



Лекція № 5

Тема: **ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ**

План:

- 1. Лінії та канали зв'язку;*
- 2. Високочастотні канали зв'язку по лев і розподільних силових мережах;*
- 3. Канали зв'язку по радіо;*
- 4. Оптиволоконні кабелі, що підвішуються на ЛЕП;*
- 5. Супутникова навігаційна система GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM);*
- 6. Канали передачі даних в Україні;*
- 7. Інтерфейси та протоколи.*



1. Лінії та канали зв'язку

Лінія зв'язку (*line*) в загальному випадку позначає фізичне середовище, по якому передаються електричні інформаційні сигнали, пристрої передачі даних та проміжне мережне обладнання (рис. 1).



Рис. 1 – Лінія зв'язку між двома абонентами мережі

Лінії зв'язку використовують різне фізичне середовище. Це може бути:

- Коаксіальний кабель або кабель «скручена пара». Носієм є метал, в основному мідь.
- Оптиволоконний кабель. Носієм є над прозоре скло, кварц чи пластик.
- Навколишній простір. Носієм є радіохвилі.



В одній лінії зв'язку можна створити декілька каналів зв'язку (віртуальних або логічних каналів), наприклад шляхом частотного або часового розділу каналів.

Якщо канал зв'язку монопольно використовує лінію зв'язку, тоді лінію зв'язку називають каналом зв'язку (channel). Канал зв'язку - це засіб односторонньої передачі даних.

Канал передачі даних – об'єднує між собою джерело та приймач інформації і містить лінії зв'язку і апаратуру передачі/прийому даних. Канал передачі даних - це засоби двостороннього обміну даними.

Залежно від напрямку передачі інформації канали можуть бути:

1. Симплексний канал (Simplex channel), передача інформації відбувається лише в одному напрямку.

2. Дуплексний канал (Duplex channel), забезпечує одночасну передачу інформації в обох напрямках. Дуплексний канал може складатися з двох середовищ, кожне з яких передає лише в одному напрямку (двох симплексних каналів).



3. Напів-дуплексний канал (Half Duplex channel), забезпечує передачу інформації в обох напрямках, але не одночасно, а по черзі. Тобто, в певний проміжок часу передача даних відбувається в одному напрямку, в інший момент – в зворотному напрямку.

Характеристики фізичних каналів:

- запропоноване навантаження – це потік даних, що надходить від користувача до мережі, характеризується швидкістю надходження даних і вимірюється у Біт/секунду, Кілобіт/секунду, Мегабіт/секунду.
- швидкість передачі даних – фактична швидкість потоку даних, що проходить через мережу, вона є меншою за запропоноване навантаження, оскільки в мережі дані можуть губитися або спотворюватися.
- пропускна здатність (ємність каналу зв'язку) – це максимально можлива швидкість передачі інформації по каналу, залежить від фізичного середовища передачі, та від способу передачі інформації.
- трафік - це об'єм інформації, що передається по комп'ютерній мережі за певний період часу, зазвичай, за добу чи місяць. Трафік часто поділяють на вхідний та вихідний. Вхідний трафік, це інформація, що надходить до комп'ютера користувача. Вихідний трафік це, відповідно, інформація, що відправляється з комп'ютера користувача до мережі.



Залежно від фізичного середовища передачі даних канали зв'язку поділяють на:

- повітряні лінії зв'язку без ізолюючих і екрануючих опліток.
- кабельні лінії зв'язку, використовуються кабелі «скручена пара», коаксіальні кабелі або оптоволоконні кабелі.
- безпроводні (радіоканали наземного і супутникового зв'язку), використовують для передачі сигналів електромагнітні хвилі, які розповсюджуються по ефіру.

Повітряні (провідні) лінії зв'язку використовуються як магістральні лінії зв'язку для передачі телефонних і телеграфних сигналів, а також комп'ютерних даних (рис. 2). За повітряними лініями зв'язку можуть бути організовані аналогові і цифрові канали передачі даних.

Швидкість передачі по повітряних лініях «простої старої телефонної лінії» (POST - Primitive Old Telephone System) є дуже низькою. Крім того, до недоліків цих ліній відносяться низька завадостійкість і можливість простого несанкціонованого під'єднання до мережі.



Рис. 2 - Термінальна анкерна електрична опора двох-ланцюгової лінії 110 Кв з встановленими високочастотними загароджувачами та самонесучим волоконно-оптичним кабелем

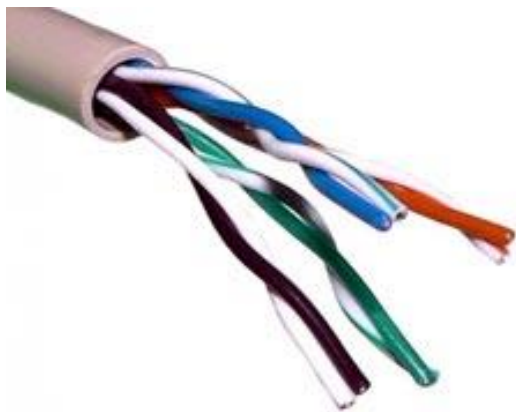
Кабельні лінії зв'язку.

Кабельні лінії зв'язку мають досить складну структуру. Кабель складається з провідників, що містяться в кількох прошарках ізоляції. Найчастіше, в комп'ютерних мережах використовуються три типи кабелів: «скручена пара», коаксіальний, оптоволоконний.

Скручена пара (Twisted Pair)

Це кабель, що містить кілька мідних проводів, зазвичай вісім, що поміщені в ізолюючу оболонку. Для зменшення електричних наведень проводи скручуються між собою парами.

Залежно від наявності мідної оплітки або алюмінієвої фольги навколо скручених пар, визначають різновиди кабелю «скручена пара»:



*Рисунок 3 – Незахищена
«скручена пара»*



*Рисунок 4 – Захищена
«скручена пара»*

Незахищена «скручена пара»:

1. Неекранована скручена пара (UTP, Unscreened Twisted Pair) - екранування відсутнє.
2. Фольгована скручена пара (FTP, Foiled Twisted Pair) - присутній один загальний зовнішній екран.
3. Фольгована екранована скручена пара (SFTP, Shielded Foiled Twisted Pair)



- відрізняється від FTP наявністю додаткового зовнішнього екрану з мідної оплетки.

Захищена «скручена пара»:

4. Захищена скручена пара (STP, Shielded Twisted Pair) - має екран для кожної пари.

5. Захищена екранована скручена пара (SSTP, Screened Shielded Twisted Pair) - відрізняється від STP наявністю додаткового загального зовнішнього екрану.

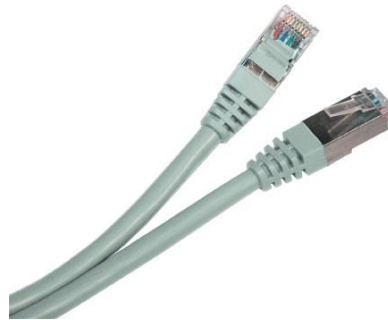


Рисунок 5 – Кабельний роз'єм RJ45

Кабель під'єднується до мережних пристроїв за допомогою роз'єму RJ45 (див. рис. 5).



Кабель використовується для передачі даних зі швидкістю 10 Мбіт/с і 100 Мбіт/с. Скручена пара зазвичай використовується для зв'язку на відстані не більше кількох сотень метрів.

Характерним для кабелю є простота монтажу, він є дешевим і популярним видом зв'язку, який широко застосовується в локальних мережах з топологією «зірка». Скручена пара є достатньо завадостійкою.

До недоліків кабелю «скручена пара» можна віднести можливість простого несанкціонованого під'єднання до мережі.

Коаксіальний кабель (coaxial cable)

Це кабель з центральним мідним дротом, який оточено шаром ізолюючого матеріалу для відокремлення центрального провідника від зовнішнього провідного екрану (мідної оплітки або прошарку алюмінієвої фольги).

Зовнішній провідний екран кабелю покривається ізоляцією (рис. 6).

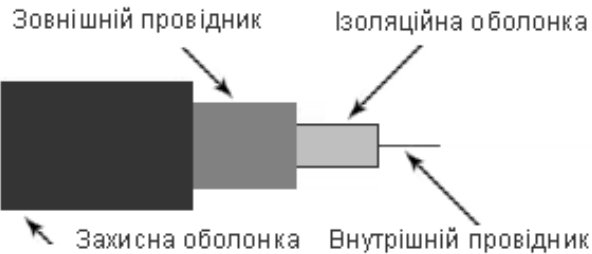


Рисунок 6 – Коаксіальний кабель

Існує два типи коаксіального кабелю: тонкий коаксіальний кабель діаметром 5 мм і товстий коаксіальний кабель діаметром 10 мм. Товстий коаксіальний кабель має менше загасання сигналу, ніж у тонкого (рис. 7).

Коаксіальний кабель є більш завадостійким за кабель «скручена пара» і має менше власне випромінювання. Пропускна здатність складає 50-100 Мбіт/с. Допустима довжина лінії зв'язку – кілька кілометрів.

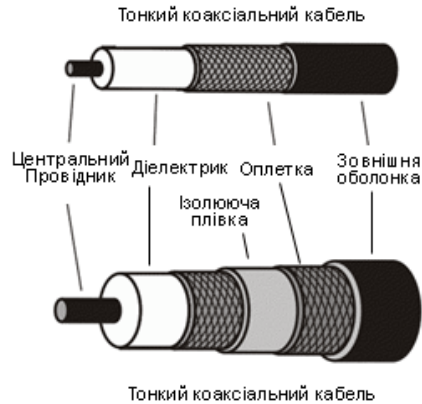


Рисунок 7 – Тонкий та товстий коаксіальний кабель

Несанкціоноване під'єднання до коаксіального кабелю є складнішим, ніж до кабелю «скручена пара».

Раніше, коаксіальний кабель був досить популярним для прокладання локальних мережах з топологією «загальна шина». Натепер, він використовується у разі передавання даних через мережу кабельного телебачення.

Вартість коаксіального кабелю є вищою за вартість кабелю «скручена пара», виконання монтажу мережі є складнішим, ніж при монтажі «скрученою парою».



Оптоволоконний кабель (Fiber Optic)

Оптоволоконний кабель – це оптичне волокно на кремнієвій чи пластмасовій основі, що поміщене в матеріал з низьким коефіцієнтом заломлення світла і покрите зовнішньою оболонкою (рис. 8).

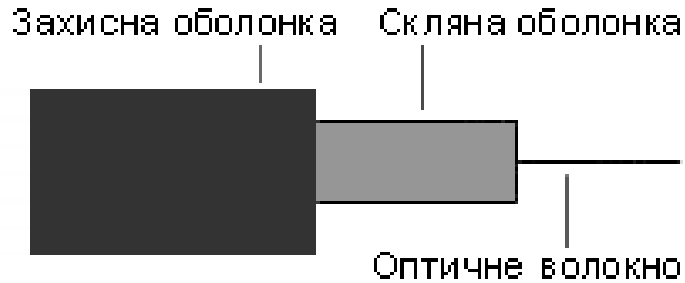


Рис. 8 – Будова оптоволоконного кабелю

Оптичне волокно передає оптичні сигнали і лише в одному напрямку, тому кабель містить кілька волокон (рис. 9).

На передавальному кінці оптоволоконного кабелю застосовується перетворення електричного сигналу в світловій, а на приймальному кінці зворотне перетворення.

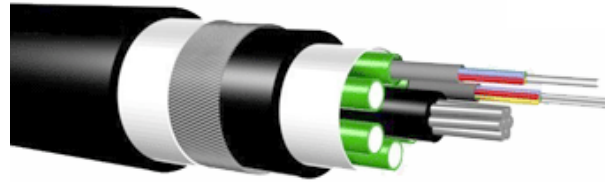


Рисунок 9 – Оптиволоконний кабель

Основною перевагою цього типу кабелю є надзвичайно високий рівень завадо-захисності та відсутність власного випромінювання. Несанкціоноване під'єднання є дуже складним. Швидкість передачі даних до 3 Гбіт/с.

Основним недоліком оптиволоконного кабелю є складність його монтажу, невелика механічна міцність і чутливість до іонізуючих випромінювань.

Безпроводні лінії зв'язку

Технології безпроводної передачі даних дозволяють розбудовувати мережі, що повністю відповідають стандартам звичайних провідних мереж, без використання кабельної проводки. Безпроводні мережі використовуються там, де прокласти кабель вкрай складно або неможливо.

Носієм інформації в таких мережах виступають радіохвилі НВЧ-діапазону.



Радіоканали наземного і супутникового зв'язку утворюються за допомогою передавача і приймача радіохвиль (рис. 10).

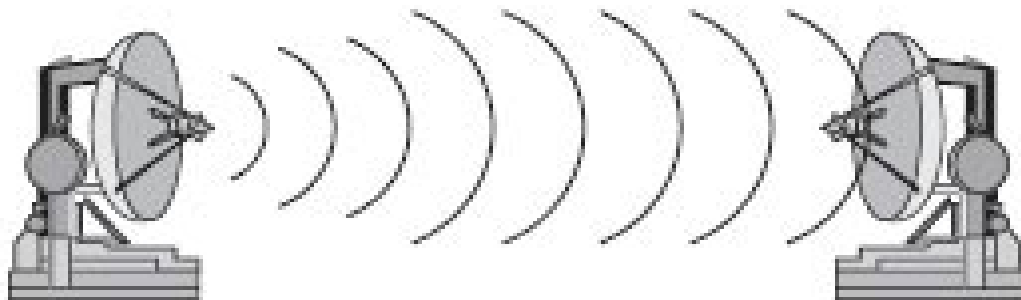


Рисунок 10 – Безпроводні лінії зв'язку

Кожен вузол має антену, яка одночасно є передавачем та приймачем електромагнітних хвиль. Хвилі розповсюджуються в атмосфері або вакуумі зі швидкістю $3 \cdot 10^8$ м/с з певним типом напрямку, що залежить від типу антени.

Типи антен

- Параболічна антена (скерована). Поширення електромагнітних хвиль відбувається в певному напрямку.



•Ізотропна антена (нескерована). Електромагнітні хвилі заповнюють весь простір в межах певного радіусу, що визначається затуханням сигналу. Такі антени використовують в автомобілях та портативних пристроях.

Для комп'ютерних мереж навколишній простір може використовуватися як роздільне середовище, хоча тут є певні особливості:

- простір не належить до певної організації як у кабельних мережах.
- провідне середовище визначає напрямок розповсюдження сигналів, а у безпроводному поширення хвиль є нескерованим.

Для передачі за допомогою безпроводної лінії зв'язку потрібно модулювати електромагнітні коливання передавача відповідно до потоку бітів, що передається.

Функції перетворення дискретної інформації в електромагнітні коливання виконує DCE-пристрій (модем), що розташований між антеною та DTE пристроєм (комп'ютером, комутатором чи маршрутизатором).



2. Високочастотні канали зв'язку по леп і розподільних силових мережах

Для надійної передачі сигналів, команд релейного захисту (РЗ) і протиаварійної автоматики (ПА) в енергетиці широко використовується високочастотний зв'язок (ВЧЗ) по ЛЕП. При цьому, як правило, реалізується принцип частотного або частотно-часового ущільнення.

Канали організовуються у високочастотному діапазоні з несучими 21 частотами $f = (300...500)$ кГц, щоб виключити вплив гармонік змінного промислового струму й перешкод, що виникають при «коронуванні» проводів високої напруги. Для цієї мети використовується спеціальна апаратура «високочастотної обробки» ЛЕП, що складається з елементів приєднання й апаратури ВЧ зв'язку.

Для створення каналів зв'язку по ЛЕП з елементами приєднання використовується високочастотний загороджувач ВЧЗ, високовольтний конденсатор зв'язку КЗв і фільтр приєднання ФП. ВЧЗ забезпечує проходження без втрат струму частотою $f = 50$ Гц і повинен бути розрахований на мінімально-можливий безперервний струм у ЛЕП, витримуючи короточасний максимальний струм короткого замикання в місці установки.



З іншого боку, загороджувач повинен створювати великий опір високочастотному струму зв'язку.

Конденсатори зв'язку (КЗв) постійно перебувають під високою напругою промислової частоти, мають порівняно невелику ємність (2200...35000 пФ), виконуються в порцелянових (для ЛЕП $U > 25$ кВ) або в металевих корпусах (при $U = 6-35$ кВ) і мають паперово-масляну ізоляцію.

Фільтри приєднання (ФП) забезпечують узгодження апаратури високочастотного зв'язку з ЛЕП. Для захисту персоналу у періоди ревізій і ремонту передбачається «заземлюючий ніж» (ЗН).

На рис. 11 відображений випадок створення каналів зв'язку по системі «фаза-земля» між підстанціями № 1 і № 3, а на підстанції № 2 організовано обхідний шлях із проміжним підсиленням струмів зв'язку (підсилювач П).

Крім високовольтних ліній, для створення каналів зв'язку можуть бути використані розподільні мережі 6/0,4 кВ електроживлення 22 електрифікованого міського й залізничного транспорту. У цих мережах, як правило, застосовується спосіб приєднання «фаза-фаза». На диспетчерському пункті апаратура зв'язку й телемеханіки (АЗТ) приєднується до фаз В і С через конденсатори зв'язку КЗ в і високочастотний трансформатор зв'язку ТС.



На виконавчому пункті для знімання високочастотних сигналів, як показав досвід експлуатації, можуть використовуватися вторинні обмотки силового трифазного трансформатора СТТ.

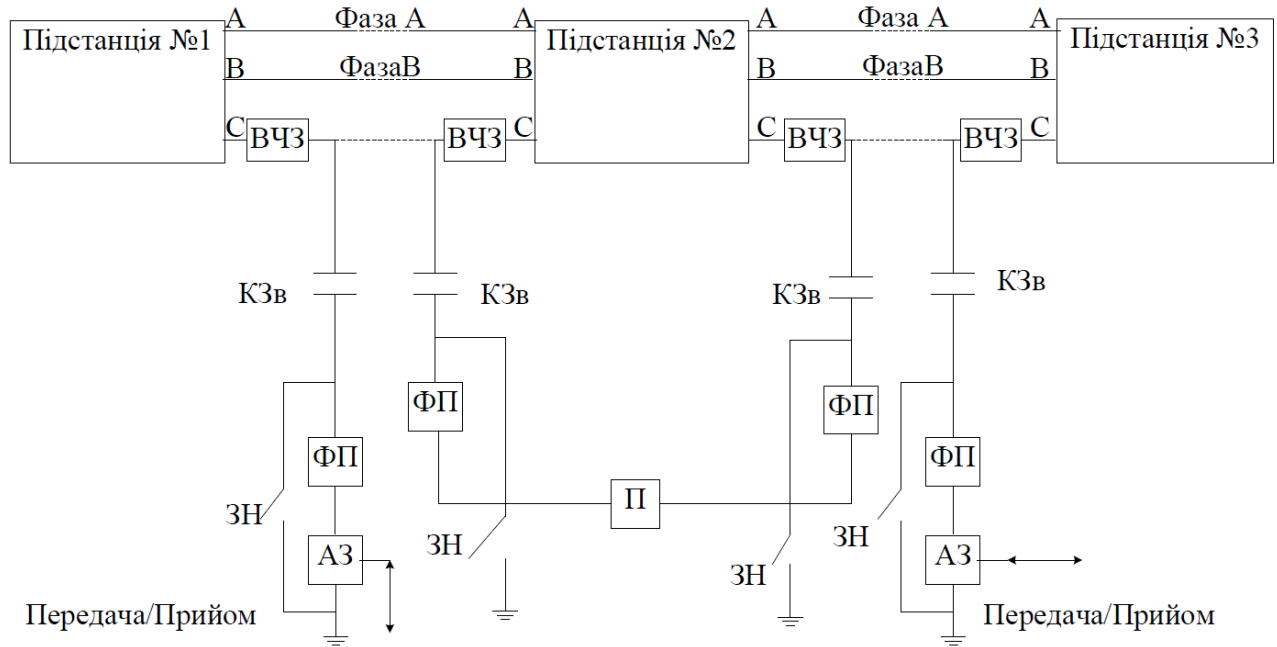


Рисунок 11 – Створення каналів зв'язку по ЛЕП



Особливістю розподільних силових мереж є велика кількість навантажень, що підключаються до мережі, причому місце їх підключення часто змінюється (наприклад при русі трамвая або тролейбуса).

Оскільки, ці навантаження шунтують сигнали телемеханіки, то доводиться підвищувати потужність вихідного сигналу АЗТ, звужувати смугу частот під передачу сигналів, і знижувати ці частоти аж до 10 Гц, допускаючи можливість втрати швидкості передачі інформації.

Кращі можливості надає передача сигналів струмами «нульової послідовності» (рис. 12). Тут використовуються трансформатори напруги ТН, які набагато надійніші від конденсаторів зв'язку, та й ремонтпридатність їх набагато вища.

Вторинні обмотки ТН включені у відкритий трикутник, тобто створюється фільтр нульової послідовності, а канал зв'язку організується одночасно по трьох проводах (А, В и С), включеним паралельно для струмів зв'язку.



Звичайно так створюються частотні канали: для аварійно-попереджувальної сигналізації (20...400) Гц, для телеграфного й телемеханічного зв'язку (400...1400) Гц, для службового телефонного зв'язку (1400...3200) Гц або для над-тонального телеграфу ($f > 3400$) Гц.

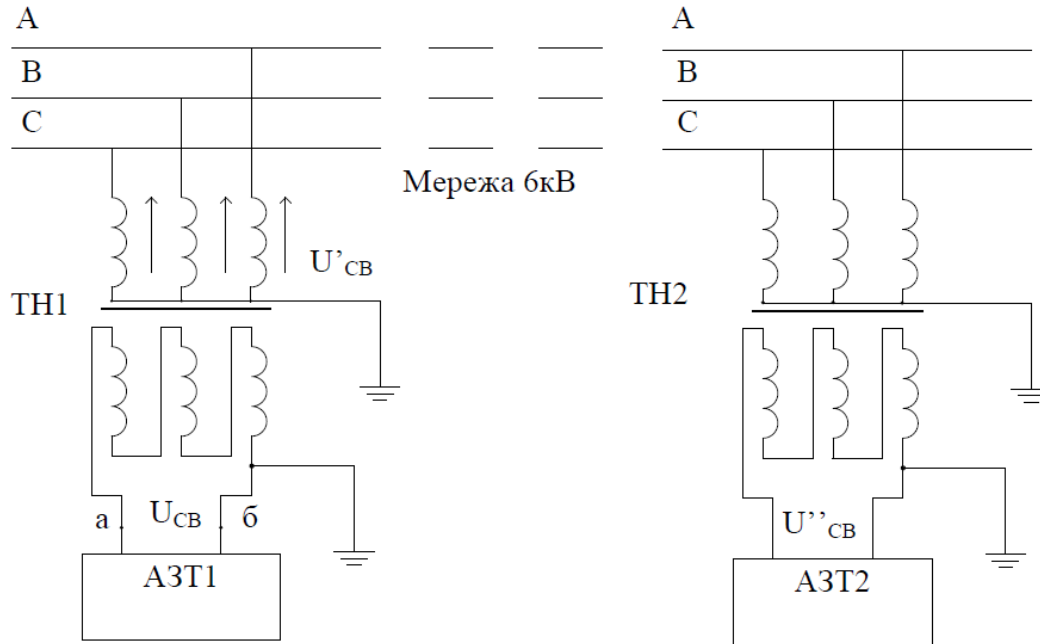


Рисунок 12 – Передача сигналів струмами «нульової послідовності»



Інтелектуалізація електроенергетичних систем

Відомо, що в схемі «відкритий трикутник», при симетричній системі напруг, сума миттєвих напруг (струму промислової частоти) у будь-який момент часу дорівнює нулю. Тому, якщо в розрив трикутника (точки а і б) подати напругу сигналу зв'язку (на частоті значно більшій від частоти промислового струму), то в первинних обмотках трансформатора, наприклад ТН1, з'являться струми зв'язку з однаковою фазою. Ці струми, протікаючи по фазових проводах високовольної лінії, на прийомній стороні, у вторинних обмотках трансформатора (ТН2) утворюють напругу сигналу зв'язку ($U_{\text{СВ}}$). При такій схемі досить просто організовується дуплексний канал зв'язку між АЗТ1 і АЗТ2.



3. Канали зв'язку по радіо

Заміна провідних каналів зв'язку на радіоканали приваблює простотою організації останніх, не потрібні лінійні споруди, зменшується час на організацію таких зв'язків.

Однак через поганий вплив часу доби, метеорологічних умов і ряду інших причин на якість радіозв'язку, особливо в довгохвильовому й короткохвильовому діапазонах, застосування радіозв'язку в енергосистемах не знайшло широкого застосування.

Набагато частіше використовувалися радіорелейні лінії (РРЛ), що представляють собою ряд радіостанцій і споруд зі спрямованим приймально-передавальними антенами (рис. 13).

Анени ретрансляторів розташовуються на відстані прямої видимості (40...60 км при висоті антен до 70 м), а передача/приймання ведеться на частотах УКВ діапазону (від 1,6 ГГц до 3,9 ГГц).

Канали організовуються методами частотного і часового ущільнення. Звичайно всі канали - симплексні, причому «прямий» і «зворотний» канали рознесені по частоті, що виключає взаємний вплив одного каналу на іншій.

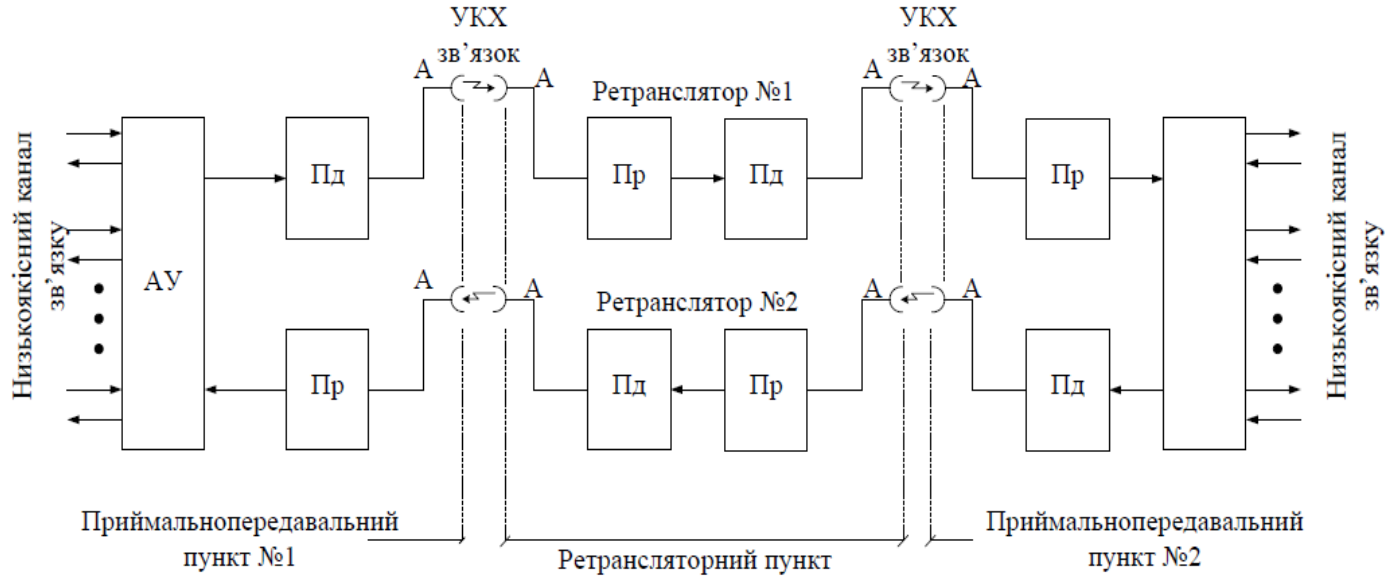


Рисунок 13 – Спрощена структурна схема радіорелейної лінії

Сукупність каналів одного напрямку утворює високочастотний «ствол» РРЛ. Як правило, у РРЛ два стволи, але може бути їх більше.

Передача/приймання УКВ сигналів здійснюється параболічними антенами (А) відповідно до передавальної й приймальної (див. рис. 13).



На структурній схемі показані пристрої, що входять до складу приймально-передавальних пунктів №1 і №2 (АУ - апаратура ущільнення, Пд - передавач і Пр - приймач УКВ сигналів), та склад ретрансляційних пунктів. У функції ретрансляторів входить підсилення прийнятих і переданих УКВ сигналів, а також може бути передбачена корекція сигналів, які піддаються дії перешкод.

Таким чином, за рахунок збільшення числа ретрансляційних пунктів (ретрансляторів) може бути забезпечена більша дальність і досить висока завадостійкість передачі.

Надійна робота РРЛ забезпечується, коли ретранслятори перебувають у межах прямої видимості антен передавача й приймача. Скоротити число ретрансляторів можна, розміщаючи їх на стаціонарних супутниках, «висячих нерухомо» над поверхнею Землі на висоті приблизно в 36000 км, що й забезпечують безперервний зв'язок з наземними станціями на частоті (2..8) ГГц.

Досвід використання супутниковому зв'язку в енергосистемах слід визнати (по наявних публікаціях) досить позитивним. Однак, у зв'язку із широким впровадженням волоконно-оптичних ліній зв'язку, інтерес енергетиків до супутникового зв'язку зменшується.



4. Оптоволоконні кабелі, що підвішуються на ЛЕП

Основні елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ) представлені на рис. 14.

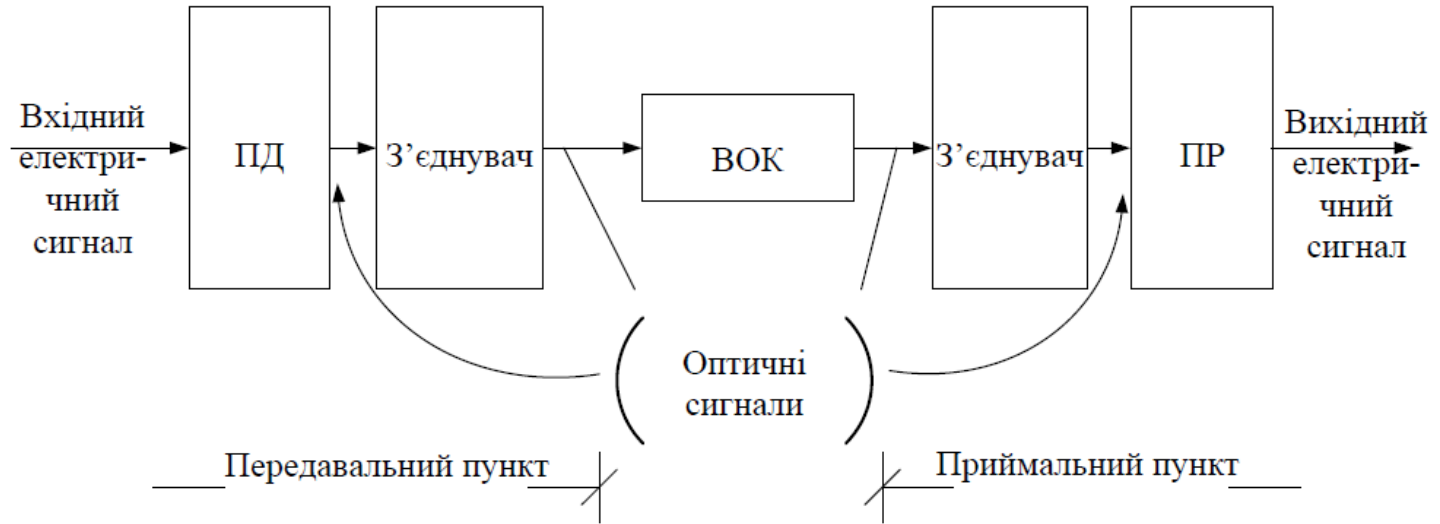


Рисунок 14 – Структура волоконно-оптичної лінії зв'язку

ПД – передавач; ВОК – волоконно-оптичний кабель; ПР – приймач
Передавач перетворює електричний сигнал у світловий (оптичний).

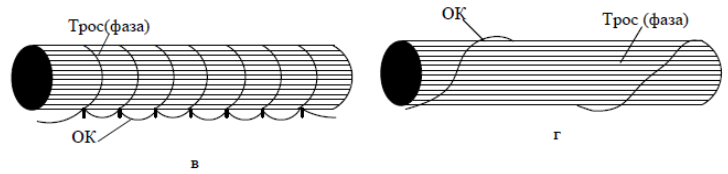
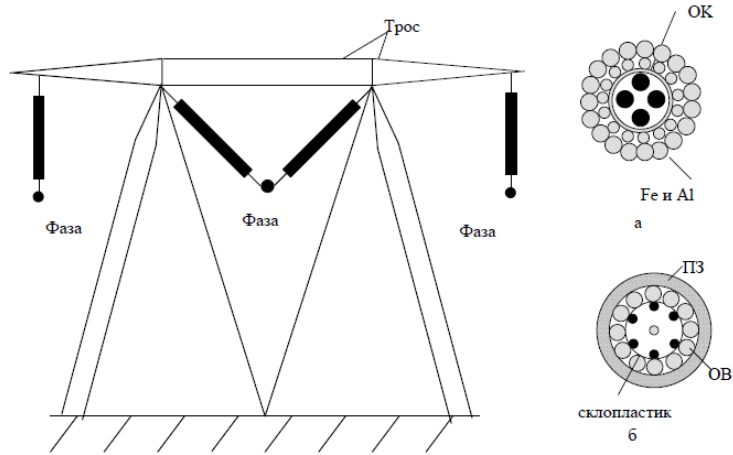


Фактично в передавачі відбувається перенос низькочастотного електричного сигналу в область видимого спектра частот, тобто виконується модуляція електромагнітних коливань видимого (оптичного) спектра. Приймач отримує світловий сигнал з волоконно-оптичного кабелю й демодулює його, тобто перетворить в електричний сигнал.

З'єднувачі (коннектори) виконують досить відповідальну функцію для узгодження характеристик оптичного сигналу на виході передавача й відповідно на вході приймача з характеристиками волоконно-оптичного кабелю. Вони ж забезпечують стикування окремих шматків ВОК з мінімальним загасанням.

В енергосистемах найчастіше використовуються волоконно-оптичні або, просто, оптичні кабелі, що підвішуються на ЛЕП. Відомо кілька способів підвіски оптичних кабелів (ОК) на ЛЕП (рис. 15).

За першими двома варіантами ОК розташовується в центрі грозозахисного троса або фази. Самонесучий оптичний кабель має посилену броню, що забезпечує необхідну механічну міцність при підвісі на ЛЕП з більшими прольотами. Закріплення ОК здійснюється за допомогою підвісок до грозозахисного троса або до спеціально підвішеного троса.



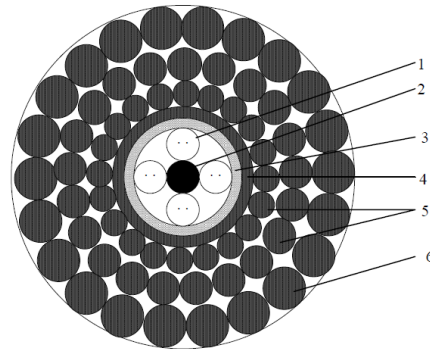
а) ОК, вбудований в блискавко-захисний трос або у фазу; б) самонесучий оптичний кабель; в) ОК на підвісках; г) спіральна намотка ОК на трос або фазу

Рисунок 15 – Варіанти підвішування оптичних кабелів на ЛЕП



Підвісні оптичні кабелі мають від 4 до 32 оптичних волокон. На рис. 16 показана конструкція вітчизняного оптичного кабелю, вбудованого в трос.

Кабель містить чотири модулі, у кожному з яких можна розмістити по 8 або по 16 волокон. Оболонка - з алюмінію товщиною 1 мм. Діаметр кабелю – 8 мм. Трос має дві навивки зі сталевих дротів діаметром 1,6 мм і зовні навивку з алюмінієвих дротів діаметром 2 мм.



1 – волокно; 2 – силовий елемент; 3 – поліетилен; 4 – алюмінієва оболонка;
5 – сталеві дроти; 6 – алюмінієві дроти.

Рисунок 16 – Вітчизняний оптичний кабель вбудований у трос



Інтелектуалізація електроенергетичних систем

Загальний діаметр троса - 18,4 мм, маса підвіски на 1 км - близько 1 т. Кабель містить 6 або 12 волокон, для механічної міцності є дві навивки стрижнів зі скловолокон діаметром по 2 мм. Зовні – поліетиленова оболонка. Загальний діаметр кабелю – 11 мм, маса - 296 кг/км.



5. Супутникова навігаційна система GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

Супутникова навігаційна система GPS (Global Positioning System) або Глобальна система позиціонування, точніше - її космічний сегмент, являє собою сузір'я з 24 супутників. Система GPS (офіційна назва - NAVSTAR) розроблена на замовлення і перебуває під керуванням Міністерства оборони США. У 1980-х систему відкрили для цивільного використання.

Система GPS працює при будь-яких погодних умовах в усьому світі 24 години на добу. З її допомогою можна з високим ступенем точності визначати координати й швидкість рухливих об'єктів.

За користування послугами системи GPS не стягують ні абонентську плату, ні плату за 30 підключення. Усе, що потрібно для користування системою GPS – це придбати GPS-приймач.

Як працює система GPS. Супутники GPS обертаються навколо Землі круговими орбітами із частотою 2 оберти на добу, передаючи навігаційні радіосигнали.



GPS - приймачі приймають ці сигнали й розраховують місце розташування методом тріангуляції. Приймач порівнює час випромінювання сигналу із часом прийому цього сигналу. Різниця між цими величинами дозволяє розрахувати відстань до супутника.

Знаючи відстань до декількох супутників, GPS-приймач може визначити своє місце розташування й відобразити його на електронній карті.

Приймаючи інформацію хоча б від трьох супутників, GPS-приймач може визначити двомірні координати користувача (широту й довготу). "Захопивши" чотири й більше супутники, прилад може визначити тривимірні координати (широту, довготу й висоту).

Визначивши місце розташування користувача, приймач може розрахувати такі величини як швидкість, шляховий кут, траєкторію, пройдену відстань, відстань до кінцевого пункту, час сходу й заходу сонця й багато чого іншого.

Супутники GPS передають два малопотужних сигнали на частотах L1 і L2. Цивільні GPS - приймачі працюють на частоті L1=1575,42 МГц. Прийом сигналів можливий тільки із супутників, що перебувають у межах прямої видимості.



Хмари, скло й пластик не є перешкодами для сигналу, в той час як більшість щільних об'єктів, таких як будинки, рельєф місцевості, металеві предмети й люди – є перешкодами.

Сигнал, переданий супутниками GPS, містить три важливі складові - псевдовипадковий код, ефемерідні дані й альманах. Псевдовипадковий код містить номер супутника, що передає інформацію. GPS – приймачі GARMIN відображають його на сторінці супутників.

Ефемерідні дані, що постійно передає кожний супутник, містять важливу інформацію про статус супутника (робочий чи неробочий), а також поточну дату і час. Ця частина сигналу і використовується в енергетиці.

Останні дослідження по використанню GPS в енергетиці пов'язані з моніторингом електроенергетичних систем.

Можливе також визначення кутів зсуву фаз у реальному часі по формі кривої напруги вузлів, оскільки, GPS дозволяє виконувати точну синхронізацію у часі.

Розташування GPS приймачів у контрольних точках електричної мережі дозволяє виконувати ефективний моніторинг стійкості електричних систем.



Інтелектуалізація електроенергетичних систем

Також, однією з ключових задач оперативного керування є оцінка стану електричної мережі за вимірними параметрами. Зазвичай вимірні параметри не вміщують кут зсуву фаз вздовж лінії електропередачі, так як існує проблема синхронізації телевимірювань.

Використання GPS у енергетиці дозволило зменшити проблеми синхронізації та створити пристрої вимірювання кута зсуву фаз.



6. Канали передачі даних в Україні

Визначення терміну «канал передачі даних» сформульований у документі «Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» у такий спосіб: це - «Комплекс технічних і програмних засобів, що забезпечують передачу цифрової інформації різними середовищами: оптоволокна; вита пара; телефонна/телеграфна мережа; радіо; розподільчі мережі 0.4...35 кВ».

В умовах енергоринку України найбільш перспективною є передача даних по розподільних мережах 0,4...35 кВ. Ці мережі є власністю підприємств енергетики й можуть бути використані для створення каналів передачі даних.

Розглянемо досвід створення й експлуатації таких каналів зв'язку компанією Ельстер Метроника.

Ельстер Метроника пропонує рішення в області організації каналів зв'язку по високовольтних лініях (ПЛ) 110...115 кВ. Устаткування ВЧ зв'язку серії ETL500 є найсучаснішим в усім світі (рис. 17).

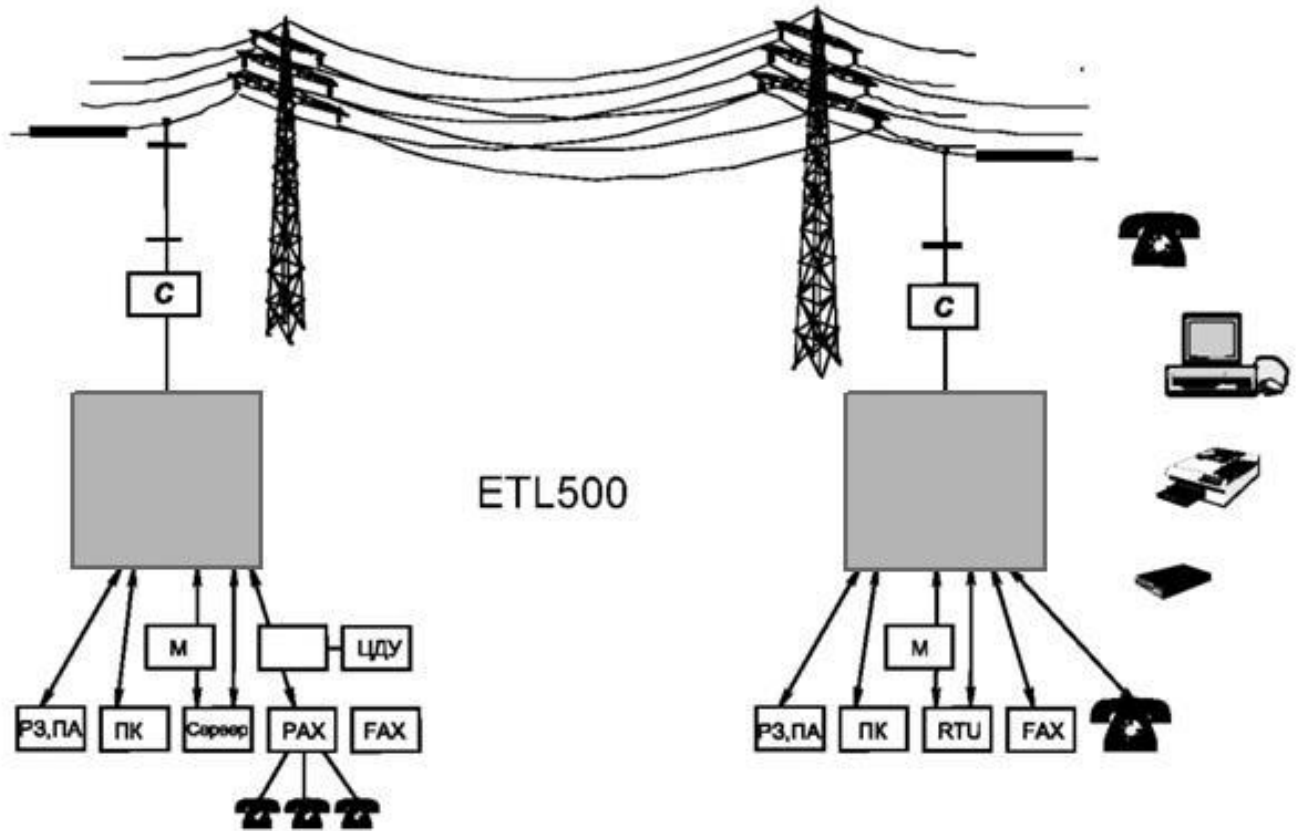


Рисунок 17 – Організація каналів зв'язку по високовольтних лініях



Високовольтні лінії електропередачі (ПЛ) протягом багатьох років використовуються в енергосистемах для передачі інформації на високих частотах (ВЧ). ВЧ зв'язок залишається одним із самих надійних способів зв'язку, використовуваних для керування об'єктами електроенергетичних систем й устаткуванням релейного захисту (РЗ) і протиаварійної автоматики (ПА). ВЧ зв'язок по ПЛ дотепер залишається самим економічно вигідним видом зв'язку при передачі невеликої кількості даних на великі відстані.

ПЛ належать енергосистемам і являють собою готову інфраструктуру для організації ліній зв'язку. Це відповідає рекомендаціям, вказаним у документі «Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку», де сказано: «Для передачі даних можливе сумісне використання каналів зв'язку автоматизованими системами обліку та іншими системами з метою резервування та зменшення витрат на устаткування».

Існуючі системи ВЧ зв'язку не можуть бути відразу й повністю замінені системами оптичного зв'язку через відносно високу вартість останніх, яка пропорційна відстані між вузлами зв'язку. Навпаки, багато існуючих ВЧ мереж буде розширюватися.



ВЧ зв'язок продовжує відігравати важливу роль у якості основного або резервного середовища для передачі даних АСКОЕ й команд РЗ і ПА.

На сьогоднішній день на міжнародному ринку ВЧ зв'язку існує три типи устаткування: аналогове, цифро-аналогове й цифрове. На відміну від перших двох типів, цифрове устаткування використовує 100 % цифрову обробку сигналу. Важливим фактором при визначенні стійкості й надійності встаткування ВЧ зв'язку є також кількість використовуваних перетворень сигналу (трактів ПЧ).

ETL500 - це повністю цифрове устаткування, що побудоване на сучасній елементній базі з використанням потужних цифрових сигнальних процесорів.

На відміну від аналогічного встаткування інших виробників, ETL500 може використатися в багатоцільовому режимі: передача мови плюс даних АСКОЕ й телемеханіки плюс передача команд релейного захисту і протиаварійної автоматики. Таким чином, забезпечується економія засобів, тобто немає необхідності здобувати устаткування для передачі мови й даних і додаткове устаткування для передачі команд РЗ і ПА.

Короткі технічні характеристики серії ETL500 наведені в табл. 1.



Таблиця 1. Короткі технічні характеристики встаткування ВЧ зв'язку серії ETL500

Тип апаратури	цифрова
Напруга ЛЕП	ПО... 1150 кВ
Робочі частоти	24... 500 кГц
Число каналів	1 або 2
Пікова вихідна потужність	40 або 80 Вт
Чутливість приймача	- 30 дБм
Джерело живлення	48/60/220 VD або 115/230 VAC
Ширина спектра каналу	4 кГц (стандарт), доп. 2, 2.5, 8 кГц
Максимальне загасання в лінії	60 дБ
Швидкість передачі убудованого модему NSK5	50... 2400 Бод
Верхня частота зрізу ТЛФ каналу	1800... 3400 кГц
Кількість переданих команд РЗ і ПА	0...24
Керування за допомогою ПК	Програма MMI з інтерфейсом Windows
Наробіток на відмову	20 років
Діапазон температур	-5... +55 °С
Відносна вологість	< 95 %
Розміри (висота x довжина x глибина)	40x48x35 см



Термінали ВЧ зв'язку серії ETL500 призначені для організації ВЧ зв'язку по високовольних лініях і служать для: передачі мови; передачі команд релейного захисту й протиаварійної автоматики; передачі даних для систем диспетчерського й технологічного керування й АСКОВЕ.

Нове покоління ВЧ терміналів серії ETL500 забезпечує надійну роботу апаратури у широкому діапазоні характеристик ліній і дозволяє вибрати оптимальну, економічно виправдану конфігурацію системи для кожного конкретного додатка й забезпечити:

- точне визначення параметрів передачі й підтримка FSK модему, телефонного модему й факсу;
- сумісність із типовими закінченнями зв'язного устаткування енергосистем;
- мінімізацію часу передачі сигналу, тобто зняття обмежень за критичним часом обслуговування;
- дружній Windows інтерфейс оператора при конфігуруванні й спостереженні;
- гнучкість, (простоту адаптації устаткування до умов функціонування);



Інтелектуалізація електроенергетичних систем

- високу готовність, повний самоконтроль і функції діагностики лінії з мінімальним апаратним забезпеченням;
- компактний механічний дизайн;
- максимальна захищеність від всіх видів електромагнітних перешкод.

Повністю цифровий спосіб перетворення, розроблений для нової серії ETL500, забезпечує максимальну гнучкість, зручність і стійкість функціонування мереж ВЧ зв'язку.

Несуча частота в каналі й ширина спектра передачі легко програмуються через інтерфейс оператора й можуть бути змінені користувачем на місці якщо буде потреба.

Одноступінчастий спосіб модуляції, вперше використовуваний в устаткуванні цього типу, прямо перетворює тональний спектр частот у ВЧ сигнал без використання проміжних частот.

Виключення аналогових фільтрів проміжної частоти дозволило підвищити надійність устаткування й поліпшити загальну стійкість каналу, тому що температурний дрейф і фактор старіння зведені до мінімуму.



7. Інтерфейси та протоколи

Одним із центральних, визначальних для ефективності роботи АСКОЕ є вибір сукупності уніфікованих апаратурних, програмних і конструктивних засобів, необхідних для реалізації алгоритмів взаємодії різних функціональних пристроїв, інакше кажучи, вибір інтерфейсу або в загальному випадку сукупності інтерфейсів для конкретної АСКОЕ.

Вони, як правило, будуються з використанням декількох інтерфейсів:

- інтерфейсу мікропроцесорного пристрою (властиво мікропроцесора, ОЗП, ПЗП, УВВ);
- інтерфейсу підключення периферійних пристроїв (первинних приладів обліку, об'єктів керування, стандартних периферійних пристроїв, пристроїв реєстрації);
- інтерфейсу персонального комп'ютера.

Стандартизації в інтерфейсі звичайно підлягають:

- формати переданої інформації;
- команди й стани;
- склад і типи ліній зв'язку;



- алгоритм функціонування;
- передавальні й приймальні електронні схеми;
- параметри сигналів і вимоги до них;
- конструктивні рішення.

Уточнюючи вимоги до інтерфейсу при його виборі, виходять із:

- необхідності забезпечення заданої швидкодії АСКОЕ в цілому;
 - області застосування;
 - необхідності мінімізації вартості;
 - забезпечення простоти схемних і конструктивних рішень;
 - стандартизації процедури обміну інформацією незалежно від швидкості роботи пристроїв;
 - врахування можливості й простоти нарощування системи;
 - вимог діагностики системи й т. д.
- До основних характеристик інтерфейсу відносять:
- функціональне призначення;
 - тип організації зв'язків;
 - принцип обміну інформацією;



- спосіб обміну;
- режим обміну;
- кількість ліній;
- число ліній для передачі даних;
- кількість адрес;
- кількість команд;
- швидкодію;
- довжину ліній зв'язку;
- число пристроїв, що підключаються;
- тип лінії зв'язку.

За функціональним призначенням інтерфейси можна підрозділити на:

- магістральні (в середині машини);
- зовнішні інтерфейси периферійних пристроїв;
- системні (інтерфейси локальних мереж).

По типі організації зв'язків інтерфейси підрозділяють на:

- магістральні,
- радіальні,



- деревоподібні,
- радіально – магістральні.

За принципом обміну інформацією: – з паралельною, послідовною й паралельно–послідовною передачею інформації.

За режимом обміну інформацією – із симплексним, напівдуплексним, дуплексним і мультиплексним режимами обміну.

За способом передачі інформації в часі розрізняють інтерфейси із синхронною передачею даних (з постійною часовою прив'язкою в циклі збору інформації) і з асинхронної (без постійної тимчасової прив'язки до певного часового інтервалу циклу збору).

При синхронній передачі даних синхронізуючі сигнали мікропроцесора задають певний часовий інтервал, протягом якого зчитується інформація з одного джерела первинної інформації.

Часовий інтервал у цьому випадку визначається найбільшими часовими затримками в системі передачі даних і максимальним часом перетворення вимірюваного сигналу в цифровий сигнал.



Асинхронна передача даних характеризується наявністю керуючих сигналів:

- ГОТОВНІСТЬ до ОБМІНУ,
- ПОЧАТОК ОБМІНУ,
- КІНЕЦЬ ОБМІНУ,
- КОНТРОЛЬ ОБМІНУ.

При такій організації обміну автоматично встановлюється раціональне співвідношення між швидкістю передачі даних і часом затримки сигналу в каналах зв'язку.

Звичайно під терміном «інтерфейс» розуміють не тільки функціональне призначення лінії зв'язку й електричних параметрів переданих сигналів, але й склад апаратури, що необхідна для реалізації зв'язку між рядом периферійних пристроїв за допомогою послідовної лінії зв'язку, принципи організації обміну інформацією, мова обміну інформацією, організацію контролю передачі інформації.

При цьому в загальному випадку розрізняють кілька рівнів інтерфейсу, частина яких реалізується апаратно, а частина - програмно.



Обмін інформацією здійснюється у більшості випадків передачею повідомлень, що складаються з командних, інформаційних і відповідних слів.

При цьому використовується певна мова передачі цих слів. Типове слово синхронного протоколу з бітовою організацією містить початковий прапор, адресні, керуючі й інформаційні поля, перевірочну послідовність слова й завершальний прапор.

Апаратура для фізичної реалізації зовнішнього послідовного інтерфейсу периферійних пристроїв містить у собі власне лінію послідовної передачі інформації (одиначний провідник, кручена пара, радіочастотний кабель, волоконо—оптичний кабель) і контролери пристроїв, які призначені для керування обміном інформацією, здійснення з'єднання з лінією передачі інформації, здійснення контролю за передачею інформації, станом пристроїв, що беруть участь у зв'язку, самоконтролю.

Для зв'язку приладів первинного обліку (електронні лічильники, датчики електроенергії) виконавчих органів, територіально вилучених від процесора в АСКОЕ, застосовують інтерфейси периферійних пристроїв.



У таких інтерфейсах використовуються як паралельний, так і послідовний способи обміну інформацією, причому останній через істотне спрощення власної лінії зв'язку, а отже, і зниження вартості найкращий, якщо при цьому забезпечується необхідна швидкість передачі інформації.

Прикладами найпоширеніших послідовних інтерфейсів периферійних пристроїв можуть служити інтерфейси RS-232-C, RS-423, RS-422, RS-449, RS-530, RS-485 й «струмова петля». Основні технічні характеристики широко застосовуваних послідовних інтерфейсів периферійних пристроїв наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Технічні характеристики інтерфейсів

Технічні характеристики	Інтерфейс		
	RS-232-C	RS-423	RS-422
Лінія	Однопровідна, неузгоджена	Однопровідна, неузгоджена	Диференціальна, погоджена
Максимальна довжина лінії, м	15	600	1200
Швидкість передачі інформації, Кбит/с	20	300 (при 12 м)	10000 (при 12 м)
Число ліній інтерфейсу	1	1	2



Спосіб обміну інформацією	послідовний	послідовний	послідовний
Режим обміну	симплексний	симплексний	напівдуплексний симплексний
Число периферійних пристроїв, що підключають	1	1	10
Вихідна напруга передавача при роботі на навантаження, В	від ± 5 до ± 15 при $R_H=3...7...7$ кОм	$\pm 3,6$	2,0
Швидкість наростання сигналу на виході передавача, В/мкс	<30	залежить від довжини кабелю й частоти перемикання	не обмежена
Вхідний опір приймача, кому	3...7	≥ 4	≥ 4
Максимальне значення граничної напруги приймача, В	± 3	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Максимально припустима вхідна напруга приймача, В	± 25	± 12	± 12

Для двох-спрямованої передачі найбільше часто використовуються трьох - або чотири-провідний зв'язок.



Для двох-провідної лінії зв'язку у випадку тільки передачі з комп'ютера в зовнішній пристрій використовуються сигнали SG й Tx. Всі 10 сигналів інтерфейсу задіюються тільки при з'єднанні комп'ютера з модемом.

Швидкість передачі по RS-232C може вибиратися з ряду: 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 біт/с.

Інтерфейс RS-485 широко використовується в системах обліку споживання електричної енергії. Він є подальшим розвитком RS-232 і на сьогоднішній день RS-485, мабуть, єдиний досить швидкісний, надійний й досить дешевий інтерфейс. Від RS-422 він відрізняється тим, що підтримує багато-точкове підключення - це забезпечується незначною відмінністю схемотехнічних рішень вхідних і вихідних каскадів.

Протоколи зв'язку являють собою певний набір правил, процедур і форматів повідомлень, необхідних для організації й забезпечення інформаційних зв'язків між персональними комп'ютерами, периферійними мікропроцесорними пристроями й приладами обліку. У кожному конкретному випадку виробник вирішує свої завдання, збільшуючи швидкість передачі інформації або підвищуючи її вірогідність, або зменшуючи витрати.



Кількість протоколів безупинно росте. Досвід розробки й практичного використання протоколів зв'язку в обчислювальній і керуючій мережах, накопичений у різних фірмах, що займаються створенням і впровадженням у промислове виробництво сучасних інформаційних і керуючих систем, показав, що подальший розвиток і широке використання протоколів зв'язку можливо лише при досить твердій уніфікації вимог до них.

Міжнародна організація, що займається розробкою стандартів ISO, розробила й узаконила так званий 7-рівневий протокол ISO для відкритих інформаційних і керуючих систем.

У цьому випадку під поняттям «відкрита» розуміється можливість підключення до мережі за допомогою зазначеного протоколу різних інформаційних і керуючих пристроїв.

Кожен із семи рівнів протоколу відповідає певній функції:

1-й рівень – фізичний – забезпечення електричних, механічних й інших характеристик підключення до фізичних каналів зв'язку (у тому числі при необхідності – перетворення сигналів);



Інтелектуалізація електроенергетичних систем

2-й рівень – каналний (передача даних) – підключення (з'єднання) і відключення (роз'єднання) каналів зв'язку, захист від помилок (перекручувань) при передачі даних;

3-й рівень – мережний вибір, організація й оптимізація маршрутів передачі інформації;

4-й рівень – транспортний – керування передачею (пересиланням) даних (масивів) між об'єктами мережі;

5-й рівень – сеансовий – організація й проведення сеансів зв'язку між прикладними процесами (наприклад, конкретними обчислювальними й керуючими програмами), включаючи рішення завдань по синхронізації й активації окремих об'єктів або фрагментів програм;

6-й рівень – представницький – інтерпретація й перетворення переданих даних до виду, що зручний для прикладних процесів;

7-й рівень – прикладний – виконання прикладних програм (адміністративне керування мережею, керування технологічними процесами й транспортними засобами різного призначення).



Перші три рівні забезпечують пересилання (транспортування) даних, а рівні 4 – 7 забезпечують керування першими трьома.

Залежно від складності завдання керування й розмірів мережі кількість рівнів може мінятися, тому досить часто в мережах обмежуються використанням найбільш простих рівнів.

Розглянемо протоколи, які застосовуються в найбільш відомих системах обліку. Так, наприклад, у процесі функціонування система DATAGIR C2000 здійснює збір показів лічильників (послідовна передача оригінальних показів лічильників), а також періодичних даних (графіка навантаження) і даних про розрахунки за спожиту електроенергію.

Збір даних може проводитися по таких лініях зв'язку, як телефонна мережа, виділені канали зв'язку, силові лінії електропередачі й локальна мережа з використанням протоколів SCTM й IEC 870-5.

Протокол SCTM використовує рекомендації МЕК 870-5 і розроблений для додатків телеметричного збору вимірювальних даних з метою забезпечення надійного й достовірного обміну даними по лініях зв'язку низької якості (низьке співвідношення сигнал/шум, підвищений рівень шумів й імпульсних перешкод,



високі фазові перекручування).

Протокол заснований на загальній три-рівневій моделі:

1. Фізичний рівень використовує стандарти Міжнародного союзу електрозв'язку, T - телеметрія, (RS232/V.24, RS485, V.21; V.22; V.22bis; V.23 й ін.), які забезпечують передачу даних методом поблочного кодування на каналному рівні.

2. Канальний рівень (МЭК 870-5-1: Формат телеграми; МЭК 870-5-2: Процедури передачі каналного рівня) містить процедури передачі, які використовують однозначну інформацію про керування протоколом каналного рівня, за допомогою яких передаються модулі службових даних рівня додатків (ASDU) у якості службових даних каналного рівня. Канальний рівень використовує формат телеграми FT1.2., що забезпечують необхідну цілісність, високу вірогідність, ефективність і надійність передачі даних.

3. Рівень додатків (МЭК 870-5-3: Загальна структура даних користувача; МЭК 870-5-4: Опис і кодування інформаційних елементів) включає опис передачі модулів службових даних рівня додатків.