеграції протягом часу, пропорційного фазі синусоїдної електричної величини і тривалості періоду її зміни. Вимірювальні перетворювачі містять випрямлячі (діоди), транзистори, операційні підсилювачі, датчики Хола і ін. і є складними пристроями [7, 8, 9].

2.5 Кодування повідомлень

Види кодів

Після того, як безперервне повідомлення за допомогою квантування перетворене в дискретне повідомлення, його необхідно передати каналом зв'язку. При цьому передача повинна здійснюватися без спотворень або з мінімальними спотвореннями. Перетворення дискретного повідомлення в дискретний сигнал, що здійснюється за певним правилом, називається *кодуванням*.

Код - це сукупність умовних сигналів, що позначають дискретні повідомлення. У телемеханіці, в основному, застосовуються двійкові (бінарні) коди, тобто поєднання імпульсів з імпульсною ознакою $q = 2$ (**0** і **1**). При цьому **0** і **1** можуть бути представлені по-різному: наприклад, **1** може бути передана наявністю імпульсу, а **0** - відсутністю або **1** - імпульсом і тривалістю τ , а **0** - з тривалістю τ_1 (див. табл. 2.1).

Для практичного здійснення передачі команди потрібно передавати відео- або радіоімпульси, що відрізняються один від одного так, щоб на приймальному кінці їх можна було розрізнити і направити до своїх об'єктів. При малому числі команд можна було скористатися десятковою системою, коли число імпульсних ознак $q=10$, тоді, наприклад, **1** можна передавати імпульсом , **2** -  комбінацію **121** -

 і так далі (рис. 2.12).

Таблиця 2.1 - Імпульсні ознаки, що використовуються для передачі двійкових кодів

	Амплітудні			Широтні			Полярні	Частотні		Фазові
1										
0										

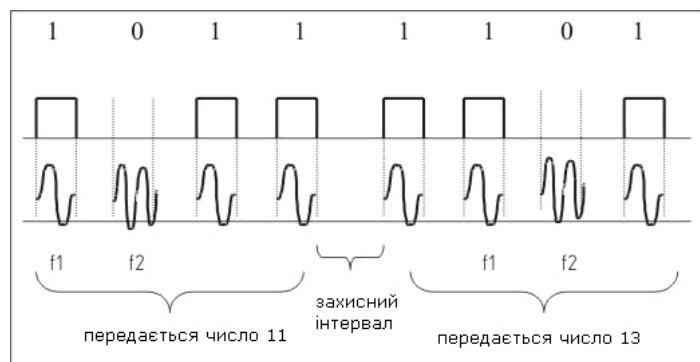


Рисунок 2.12 - Передача кодових комбінацій 1011 і 1101

Проте в цьому випадку кількість імпульсних ознак виходить дуже великою, крім того, на кожен імпульс ще накладатимуться перешкоди, і це може привести до спотворення команди.

Двійковий код, що містить 0 і 1, значно збільшує надійність передачі, хоча довжина кодового слова при цьому збільшується в порівнянні з десятиковим кодом [8].

Схемна реалізація операцій з двійковими кодами виконується за допомогою пристроїв релейної дії, що володіють двома стійкими станами (відповідно 0 і 1): електромеханічні реле, тригери, магнітні елементи з прямокутною петлею гістерезису і ін. Якщо кодові комбінації відрізняються один від одного тільки в одному розряді, то такі коди називають *незавадо-захищеними*.

Найбільшого поширення набув двійково-десятковий код, де кожен розряд десятикового числа записується у вигляді комбінації двійкової коди, наприклад: число 9 відповідає 1001, число 3 відповідає 0011, тоді 399 відповідає 0011 1001 1001.

СЛОВНИК СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ І ВИЗНАЧЕНЬ

А

Абсолютне значення - в математиці величина, значення або число незалежно від знака

Аварійний режим - режим роботи енергетичної системи при виникненні аварій або при не припустимому відхиленні показників якості енергії в енергосистемі в цілому або в частині її

Автоматизована система диспетчерського управління - це територіально розподілена багаторівнева інформаційно-вимірювальна централізована система реального часу і призначена для контролю та управління технологічними процесами та обладнанням на об'єктах електропостачання промислових підприємств і міських електричних мереж. Система може виконувати функції технічного обліку електроенергії

Адаптер - пристрій, який з'єднує між собою інші пристрої з різними способами подання даних, узгоджуючи ці способи шляхом використання відповідних програмних і технічних засобів. Електричний адаптер - пристрій створений для конвертування напруги й сили електричного струму у потрібну величину

Алгебра логіки - (Булева логіка, двійкова логіка, двійкова алгебра) — розділ математичної логіки, що вивчає систему логічних операцій над висловлюваннями, тобто, представлення логіки у вигляді алгебраїчної структури

Амплітуда - максимальне миттєве значення імпульсу напруги

Амплітудна маніпуляція - зміна сигналу, за якої стрибкоподібно змінюється амплітуда несучого коливання

Амплітудна модуляція - при якій змінюваним параметром сигналу-носія є амплітуда його коливань

Амплітудне значення - найбільше значення струму чи напруги

Аналогова схема - інтегральна мікросхема, вхідні і вихідні сигнали якої змінюються за законом безперервної функції (тобто є аналоговими сигналами) і призначена для обробки аналогових сигналів

Аналоговий сигнал - сигнал, інформаційний параметр якого змінюється безперервно

Апарат телемеханіки - пристрій, що виконує допоміжну самостійну функцію (перетворення, підсилення, підсумовування і т. д.) та представляє єдину конструкцію

14. Пшеничников А.М., Портнов М.Л. Телемеханічні системи на інтегральних мікросхемах. - К.: Енергія, 2007.
15. Митюшкін К.Г. Телеконтроль і телеуправління в енергосистемах. - К.: Вид-во «Ліра-К», 2010
16. Основні положення створення і розвитку автоматизованих систем управління і інформаційно-обчислювальної мережі ВАТ "Тернопільобленерго". - Тернопіль: Тернопільобленерго, 2009
17. Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання контрольної роботи з курсу «Автоматизовані системи диспетчерського управління» (для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня магістр усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електротехнічні системи електроспоживання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070103 – Електротехнічні системи електро-споживання) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. М. Охріменко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 24 с.
18. Сучасні засоби телемеханіки, організація робочих місць і щитів управління. Інформаційні матеріали 4 міжнародного науково-технічного семінару-виставки 18-22 березня 2002 р. - К.: ЕНАС, 2002.
19. Волоконно-оптичні кабелі. - К.: ЗАО "Трансвок", 2002.
20. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Телемеханіка і автоматичні системи керування" – КДТУ, 2001 р. – 102 с..
21. Schneider Automation Club, № 7, 1999.
22. Назаров А.В. і ін. Сучасна телеметрія в теорії і практиці. Навчальний курс. – Київ: «Наука і техніка», 2007
23. Сегеда М.С., Гапанович В.Г., Олійник В.П., Покровський К.Б. Проектування структурних схем електростанцій і підстанцій. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010
24. Комплекс дистанційного керування технологічними процесами «Стріла-М» на основі ПЕОМ. Технічний опис та інструкція з експлуатації.– Тернопіль, 2010
25. Опис програми «Енергія» – Тернопіль, 2011
26. Оробчук Б.Я. Лабораторний практикум з дисципліни «Системи диспетчеризації в електроенергетиці» для студентів спеціальності 141-«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ Б.Я. Оробчук – м. Тернопіль : ТНТУ, 2024 – 90 с.

Існують інші види кодів:

а) *одиначно-десятковий*, коли кожному десятковому числу присвоюється певна кількість одиниць (до 10). Кодова комбінація при цьому виходить довгою, наприклад, число 234;

б) *число-імпульсний код (одиначний код)*. Кодові комбінації, як і у попередньому випадку, відрізняються один від одного кількістю одиниць;

в) *код Морзе*, вперше застосований в 1844 р. У ньому кожен символ представляється набором крапок і тире:

- - передається як одиниця одним імпульсом;
- - передається 3-а одиницями без інтервалів;
- інтервал означає 0, наприклад, сигнал SOS.

Цифри при цьому виходять довгі, наприклад, число 5: 101 ⇔ 101 ⇔ 101, тобто 101010101.

г) *п'ятирозрядний код Бодо*, в якому цифри передаються так само, як букви:

- А і 1 ⇒ 10000
- Б і 6 ⇒ 00110
- В і 13 ⇒ 01101
- Г і 10 ⇒ 01010

д) *міжнародний телеграфний код* (аналогічний коду Бодо):

- А ⇒ 00011 як 3 і так далі
- Б ⇒ 11001
- В ⇒ 10011
- Г ⇒ 11010

е) *код Грея*. У ньому менше перетворень, в складних схемах при цьому проводиться менше комутацій, струм змінюється рідше, отже, можливо менше перешкод (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Код Грея

десятковий	двійковий	код Грея
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0011
5	0101	0111
6	0110	0101

числа міняються в 2-х розрядах
в 3-х розрядах
число міняється тільки в одному розряді

Розглянуті коди є незавадозахищеними, оскільки одна комбінація від іншої відрізняється всього в одному розряді:

$2 \Rightarrow 0010$

$3 \Rightarrow 0011$.

Якщо перешкода спотворить першу комбінацію, то буде прийнято сигнал, наприклад, 0011 замість 0010, і не ясно, прийнята спотвореною 1-а кодова комбінація, чи то 2-а кодова комбінація прийшла неспотвореною, визначити це важко.

Для подолання подібних труднощів застосовують *завадозахищені або коректуючі коди*. Вони діляться на 2 групи:

- 1) коди з виявленням помилок,
- 2) коди з виявленням і виправленням помилок.

Ці коди дозволяють виявити помилки в кодових комбінаціях.

Код з перевіркою на парність

Такий код утворюється шляхом додавання до переданої комбінації символів одного контрольного символу (0 або 1) так, щоб загальне число одиниць в переданій комбінації було парним:



На приймальному кінці проводиться перевірка на парність [7,8]. У прийнятих комбінаціях підраховується кількість одиниць, і якщо вона парна, вважають, що спотворень не було. Тоді останній (контрольний) символ відкидають і записують початкову комбінацію. Такий код може виявити помилки, кратні 3, 5 і так далі, але парну кількість помилок виявити не може, і тоді передача сигналу може відбуватися з сильними спотвореннями.

За таким же принципом може бути побудований код з перевіркою на непарність. Перевірка кодів здійснюється лічильниками, виконаних на тригерах.

В принципі місце розташування контрольних символів не має значення: їх можна записувати і після інформаційних символів, і перед ними, і чергуючи інформаційні символи з контрольними. Проте довільне розташування контрольних символів утрудняє перевірку прийнятого коду. Широкого поширення набув код *Хеммінга*, що дозволяє виявити і

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Охріменко В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматизовані системи диспетчерського управління» (для студентів спеціальностей 7.05070103, 8.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання (за видами) і слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання) / В. М. Охріменко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова.– Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015.–138 с.
2. Правила улаштування електроустановок. – 5-те видання, перероб. й доповн. – Харків: Видавництво «Форт», 2014. – 800 с.
3. Автоматизація диспетчерського управління в електроенергетиці / Під ред. Ю.М. Руденко, В.А. Семенова. - М.: MEI, 2000.
4. Черемісін М.М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електро-споживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. – Харків: Факт, 2005.
5. Праховник А.В. Сучасні принципи побудови АСКОВЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОВЕ споживачів в умовах енергоринку України /А. В. Праховник, О.В. Коцар // Енергетика та електрифікація. – 2006.– № 4. – С. 2–7.
6. Промислові мережі: теорія і практика застосування протоколів та інтерфейсів: навч. посібник / І.Г. Лисаченко [та ін.]; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. - Харків : Підручник НТУ «ХПІ», 2016. - 176 с.
7. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навч. посібник / Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
8. Телемеханіка та автоматизовані системи управління в електроенергетиці: навч. посіб. / [Плешков П.Г., Серебренніков С.В., Петрова К.Г.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. тех. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2016. – 163 с. ISBN 978-966-402-076-0.
9. Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков "Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум". За ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003 – 368 с.
10. Білоус Б.П. Засоби зв'язку диспетчерського і технологічного управління енергосистем. - К.: Енергія, 2008.
11. Ішкін В.Х. Волоконно-оптичні системи зв'язку. Ч.1, 2. Бібліотечка електротехніка. Вип. 5. - К.: Енергетик, 2000.
12. Шмурьєв В.Я. Цифрові реле захисту. Бібліотечка електротехніка. Вип. 1(4). - К.: Енергетик, 2009.
13. Концепція розвитку, реконструкції і технічного переобладнання електричних мереж Української енергосистеми на 2001-2010 роки. - Київ: Укренерго, 2000 р.

ні: приймання інформації від пристроїв **КП** і нижчестоячих **ЦППС**, ретрансляція даних на верхній рівень, управління щитом і обмін інформацією з **ОІУК**, формування команд телекерування.

На рис. 9.5 показана узагальнена структура мікропроцесорних телекомплексів, тут: **ЦБ** – центральний блок управління; **МП** – модуль мікропроцесора; **ОЗП, ППЗП** – модулі оперативної і перепрограмованої постійної пам'яті [15].

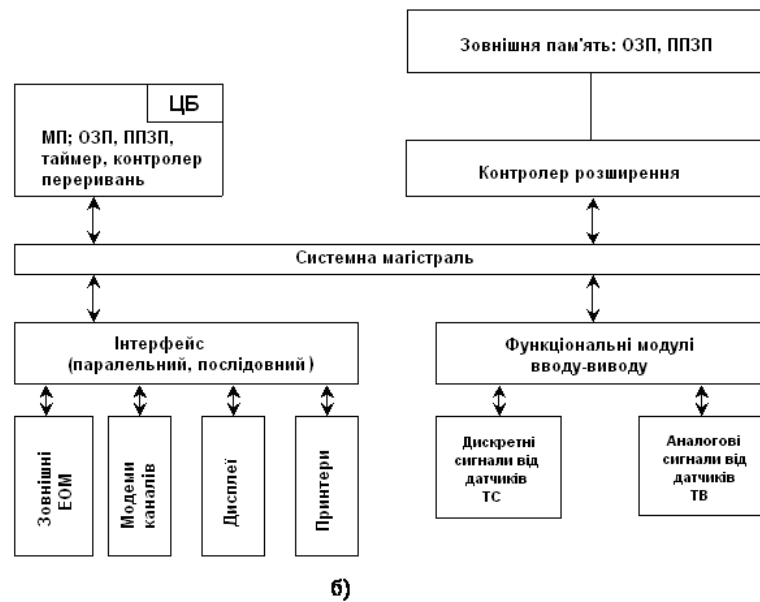
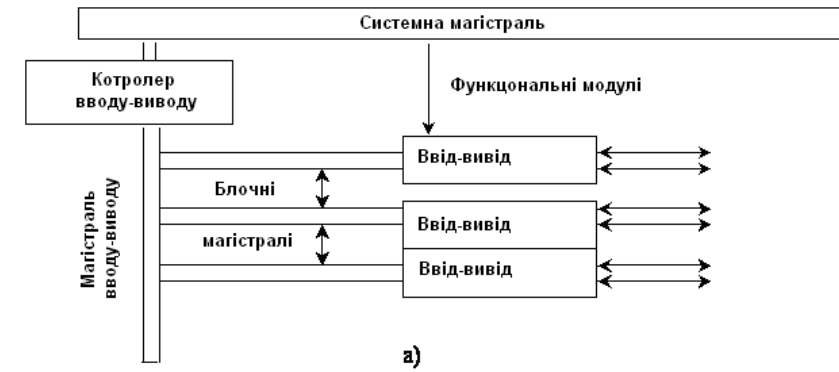


Рисунок 9.5 - Узагальнена структура мікропроцесорних телекомплексів: а) з вторинними (блоковими) магістралями вводу-виводу; б) з єдиною системою магістраллю

виправити помилки. Контрольні символи в ньому розміщують на місцях, кратних 2^n , тобто $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4$ і так далі, а саме в позиціях **1, 2, 4, 8, 16...** Який з символів повинен стояти на контрольній позиції (**0** або **1**), визначають за допомогою перевірки на парність.

Розглянемо приклад кодової комбінації, що містить 4 інформаційних символи **1011**. Для її захисту необхідно розставити контрольні символи в позиціях **1, 2, 4**. Позначимо інформаційні символи I_1, I_2, I_3, I_4 , а контрольні символи K_1, K_2, K_3 . Тоді кодова комбінація матиме вид [7, 8]:

$$K_1 K_2 K_3 I_4 I_3 I_2 I_1 \text{ або } 1010101 \quad (2.4)$$

На приймальному кінці для перевірки правильності прийнятої кодової комбінації використовують метод перевірки на парність. Якщо сигнал пройшов без спотворень, то сума одиниць в прийнятій кодовій комбінації дасть 0, оскільки відповідно до функції нерівнозначності:

$$1 \oplus 1 = 0 \quad 1 \oplus 0 = 1 \quad 0 \oplus 0 = 0 \quad 0 \oplus 1 = 1 \quad (2.5)$$

Число перевірок дорівнює числу контрольних символів. У кожній перевірці бере участь тільки один контрольний символ. Підсумовуються символи, що стоять в позиціях **1, 3, 5, 7**, потім - **2, 3, 6, 7**, далі - **4, 5, 6, 7**. Відповідно до (4) і (5) це:

$$\begin{aligned} K_1 + I_4 + I_3 + I_1 &= 0 \\ K_2 + I_4 + I_2 + I_1 &= 0 \\ K_3 + I_3 + I_2 + I_1 &= 0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Якщо сигнал пройшов із спотвореннями, то при перевірці сума одиниць дасть **1**. За результатом підсумовування кожною з перевірок складається двійкове число, яке вказує місце спотворення. Наприклад, 1-а і 2-а перевірки показали наявність спотворення, тобто в результаті підсумовування отримали одиниці, а підсумовування за 3-ю перевірку дало **0**. Починаючи з останньої перевірки, записуємо двійкове число **011**. Це відповідає **3** і означає, що в 3-му символі кодової комбінації, включаючи контрольні символи, виникло спотворення, значить, цей символ потрібно інвертувати, тобто виправити на протилежний: **0** на **1**, або **1** на **0**. Після цього контрольні символи, що стоять на заздалегідь відомих місцях, відкидають. Функціональні вузли, що використовуються в телемеханіці для перетворення кодових комбінацій, називаються *кодоперетворювачами*. Це складні пристрої, що складаються з великого числа логічних елементів **І, АБО, НІ, АБО-НІ, І-НІ** і ін., виконані на інтегральних мікросхемах. До кодоперетворювачів можна також віднести шифратори, дешифратори, лічильники.

Лекція № 3. Впровадження в електроенергетичні процеси автоматизованих системах диспетчерського керування методів модуляції

3.1 Основні визначення

При передачі даних телевимірювань стоїть завдання передачі відомостей про безперервний процес за допомогою безперервних повідомлень. В цьому випадку сигнали, що передають такі повідомлення, також повинні бути безперервними.

Для утворення безперервних сигналів застосовують спеціальні прийоми, що називаються модуляцією. *Модуляція* – це утворення сигналу шляхом зміни параметрів носія інформації під впливом повідомлення.

Передавачем можуть бути гармонійні коливання $U = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \psi_0)$, у яких можуть бути змінені амплітуда, частота і фаза. Відповідно говорять про амплітудну, частотну і фазову модуляцію. Носієм інформації можуть також бути імпульсні коливання:

$$U(t) = \sum U_1(t - t_0 - j \cdot T_0) \quad (3.1)$$

де $U_1(t)$ – функція, що описує форму одиночного імпульсу;

t_0 – початкова фаза;

T_0 – період проходження j -ї кількості імпульсів.

Можливі амплітудно-імпульсна, фазоімпульсна і частотно-імпульсна модуляції.

3.2 Застосування аналогової модуляції в АСДК

Амплітудна модуляція

Як амплітудна (**АМ**), так і частотна модуляція (**ЧМ**), застосовуються для передачі телевимірювань і звукових сигналів (рис. 3.1)

Основною частиною схеми є нелінійний елемент, вольт-амперна характеристика якого може бути представлена поліномом n -ого ступеня. Для спрощення обмежимося 2-м ступенем:

$$i = a_0 + a_1 U + a_2 U^2 \quad (3.2)$$

Якщо на схему, що містить нелінійний елемент, впливати одночасно двома коливаннями, то виникають нові коливання з новими частотами і струм в нелінійній системі буде [8]:

$$i = a_0 + a_1 U_{\omega} \cos \omega t + a_1 U_{\Omega} \cos \Omega t + a_2 U_{\omega}^2 / 2 + (a_2 U_{\omega}^2 / 2) \cos 2\omega t + a_2 U_{\omega} U_{\Omega} \cos(\omega + \Omega)t + a_2 U_{\Omega}^2 / 2 + (a_2 U_{\Omega}^2 / 2) \cos 2\Omega t + a_2 U_{\omega} U_{\Omega} \cos(\omega - \Omega)t \quad (3.3)$$

воляють встановлювати блоки зв'язку з різними технологічними об'єктами, забезпечуючи збір інформації, попередню обробку даних і їх передачу на верхній рівень. Технічні характеристики їх різноманітні і постійно удосконалюються. Багато контролерів мають **ППЗП** і **ОЗП** 128-256 *Кбайт* і вище; *Flash*-пам'ять ємністю від 64 до 256 *Кбайт*; вбудований годинник реального часу; канал *RS-232* для підключення до **ЕОМ**; дистанційну діагностику апаратних засобів і ліній передачі інформації; світлодіодну індикацію роботи пристроїв; пульт з рідкокристалічним дисплеєм для локального контролю і управління.

У енергосистемі України застосовується велика кількість **ПК** вітчизняного і зарубіжного виробництва: "Міконт", "Віконт", "Сателіт", Hitachi, АВВ і ін. [20, 21, 23].

9.4 Структура мікропроцесорних телекомплексів в автоматизованих системах диспетчерського керування

Принципова відмінність мікропроцесорних систем від традиційних систем телемеханіки попереднього покоління (на інтегральних мікросхемах низького і середнього рівня інтеграції) полягає в тому, що функції і параметри мікропроцесорних систем задаються програмними засобами при незмінній електричній схемі і конструкції пристроїв. Програмним шляхом реалізуються алгоритми передачі інформації, забезпечуючи ефективно використання каналів зв'язку. Ці алгоритми реалізуються на **КП** при обробці параметрів **ТВ** і **ТС** і на рівні **ПУ** при прийомі інформації оперативно-інформаційним управляючим комплексом (**ОІУК**) і ретрансляції її частини на вищестоящі рівні управління.

Мікропроцесорні телекомплекси дозволяють реалізовувати значно ширші функції із збору, передачі і обробки телеінформації, ніж традиційні телемеханічні системи. Завдяки застосуванню програмованих мікропроцесорних елементів пристрої **КП** набувають властивостей інтелектуальних терміналів, які займають канал передачею інформації тільки при необхідності: зміна стану (**ТС**), порушення заданих меж зміни **ТВ** і так далі.

Мікропроцесорний телекомплекс (МТК), як і будь-яка система телемеханіки, складається з пристроїв, розташованих в пунктах управління (**ПУ**) і на об'єктах контролю і управління (**КП**). Основним пристроєм **ПУ** є центральна приймально-передаюча станція (**ЦППС**), до якої сходяться канали зв'язку від всіх **КП** телекомплексу, на яких розташовані периферійні термінали системи. В основному, **ЦППС** розробляються на базі універсальних персональних **ЕОМ**, але це можуть бути і спеціалізовані пристрої, що входять до складу телекомплексів [20].

Незалежно від виконання, функції, що виконуються **ЦППС**, наступ-

CPU) містить повний набір пристроїв, що дозволяють обробляти цифрову інформацію. Проте, зазвичай такі **МП** не мають постійного запам'ятовуючого пристрою (**ПЗП, ROM**), що дозволяє зберігати команди.

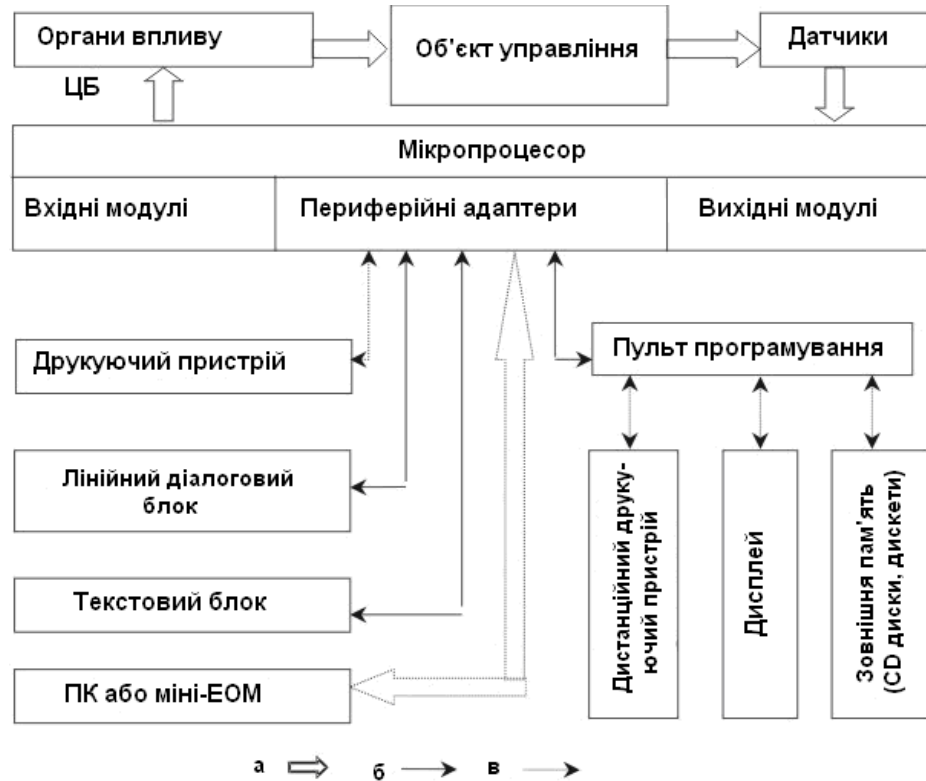


Рисунок 9.4 - Узагальнена структурна схема програмованого контролера, його оточення і зв'язки [19]:
а – постійні; б – тимчасові; в – можливі

Існує ще один клас мікропроцесорних схем, призначених для виконання обмежених функцій управління певними видами пристроїв, які називають *мікроконтролерами (МК, MCU, CCU)* або просто *контролерами*.

Контролери можуть бути універсального призначення або розробленими для управління конкретними пристроями з цифровою обробкою інформації, що поступає.

Номенклатура контролерів, що використовуються в енергетиці і інших областях, обширна. Багато з них мають модульну архітектуру і доз-

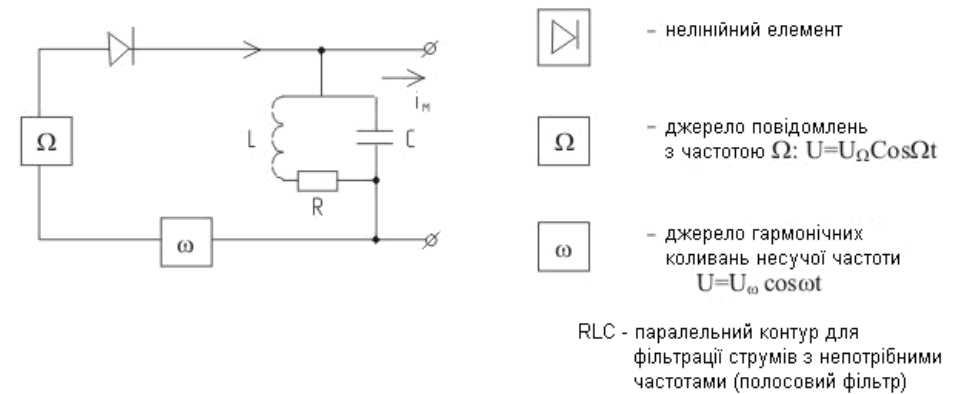


Рисунок 3.1 - Принцип роботи модулятора

Колівання з частотами $(\omega + \Omega)$ і $(\omega - \Omega)$ є результатом взаємодії початкових коливань і називаються *результуючими струмами бічних частот*. Зі всіх складових струму i на виході нелінійного елемента корисними є тільки ці струми, оскільки вони переносять початковий сигнал в необхідний спектр частот (рис. 3.2). Решта складових є паразитними продуктами перетворення і передача їх на приймальну станцію недоцільна. Їх уловлюють в резонансному контурі або смуговому фільтрі, і тоді модульований струм i_m на виході складатиметься тільки з коливань несучої частоти ω і двох бічних частот:

$$i_m = I_0 \cos \omega t + k I_0 \cos(\omega - \Omega)t + k I_0 \cos(\omega + \Omega)t. \quad (3.4)$$

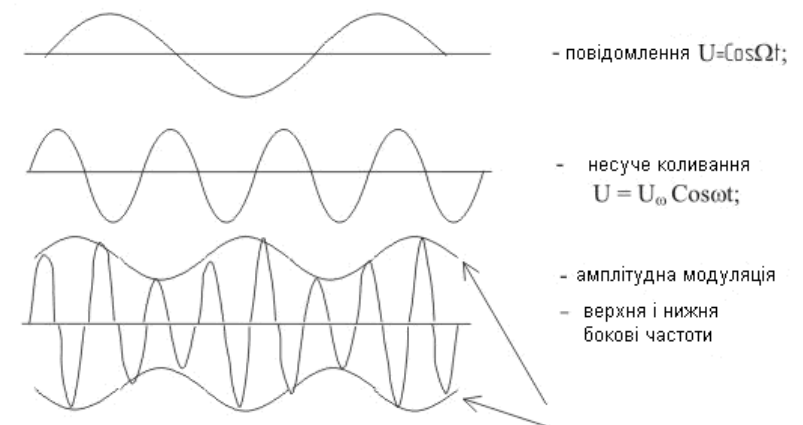


Рисунок 3.2 - Отримання модульованих коливань

На приймальному кінці лінії зв'язку здійснюють процес демодуляції (детектування), який складається з випрямлення амплітудно-модульованих коливань пристроєм, що називається *демодулятором* (рис. 3.3).

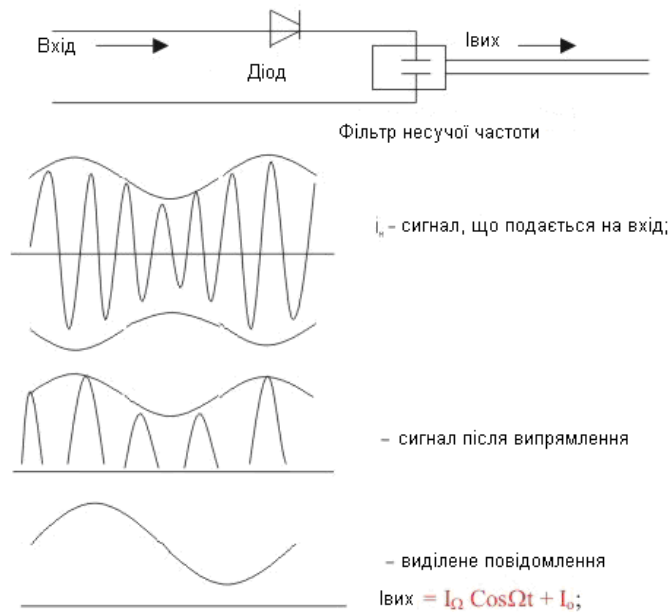


Рисунок 3.3 - Принцип дії демодулятора

В принципі, повідомлення низької частоти можуть передаватися і без модуляції, проте модуляція розширює можливості передачі повідомлень по наступних причинах:

а) збільшується число повідомлень, які можуть передаватися однією лінією зв'язку шляхом використання частотного розділення сигналів і застосування додаткових (піднесучих) частот;

б) підвищується достовірність переданих сигналів;

в) підвищується ефективність випромінювання сигналів радіоканалом. Це пояснюється тим, що висота антени повинна складати не менше 1/10 довжини хвилі випромінюваного сигналу. Так, при передачі повідомлення на частоті $F=10$ кГц було б потрібно антену заввишки 3 км. Якщо це повідомлення передавати на несучій частоті 200 кГц, це зменшить висоту антени в 20 разів (тобто до 150 м).

Ці переваги привели до того, що дискретні сигнали телемеханіки теж почали передавати за допомогою модуляції. Якщо переданим повідом-

дискретних і аналогових сигналів при аварійних ситуаціях на контрольному об'єкті. Аналогові сигнали перетворюються в цифрову форму і записуються в **ОЗП**. Наприклад, при виникненні напруги зворотної або нульової послідовності більшої відповідної вставки, фіксується момент пуску пристрою і починається запис чисел в *Flash*-пам'ять. Паралельно туди ж перезаписується інформація про передаварійний режим. Інформація про аварійний процес передається по каналу зв'язку на **ПУ**.

9.3 Програмовані контролери в автоматизованих системах диспетчерського керування

Програмовані контролери (ПК) - пристрої логічного управління, основні складові яких *процесор* і *пам'ять*. У англомовній літературі їх назва *Programmable Logic Controller* або *PLC* (*програмовані логічні контролери*). У **ПК** входять також інші пристрої, що забезпечують виконання таких функцій, як передача інформації всередині **ПК**, зв'язок із зовнішніми пристроями, синхронізація або організація послідовності виконання завдань, узгодження фізичної природи сигналів і так далі [19].

ПК з'явилися в США в 1969 році для організації автоматизованого конвеєрного виробництва в автомобілебудуванні і створювалися так, щоб технологічний процес можна було постійно вдосконалювати і швидко перенастроювати на випуск інших моделей автомобілів. У завдання на проектування **ПК** входили вимоги із забезпечення їх придатності до експлуатації в несприятливому промисловому середовищі, великої кількості входів-виходів, різноманітності типів, доступності для персоналу, що є на підприємстві, і, природно, включалися обмеження щодо вартості подальшого вдосконалення всієї системи управління об'єктом. Все це змусило відмовитися від таких традиційних рішень, як міні-ЕОМ [4].

ПК, що володіють високою гнучкістю при впровадженні і подальшому вдосконаленні, замінюють шафи з релейно-контактною апаратурою, до того ж вартість створення і відладки пристроїв логічного управління з жорстким алгоритмом роботи для складних технологічних процесів стала дуже високою.

На рис. 9.4 центральним блоком (**ЦБ**) є комплекс апаратних засобів, завданням яких є забезпечення функцій внутрішньої логіки **ПК**. В його склад входять мікропроцесор, вхідні і вихідні модулі, периферійні адаптери. Вхідні і вихідні модулі є пристроями, що забезпечують обмін інформацією між **ПК** і зовнішнім середовищем. Мікропроцесор є функціональним блоком, що забезпечує управління всіма елементами **ПК** і виконання операцій відповідно до команд. Мікропроцесор (**МП**, **МПУ**,

однозначне представлення інформації і вартість його не повинна бути високою. Найкращим чином цим вимогам задовольняють прості дисплеї у вигляді світлодіодних індикаторів. З іншого боку, цифровий пристрій - це пристрій, який здатний надати операторові дуже великий об'єм інформації: поточні значення струмів і напруги електроустановки, їх аварійні значення, стани входів і виходів управління і так далі.

На рис. 9.3 представлені деякі варіанти виконання дисплеїв пристроїв цифрових релейних захистів [12].

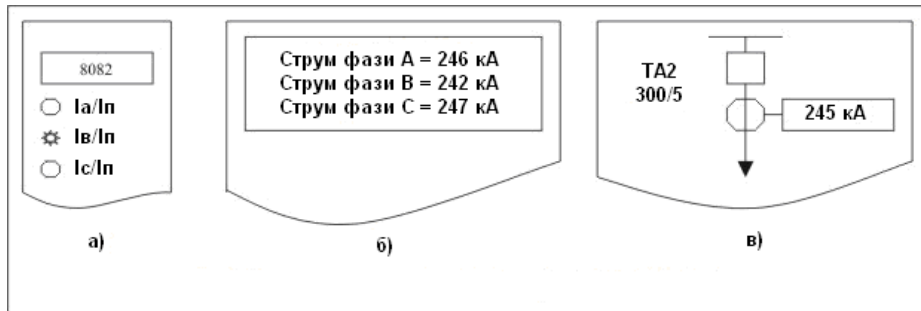


Рисунок 9.3 - Варіанти дисплеїв цифрових пристроїв захисту

У комплексних пристроях цифрового захисту (рис. 9.3, а) окремий світлодіодний індикатор (або крайній лівий розряд цифрового світлодіодного табло) вказує на параметр, що відображається, а чисельне значення цього параметра виводиться в трьох правих розрядах цифрового табло. У деяких пристроях застосовують цифробуквенні багаторядкові табло (рис. 9.3, б), що забезпечує зручність зчитування інформації. Такі табло виконуються на основі рідкокристалічних індикаторів (**РКІ**). Основним недоліком таких дисплеїв є відносно низька контрастність зображення і непридатність при низьких температурах. Проте невисока вартість і легкість управління **РКІ** сприяє їх широкому застосуванню. Найнаочніше інформація представляється на графічному дисплеї (рис. 9.3, в). Дисплеї цифрових реле виконуються з можливістю відображення трьох значущих цифр, оскільки цифрові реле мають похибку 2-5%. Сучасні цифрові реле, як правило, передбачають підключення до **ЕОМ**, і вся необхідна інформація може в будь-якій зручній формі бути представлена на звичному дисплеї **ЕОМ**.

Цифрові реле стають частиною автоматизованих систем управління технологічними процесами (**АСУ ТП**), будучи кінцевими пристроями (реєструючими терміналами) [16]. Завдання терміналу - реєстрація

ленням є послідовність прямокутних імпульсів, тобто є дискретним повідомленням, то при утворенні сигналу амплітуда носія інформації (несучої частоти) приймає всього два значення, тобто здійснюється дискретна модуляція, яка називається *маніпуляцією* (рис. 3.4). Маніпуляцію застосовують дуже широко як в телемеханіці, так і при передачі телеграфних сигналів.

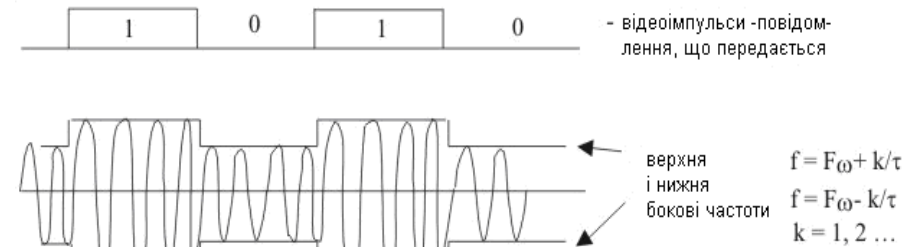


Рисунок 3.4 - Дискретна модуляція (маніпуляція)

Частотна модуляція

При частотній модуляції миттєві значення повідомлення (струму або напруги) змінюють частоту носія (тобто несучі коливання), залишаючи незмінною його амплітуду (рис. 3.5).

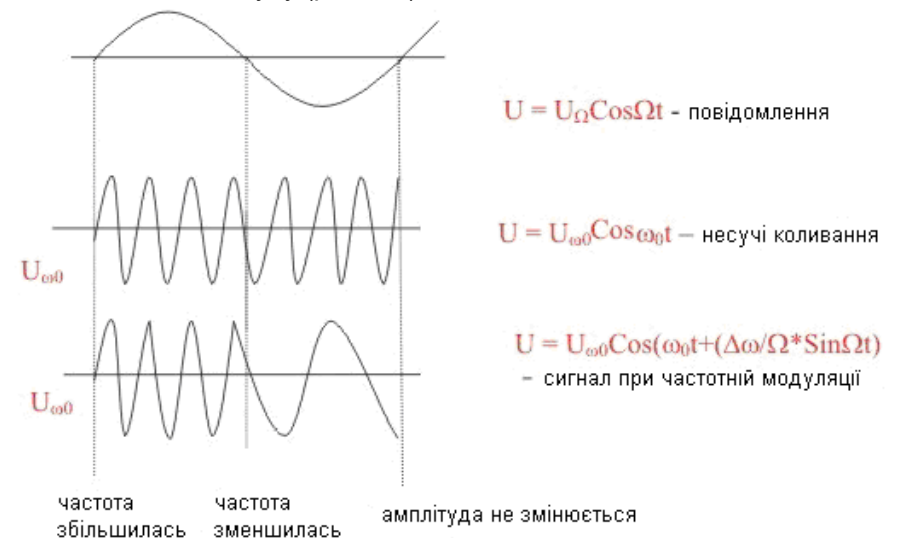


Рисунок 3.5 - Частотна модуляція радіоімпульсами

Частотна модуляція може здійснюватися безпосередньо зміною частоти задаючого генератора шляхом зміни індуктивності або ємкості, підключеній паралельно генератору несучої частоти. При частотній маніпуляції відеоімпульсами частота передавача має тільки 2 значення f_1 і f_2 (рис. 3.6):

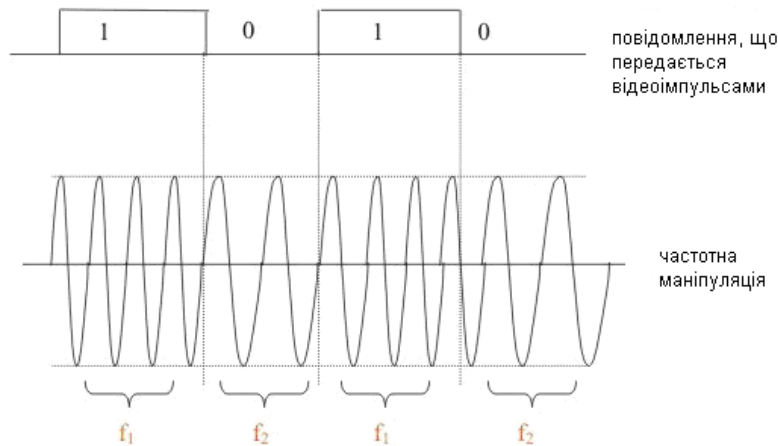


Рисунок 3.6 - Частотна маніпуляція

Технічно реалізувати амплітудну модуляцію простіше, ніж частотну. Смуга частот при **АМ** менша, ніж **ЧМ**. Завадостійкість **ЧМ** вища, ніж **АМ**, оскільки перешкоди впливають понад усе на амплітуду, що при **ЧМ** не має істотного значення. З цієї причини **АМ** як самостійний вид модуляції в телемеханіці застосовується рідше, ніж **ЧМ**, і використовується при подвійних модуляціях: амплітудно-фазовою, амплітудно-імпульсною, а також як проміжний етап при частотній і фазовій демодуляціях [8].

Оскільки телемеханічні повідомлення передаються в обидві сторони, то як на **ПУ**, так і на **КП** встановлюють пристрої, що виконують функції модулятора і демодулятора - *модеми*. Модеми випускаються серійно і класифікуються по ряду характеристик: швидкості передачі даних, типу модуляції і ін.

3.3 Застосування імпульсної модуляції в АСДК

При імпульсній модуляції (**ІМ**) в якості носія інформації використовують серію імпульсів (рис. 3.7). Серія імпульсів характеризується великою кількістю параметрів: амплітудою, тривалістю, положенням в

схематично представлений на рис. 9.2, б). Асинхронний спосіб передачі даних вимагає мінімальної кількості ліній. При асинхронній передачі використовують певні домовленості, що дозволяють приймачу розпізнати не тільки початок і закінчення передачі, але і навіть виявити спотворення інформації при передачі. Це забезпечується наступним чином. У режимі очікування передавач видає в лінію сигнал логічної одиниці. Початок передачі приймач розпізнає за появою на лінії логічного нуля. Це так званий *стартовий біт (СТБ)*. Тривалість передачі одного біта заздалегідь обумовлена, тобто приймач і передавач повинні бути заздалегідь настроєні. Після закінчення передачі **СТБ** передавач передає розряд за розрядом *біти даних (БД)*. Після передачі даних слідує так званий *біт паритету (БП)*. **БП** за домовленістю встановлюється передавачем в стан логічної одиниці, якщо в біті (слові) даних непарне число одиниць, і використовується "парний" паритет. І, навпаки, у разі домовленості про роботу з "непарним" паритетом, біту паритету привласнюється нульове значення. Таким чином, використовуючи біт паритету, приймач здатний виявляти одиничні збої при передачі даних. Закінчується повідомлення передачею *стопових бітів СПБ* (1; 1.5 або 2 біти). По суті справи стопові біти визначають мінімальний інтервал між передачею окремих слів даних. При асинхронній передачі зазвичай використовується стандартний ряд швидкостей: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 *Бод*.

Існує достатньо багато стандартів на канали послідовного зв'язку. Стандарти відрізняються за швидкістю обміну, організації, довжини ліній зв'язку і так далі. Найбільш відомий стандарт **RS232**, що застосовується в **ІВМ**-сумісних **ЕОМ**, який розроблено в 1969 р. Інтерфейс забезпечує дальність зв'язку до 15 м з швидкістю до 19200 *Бод*. Рівні використовуваних сигналів: логічний **0** відповідає $-(3-25) В$, логічна **1** - $+(3-25) В$. У ряді цифрових пристроїв порт послідовного зв'язку виконаний в стандарті **RS485**. У цьому стандарті використовуються сигнали з наступними рівнями: логічний **0** - $0 В$, логічна **1** - $+5 В$. Стандарт **RS485** вимагає симетричного каналу (вита пара), забезпечує зв'язок сегментами завдовжки до 1200 м з можливістю підключення до 32 вузлів на сегмент; швидкість обміну - до 10 *Мбіт/с* [12].

При передачі інформації можуть використовуватися різні фізичні середовища: електричні лінії, радіоканали, волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Вимоги до засобів візуального відображення інформації не є однозначними. Це є причиною великої кількості в частині дизайну лицьових панелей цифрових пристроїв. Для відображення інформації використовуються дисплеї у вигляді окремих світлодіодних індикаторів, табло, графічних екранів. Дисплей повинен забезпечувати швидке та

збереженням інформації.

Під *інтерфейсом цифрових пристроїв* розуміють сукупність апаратних, програмних і конструктивних засобів, необхідних для реалізації взаємодії різних цифрових пристроїв, об'єднаних в систему. За принципом обміну інформацією інтерфейси поділяються на інтерфейси з *паралельною* і *послідовною* передачею даних.

Найбільш швидкий обмін інформацією між двома цифровими пристроями забезпечує паралельний інтерфейс, спрощена схема якого представлена на рис. 9.2, а).

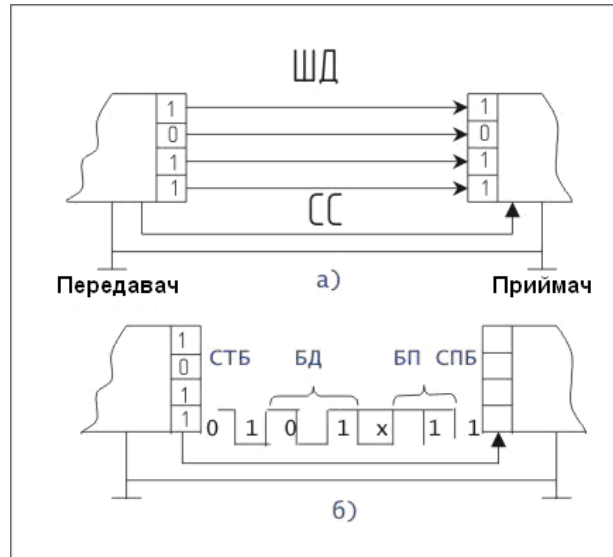


Рисунок 9.2 - Варіанти обміну інформацією

В цьому випадку синхронізуючим каналом **СС** (насправді це може бути послідовність з декількох сигналів управління) передавальний пристрій виставляє на шину даних **ШД** одночасно всі розряди числа, яке передається, а приймальний пристрій його зчитує. Як бачимо, паралельний інтерфейс вимагає достатньо складного тракту передачі, що включає $n+1$ фізичні лінії при n -розрядному слові переданих даних. Найчастіше цей тип інтерфейсу застосовується при передачі інформації на невеликій відстані (наприклад, при зв'язку комп'ютера з принтером) або при необхідності забезпечити найвищу швидкість обміну.

Технічно простіше виконується інтерфейс з послідовною передачею даних. В цьому випадку слово даних передається послідовно розряд за розрядом. Найбільш поширений асинхронний режим передачі даних,

часі, числом імпульсів і так далі. Оскільки передавач сигналів має багато параметрів, то і число імпульсних методів модуляції достатньо велике.

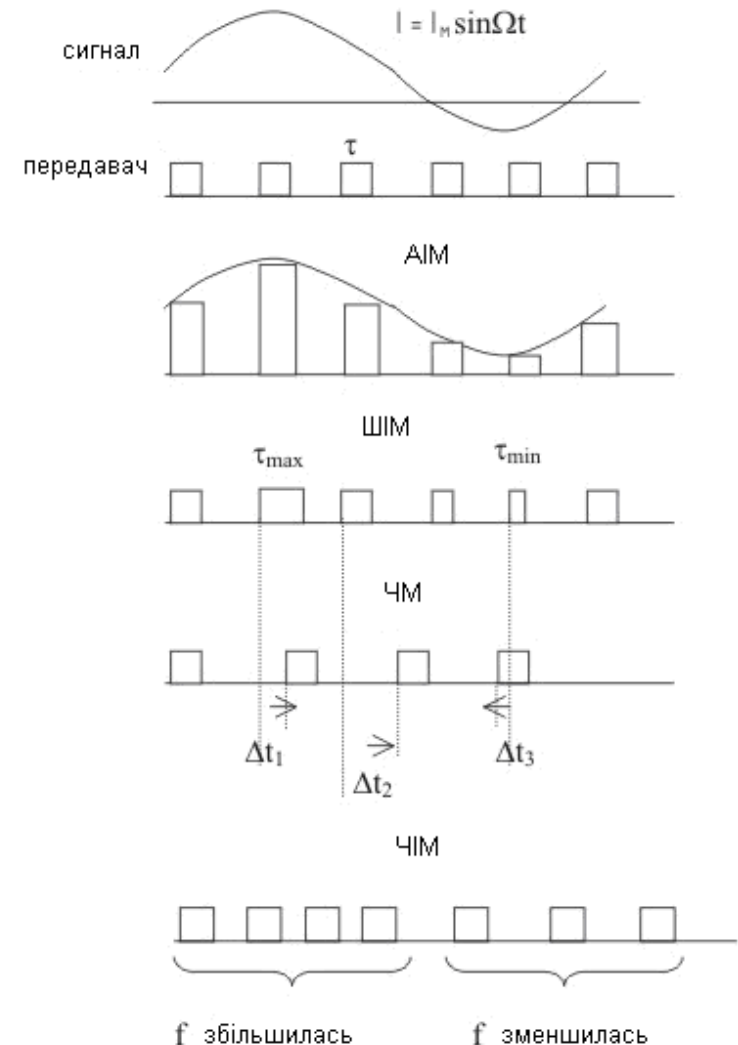


Рисунок 3.7 - Імпульсна модуляція

Амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ). Під впливом миттєвих значень повідомлення (**U** або **I**) амплітуда передавача змінюється.

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Під впливом миттєвих значень повідомлення тривалість (тобто ширина) імпульсу τ змінюється.

Часоімпульсна модуляція (ЧМ). Під впливом повідомлення створюється зміщення (девіація) імпульсу в часі: при збільшенні значення сигналу імпульси зміщуються на Δt вправо, а при зменшенні значення сигналу - на Δt вліво (тривалість і амплітуда імпульсів не міняються).

Частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ). При збільшенні миттєвого значення повідомлення частота імпульсів зростає, а при зменшенні знижується (тривалість і амплітуда імпульсів не міняються).

Існують інші види модуляції: кодоімпульсна; дельта-модуляція; різницево-дискретна; лямбда- дельта модуляція [8].

Застосовуються багатократні методи модуляції: **АШМ-ЧМ, АІМ-ШІМ, ШІМ-АМ, АІМ-ЧМ-АМ, АІМ-ШІМ-ЧІМ.**

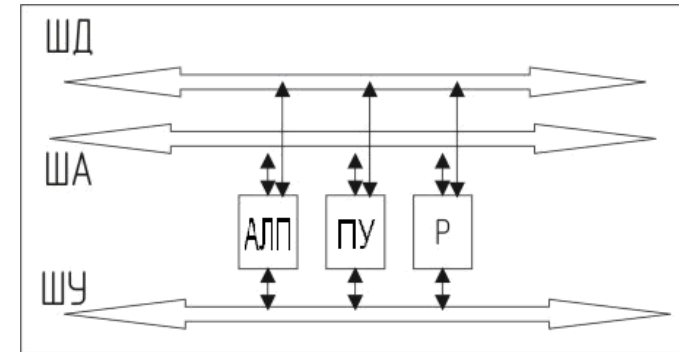


Рисунок 9.1 - Узагальнена структурна схема мікропроцесора

Одним з найважливіших вузлів цифрових пристроїв є пристрої зберігання інформації. У функціональному відношенні всі статичні запам'ятовуючі пристрої поділяються на **ПЗП**, оперативні запам'ятовуючі пристрої (**ОЗП**) і перепрограмовані запам'ятовуючі постійні пристрої (**ППЗП**). Для зберігання робочої програми в цифрових пристроях зазвичай використовуються **ПЗП**. Відмінною рисою **ПЗП** є одноразовий запис інформації. Перевагою мікросхем **ПЗП** є їх низька вартість і можливість зберігання інформації при відключенні живлення. Для тимчасового зберігання результатів проміжних обчислень використовуються **ОЗП**. Запис і зчитування даних в **ОЗП** здійснюється з максимальною швидкістю. Істотним недоліком **ОЗП** є втрата інформації при відключенні живлення. Останнім часом все ширше починають застосовуватися так звані перепрограмовані пристрої пам'яті (**ППЗП**). Особливо вони актуальні для пристроїв релейного захисту і автоматики (**РЗА**), робоча програма яких повинна змінюватися в процесі експлуатації. В даний час існують цифрові пристрої **РЗА** [12], в яких потрібні функції захисту вибираються з бібліотеки стандартних функцій самим користувачем. Логічна частина цих пристроїв створюється користувачем з базових логічних функцій типу **I**, **АБО** і ін. Робоча програма в таких пристроях захисту розташовується в **ППЗП**, яке є незалежною пам'яттю, тобто інформація, що зберігається в ній, не руйнується в знеструмленому стані. Уставки і інші параметри, які доводиться змінювати в процесі експлуатації **РЗА**, зберігаються в **ППЗП**, що допускають багатократну зміну уставок. Як і будь-який інший виріб, пристрої пам'яті можуть пошкоджуватися або втрачати інформацію, наприклад, під впливом іонізуючих випромінювань, тому при експлуатації цифрових пристроїв доводиться вирішувати проблеми, пов'язані із

- ✓ конфігурації і уставок захисту при зміні режимів роботи мережі і складу первинного устаткування;
- ✓ високою надійністю, оскільки містять відносно невелику кількість компонентів;
- ✓ інформативністю (захисти мають вбудовані реєстратори подій, цифровий осцилограф, визначник місця пошкодження. Результати самодіагностики захисту і її поточний стан відображаються на дисплеї і передаються на верхній рівень управління);
- ✓ малими масою, габаритами, енергоспоживанням, що дозволяє знижувати вартість проектованої частини, кабельної продукції і подальші експлуатаційні витрати;
- ✓ хорошими в порівнянні з традиційними аналогами техніко-економічними показниками.

Широке застосування в електричних мережах знаходять цифрові релейні захисти, цифрові реєстратори аварійних подій і інші пристрої, до складу цих систем входять мікропроцесори [12, 16].

9.2 Загальні відомості про цифрові пристрої

Цифровими пристроями називають пристрої, які обробляють дані за певною програмою. Основою таких пристроїв є мікропроцесори.

Мікропроцесором (МП) називається однокристальна інтегральна схема, яка містить повний набір пристроїв, що дозволяють обробляти цифрову інформацію. Мікропроцесори, що включають постійні запам'ятовуючі пристрої (**ПЗП**), називаються *однокристальними ЕОМ*. До складу мікропроцесора входить арифметико-логічний пристрій (**АЛП**), що здійснює арифметичні операції з двійковими числами і логічні операції, регістри (**Р**), які служать для зберігання і видачі команд (регістр команд), адрес (регістр адреси), даних (акумулятор) і інші регістри. Пристрій управління (**ПУ**) служить для перетворення команд, що поступають з регістрів і запам'ятовуючого пристрою, в сигнали, що безпосередньо впливають на всі елементи мікропроцесора і стимулюють виконання команд. Всі блоки мікропроцесора зв'язані між собою і із зовнішніми пристроями шиною даних (**ШД**), шиною адреси (**ША**) і шиною управління (**ШУ**), що є набором з'єднувальних елементів, якими відбувається обмін інформацією між блоками мікропроцесора (рис. 9.1). **ШД** служить для обміну числовими даними або командами у вигляді двійкових кодів. **ША** передає сигнал про номер комірки (адреси) в запам'ятовуючі пристрої. **ШУ** служить для обміну сигналами управління [9].

Лекція № 4. Використання елементів алгебри логіки при створенні логічних інтегральних мікросхем в АСДК

Логічна змінна в Булевій алгебрі може приймати тільки 2 значення:

1 - істина, **0** - неправда.

Будь-який складний вислів може бути представлений у вигляді логічної функції і оцінений з позиції істинності або помилковості.

Основний набір операцій [8]:

НІ - логічне заперечення або інверсія (рис. 4.1);

І - логічне множення або кон'юнкція;

АБО - логічне додавання або диз'юнкція.

Ці функції можна проілюструвати на прикладі електричних схем.

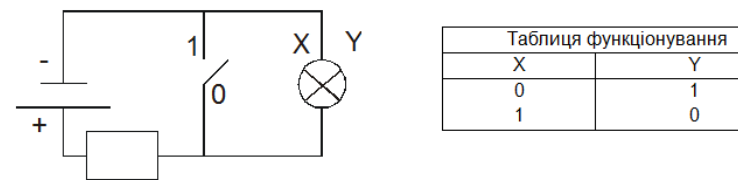


Рисунок 4.1 - Схема НІ (інверсія)

Ключ є моделлю логічної змінної **X**. Коли ключ включений (положення **1**), лампочка зашунтована і не горить, тобто $Y=0$.

Символічно така функція позначається: $Y = \bar{X}$ (рис. 4.2).

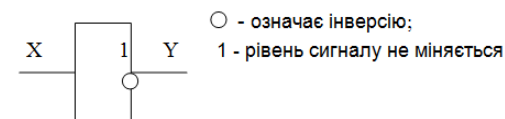


Рисунок 4.2 - Зображення елементів з функцією НІ на структурних схемах

Сенс кон'юнкції (рис. 4.3) полягає в логічному множенні, тобто результат буде істинним, якщо істинні обидва аргументи, якщо хоч один з них – неправда, то і результат – неправда (рис. 4.4).

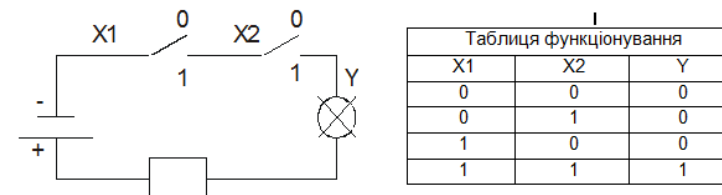


Рисунок 4.3 - Схема І (кон'юнкція)

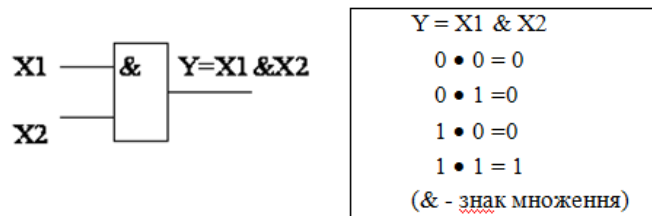


Рисунок 4.4 - Зображення елементів з функцією І на структурних схемах

Сенс диз'юнкції в логічному додаванні. Результат буде істинним, якщо хоч би один з аргументів істинний (рис. 4.5, 4.6).

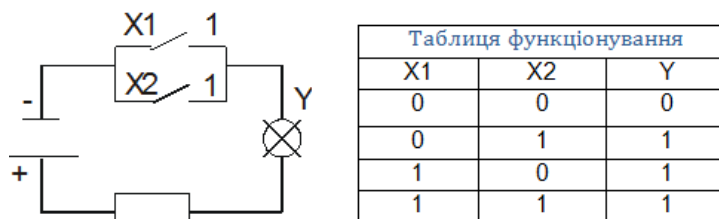


Рисунок 4.5 - Схема АБО (диз'юнкція)

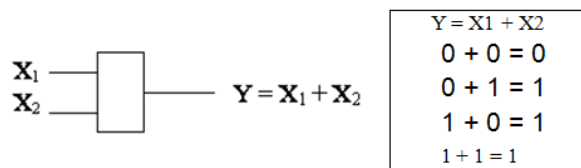


Рисунок 4.6 - Зображення елементів з функцією АБО на структурних схемах

У системах телемеханіки найширшого поширення набули функції **І-НІ** (оператор *Шеффера*), **АБО-НІ** (оператор *Пірса*) – рис. 4.7, табл. 4.1.

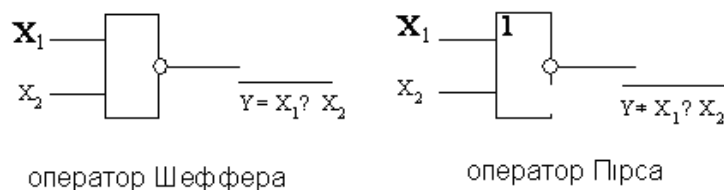


Рисунок 4.7 - Структурні схеми елементів І-НІ, АБО-НІ

Лекція № 9. Мікропроцесорні системи і цифрові пристрої в автоматизованих системах диспетчерського керування

9.1 Задачі з проектування і технічного обслуговування електроенергетичного обладнання і автоматизованих систем диспетчерського керування

На початку 30-х років першою галуззю промисловості, в якій почала використовуватися телемеханіка, стала енергетика, де **ТВ**, а потім **ТС** і **ТУ** почали застосовуватися для централізованого управління генераторами станцій, вимикачами підстанцій і контролю за справністю електроустаткування. Перша автоматизована **ГЕС** була побудована в СРСР в 1932 р., трохи пізніше на каналі ім. Москви було виконано телекерування шлюзами і насосними станціями. До 50-х років пристрої телемеханіки будувалися на електромеханічних реле і електронних лампах з використанням багато-провідних ліній зв'язку. Апаратура виходила громіздкою, повільної дії і не дуже надійною [7].

На початку 50-х років почалася розробка нової елементної бази на основі напівпровідникових приладів, що привело в 1967 р. до створення серії "Спектр" - принципово нових безконтактних систем телемеханіки 2-го покоління ТМ-100, ТМ-200, ТМ-201, ТМ-300, ТМ-301, ТМ-500, ТМ-600, елементною базою яких були транзистори [8].

Телемеханіка 3-го покоління побудована на елементній базі інтегральних мікросхем. Окрім **ТВ**, **ТС**, **ТУ**, **ТР** з'явилися нові функції: проводиться обробка інформації, масштабування і відображення на аналогових і цифрових приладах, вимірювані параметри порівнюються з вставками, дані вводяться в ЕОМ. Ці пристрої набули широкого поширення: ТМ-120, ТМ-130, ТМ-320, ТМ-321, ТМ-511, ТМ-512, ТМ-620, ТМ-660, ТМ-800, «АИСТ» і ін. [15, 18]. Проте в даний час пристрої телемеханіки 3-го покоління за своїми фізичними і моральними властивостями перестали задовольняти сучасним вимогам диспетчерського управління, а різноманіття застосовуваних пристроїв створює великі труднощі в експлуатації і інформаційного зв'язку з програмним забезпеченням, цифровими релейними захистами, системами обліку енергії і ін. [13].

Все більшого поширення в енергосистемах набувають багатофункціональні мікропроцесорні пристрої і системи контролю, захисту і управління (**СКЗУ**), що володіють широкими функціональними можливостями (наприклад, цифрові захисти виконують невласиві їхнім попередникам функції збору інформації, діагностику силового устаткування і ін.). Вони характеризуються наступними ознаками [13, 17]:

✓ доброю адаптацією, забезпечуючи можливість автоматичної зміни

Вхідні кола **ВП** підключаються до вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів струму (**ТС**) і напруги (**ТН**). Живлення **ВП** може здійснюватися як від **ТН**, так і від мережі 220 В (рис. 8.16).

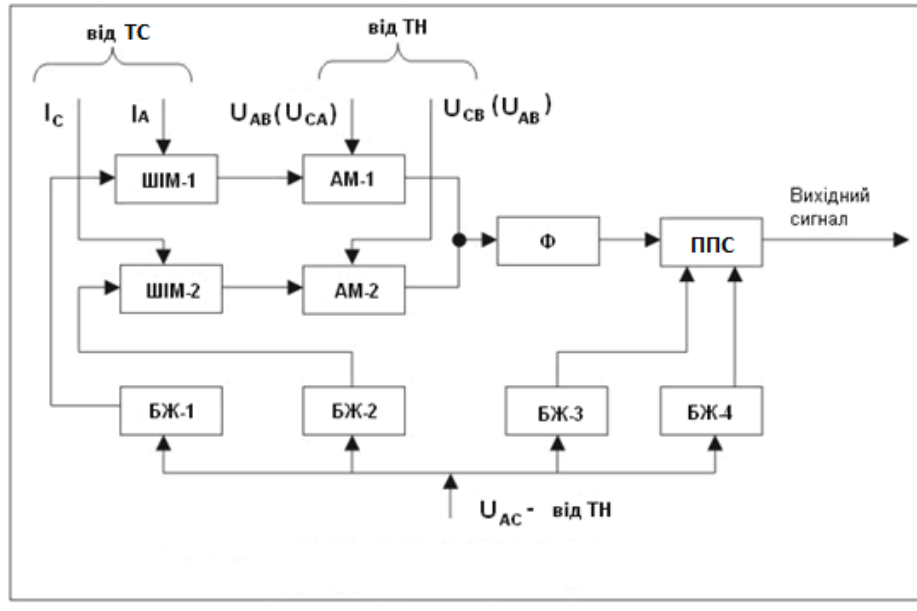


Рисунок 8.16 - Структурна схема вимірювальних перетворювачів активної і реактивної потужності: **ШІМ-1, ШІМ-2** – блоки широтно-імпульсної модуляції; **АМ-1, АМ-2** – блоки амплітудної модуляції; **Ф** – фільтр; **ППС** – підсилювач постійного струму; **БЖ-1, БЖ-2** – блоки живлення

Сучасними джерелами інформації **АСДК, АСКОВЕ, АСУ ТП** є цифрові перетворювачі [16, 20], які виконують цифрову обробку сигналів від **ТС** і **ТН**, обчислюють значення струмів, напруги, активної і реактивної потужності і енергії і передають результати на **ПУ** лінією послідовного інтерфейсу.

Таблиця функціонування І-НІ				Таблиця функціонування АБО -НІ		
X1	X2	Y		X1	X2	Y
0	0	1	0-0 буде не 0 0+0 буде не 0	0	0	1
0	1	1	0-1 буде не 0 0+1 буде не 1	0	1	0
1	0	1	1-0 буде не 0 1+0 буде не 1	1	0	0
1	1	0	1-1 буде не 1 1+1 буде не 1	1	1	0

Функція нерівнозначності, також її називають *виключаючим АБО*, додаванням по модулю 2, схемою неспівпадань [8], має значення **1**, якщо вхідний сигнал X1 або X2 має значення **1** (але не обидва разом), що показано на рис. 4.8. Технічна реалізація цієї функції виконується суматорами, що беруть участь в операції перетворення кодів.

X_1	X_2	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

а) включаюче **АБО**



X_1	X_2	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

б) включаюче АБО-НІ

Рис 4.8 - Зображення елементів з функцією нерівнозначності на структурних схемах

За допомогою логічних елементів, побудованих на основі Булевої алгебри, можна виконати будь-які операції з двійковими числами.

Одиниці відповідає наявність імпульсу (або декількох імпульсів кодової комбінації), а нулю – відсутність імпульсу.

Логічний елемент, що виконує операцію **НІ**, називається *інвертуючим електронним ключем* або *інвертором*. Розглянемо електричну схему з біполярним транзистором (рис. 4.9) [8, 9].

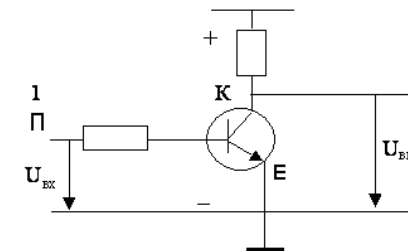


Рисунок 4.9 - Електрична схема логічного елемента **HI**

Якщо на вході транзистора сигналу немає ($X=0$), то транзистор закритий, на колекторі є високий потенціал і з нього знімається сигнал $U_{вих} = I \cdot R_{тр}$, що відповідає логічній одиниці ($Y=1$).

Якщо на вході є сигнал П, це відповідає $X=1$, то транзистор відкритий, струм тече від емітера до колектора, тоді з виходу транзистора знімається $U_{вих} \approx I \cdot R_{тр} \approx 0$, тобто $Y=0$.

Таким чином, маючи на вході сигнал П(1), отримуємо на виході 0; маючи 0 на вході, отримуємо на виході 1.

Якщо ключі K_1 і K_2 замкнуті на землю, то $U_{вих} = 0$ (рис. 4.10).

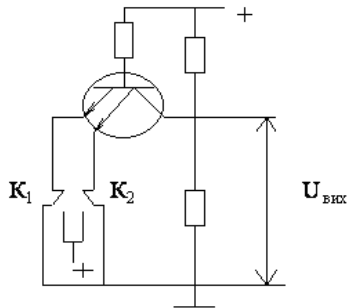


Рисунок 4.10 - Електрична схема логічного елемента І на двоємітерному транзисторі

При перемиканні обох ключів на + з виходу знімається високий потенціал, що відповідає 1.

При перемиканні одного з ключів на +, а другого на - $\Rightarrow U_{вих} = 0$ [8].

Логічна функція **АБО-НІ** (рис. 4.11) має на виході 1 тільки тоді, коли обидві вхідні величини мають значення 0 [8].

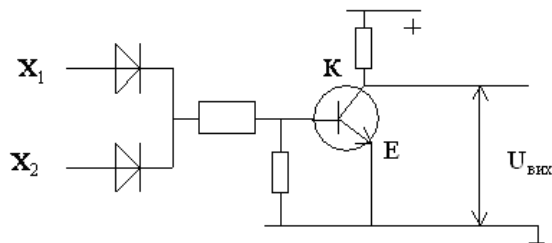


Рисунок 4.11 - Електрична схема логічного елемента АБО-НІ

На логічних схемах побудовані тригери, що знайшли широке застосування при побудові телемеханічних систем.

Тригер - пристрій, який може необмежено довго знаходитися в одно-

якому перетворюються в двійковий код. Кодоперетворювач перетворює двійковий код в один із заводських кодів (код Хеммінга, код з перевіркою на парність або інший), яка потім поступає в лінійний блок (ЛБ), де відбувається формування і підсилення імпульсів. Модулятор перетворює сигнал, і він поступає в лінію зв'язку.

На приймальному кінці (ПУ) сигнал проходить смуговий фільтр (СФ) і демодулятор, де звільняється від перешкод і несучої частоти, підсилюється в лінійному блоці і поступає на декодер. Одночасно відбувається синхронізація розподільників КП і ПУ і синфазування генераторів. Декодер (дешифратор) перетворює двійковий код в десятковий. Після декодування інформаційні символи поступають в регістри (Р), керовані розподільником. Кожна кодова комбінація, що відповідає певній вимірюваній величині, записується в індивідуальний регістр. Черговість запису в регістри виходить від розподільника.

Перед надходженням на стрілочні прилади кодова комбінація проходить усереднювання (перетворення в середнє значення струму) в цифроаналоговому перетворювачі (див. Лекцію №6). Перед надходженням на цифрові прилади кодова комбінація проходить масштабування в блоці масштабування (на схемі не показано), поступає в дешифратор (ДШ), в якому збуджується вихід, що відповідає її значенню, і далі відтворюється на індикаторі у вигляді цифр. З **ЕОМ** система зв'язується через стандартні стики **RS232**, **RS485**.

8.5 Датчики телеінформації

Джерелами повідомної інформації в **АСДК** служать окрім оперативного персоналу або **ЕОМ** енергооб'єктів і диспетчерських пунктів нижніх рівнів:

- для телесигналізації - датчики **ТС**, роль яких виконують допоміжні контакти (або реле положення) вимикачів, сигнальні реле і т.д.;
- для телевимірювань - вимірювальні перетворювачі контрольованих параметрів режиму (**ВП**), тобто датчики **ТВ**.

Вимірювальний перетворювач є необхідною частиною будь-якої телевимірювальної системи. У ньому проводиться перетворення вимірюваного параметра в уніфікований, зазвичай, струмовий сигнал, що вимірюється в межах від 0 до 5 мА або від -5 до +5 мА. **ВП** з вихідним сигналом від 0 до 5 мА призначено для перетворення вимірюваних величин, що не міняють напрямку, наприклад, значень струму, напруги, потужності генератора. Такі **ВП** називають *нереверсивними*. При вимірюванні параметрів, що міняють не тільки своє значення, але і напрям, наприклад, перетікань активної і

The diagram illustrates a digital control system for a power unit (ПУ) interfaced with a computer (КП). The system is divided into two main functional blocks: the computer (КП) and the power unit (ПУ).

Computer (КП) Section:

- Input:** A block labeled "ГПІ" (General Purpose Input) feeds into a "Розподільник" (Distributor).
- Control Logic:** The "Розподільник" outputs to a "ФСС" (Frequency Setting System) and a "Комутатор" (Switch).
- Measurement:** "Вимірювані величини" (Measured quantities) are fed into the "Комутатор".
- Processing:** The "Комутатор" outputs to an "АЦП" (Analog-to-Digital Converter), which then feeds into a "Кодоперетворювач" (Code Converter).
- Output:** The "Кодоперетворювач" outputs to a block labeled "П" (Power).

Power Unit (ПУ) Section:

- Control Logic:** The "П" block from the computer feeds into a "СФ" (Control Function) block, which then feeds into a "Демодулятор" (Demodulator).
- Feedback:** The "Демодулятор" outputs to a "ВСС" (Voltage Setting System), which feeds into a "Декодер" (Decoder).
- Power Distribution:** The "Декодер" outputs to a "Розподільник" (Distributor) in the ПУ section.
- Output Devices:** The "Розподільник" feeds into three parallel paths, each starting with a "Р" (Relay) block:
 - Path 1: "Р" → "ЦАП" (Digital-to-Analog Converter) → "Стрілочний прилад" (Analog instrument).
 - Path 2: "Р" → "ДШ" (Digital Switch) → "Цифровий прилад" (Digital instrument) displaying "12345".
 - Path 3: "Р" → "ДШ" (Digital Switch) → "ЕОМ" (Electromechanical Relay).
- Interfacing:** A "Лінія зв'язку" (Communication line) connects the "П" block of the computer to the "СФ" block of the power unit.

На передавальному кінці (**КП**) вимірювані аналогові величини, наприклад, струм, напруга, потужність через керований розподільником комутатор по чергово поступають на аналогово-цифровий перетворювач (**АЦП**), в

S	R	Q	стан у момент t_k
		—	—
0	0	Q	виходи тригера Q і Q зберігають свій стан
1	0	1	
0	1	0	
1	1	-	заборонений стан

Якщо транзистор **T1** відкритий (тобто при подачі потенціалу на базу струм i в ньому тече від емітера до колектора), то з дільника напруги **R3R4** подається нульовий потенціал на базу транзистора **T2** і закриває його. Таким чином при подачі сигналу **1(П)** на вхід **S** транзистора **T1** знімається сигнал **1** з виходу **Q** транзистора **T2** і **0** з виходу **Q** транзистора **T1** (**t1**).

Якщо тепер на вхід **S** подати сигнал **0**, залишивши **0** на вході **R**, то тригер не переключиться, зберігає інформацію (Δt_2).

Коли **S=0**, а **R=1**, на виході **Q** = **0**, а на виході **Q** = **1** (t_3) - рис. 4.13.

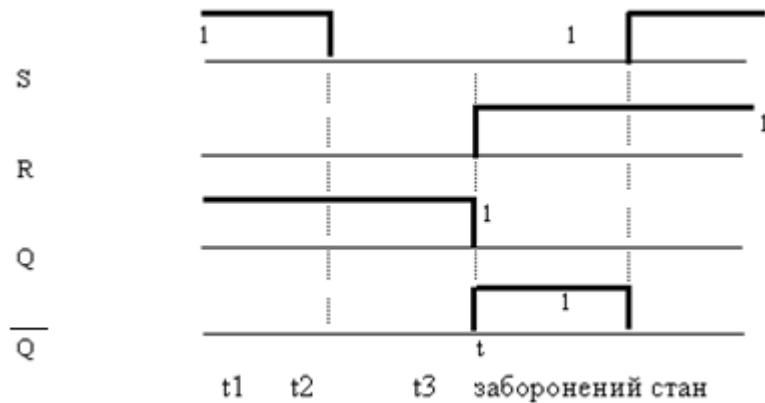


Рисунок 4.13 - Часова діаграма RS-тригера

вається перетворення величини **Z** в сигнал **C**, який передається в лінію зв'язку. На приймальній стороні проводиться перетворення прийнятого сигналу **C'** (із-за перешкод **C** № **C'**) в значення струму або напруги, яке еквівалентне вимірюваній величині і відтворює її на вихідному приладі ВП.

Основною характеристикою системи **ТВ** є точність. Передача телеінформації з об'єктів основної мережі на диспетчерські пункти **ОДУ** і **ЦДУ ЕЕС** здійснюється, як правило, за ієрархічною схемою з ретрансляцією між рівнями [3]. Для підвищення точності передачі **ТВ** число ступенів ретрансляції доцільно зменшувати і використовувати одноступінні пристрої телемеханіки. Телевимірювання параметрів режиму зазвичай передаються циклічно з періодом 5^{30} секунд [3, 15]. Для **ПЛ 330 кВ** і вище і найбільш важливих транзитних **ПЛ 220 кВ** телевимірювання перетікань активної і реактивної потужності виконуються, як правило, з обох кінців лінії. Похибка **ТВ** не повинна перевищувати 3%. Системи телевимірювання (**СТВ**) можна класифікувати за різними ознаками, наприклад, за методами, за допомогою яких передається значення вимірюваної величини (рис. 8.14) [8].

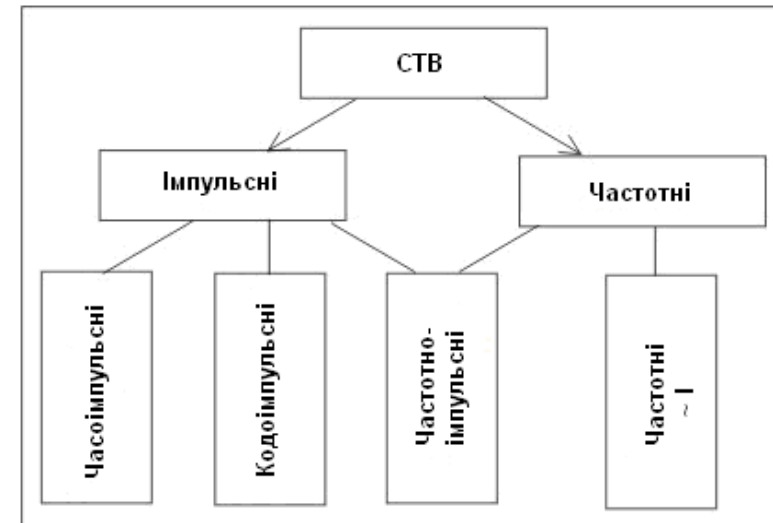


Рисунок 8.14 - Класифікація систем телевимірювання

СТВ можуть бути одноканальними і багатоканальними (тобто по одному каналу зв'язку передається одне або багато **ТВ**). За методами відтворення вимірюваної величини **СТВ** підрозділяються на аналогові і

Переваги частотних систем: велика надійність, оскільки порушення будь-якого каналу не спричиняє за собою виходу всієї системи, оскільки канали є незалежними; відсутність вузлів синхронізації; висока завадостійкість при посиленні радіоімпульсів великої тривалості.

Недоліки: висока вартість генераторів і фільтрів; необхідність періодичної настройки і калібрування кожного каналу.

Часові системи доцільно застосовувати для розосереджених об'єктів, якщо число вимикачів на КП більше 4 – 6.

Частотні системи рекомендуються для управління розосередженими об'єктами при малому числі вимикачів на **КП**.

Є ряд областей, де завдання **ТУ** не можуть бути вирішені за допомогою тільки часових або тільки частотних систем, наприклад, управління великим числом зосереджених об'єктів при зайнятій лінії зв'язку. Для вирішення цих завдань створюють частотно-часові системи, що об'єднують переваги обох систем [8].

8.4 Системи автоматичного телевимірювання

Телевимірювання - отримання інформації про значення вимірюваних параметрів контрольованих або керованих об'єктів методами і засобами телемеханіки.

З трьох основних телемеханічних функцій (**ТУ**, **ТС**, **ТВ**) **ТВ** є найбільш складною, що обумовлено вимогою передачі інформації з великою точністю.

Суть телевимірювання полягає в тому, що вимірювана величина, заздалегідь перетворена в струм або напругу (для неелектричних величин, наприклад, температура, вологість, тиск пари), додатково перетворюється в сигнал, який потім передається лінією зв'язку. Таким чином, передається не сама вимірювана величина, а еквівалентний їй сигнал, параметри якого вибираються так, щоб спотворення при передачі були мінімальними (рис. 8.13).



Рисунок 8.13 - Структурна схема системи **ТВ**

Вимірювана величина **X** перетворюється за допомогою датчика в електричну величину **Z** (струм, напруга, індуктивність, ємність). Далі відбу-

Лекція № 5. Використання інтегральних мікросхем в автоматизованих системах диспетчерського керування

Інтегральними мікросхемами (ІМС) є функціональні блоки, призначені для виконання логічних функцій, наприклад, додавання, порівняння, запам'ятовування і ін. Вони можуть класифікуватися відповідно до цих функцій. Проте між різними типами інтегральних мікросхем існують інші більш фундаментальні відмінності, що характеризують принцип дії пристроїв, які належать до певних систем. Ці відмінності пов'язані з їх швидкодією, здатністю забезпечувати величину вихідного струму і тому подібне [8, 9].

Інтегральні мікросхеми можуть бути виготовлені за різними технологіями: напівпровідниковою, плівковою, гібридною. У напівпровідникових ІМС всі складові частини схеми формуються в єдиному кристалі кремнію. У плівкових ІМС всі елементи і міжелементні з'єднання виконані у вигляді різних плівок, нанесених на поверхню діелектричної підкладки. Гібридні схеми подібні до мініатюрних плат з друкованим монтажем. Електричні з'єднання виконані на підкладці зі скла або окислу алюмінію і на ній же розміщуються мініатюрні резистори, конденсатори і напівпровідникові чіпи.

Крім технології виготовлення інтегральні мікросхеми класифікуються і за областями застосування: в основному, вони поділяються на аналогові (лінійні) і цифрові (логічні) схеми.

Аналогові ІМС по виконуваних функціях розділяються на наступні класи:

- ✓ диференційні підсилювачі;
- ✓ підсилювачі низьких частот;
- ✓ відеопідсилювачі;
- ✓ вузько- і широкосмугові підсилювачі.

Проектування інтегральних схем кожного з цих класів має свої певні особливості, проте багато з них є загальним для всіх лінійних інтегральних мікросхем.

Диференціальний підсилювач має два вхідних і два вихідних виводи. Це дозволяє подавати на його входи два сигнали і мати на виході напругу, пропорційну напрузі між входами. Одночасно з цим відбувається подавлення сигналу, що подається між будь-яким з входів і землею. Це робить диференціальні підсилювачі дуже зручними для використання в аналогових вимірювальних системах. Мірою оцінки якості диференціального підсилювача є його здатність подавати загальний для обох входів син-

фазний сигнал. Диференціальні підсилювачі знаходять широке застосування завдяки універсальності, а також можливості підсилювати сигнали постійного струму.

Диференційні підсилювачі з великими коефіцієнтами підсилення (порядку $2 \cdot 10^5$) з негативним зворотнім зв'язком, призначені для операцій з аналоговими величинами, називають операційними підсилювачами (**ОП**) (рис. 5.1). Вони використовуються при створенні різних схем і пристроїв, що застосовуються в телемеханіці.

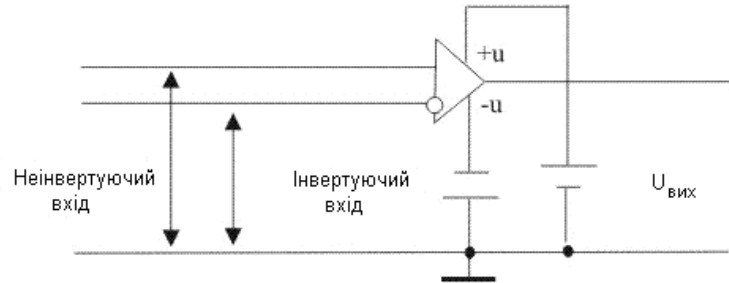


Рисунок 5.1 - Умовне позначення операційного підсилювача

ОП володіють високим входним (10^3 Ом) і малим вихідним (десятки або сотні Ом) опором. Неінвертуючий вхід **ОП** забезпечує в процесі підсилення збіг полярностей вхідного і вихідного сигналів. Інвертуючий вхід змінює полярність на протилежну [8].

Основні переваги інтегральних підсилювачів низьких частот пов'язані з їх малими розмірами, малим споживанням потужності, потенційно низькою вартістю і високою надійністю. Зазвичай до виходу підсилювача низької частоти підключений динамік, двигун слідкуючого приводу або деякі інші пристрої. Окрім цього за допомогою підсилювачів низьких частот можна виконувати управління гучністю і тембром. Вони знаходять застосування в пристроях зв'язку.

Відеопідсилювачі можна розглядати як пристрої, що дозволяють реалізовувати велике число схемних функцій за допомогою підключення різних кіл. Відеопідсилювачі характеризуються широкою полосою пропускання. Зазвичай властивості таких підсилювачів оцінюють за реакцією на стрибкоподібний або прямокутний вхідний сигнал. Однією з вимог, що часто зустрічаються, є необхідність автоматичного регулювання підсилення.

Вузькосмугові підсилювачі знаходять застосування в системах зв'язку. Вимогою до цих підсилювачів є вибірковість за частотою.

Широке застосування знаходять цифрові ІМС, побудовані на транзисторах: польових, в яких електричний струм від витоку до стоку управля-

На щиті спалахує лампочка, що відповідає зміні положення вимикача.

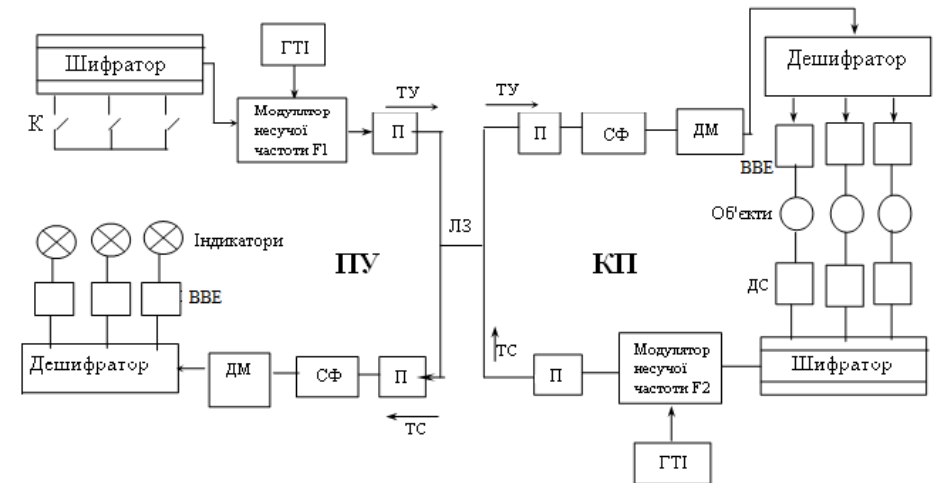


Рисунок 8.12 - Спрощена структурна схема частотної системи ТУ-ТС

Розглянемо процес телесигналізації. Датчик сигналізації об'єкту (**ДС**) – контакти реле положення вимикача - посилає імпульс на шифратор **КП**, який утворює кодову комбінацію сигналу про спрацювання вимикача.

Модулятор несучої частоти f_2 перетворює сигнал, який посилюється підсилювачем (**П**) і поступає в лінію зв'язку. На **ПУ** отриманий сигнал знову підсилюється, проходить смуговий фільтр, що уловлює всі перешкоди, потім демодулятор відокремлює кодову комбінацію від несучої частоти f_2 . Дешифратор перетворює кодову комбінацію в десятковий код адреси, яка є сигналом для включення вихідного виконавчого елемента індикатора, що сигналізує про виконання команди. На щиті спалахує лампочка, що відповідає зміні положення вимикача.

Порівняльна характеристика систем ТУ-ТС

Найбільшим недоліком часових систем **ТУ-ТС** є порушення синхронізації розподільників, проте, досвід експлуатації показав надійність роботи таких систем.

Переваги часових систем полягають в можливості передачі великого числа повідомлень у вузькій смузі частот; простоті і однотипності апаратури; можливості передачі сигналів великої пікової потужності; відсутності впливу каналу на канал, оскільки в кожен момент часу передається один сигнал.

подається імпульс. Шифратор перетворить імпульс в двійковий код (рис. 8.10):



Рисунок 8.10 - Двійковий код, перетворений в шифраторі з імпульса

Коливання несучої частоти, що виробляються генератором тактових імпульсів (**ГТІ**), під впливом двійкової коди перетворюються модулятором несучої частоти f_1 і набувають вигляду сигналу (дискретна модуляція або маніпуляція), які показано на рис. 8.11.

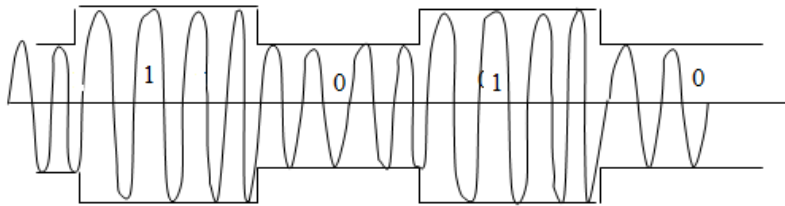


Рисунок 8.11 - Утворення управляючого сигналу

Сигнал підсилюється підсилювачем (**П**) і поступає в лінію зв'язку (**ЛЗ**). На **КП** отриманий сигнал знову підсилюється і проходить смуговий фільтр (**СФ**), що уловлює всі перешкоди, тобто частоти за винятком несучої. Далі сигнал проходить демодулятор (**ДМ**), який відокремлює імпульси двійкового коду від коливань несучої частоти f_1 . Поступаючи на вихід дешифратора, кодова комбінація перетвориться в десятковий код адреси конкретного виконавчого пристрою. **ВВЕ** – контакти електромагнітних реле відключення вимикачів – відключають потрібний об'єкт.

Розглянемо процес телесигналізації. Датчик сигналізації об'єкту (**ДС**) – контакти реле положення вимикача - посилає імпульс на шифратор **КП**, який утворює кодову комбінацію сигналу про спрацювання вимикача (рис. 8.12).

Модулятор несучої частоти f_2 перетворить сигнал, який підсилюється підсилювачем (**П**) і поступає в лінію зв'язку. На **ПУ** отриманий сигнал знову підсилюється, проходить смуговий фільтр, що уловлює всі перешкоди, потім демодулятор відокремлює кодову комбінацію від несучої частоти f_2 . Дешифратор перетворить кодову комбінацію в десятковий код адреси, яка є сигналом для включення вихідного виконавчого елементу індикатора, що сигналізує про виконання команди.

ється електричним полем на управляючому електроді і біполярних, в яких електричний струм від емітера до колектора управляється струмом з базового контакту. Розміри елементів транзисторів обчислюються одиницями мікрон і долями мікрона. Зменшення розмірів елементів транзисторів і займаною ними на поверхні пластини площі супроводжується підвищенням їх якісних характеристик: збільшенням швидкодії, зменшенням споживаної потужності.

Малі розміри транзисторів мікроелектронних схем забезпечують можливість розробки так званих групових технологічних процесів. Саме високі коефіцієнти групової обробки забезпечують величезну економічну ефективність мікроелектронного виробництва. Щільність розміщення транзисторів в інтегральній схемі визначається геометричними (топологічними) і фізичними чинниками. Топологічне завдання при створенні інтегральної схеми полягає в розміщенні транзисторів і з'єднань на частині поверхні пластини. Головним з фізичних чинників, що обмежують щільність розміщення транзисторів на поверхні кристала ІМС, є забезпечення відведення тепла, що виділяється при роботі інтегральної мікросхеми. У розвитку мікроелектроніки в даний час чітко позначилися два напрями: у інтегральних мікросхемах на польових транзисторах прагнуть досягти максимальних ступенів інтеграції при помірній швидкодії і малій споживаній потужності (надвеликі **ІМС**), тоді як на біполярних транзисторах будуються надшвидкісні **ІМС**, які використовують як елементну базу ЕОМ.

Цифрові **ІМС** працюють в релейному режимі, тобто в них використовуються елементи з двома стійкими станами. Вони реалізують логічні функції і є матеріальною основою створення елементів сучасних пристроїв телемеханіки.

ІМС повинні відповідати найважливішій вимозі до систем телемеханіки - надійності, тому при виготовленні їх піддають випробуванням.

При випробуваннях **ІМС** передбачається, що основну інформацію про надійності випробовуваних приладів можуть дати випробування, що проводяться протягом 1000 годин. У основі випробувань на довговічність шляхом зберігання при високій температурі лежить оцінка стабільності поверхні напівпровідника. Випробування **ІМС** на довговічність в робочому режимі полягає в тому, що схема підключається на змінне навантаження. При такому випробуванні схеми з прихованими дефектами виходять з ладу. У зв'язку з високою чутливістю напівпровідникових приладів до вологості і забруднення поверхні одним з найважливіших видів випробувань приладів на надійність є випробування інтегральних схем на герметичність.

Лекція № 6. Принципи роботи пристроїв телемеханіки в автоматизованих системах диспетчерського керування

Розглянуті в Лекції № 4 логічні функції реалізуються в пристроях телемеханіки, які складаються з функціональних блоків. Функціональні блоки містять велику кількість елементів, виконаних на інтегральних мікросхемах. Розглянемо принципи роботи основних елементів пристроїв телемеханіки [8].

Шифратор – пристрій, що перетворює імпульс вхідного сигналу в двійковий код. Сигнал в ньому одночасно поступає тільки на один вхід, утворюючи на декількох виходах двійковий код (рис. 6.1). Шифратор має велику кількість входів і малу кількість виходів, в схемах позначається CD (Coder):

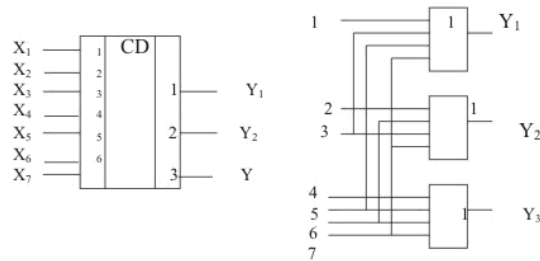


Рисунок 6.1 – Позначення і принцип роботи шифратора на елементах АБО

При почерговій подачі імпульсів на входи **1, 2, 4** (рис. 6.2) відповідно по черзі збуджуються виходи **2⁰, 2¹, 2²** (кодові комбінації **001, 010, 100**):

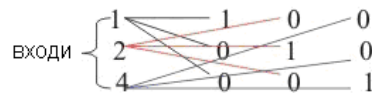


Рисунок 6.2 – Почергова подача імпульсів на входи **1, 2, 4**

- при почерговій подачі імпульсів на входи **3, 5, 6** отримуємо на виходах (рис. 6.3):

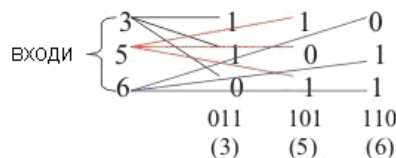


Рисунок 6.3 – Почергова подача імпульсів на входи **3, 5, 6**

Розглянемо спочатку передачу сигналів **ТС** з **КП** на **ПУ**. Кількість імпульсів **ТС** залежить від стану контрольованих об'єктів і може змінюватися від циклу до циклу. Якщо об'єкт змінив свій стан, тобто переключився, то датчик сигналізації **ДС** підключає вихід комірки розподільника до лінійного блоку **ЛБ**. Імпульс з комірки розподільника підсилюється в **ЛБ** і поступає в лінію зв'язку. На **ПУ** імпульс **ТС** виділяється блоком видільника імпульсів сигналізації (**ВІС**) і поступає на всі елементи **I (&)**. Так, якщо поступив сигнал **ТС** з об'єкта 2, то разом з імпульсом з розподільника він утворює на виході елементу **I** імпульс, який збуджує вихідний виконавчий елемент (**ВВЕ**), що включає індикатор 2. Сигнал **ТС**, що одночасно приходить, включає дзвінок **ЗВ**. Сигналізація на **ПУ** може бути виконана за методом світлого або темного щита. **ДС** - датчики сигналізації, їх роль виконують реле положення вимикачів, сигнальні реле і так далі.

Наприклад, тепер необхідно включити об'єкт **2**. Коли диспетчер на **ПУ** перемикає ключ вибору об'єкту №2 у положення "**Включити**", виникає положення невідповідності, від чого спалахує індикатор **2**. Команда, пройшовши лінійний блок (**ЛБ**), підсилюється і поступає в лінію зв'язку. Блок замикання (**БЗ**) замикає блоки, що не беруть участі в подачі сигналу. На **КП** команда проходить через **БЗ**, блок виділення команд (**БК**), блок пам'яті (**БП**) і схеми збігу **I (&)**, включає вихідний виконавчий елемент (**ВВЕ**), який повинен включити відповідне реле об'єкту (**РО**). Проте включення не відбудеться до тих пір, поки диспетчер на **ПУ** не натисне кнопку характеру операції ("**Вкл**"). Тобто тут здійснюється 2-й ступінь вибору об'єкту. Команда "**Включити**" проходить тим же шляхом, що і перша команда і впливає на **ВВЕ**, який діє на **РО**. Тільки після цього об'єкт 2 включається і спрацьовує датчик сигналізації, посилаючи на **ПУ** сигнал, як було описано вище, після приходу якого настає стан відповідності і сигнальна лампочка гасне.

Імпульси команд **ТУ** і сигналізації можуть мати однакову або різну полярність, але у будь-якому випадку вони повинні бути зміщені в часі по відношенню один до одного. Це дозволяє за один цикл передавати команду і отримувати сигналізацію з інших об'єктів.

У системі **ТУ-ТС** два канали відводяться для передачі команд характеру операції "**Вкл**" і "**Відкл**". Решта каналів зазвичай призначені для вибору об'єкту і отримання зворотної повідомної сигналізації. На аналогічних принципах будуються комплексні системи **ТУ-ТС-ТВ-ТР** [8].

ТУ-ТС з частотним розділенням сигналів

Розглянемо процес телекерування (рис. 8.12). При телекеруванні диспетчер на **ПУ** замикає ключ (**К**), при цьому на вхід шифратора

ється блоком автозапуску (АЗ).

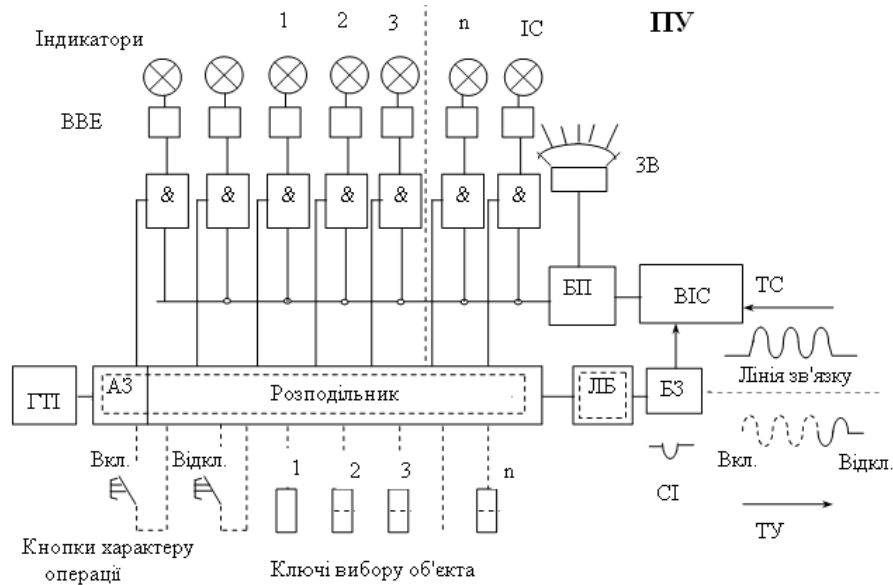


Рисунок 8.8 - Структурна схема системи телеуправління з часовим розділенням сигналів

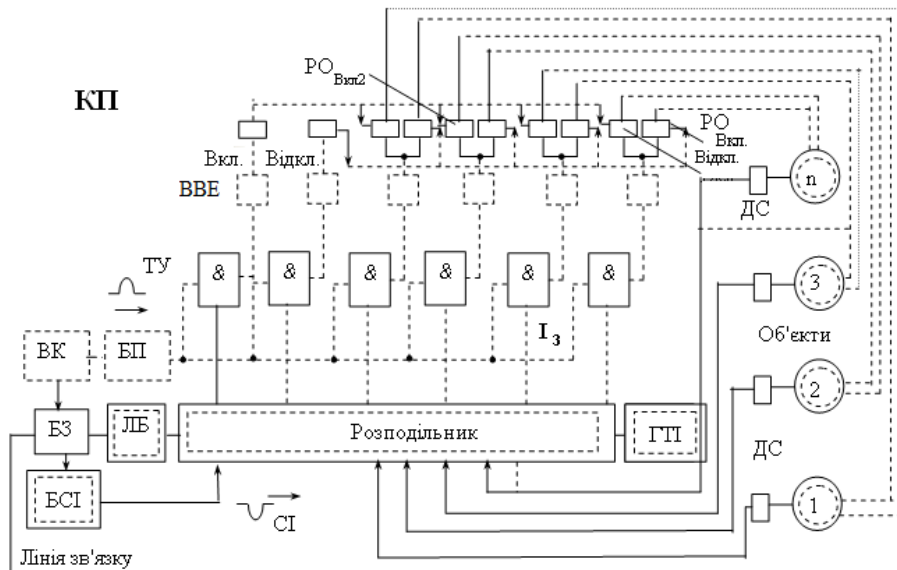


Рисунок 8.9 - Структурна схема системи телесигналізації з часовим розділенням сигналів

- при подачі сигналу на вхід 7 отримуємо на всіх виходах 1 (111), тобто 7 в двійковій системі числення.

Для перетворення з великою кількістю розрядів потрібно більше входів, тому схеми шифраторів виконують на елементах АБО-НІ і І-НІ за двоступінчатим принципом.

Дешифратор – пристрій, що перетворює двійковий код в десятковий, призначений для розпізнавання кодових комбінацій. Він має ряд входів і велику кількість виходів. Кожна кодова комбінація, що подається на вхід дешифратора, збуджує тільки один вихід. Виходи нумеруються в десятковій системі числення (рис. 6.4).

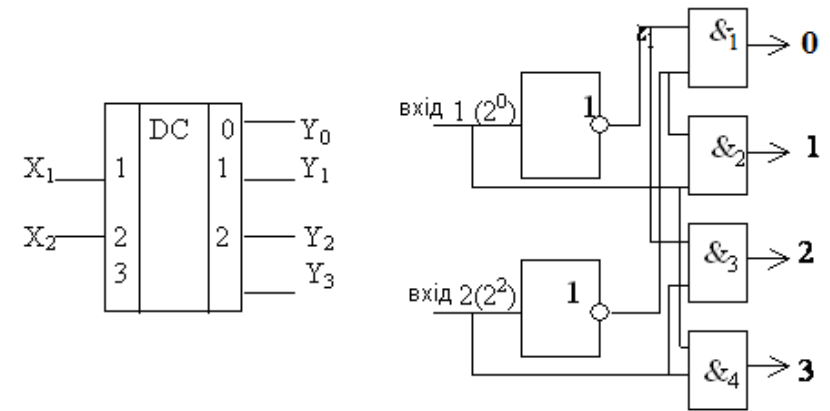


Рисунок 6.4 - Позначення і принцип роботи дешифратора

Простий лінійний дешифратор виконаний на елементах І (&) і НІ. Він має 2 входи і 4 виходи. Якщо на обидва входи подається 0, то з виходу елементу &₁ знімається сигнал 1, а з решти виходів – сигнали 0. Для цього на входи елементу &₁ з виходів двох інверторів поступають відповідно два сигнали 1 (кожен з інверторів виконав перетворення 0>1). Два сигнали 1 на вході елементу &₁ дають на його виході 1 (11=1). На виходах решти елементів & будуть нулі, оскільки на один з входів кожного з цих елементів подаються сигнали 0 (01=0, 00=0). Таким чином, на виході дешифратора отримуємо 0001, тобто одиницю в десятковій системі числення. Подавши 1 на вхід 1 і 0 на вхід 2 (двійковий код 01), отримаємо на виході дешифратора 0010, тобто 2 в десятковій системі числення. Подача 0 і 1 відповідно дасть 0100, тобто 4 в десятковій системі числення. Для отримання більшої кількості виходів дешифратори з'єднують каскадами. Далі кодові комбінації прямують в регістри і розподільники своїми колами.

Лічильником імпульсів є пристрій, виконаний на основі тригерів, логічний стан виходів якого залежить від числа імпульсів, що поступили на вхід (рис. 6.5). Лічильники виконують підрахунок числа вхідних імпульсів і фіксують це число у вигляді кодів. Розрізняють двійкові і десяткові лічильники, підсумовування і віднімання (реверсивні), асинхронні і синхронні і ін.

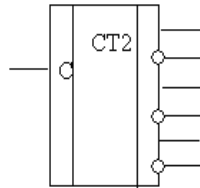


Рисунок 6.5 - Умовне позначення асинхронного двійкового лічильника

Регістром називається пристрій, призначений для прийому, зберігання і видачі інформації у вигляді двійкових чисел. Регістр складається з комірок, в якості яких застосовуються тригери, кількість яких рівна числу розрядів кодової комбінації. Найбільше застосування в телемеханіці отримали регістри зміщення (послідовні регістри), запис інформації в яких проводиться тільки через першу комірку, і регістри пам'яті (паралельні регістри), запис в яких проводиться одночасно через всі комірки.

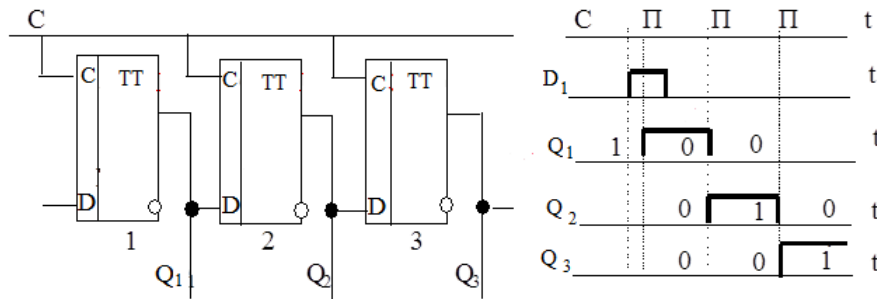


Рисунок 6.6 - Функціональна схема і часова діаграма регістра зсуву

На рис. 6.6 показано трирозрядний регістр зсуву на двоступінчатих D-тригерах. Вихід попереднього розряду подається на вхід D наступного розряду. Якщо на вхід D першого тригера подається одиниця, то перший тактовий імпульс (П), що поступає на входи C від генератора тактових імпульсів, переключить цей тригер і на виходах Q_1 , Q_2 , Q_3 тригерів 1, 2, 3 - утворюється код 100. Оскільки вихід Q_1 подається на вхід D другого

Процес телекерування

Системи телекерування створюються за багатоступінчатим принципом, коли з самого верхнього рівня ієрархії поступає найбільш важлива інформація на включення або відключення вимикачів системоутворюючих ліній 330–750 кВ. Диспетчер підприємства електромереж (ПЕМ) управляє мережами 220–35 кВ свого підприємства. Диспетчер районних електромереж (РЕМ) – розподільними мережами (переважно 10 кВ) свого району.

При телекеруванні повинні бути передбачені дві операції: підготовча і виконавча, тобто спочатку диспетчер вибирає об'єкт за допомогою індивідуального ключа об'єкта управління, далі він посилає команду "включити" або "відключити". Двоступінчатість управління вимагає від диспетчера більшого набору дій і часу виконання, що дає можливість виправити помилку, якщо вона виникне.

ТУ-ТС з часовим розділенням сигналів

У основу побудови системи телемеханіки, що ми розглянемо нижче, покладені наступні принципи [8]:

- часове розділення сигналів;
- циклічна передача, в якій для збільшення надійності за один цикл може передаватися не більше однієї команди;
- двоступінчатий вибір об'єктів, тобто спочатку вибирається підстанція, а потім на ній вимикач;
- сигналізація за методом темного щита;
- виконання схеми на безконтактних елементах за винятком виконавчих пристроїв, де застосовані електромагнітні реле (наприклад, реле управління положенням вимикача, вказівні реле і ін.).

На рис. 8.8 показана структурна схема ПУ, а на рис. 8.9 - структурна схема КП.

Основою системи є розподільники, які перемикаються від генераторів тактових імпульсів (ГТІ) і працюють синхронно. Синхронна робота розподільників забезпечується посиланням синхронізуючого сигналу (СС), який повинен відрізнятися від імпульсів ТУ-ТС. Іноді СС є кодовою комбінацією (1-й байт 11111111) або імпульсом більшої тривалості, ніж ТУ-ТС. У даній схемі СС є імпульсом негативної полярності (СІ – синхронізуючий імпульс). Він виділяється на КП блоком синхронізуючих імпульсів БСІ і підстроює роботу розподільника КП синхронно з розподільником ПУ. Оскільки дана система є циклічною, то СІ поступає в лінію зв'язку на початку кожного циклу. Запуск провідного розподільника на ПУ здійсню-

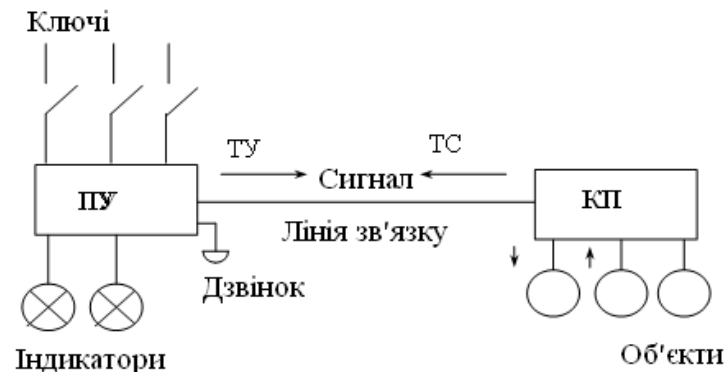


Рисунок 8.7 - Структурна схема ТУ-ТС

Види і методи сигналізації

У системах **АСДК** застосовуються наступні види телесигналізації.

Телесигналізація про стан об'єктів може здійснюватися як автоматично, так і за викликом диспетчера. Вона є завжди адресною, тобто конкретно вказує, який об'єкт змінив свій стан.

Сигналізація про справну роботу системи телемеханіки здійснюється окремим каналом шляхом посилення сигналів з **КП**, при цьому на **ПУ** при справній системі горить сигнальна лампа.

Повідомна сигналізація, яка підтверджує виконання команди телекерування: при відключенні об'єкту колір його на екрані міняється.

Сигналізація про вихід вимірювального параметра за встановлені межі, зокрема, аварійна сигналізація.

Сигналізація за методом **світлого щита** означає, що засвічена індикаторна лампа на диспетчерському щиті горітиме, поки об'єкт включений, і згасне при відключенні об'єкту. Такий метод не завжди зручний, оскільки увага диспетчера розсівається, і важко виявити ще одну засвічену лампу серед багатьох. Сигналізація за методом **темного щита** означає, що індикаторні лампи зазвичай погашені і спалахують лише при зміні стану об'єкту. При цьому виникає звуковий сигнал. Виникає невідповідність між новим станом об'єкту і станом ключа, що зберігає колишній стан. Диспетчер перемикає (квітує) ключ, тим самим сигналізує системі, що сигнал прийнято, звуковий сигнал знімається.

Звуковий сигнал загальний для всіх пристроїв **ПУ**, світловий – окремий для кожного **КП**.

тригера, то наступний тактовий імпульс переключить цей тригер і на виходах тригерів виникне код **010**, а при наступному тактовому імпульсі **001**. Кожен тактовий імпульс зміщує інформацію на розряд вправо і встановлює наступний тригер в стан, в якому знаходився попередній. Таким чином, при записі кодової комбінації 1-й символ молодшого розряду записується в комірку **1** при першому тактовому імпульсі, від другого тактового імпульсу молодший розряд зміщується в комірку **2**, а в комірку **1** запишеться другий розряд і так далі. Видача комбінації також починається з молодшого розряду, що змістився в комірку **n**.

Розподільник - пристрій, що виконаний на тригерах, має ряд виходів і забезпечує по чергові виникнення імпульсів на цих виходах (рис. 6.7). Управління розподільником виконується від генератора тактових імпульсів. Розподіл імпульсів, що поступили на вхід, колами виходів відбувається за час циклу **T**. При цьому одночасно імпульс з'являється тільки на одному виході. Розподільники працюють безперервно, це означає, що після розподілу імпульсів протягом першого циклу слідує такий же розподіл протягом другого циклу і так далі.

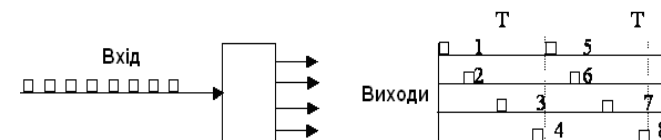


Рисунок 6.7 - Принцип роботи розподільника

Комутатором називається пристрій, призначений для вибору і підключення одного з багатьох входів (виходів) тільки до одного виходу (входу) (рис. 6.8).

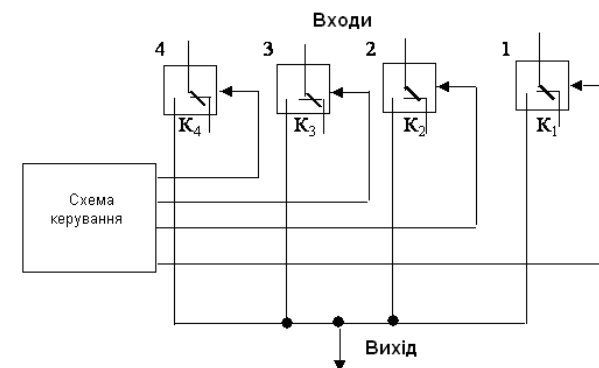


Рисунок 6.8 - Схема комутатора

На рис. 6.8 будь-який з ключів ($K_1...K_4$) може бути замкнутий по команді з схеми керування, під'єднуючи тим самим вибране вхідне коло до виходу схеми. Схемою керування може бути регістр, розподільник, дешифратор або інший пристрій, що по черзі видає сигнали для підключення входів.

Аналогічний комутатору пристрій – *мультиплексор*, що забезпечує підключення декількох незалежних каналів до одного каналу. У мультиплексорі сигнал вибирається від одного з незалежних каналів входу і передається загальним каналом виходу в різні проміжки часу [8].

Безконтактні ключі, що застосовуються для комутації струму або напруги відповідними колами, підрозділяються на діодні (рис. 6.9) і транзисторні (рис. 6.10). Ключі можуть бути двопозиційними, тобто передавати два рівні сигналу **0** і **1**, і аналоговими, що передають безперервний сигнал.

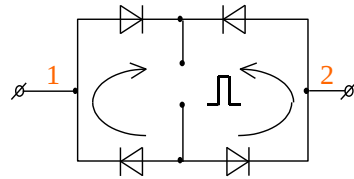


Рисунок 6.9 - Схема діодного ключа

При подачі управляючого імпульсу діоди відкриваються і на затисках **1-2** виникає напруга.

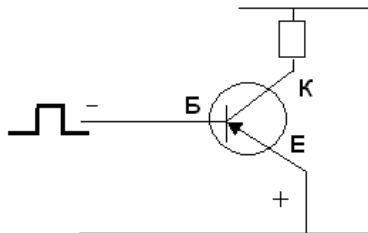


Рисунок 6.10 - Схема транзисторного ключа

Відкриття ключа відбувається протягом дії управляючого імпульсу [8, 9].

В *Лекції № 2* ми розглядали процедуру перевірки прийнятих кодів на парність, що реалізовує функцію нерівнозначності (див. *Лекцію № 4*). Для виконання такої перевірки використовуються *суматори*. Робота суматора по модулю 2 ілюструється таблицею, яка представлена на рис. 6.11.

Всі перераховані телемеханічні передачі можуть бути застосовані як для передачі розпорядливої (командної), так і для прийому повідомної інформації.

8.3 Системи автоматичного телекерування і телесигналізації

Структурні схеми

ТУ і **ТС** відносяться до основних функцій телемеханіки.

ТС – система, що здійснює передачу дискретних величин про стан контрольованих об'єктів за допомогою звукової і світлової сигналізації (рис. 8.5).

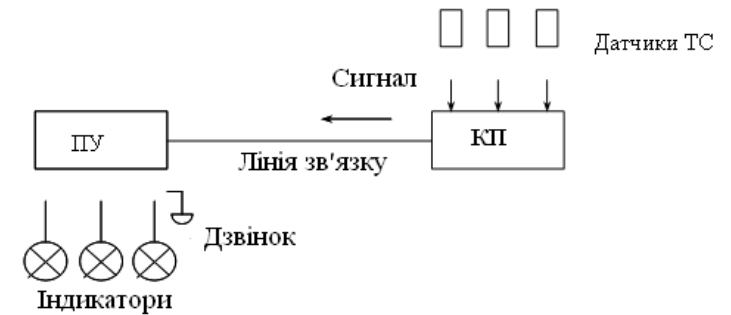


Рисунок 8.5 - Структурна схема ТС

ТУ – система, що здійснює передачу команд на включення або відключення об'єктів (рис. 8.6).

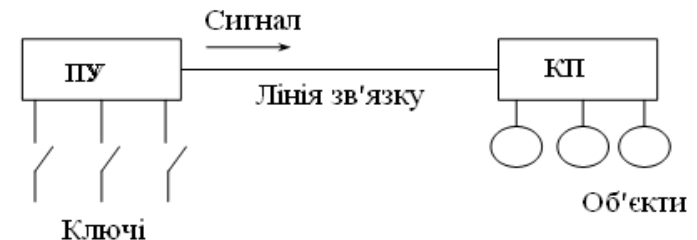


Рисунок 8.6 - Структурна схема ТУ

ТУ-ТС – система, що дозволяє передавати команди з ПУ на КП і отримувати повідомну інформацію про виконання цієї команди (рис. 8.7).

повідомлень, які посиляються [15].

Передача інформації здійснюється у вигляді 8-розрядних (8 бітових) кодових послань (тобто 1 байт) [8].

На рис. 8.3 з ПУ посилається запит з 4 байтів для отримання повідомної інформації від КП. В 1-му байті передається код синхронізації для підстроювання генератора на КП. З 8 розрядів в 2-му байті перші 3 розряди відведено для кодів початку, а останні 5 розрядів - для адреси КП. У 3-му байті перші 4 розряди забезпечують передачу адреси функції, тобто що повинен передати КП: ТВ або ТС, а останні 4 розряди – вибір номера групи об'єктів. У 4-му байті знову передається синхронізуюча комбінація.



Рисунок 8.3 - Вибір контрольованого пункту

Після того, як вибраний КП отримав з ПУ команду про передачу ТВ або ТС, з нього на ПУ повертають отриману адресу, що складається з 3-х байтів таких же точно, яка описана вище, після чого посилається група повідомлень, що займає 116 байт, залежно від об'єму ТВ, ТС, що передається. Після передачі групи повідомлень посилається байт "Кінець". Вся це послання захищається контрольними символами. Інформація у всіх байтах, що передаються, окрім байта "Кінець", захищається перевіркою на непарність. Байт "Кінець" в 9-му розряді доповнюється символом для перевірки на парність (рис. 8.4).

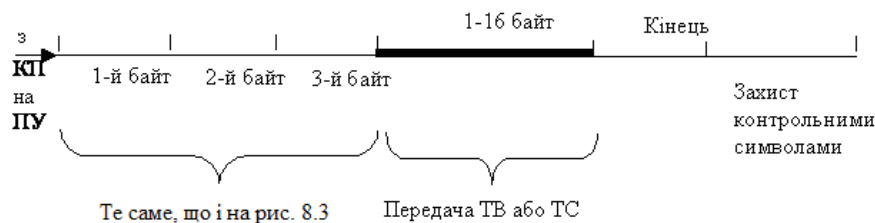


Рисунок 8.4 - Передача ТВ або ТС з КП на ПУ

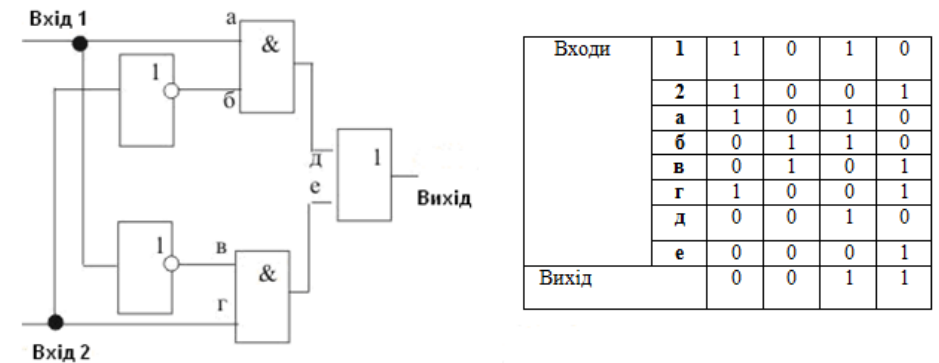


Рисунок 6.11 - Функціональна схема і таблиця функціонування суматора

Якщо на обидва входи подаються 1, то на входи а і з елементів І також поступлять одиниці, а на входи б і в – нулі. Це означає, що на входи д і е елементу АБО будуть подані 0, тобто на виході утворюється 0 ($1 \oplus 1 = 0$) і так далі.

Цифроаналогові перетворювачі (ЦАП) використовуються для перетворення кодової комбінації, що зберігається в регістрі, в аналогову величину (струм або напруга). ЦАП містять декодуючі сітки і операційні підсилювачі з двома входами (рис. 6.12). Опори резисторів в декодуючій сітці вибираються таким чином, щоб вихідна напруга була пропорційною декодованому числу. За способом побудови декодуючі сітки підрозділяють на паралельні і послідовні, а за режимом роботи - з підсумовуванням струмів і з підсумовуванням напруги.

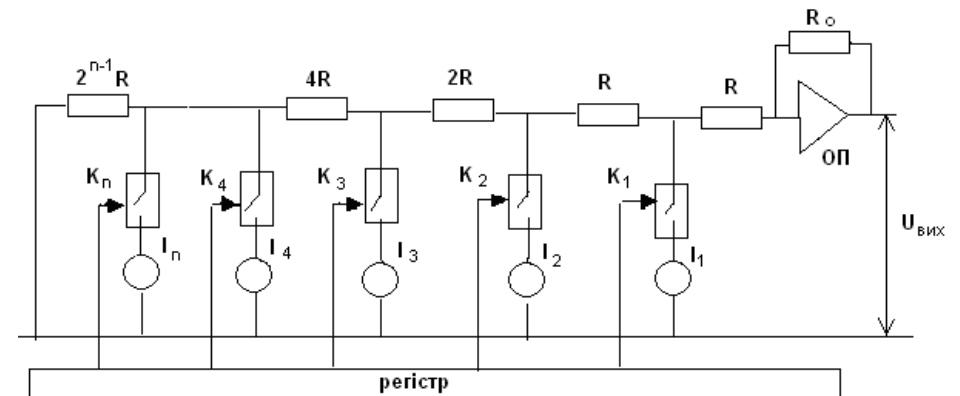


Рисунок 6.12 - Принцип дії цифроаналогового перетворювача

Розглянемо схему декодуючої сітки з ваговими значеннями розрядних резисторів для підсумовування струмів [8].

У цій сітці опори пропорційні вагам двійкових розрядів, тобто $R \cdot 2^n$, а саме:

$$R \Rightarrow 2^0 \quad 2R \Rightarrow 2^1 \quad 4R \Rightarrow 2^2 \quad 8R \Rightarrow 2^3 \quad 16R \Rightarrow 2^4 \dots$$

Джерела струму $I_1 \dots I_n$ мають однакові значення струмів і нескінченно великі внутрішні опори, тобто при паралельній роботі вони не впливають один на одного. Підключення їх до схеми здійснюється безконтактними ключами $K_1 \dots K_n$, які управляються сигналами з регістра. Якщо i -й розряд коду містить нуль, то ключ K_i розімкнений і джерело струму відключене. Якщо i -й розряд коду містить одиницю, то ключ K_i замикається і джерело струму I_i бере участь в створенні вихідної напруги $U_{\text{вих}}$. $U_{\text{вих}}$ - напруга на виході є сумарним падінням напруги на колі резисторів.

При замиканні тільки ключа K_1 струм джерела I_1 проходить через резистор R і $U_{\text{вих}} = I \cdot R$.

При замиканні тільки ключа K_2 : $U_{\text{вих}} = I \cdot (R + R) = I \cdot 2^1 \cdot R$;

При замиканні тільки ключа K_3 : $U_{\text{вих}} = I \cdot (2R + R + R) = I \cdot 2^2 \cdot R$;

Якщо всі ключі замкнуті: $U_{\text{вих}} = I \cdot (2^{n-1} + 2^{n-2} + \dots + 2^0) \cdot R$;

Якщо частина ключів включена, а частина відключена, то $U_{\text{вих}}$ пропорційне $I \cdot R_{\text{еквівалентний}}$.

Наприклад, якщо в регістрі зберігається кодова комбінація **0101**, що відповідає **5**, то замикаються ключі K_1 і K_3 і створюється падіння напруги на резисторах відповідно $I \cdot R$ і $I \cdot (2R + R + R)$. Тоді $U_{\text{вих}} = 5 \cdot I \cdot R$.

Таким чином, напруга на виході **ЦАП** є функцією перетворюваної кодової комбінації.

З допомогою **ЦАП** прийняті кодові комбінації, що відображають виміряні на **КП** напругу, струм, активну або реактивну потужність, температуру, тиск і так далі, перетворюються в аналогові величини (струм або напруга), які далі подаються на реєструючі прилади і в ЕОМ та відображають результати телевимірювань.

Якщо реєструючі прилади стрілочні, то їх шкали і відхилення стрілок відображають значення вимірюваних величин. Якщо реєструючі прилади цифрові, то вимірювана величина повинна пройти операцію масштабування, яка полягає в множенні кодової комбінації, що виражає виміряну величину, на коефіцієнт при відтворенні абсолютних значень цієї величини в цифрах. Для цих цілей застосовуються *масштабуючі пристрої* [8].

При такому способі вибору виконавче коло об'єкта вибирають у декілька етапів:

- 1-ю командою вибирають групу об'єктів (наприклад, підстанцію);
- 2-ю командою – сам об'єкт (наприклад, вимикач).

Це дає економію апаратури ПУ, дещо ускладнюючи апаратуру **КП** [8].

8.2 Види телемеханічних передач

За способами передачі даних телемеханічні передачі можна підрозділити на декілька видів [8].

Циклічна передача – це передача телемеханічних повідомлень періодично із заданою послідовністю. Протягом часу, який називається циклом, циклічні безперервно діючі пристрої телемеханіки опитують контрольовані пункти незалежно від того, є від них сигнал чи ні, оскільки діють за заданою програмою. Такий спосіб телемеханічної передачі має ряд переваг:

- система постійно готова до роботи і це збільшує її швидкодію;
- постійно контролюється стан керованих об'єктів;
- постійно контролюється справність самої системи телемеханіки і каналів зв'язку.

Спородична передача - це передача, при якій телемеханічне повідомлення передається тільки з появою події на передавальному пункті. Пристрої телемеханіки, що здійснюють спородичну передачу, працюють тільки при прийомі або передачі інформації, в решту часу вони відключені, що не дозволяє визначити, є відмова в системі або в цей час відсутня інформація, яку можна передавати. Тому такі системи доцільні, якщо повідомлення виникають не часто або допускається затримка в їх передачі, тобто повідомлення накопичуються і потім передаються всі відразу. Практично в таких системах справність контролюють протіканням по ним постійного струму за відсутності передачі.

Багатоканальна передача – це передача, в якій в одному циклі або в одній смузі частот повідомлення (телевимірювання, телесигналізація) передаються від багатьох джерел. Вона може бути як циклічною, так і спородичною з будь-яким способом розділення каналів.

Адресна передача – циклічна або спородична передача сигналів телемеханіки, в якій за один цикл передається тільки одне повідомлення; друге повідомлення передається в наступному циклі і так далі. Для систем телемеханіки існують міжнародні стандарти на формування кодових

Лекція № 8. Принципи побудови і експлуатації автоматизованих систем диспетчерського керування

8.1 Способи вибору об'єктів

Відправлений з ПУ на КП сигнал повинен знайти саме той об'єкт, тобто виконавчий пристрій, за допомогою якого за сигналом буде виконано необхідну дію, наприклад, включення або відключення саме того вимикача, який потрібний. При цьому об'єкт може бути вибраний одноступінчатим (рис. 8.1) або груповим способом (рис.8. 2) [8].

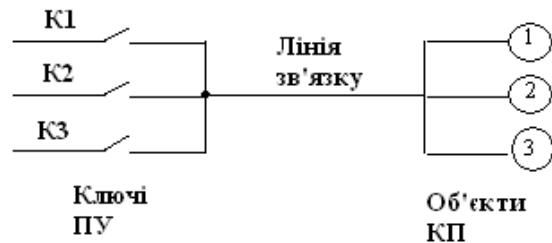


Рисунок 8.1 - Одноступінчатий спосіб вибору об'єктів

На рис. 8.2 замикання ключа 1 включає об'єкт 1, замикання ключа 2 – об'єкт 2 і так далі. При виборі об'єкту у такий спосіб на ПУ потрібно стільки ключів, скільки існує керованих об'єктів.

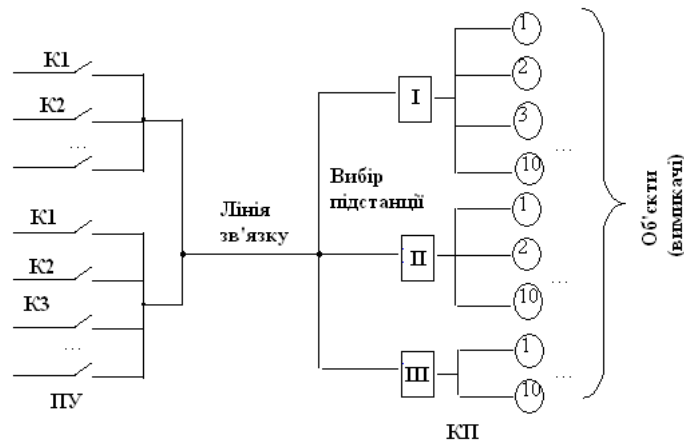


Рисунок 8.2 - Груповий спосіб вибору об'єктів

Лекція № 7. Організація каналів зв'язку для передачі телемеханічної інформації в системах управління електропостачанням

7.1 Загальні положення

У системах телемеханіки для передачі інформації використовуються лінії зв'язку, що є фізичним середовищем, в якому розповсюджуються сигнали:

- спеціальні дротяні (фізичні) повітряні або кабельні лінії зв'язку;
- високовольтні лінії електропередачі;
- радіоканали;
- волоконно-оптичні кабелі.

Прокладка багатокілометрових ліній спеціально для передачі сигналів телемеханіки приведе до істотних витрат, тому наявні лінії зв'язку використовують багато разів за рахунок організації в одній лінії декількох каналів, з яких один або декілька призначається для телемеханіки. Це називається *первинним ущільненням лінії зв'язку*.

Канал зв'язку – це сукупність технічних засобів, що забезпечують незалежну передачу декількох повідомлень по одній лінії зв'язку. Кожен канал зв'язку характеризується певною смугою частот, необхідною для неспотвореної передачі даного типу повідомлень. Якщо передаються безперервні повідомлення, то канал зв'язку називається *безперервним*, якщо дискретні повідомлення – *дискретним*.

Основним показником каналу зв'язку є його пропускна спроможність, тобто швидкість передачі інформації V_n [Бод=бим/сек].

При невеликих швидкостях передачі телемеханічної інформації (50–75) Бод застосовують телеграфні канали, при швидкостях до 4800 Бод – телефонні канали; при великих швидкостях передачі використовують телевізійні канали.

Телемеханічні повідомлення в кодовій формі можна передавати в різних діапазонах частот:

- тональному (300 – 3400) Гц;
- надтональному (3400 – 5300) Гц;
- підтональному (40 – 300) Гц.

Чим вища швидкість передачі інформації, тим більша смуга пропускання частот для цього потрібна:

$$\Delta F = (1,5 \div 3) V_n, \text{ Гц} \quad (7.1)$$

де ΔF – ширина смуги пропускання;

V_n – швидкість передачі інформації, Бод.

У частотному тональному діапазоні 300-3400 Гц прийнято основні значення V_n : 200, 600, 1200, 2400, 4800 Бод, а також додаткові 1800, 3000, 3600, 4200 Бод [8, 10]. Для телефонних каналів з частотним діапазоном 300–2400 Гц швидкість передачі понад 1200 Бод призводить до зниження достовірності переданої інформації і збільшення вірогідності впливу суміжних каналів.

За допомогою спеціальної апаратури *вторинного ущільнення ліній зв'язку* стандартний телефонний канал може бути розділений на ряд вузькосмугових низькошвидкісних телеграфних каналів.

Розрізняють три режими передачі інформації по каналах зв'язку:

- 1 – *симплексний*, такий, що реалізовує передачу інформації в одну сторону;
- 2 – *дуплексний*, такий, що дозволяє двосторонній одночасний обмін інформацією;
- 3 – *напівдуплексний*, такий, що реалізовує почерговий обмін інформацією в обидві сторони.

Відповідно канали зв'язку називаються симплексними, дуплексними, напівдуплексними.

Ще однією характеристикою каналів зв'язку є можливість використання одного і того ж каналу різними абонентами. З цієї точки зору розрізняють прямі (виділені) канали, що використовуються для зв'язку двох абонентів, і комутовані канали, що використовуються багатьма абонентами.

Прямі канали використовуються для передачі телеінформації з середніми і високими швидкостями (2400, 4800 Бод).

Комутовані канали використовуються для телефонного зв'язку і передачі інформації з низькими (50 – 200 Бод) і середніми (до 1200 Бод) швидкостями.

7.2 Спеціальні (фізичні) лінії зв'язку

Повітряні лінії зв'язку

Повітряні лінії зв'язку (табл. 7.1) виконуються з металевих проводів, закріплених на опорах за допомогою штирьових або стержневих ізоляторів.

Застосовуються дроти :

- сталеві $\varnothing = 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5$ мм;
- мідні $\varnothing = 3; 3,5; 4$ мм;
- сталеві з мідним покриттям товщиною 0,2 мм $\varnothing = 1,6; 2; 3; 4$ мм;
- сталеві алюмінієві $\varnothing = 2,6; 6,5$ мм.

товуються ті ж заходи, що і для випадку електростатичного зв'язку.

Одним з ефективних способів підвищення завадозахищеності кабельних ліній зв'язку є їх екранування. Екрануюча дія металевої оболонки кабелю пояснюється тим, що в ній наводяться струми, що створюють поле, яке компенсує зовнішнє поле, що викликає перешкоди. Для ефективного екранування товщина стінок екрану повинна бути співрозмірна з довжиною хвилі електромагнітного поля в речовині екрану. Наприклад, при промисловій частоті 50 Гц мідний екран ефективний лише при товщині стінок 6 мм, а залізний - при товщині 4.5 мм; на частоті 500 кГц для мідного екрану це складе близько 0.6 мм, а для залізного – 0.05 мм. Не дивлячись на очевидні переваги феромагнітних екранів, на практиці застосовують екрани з добре провідних матеріалів, оскільки магнітна проникність феромагнітних речовин сильно залежить від напруженості зовнішнього поля. При насиченні феромагнітного екрану його екрануючі властивості різко погіршуються.

При захисті від електростатичних і височастотних електромагнітних полів найбільш ефективні кабелі з немагнітного матеріалу. Для захисту від низькочастотних електромагнітних полів були б потрібні товстостінні феромагнітні екрани, що практично нездійсненно при протяжних лініях передачі. Тому для захисту від таких полів застосовують скручування жил кабелю, що зменшує площу контуру, що утворюється жилами, і вирівнює перехресні ємності і взаємні індуктивності проводів. У зв'язку з тим, що часто перешкодами є громові і комутаційні перенапруження, що є короткочасними імпульсами і височастотними коливаннями, то застосування немагнітних екранів виправдовується, оскільки основна енергія таких перешкод зосереджена у височастотній області.

Ефективність дії екранів істотно залежить не тільки від частотного спектру перешкод, але і від схеми заземлення екранів, а також від розташування жил кабелю всередині екрану. Рівень перешкод знижується, якщо зменшується ефективна площа контуру робочого сигналу, з цієї причини в якості провідника вимірювального кола слід застосовувати жили, що належать одному контрольному кабелю, і не застосовувати жили різних кабелів. При незаземленому джерелі або навантаженні корисний сигнал розповсюджується зворотним дротом або екраном кабелю, що зменшує ефективну площу контуру і тим самим знижує рівень перешкод. Якщо струм екрану спотворює робочий сигнал, екран слід заземляти в одній точці - у джерелі для зменшення випромінюваних перешкод. Прокладання лінії зв'язку навіть неекранованим контрольним кабелем поблизу добре заземленого провідника (шиною заземлення, металоконструкціями і т. п.) сприяє зниженню рівня наведених перешкод.

Перешкоди можуть наводитися як між проводами лінії зв'язку (перешкоди диференціального або поперечного вигляду), так і між будь-яким дротом лінії і землею (синфазні або подовжні перешкоди). Проникаючи всередину пристрою паразитними ємкісними зв'язками, ці перешкоди потім можуть накладатися на робочий сигнал, який усередині пристрою, як правило, є синфазним і передається відносно загальної шини нульового потенціалу. Тому конструктори апаратури застосовують заходи, щоб максимально ослабити паразитні (ємкісні) зв'язки між первинною обмоткою проміжного трансформатора і елементами внутрішньої схеми пристрою.

Що стосується диференціальних перешкод, то найбільш дієвим способом є максимальна огорожа лінії зв'язку від дії джерел перешкод, якщо джерело перешкоди неусувне. Для цього необхідно знати, як перешкоди потрапляють в лінію зв'язку.

Прийнято розрізняти гальванічний, електростатичний і індуктивний шляхи проникнення перешкод з одного електричного кола в інше.

Гальванічний зв'язок - це безпосередній зв'язок кола приймача корисного сигналу з колом, де розташовано джерело перешкоди. Найчастіше цей шлях виникає із-за наявності загального провідника в даних колах. Кардинальне вирішення проблеми захисту від проникнення перешкод по землі - це заземлення слабкострумівих кіл тільки в одній точці.

Електростатичний (ємнісний) зв'язок електричних кіл головним чином виникає в схемах з контурами з великим опором, коли провідники таких кіл генерують і сприймають електричні поля. Перешкоди між колами такого роду ще називають перехресними. Найбільш несприятливим випадком є близьке розташування провідників різних кіл на значній протяжності. Ефективні способи боротьби з перешкодами цього роду - скручування проводів і застосування електростатичних екранів. Скручування сприяє вирівнюванню ємностей між проводами, а екранування зменшує ємкість зв'язку. Звідси витікає, що небажано використовувати для утворення каналу зв'язку жили з різних кабелів.

Індуктивний зв'язок характерний для кіл з малим опором. Найчастіше індуктивний зв'язок виявляється при замиканні на землю в трифазних мережах. При міжфазних коротких замиканнях зовнішнє поле трифазної лінії відносно мале із-за близького розташування проводів і рівності нулю суми фазних струмів. У мережах з ефективно заземленою нейтраллю протікають дуже великі струми, наводячи перешкоди в розташованих поряд електричних колах. Найбільший рівень наведених перешкод спостерігається в контурі з малим опором. Для боротьби з перешкодами, що наводяться за рахунок індуктивного зв'язку, викорис-

Недоліки таких ліній – мала надійність, схильність до зовнішніх перешкод, необхідність постійного профілактичного обслуговування, залежність від атмосферних умов (при зміні температури повітря від -40 °С до +40 °С активний опір змінюється приблизно в 1,5 рази).

Сталеві дроти пропускають частоту до 30 кГц, мідні – до 180 кГц.

Таблиця 7.1 - Параметри повітряних ліній зв'язку [8]

Параметри	ПЛ зв'язку з відстанями між проводами 20 см			Струм
	сталеві	мідні	сталеалюмінієві	
Ro, Ом/км	2,2	2,84	6,4	=I
Ro, Ом/км	42,2	2,87	6,68	~I
Lo, МГн/км	8,96	1,94	1,94	~I
Co, МкФ/км	0,0063	0,0063	0,0063	~I

Кабельні лінії зв'язку

Кабельні лінії зв'язку (КЛЗ) можуть бути підземні, підводні і повітряні. Конструктивно їх виконують багатожильними, симетричними і коаксіальними. Жили переважно мідні, діаметром до 1,4 мм. Ізоляція може бути трубчастою, паперовою або пластмасовою, накладеною на жилу кабелю у вигляді трубки, або кордельною, виконаною з бавовняної або синтетичної нитки, накладеної на жилу спірально. Для телемеханіки застосовують, в основному, симетричні багатожильні кабелі.

Канали зв'язку у виділеній смузі частот телеграфних ліній

Для скорочення витрат зі створення систем телемеханіки доцільно використовувати існуючі лінії зв'язку: телефону, телеграфу і ін. При цьому **смуга пропускання**, якою володіє лінія (тобто смуга частот), розділяється на ряд телефонних каналів (**первинне ущільнення**), кожен з яких ділиться на телеграфні канали з шириною смуги частот, як правило, до 140 Гц (**вторинне ущільнення**).

Розглянемо **дуплексний зв'язок** на постійному струмі [8], за яким відбувається передача телемеханічних повідомлень, і одночасно здійснюються телефонні перемовини (рис. 7.1).

При передачі сигналу, наприклад, телекерування, на пункті управління **ПУ** замикається ключ **К1** і імпульс струму **i** поступає в лінію зв'язку і далі на реле **2** контрольовані пункти **КП**. Реле **2** включається і включає електромагніт виконавчого механізму, наприклад, вимикача. При посиленні сигналу про виконання команди з **КП** на **ПУ**, замикається ключ **К2** і відбувається така ж дія.

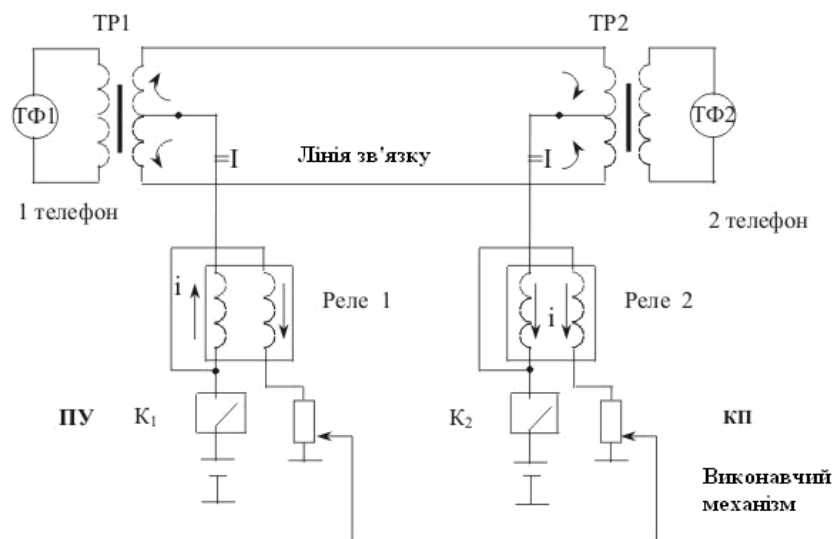


Рисунок 7.1 - Використання лінії зв'язку для передачі телемеханічних повідомлень

Якщо з **КП** на **ПУ** передаються не **ТС**, а **ТВ**, то **КП** і **ПУ** повинні бути укомплектовані модемами (модуляторами і демодуляторами).

На рис. 7.2 представлено приклад передачі сигналів постійним і змінним струмом: серія імпульсів постійного струму, радіоімпульси з амплітудною, частотною і фазовою маніпуляцією.

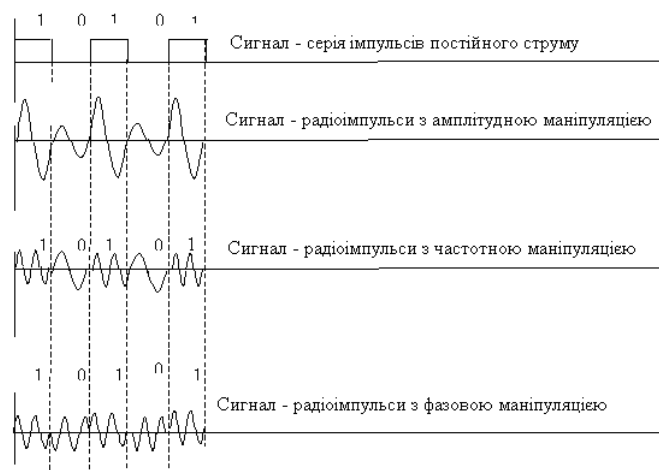


Рисунок 7.2 - Телеграфування постійним і змінним струмом

Вони бувають двох видів: *повторювачі*, де відбувається перетворення оптичного сигналу в електричну форму, підсилення, коректування і зворотне перетворення в оптичний сигнал, та *оптичні підсилювачі*, що забезпечують внутрішнє підсилення оптичного сигналу без його перетворення в електричну форму.

З'єднання оптичних волокон проводиться роз'ємними і нероз'ємними *оптичними з'єднувачами*, головною вимогою до яких є мінімальне ослаблення сигналу при з'єднанні. З'єднання оптичних волокон на **ВОЛЗ** великої протяжності здійснюється зваркою, місця зварок захищаються спеціальними герметичними з'єднувальними муфтами. Розгалуження вхідного оптичного сигналу на декілька вихідних здійснюється оптичними розгалужувачами. Для послаблення зворотного потоку, що виникає в результаті віддзеркалення частини енергії оптичного сигналу від неоднорідностей, в першу чергу, від місця стику, що утворюється оптичними з'єднувачами, використовуються спеціальні пристрої - *оптичні ізолятори*.

7.7 Завадостійкість пристроїв телемеханіки

Завадостійкість - це здатність апаратури правильно функціонувати в умовах електромагнітних перешкод. Необхідна завадостійкість (завадозахисненість) досягається тільки при комплексному вирішенні ряду питань:

- ✓ забезпеченні належного перевищення рівня інформаційних сигналів над рівнем перешкод. В зв'язку з цим в енергетиці використовуються сигнали з номінальними рівнями 1 А, 100 В і вище;
- ✓ правильному прокладанні лінії зв'язку датчиків інформації з пристроями, а при необхідності - захисті лінії зв'язку від впливу перешкод і послабленні самих перешкод;
- ✓ правильному конструюванні апаратної частини пристроїв.

Якщо вирішення останнього питання знаходиться виключно у розпорядженні розробників апаратури, то питання захисту каналів зв'язку від перешкод повинні вирішуватися на стадії проектування і в ході експлуатації системи.

Як правило, вхідна частина пристрою виконується за схемою. При цьому робочий сигнал передається двопровідною лінією у вигляді різниці потенціалів або струмом. Зазвичай вхідним сприймаючим елементом пристрою є проміжний трансформатор, що забезпечує одночасне перетворення сигналів, що підводяться, і гальванічне розділення внутрішніх і зовнішніх кіл [12, 14].

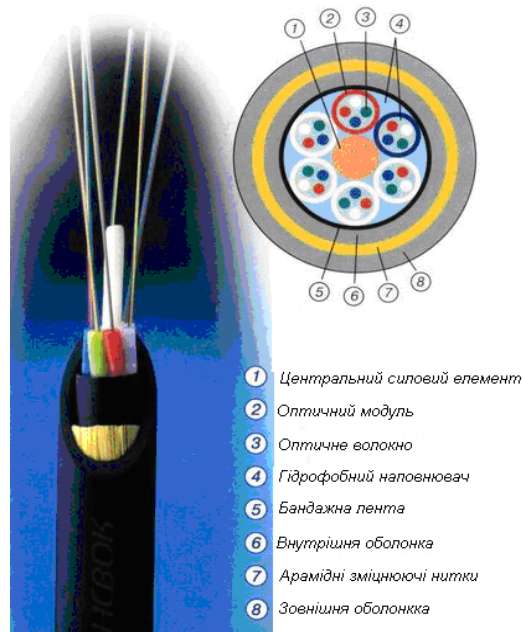


Рисунок 7.7 - Волоконно-оптичний кабель ОКМС для підвішування на опорах ЛЕП 110 кВ і повітряних ліній зв'язку [24]

Перетворення вхідних електричних сигналів в модульовані світлові коливання і зворотне перетворення здійснюється оптичними терміналами, до складу яких входять наступні пристрої: джерела і приймачі світла, модулятори і демодулятори світлових коливань, кодуєчі і декодуєчі пристрої, пасивні оптичні елементи (перемикачі, з'єднувачі і ін.). **ВОК** спільно з цими пристроями отримали назву *волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ)*. Найбільш ефективними в якості джерел оптичного випромінювання вважаються світлодіоди і лазерні напівпровідникові діоди [11].

Модуляція у **ВОК** полягає в управлінні параметрами хвилі (частотою, фазою і ін.), що розповсюджується, відповідно до інформаційного сигналу.

Роль приймачів оптичного сигналу полягає в перетворенні прийнятого оптичного сигналу в електричний. Основними елементами приймача є: фотоприймач, що перетворює оптичний сигнал в електричний, каскад електричних підсилювачів, що підсилюють сигнал і що перетворюють його у форму, придатну для обробки, демодулятор, який відтворює первинну форму сигналу.

При розповсюдженні оптичних сигналів по **ВОК** відбувається їх зміна і ослаблення, тому на протяжних **ВОЛЗ** встановлюються ретранслятори.

7.3 Розділення сигналів

Часове розділення сигналів

Для того, щоб забезпечити незалежну передачу і прийом багатьох сигналів однією лінією зв'язку або одним каналом так, щоб сигнали зберігали свої властивості і не спотворювали один одного, застосовують спеціальні прийоми, які називаються *розділенням сигналів*. Принципово можливі 10 способів такого розділення (амплітудне, полярне, адресне, розділення формою і ін.) [8]. Розглянемо деякі з них.

При часовому розділенні сигналів кожному з n сигналів лінія зв'язку представляється по черзі: за проміжок часу t_1 передається сигнал **1**, за t_2 - сигнал **2**, за t_3 - сигнал **3** і так далі (рис. 7.3).

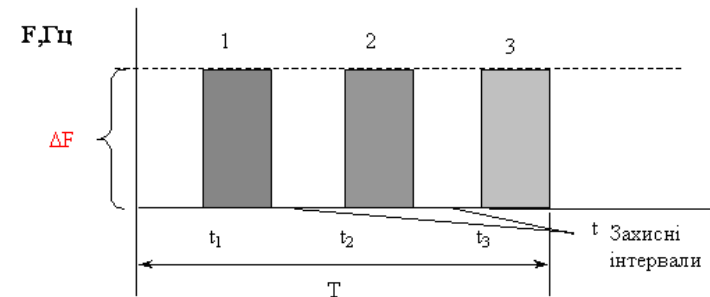


Рисунок 7.3 - Часове розділення сигналів

Час T , за який передаються всі сигнали, називається *циклом*. Між сигналами існують захисні інтервали, що забезпечують відстроювання одного сигналу від іншого. Для здійснення часового розділення використовують розподільники.

Частотне розділення сигналів

Цей спосіб розділення сигналів застосовується найчастіше. Технічно така передача здійснюється наступним чином [10]. Кожен сигнал займає свій частотний інтервал Δf_i , не зайнятий іншими сигналами, тобто сигналу **1** привласнюється частота f_1 , сигналу **2** – f_2 , і так далі. Між інтервалами створюються захисні смуги (рис. 7, а).

У спектрі стандартного телефонного каналу 300–3400 Гц утворюється канал телефонного зв'язку і декілька незалежних каналів телемеханіки. При цьому загальний спектр частот F , що передаються каналом зв'язку, розділяють на *тональний* 300–1200 Гц (для телефонних розмов) і *надтональний* 1200–3400 Гц (для сигналів телемеханіки), рис. 7, б.

7.6 Волоконно-оптичні канали

У волоконно-оптичному кабелі передача інформації базується на розповсюдженні світла в світлопроводному середовищі - світлопроводі. Рух світла уздовж світлопроводу відбувається при багатократному внутрішньому віддзеркаленні променя на межі *світлопровід-оболонка*. Волоконно-оптичний кабель (**ВОК**) є складним пристроєм, де, окрім забезпечення мінімальних втрат енергії при передачі, достатньо багато уваги приділено захисту світлопроводу від зовнішніх впливів. Найдешевшим є волокно із ступінчастою зміною коефіцієнта заломлення. Часто для цієї мети використовується оптично прозора пластмаса. За допомогою пластмасових світлопроводів можна передавати дані на відстані до декількох десятків метрів. У кабелях вищої якості використовується кварцеве волокно. Кварцеві світлопроводи бувають із ступінчастою і плавною зміною коефіцієнта заломлення. Відомі приклади волоконно-оптичної телекомунікації з передачею інформації на частотах до 4 ГГц і на відстань 120 км без повторювачів. Швидкість передачі інформації може досягати 1,1 Тбіт/сек [11].

Світлопроводи в порівнянні з електричними кабелями володіють низкою переваг: високою завадозахищеністю в умовах електромагнітних полів, більшою пропускнуною спроможністю, безпекою при експлуатації, відсутністю в них дефіцитної міді, що робить їх дешевшими, та високими експлуатаційними характеристиками: малим радіусом вигину, нечутливістю до умов прокладки (можлива прокладка поряд з сильнострумовими кабелями), малими масогабаритними показниками.

Основним недоліком **ВОК** є складність з'єднання (стикування) світлопроводів між собою, а також з випромінювачами і приймачами сигналів.

Розроблені **ВОК** різного конструктивного виконання і застосування [24]. На рис. 7.7 наведено приклад конструктивного виконання волоконно-оптичного кабелю **ОКМС** для підвіски на опорах **ЛЕП** 110 кВ і повітряних ліній зв'язку. Конструктивно **ВОК** можуть бути виконані навіть у вигляді оптичних волокон, розташованих в екранованому сердечнику, заповненому гідрофобним наповнювачем і розміщеному в грозозахисному тросі повітряної лінії [11]. Відомі технології підвішування **ВОК** до грозозахисних тросів (Іспанія, США, Німеччина, Італія), навівання **ВОК** на грозозахисні троси або фазні дроти ліній напругою до 150 кВ (США, Японія), підземні **ВОК** і ін. Вибір методу підвішування **ВОК** в значній мірі залежить від класу напруги **ЛЕП**.

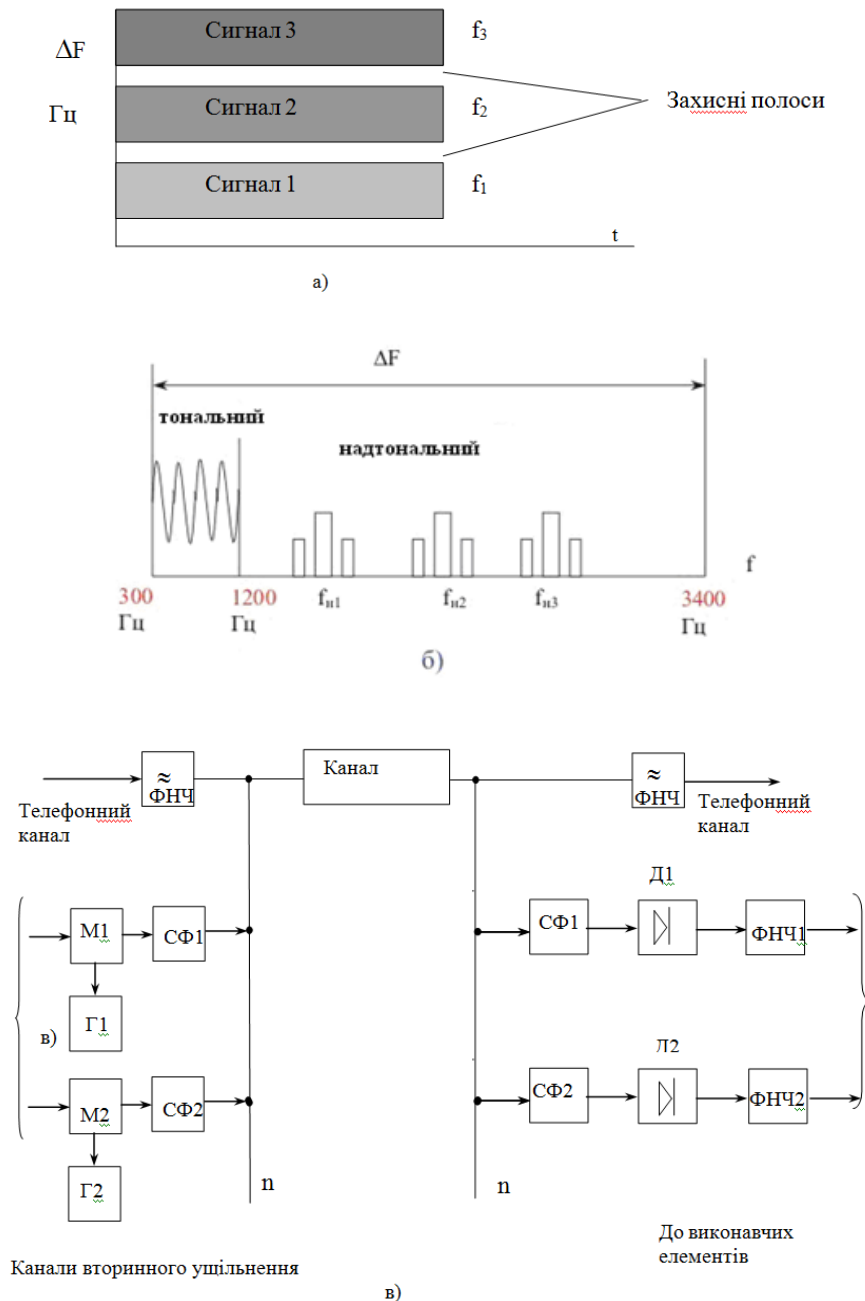


Рисунок 7.4 - Частотне розділення сигналів

довші хвилі відбиваються від атмосфери, а коротші поглинаються в ній. Стаціонарні супутники виводяться на висоту 36000 км так, щоб площина орбіти співпадала з площиною екватора, а напрям обертання співпадав з напрямом обертання Землі. Такий супутник забезпечує цілодобовий зв'язок. Супутники з еліптичною орбітою (висота орбіти 40000 км) забезпечують зв'язок 14-16 годин (за два сеанси). Вважається, що якщо дальність передачі більше 1500 км, то доцільно застосовувати не радіорелейні лінії, а супутниковий зв'язок [8, 10].

У енергосистемах для передачі інформації на вищих рівнях ієрархії використовуються високочастотні канали зв'язку лініями електропередач, високочастотні кабелі зв'язку, радіорелейні лінії, телефонні канали міністерства зв'язку. На низьких рівнях ієрархії – високочастотні канали лініями електропередач, низькочастотні повітряними і кабельними лініями зв'язку, **УКВ**-зв'язок.

На багатьох підприємствах набули поширення системи безпроводного радіотелефонного зв'язку на основі власної **АТС**, які можуть використовуватися для створення радіотелефонної системи всередині підприємства. Використання бездротової системи зв'язку підвищує ефективність діяльності співробітників, оскільки кожен абонент може вільно пересуватися територією підприємства, весь час знаходячись в межах досяжності завдяки легкому безпроводному телефону і власному номеру. Базова система телефонного (радіотелефонного) зв'язку обслуговує зв'язком чітко визначену певну територію підприємства і будівлі, розташовані на ній. Сума всіх стільникових радіопередавачів, що працюють як базові станції, складає радіомережу підприємства (рис. 7.6).

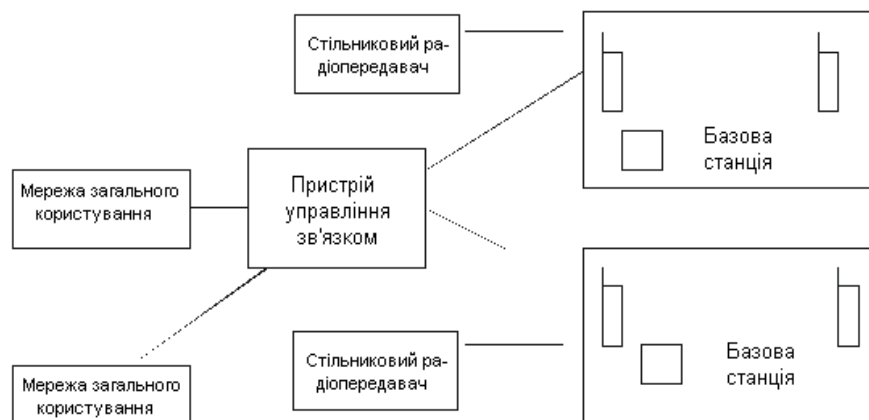


Рисунок 7.6 - Радіомережа підприємства

Спектр частот телефонного зв'язку виділяється фільтрами **ФНЧ** (фільтрами нижніх частот), що показано на рис. 7, в. Сигнали телемеханіки передаються каналами вторинного ущільнення наступним чином: сигнали поступають на модулятори **М₁...М_п**, в яких здійснюється модуляція піднесучих частот, що виробляються генераторами **Г₁...Г_п**. На виходах модуляторів є смугові фільтри **СФ₁...СФ_п** для пропускання частот тільки даного каналу.

На приймальному кінці спектр частот кожного каналу телемеханіки виділяється індивідуальним смуговим фільтром **СФ₁...СФ_п** і потім перетворюється в демодуляторі **Д₁...Д_п** (дефектується), а непотрібні продукти демодуляції затримуються фільтрами нижніх частот **ФНЧ₁...ФНЧ_п**.

Для організації ущільнених каналів зв'язку застосовується комбінована апаратура зв'язку АСК-1, АСК-3, АПТ, ТАТ-65, ТСД- 70, АРС –64, СПИ-122, СПИ-244, КМК-64, КМК-226 і ін. [3, 10].

В українській енергосистемі знаходить застосування аналогова апаратура ущільнення (ТН-12, К-60, БК-60-2 і ін.), почали застосовуватися цифрові системи ущільнення (ІКМ-15/30, ІКМ-30/4, ІКМ-120У і ін.) [13].

Залежно від видів і об'єму інформації, що передається, апаратура дозволяє здійснити канали з шкалою несучих частот:

$$F_n = 300 + 120k,$$

де **k** - номер каналу.

Так, АСК-1 створює 12 каналів **V_n = 50 Бод**;

ТАТ– 56 – 16 симплексних каналів $\Delta F = 140$ Гц, **V_n = до 70 Бод**.

Найчастіше стандартний телефонний канал ущільнюється 24 телеграфними каналами з інтервалами між несучими частотами 120 Гц, робочими смугами 85 Гц і швидкістю передачі **V_n = 50 Бод**.

Окрім цього, використовуються також шкала частот **F_n=270+180k**, що дозволяє організувати 16 каналів з робочою смугою частот 140-150 Гц, **V_n = 50 Бод** [10].

7.4 Канали зв'язку високовольтними ЛЕП

Використання високовольтних ліній для передачі телемеханічних повідомлень має ряд переваг: **ЛЕП** володіють високою механічною міцністю, хорошою ізоляцією, їх напрям співпадає з напрямом передачі телемеханічних повідомлень, тому відпадає необхідність спорудження спеціальних ліній зв'язку.

Є ряд схем приєднань **ВЧ** апаратури до проводів повітряних ліній: *фаза-земля, фаза-фаза, дві фази-земля* і ін. Найбільш поширеною є схема

фаза–земля (рис. 7.5).

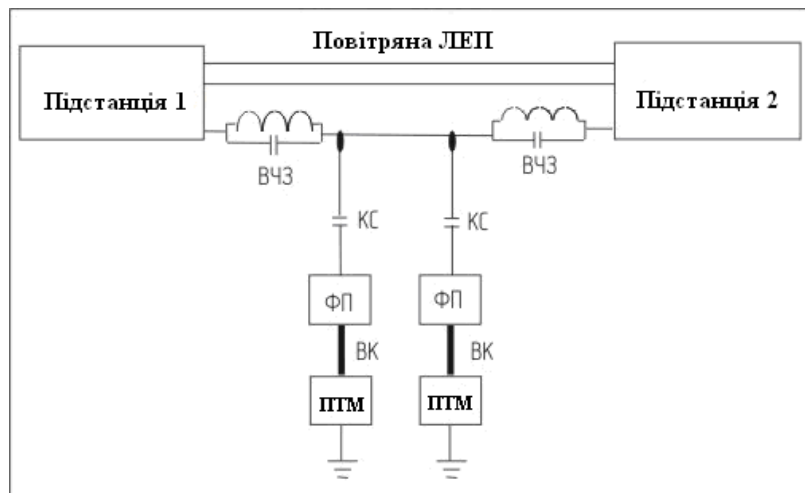


Рисунок 7.5 - Схема високочастотної обробки лінії за схемою фаза-земля

ПТМ (пристрої телемеханіки) з'єднуються з високовольтною лінією високовольтними кабелями (**ВК**). Щоб виключити вплив високої напруги, **ПТМ** відокремлюють від лінії конденсаторами зв'язку (**КС**), які представляють великий опір для змінного струму $F=50$ Гц і малий опір для **ВЧ** сигналів телемеханіки (для ПЛ 110 кВ їх ємність $C=2200$ пкФ, таким чином $X_c = 1/2\pi fC \gg X$ лінії) [8, 10].

ФП (фільтр приєднання) і конденсатор зв'язку складають смуговий фільтр, налаштований на передавальну частоту сигналів телемеханіки. **ВЧЗ** (високочастотний загороджувач) запобігає розтіканню струмів високої частоти у бік підстанцій 1 і 2. Для змінного струму частотою 50 Гц його опір незначний.

Необхідно відзначити, що на якість таких каналів зв'язку має негативний вплив коронування проводів, пошкодження ізоляції, комутаційні і атмосферні перенапруження. Ці явища створюють високий рівень перешкод. Для збільшення завадостійкості застосовують **ВЧ** обробку ліній за схемою *фаза-фаза*, тобто між двома проводами, хоча при цьому кількість апаратури подвоюється.

Високочастотний зв'язок повітряними **ЛЕП** в українській енергосистемі має найбільш широке розповсюдження. Вся існуюча апаратура аналогова (АВС-1, АВС-3, АВК, ЕТ-63 і ін.) використовується для цього зв'язку [13].

7.5 Радіоканали зв'язку

Використання радіоканалів приваблює тим, що не вимагає спорудження спеціальних ліній і високочастотної обробки високовольтних **ЛЕП**. Проте основною проблемою функціонування радіоканалів є вплив на якість радіозв'язку метеорологічних умов, пори року, доби, стану іоносфери і інших чинників, що важко піддаються обліку. Особливо це відноситься до довго- і короткохвильового діапазонів.

Чим вище частота використовуваного діапазону, тим більша кількість інформації можна в ньому передати (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 - Частотні діапазони для передачі інформації [8]

№ діапазону	Найменування діапазону	Довжина хвилі	f	Призначення
1	Наддовгі	10-100 км	3-30 кГц	Телефон, телемеханіка, телеграф
2	Кілометрові довгі	1-10 км	30-300 кГц	Радіомовлення
3	Гектометри середні	100-1000 м	300-3000 кГц	
4	Декаметрові короткі	10-100 м	3-30 МГц	
5	Метрові, ультракороткі	1-10 м	30-300 МГц	Телебачення УКВ
6	Дециметрові	10-100 см	300-3000 МГц	
7	Сантиметрові	1-10 см	3-30 ГГц	
8	Міліметрові	1-10 мм	30-300 ГГц	
9	Дециміліметрові	0,1-1 мм	300-3000 ГГц	
10	Оптичний діапазон	не нормується	не нормується	

Надійнішим є зв'язок на **УКВ**. Широта цього діапазону дозволяє здійснювати багато тисяч повідомлень без взаємного впливу один на одного. Цей зв'язок мало схильний до впливу перешкод. Хвилі **УКВ**-діапазону можуть розповсюджуватися тільки по прямій, в той час, як довгі хвилі огинають поверхню землі, а короткі відбиваються від іоносфери. Це обмежує дальність між приймачем і передавачем 40-70 км залежно від рельєфу місцевості. Зв'язок на великі відстані можливий лише при використанні ретрансляційних станцій (такі лінії називають радіорелейними). Радіорелейна лінія являє собою ряд радіостанцій, що по черзі приймають, підсилюють і передають сигнали. Кінцеві станції обладнуються апаратурою ущільнення, що дозволяє за допомогою частотного і тимчасового розділення сигналів забезпечити передачу телемеханічних повідомлень телеграфними каналами, об'єднаними в телефонний канал. Ці станції перетворюють низькочастотні телеграфні (300-3400 Гц) канали у високочастотні (на передавальному кінці) і навпаки (на приймальному кінці). Дальність УКВ зв'язку залежить від висоти антени. Якнайкраще рішення дає розміщення ретрансляторів на штучних супутниках Землі (2-8 ГГц),