

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА

Кафедра автоматичного електрозв'язку

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №60
«Функції BORSCHT абонентських комплектів
цифрових систем комутації»
з курсу «Системи комутації в електрозв'язку»,
модуль 3.2 «Побудова комутаційного обладнання»

Для студентів бакалаврської підготовки
за напрямком „Телекомунікації”

ЗАТВЕРДЖЕНО
методичною Радою академії
протокол №
від “___” _____ 2005 р.

Одеса 2006

УДК 691.396

Печерский В.І. Функції BORSCHT абонентських комплектів цифрових систем комутації: Навчальний посібник. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2006.

Укладач – В.І.Печерский.

Рецензенти: А.Г Ложковский, В.І.Дузь.

Вивчаються функціональна і принципальна схеми аналогового абонентського комплекту. Приведено алгоритми роботи абонентського комплекту для вихідного і вхідного зв'язку з прикладом реалізації функцій BORSCHT.

Посібник призначений для студентів, котрі вивчають дисципліну СКЕЗ-2 в плані бакалаврської підготовки за напрямком „Телекомунікація”.

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри АЕЗ
і рекомендовано до друку.
Протокол №____
від «___» _____ 2005 р.

1. Мета лабораторної роботи

1.1. Вивчити функції BORSCHT абонентських комплектів цифрових систем комутації (ЦСК)

1.2. Вивчити роботу схем реалізування кожної функції абонентського комплексу ЦСК «Квант-Е»

2. Ключові положення

2.1. В цифрових системах комутації (ЦСК) відбувається перетворення часових і просторових координат різних видів інформації, яка передається і комутується в цифровому вигляді. При цьому аналогові розмовні сигнали абонентів перетворюються в цифрову форму стандартних ІКМ – сигналів або дельта-модульованих сигналів відразу в цифрових кінцевих пристроях абонентів або в абонентських модулях (АМ) ЦСК.

При виконанні своїх функцій ЦСК повинна мати декілька основних підсистем, які реалізуються апаратним і програмними засобами.

Підсистема абонентського доступу забезпечує узгодження сигналів і абонентських ліній в мережних і лінійних закінченнях, функціонування систем абонентської сигналізації, аналого-цифрове перетворення (АЦП) для аналогових абонентських ліній, формування цифрових потоків для цифрових абонентських ліній (ЦАЛ).

Подібні задачі, але з'єднувальних ліній, розв'язує підсистема лінійного доступу.

Для підключення з'єднувальних ліній та каналу у ЦСК застосовуються два стику типу А з тактовою швидкістю цифрових сигналів 2048 кбіт/с (30 розмовних каналів) та типу В з тактовою швидкістю 8172 кбіт/с (120 розмовних каналів).

Підсистема комутації і керування забезпечує просторово-часову комутацію сигналів. Вона складається з комутаційних полів (КП) АМ, комутаційних модулів (ВКМ) і основного КП опорних станцій (ОПС).

Підсистема технічної експлуатації і технічного обслуговування забезпечує діагностику і виявлення пошкоджень, заміну пошкодженого обладнання резервним, взаємозв'язок з техперсоналом, адміністративне керування параметрами всіх ліній і платою за послуги.

Крім того, ЦСК має підсистеми сигналізації, синхронізації та електроживлення, а також додаткові підсистеми для мобільного, пакетного, ширококутового та інших видів зв'язку.

При використанні аналогових абонентських ліній (ААЛ) головними функціями АМ є аналого-цифрове перетворення розмовних сигналів і концентрація абонентського навантаження.

Локальні АМ розміщують на ОПС, виносні (ВАМ) – окремо в місцях найбільшої концентрації абонентів (у будинках). Вони також можуть входити, як складова частина, в виносні комутаційні модулі (ВКМ), які обслуговують абонентів віддалених від ОПС територій. АМ з'єднуються з основними КП ОПС через комутаційні модулі ОПС або ВКМ.

Швидкість передачі по між станційних та внутрішньо станційних лініях відповідає стандартним швидкостям передачі ІКМ сигналів.

Існують АМ, в яких аналого-цифрове перетворювання виконується індивідуальним АЦП а АК, і АМ з груповим АЦП (кодеками) на виходах КП АМ.

2.2 Абонентські комплекти АК ААЛ в даному випадку забезпечує: захист від зовнішніх високих напруг, які можуть потрапити в АЛ; тестування параметрів ТА і АЛ абонента на відповідність нормам; приймання лінійних і керуючих сигналів від абонента; посилення сигналу виклику, перехід з двопроводової АЛ до чотирипроводного тракту АМ.

Кодек може розміщуватись як в середині АК, так і на виходах КП. В першому випадку КП комутує цифрові сигнали, а в другому – амплітудно-імпульсно-модульовані (АІМ-сигнали).

Перетворення аналогів розмовних сигналів у стандартні сигнали ІКМ-систем відбувається в три етапи: дискретизація, квантування та кодування. На рис. 1 а, б, в, г вказані чотири реалізації мовних сигналів та їх відліки. Приклад перетворення аналогового сигналу у цифровий приведено на рис. 1,е.

На першому етапі стробування через інтервал $T_{\text{ц}}$ визначаються АІМ відліки сигналів. Час між сусідніми ліками одного каналу $T_{\text{ц}} = 1/f_{\text{стр}}$ називають циклом передачі, $f_{\text{стр}}$ – частота стробування. Для відтворення аналогового розмовного сигналу з відліків частота стробування вибирається відповідно теореми Котельникова: $f_{\text{стр}} \geq 2f$, де f – максимальна частота сигналу. У випадку телефонного каналу з полозою частот 0,3 ... 3,4 кГц типове значення $f_{\text{стр}} = 8$ кГц ($T_{\text{ц}} = 125$ мс).

АІМ відліки різних каналів (рис. 1,д) зсунути відносно один до одного у часі для того, щоб у разі утворення спільного групового сигналу не відбувалося їх перекриття. Таким чином відбувається часовий розподіл каналів ЧРК.

На другому етапі кожен відлік групового сигналу квантується по рівням, замінюючись одним з близько розташованих рівнів квантування. У стандартному випадку таких рівнів $2^8 = 256$.

На третьому етапі відбувається кодування “округлених” відліків. Кожен відлік замінюється чотирьохрозрядною двійковою кодовою каналною комбінацією, яка розміщується у каналному інтервалі $t_{\text{кi}} = T_{\text{ц}}/n$, де n – кількість каналів у груповому тракті. На рис. 1,е наведено приклади чотирьох розрядних кодових комбінацій з різною штриховою. Перший розряд вказує на знак відліку, а послідовні три на амплітуду. Наприклад, для відліку з амплітудою (+7) перший розряд має 0, а останній 111, оскільки $(111)_2 = 7$. При цьому сигнали АК на виходах АМ утворюють групові тракти, наприклад, для АМ ЦСК “Квант-Е” на 128 ААЛ треба 1ГТ з 32-ма часовими каналами.

Рисунок 1 – Процес перетворювання чотирьох телефонних сигналів у ІКМ сигнал

2.3. Структурна схема абонентського комплексу (АК) цифрової системи комутації (ЦСК) абонентського модуля (АМ) представлена на рис. 2.

АК застосовується для стику аналогової абонентської лінії з цифровою комутаційною станцією, та виконує низку функцій.

Основні функції АК в техніці комутації відомі під назвою BOSCHT:

B – (battery feed) – живлення кінцевого пристрою;

O – (overvoltage protection) – захист від небезпечних напруг, наведеними високовольтним лініями і т.д.;

R – (ringing) – сигналізація по АЛ між ЦСК та кінцевим пристроєм;

S – (signaling) – сигналізація по АЛ між КС та кінцевим пристроєм;

C – (coding) – кодування/декодування аналогових розмовних сигналів;

H – (hybrid) – перехід з допомогою дифсистеми від 2-х проводової АЛ до 4-х проводового тракту передачі з усуненням перехідних розмов, ехосигналів та збуджень (генерації) тракту;

T – (testing) – контроль кінцевого пристрою та АЛ зі сторони КС, а також від кінцевого пристрою з допомогою канално-перевірочного обладнання або обслуговуючого персоналу.

Важливим елементом АК в КС є пристрій гальванічної розв'язки АЛ від внутрішньо станційних розмовних трактів та кіл управління. Для цієї цілі використовуються трансформатори. З допомогою лінійного трансформатора ТІ, який входить до складу дифсистеми (ДС), забезпечується гальванічна розв'язка АЛ та входу/виходу кодека. В цілому дифсистема забезпечує перехід від двопроводової АЛ до чотирипроводового тракту.

Струм живлення кінцевого абонентського пристрою утворюється з допомогою станційної батареї напругою -60В. При замкнутому шлейфі АЛ струм живлення протікає через електронне дроселя та транзистора. З допомогою цих схем обмежується величина струму в АЛ та забезпечується його залежність від опору АЛ.

Захист станційних пристроїв від зовнішніх напруг та струмів різних енергоустановок, грозових розрядів (функція overvoltage protection) може виконуватись не тільки захисними пристроями кросів (наприклад, з допомогою газорозрядних та напівпровідникових приборів), але також додатковими пристроями захисту (ПЗ), які встановлюються в схемах АК.

Посилка в АЛ сигналів виклику (функція ringing) здійснюється з допомогою електромагнітного реле ПВ. Контактми цього реле проводи АЛ підключаються до джерела виклику. В зв'язку з тим, що приймачем виклику в телефонних апаратах є дзвоник, сигнал виклику подається з рівнем $U_{\text{вик}} = 80 \dots 100 \text{ В}$, частотою 25 Гц. Всі інші елементи схеми АК під час посилки виклику відключаються.

Сигналізація про стан абонентського комплексу (supervision) відмічається в АК з допомогою виводу від резистора К2. при розімкнутому шлейфі АЛ потенціал на виводі в УУ близький до нуля, а при замкнутому шлейфі складає декілька вольт. Управляючий пристрій шляхом періодичного сканування вказаного виводу виявляє в АК признак стану шлейфу.

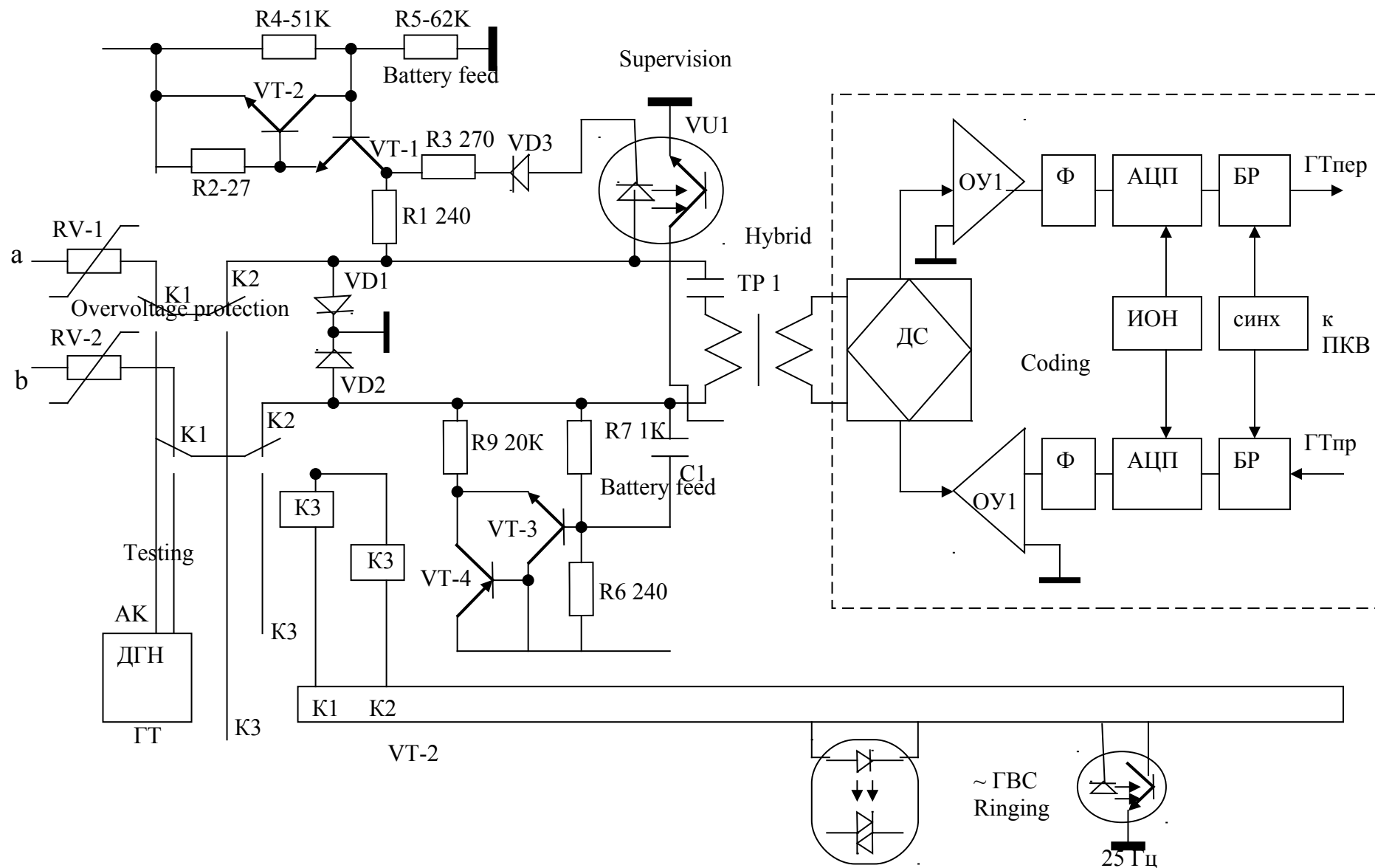


Рис. 2. Структурна схема аналогового абонентського комплексу ЦСК

Кодування (функція coding) розмовного сигналу, а також його декодування проводиться в чотирипроводовій частині тракту. Для перетворення аналогового сигналу в цифрову форму використовуються методи часової амплітудної дискретизації та цифрового кодування. Для цього застосовуються АЦП/ЦАП та джерела опорної напруги, в ряді випадків, з ціллю зменшення витрат на АЦП в ряді систем кодеки встановлюються після концентрації навантаження з допомогою аналогового комутаційного поля.

Фільтр низької частоти (ФНЧ), показаний в двопроводовій частині АК, є частиною системи декодування цифрового сигналу. Завдяки ФНЧ відфільтровуються високочастотні складові сигналу, сформованого на виході декодера. В результаті користувачу надається низькочастотний сигнал з необхідною частотною характеристикою.

Функція testing передбачає проведення контролю АЛ, в результаті чого можна виявити відхилення параметрів АЛ та встановити їх характер або причину. Наприклад можна перевірити: наявність на проводах постійної напруги, опір ізоляції кожного проводу відносно землі, опір ізоляції між проводами а і в; опір шлейфу АЛ та параметри імпульсів номеронабирача. Буферні резистори (БР) та схема синхронізації (Синх) забезпечує формування сигналів групових трактів (ГТ) АК.

2.4. Принципова схема абонентного комплексу приведена на рис. 3. Кожний абонентний комплект має двухпроводовий аналоговий вхід (дроти а і б) і чотирипроводовий цифровий вихід.

В АК можна включати:

- телефонний апарат з шлейфовим набором (ДКШИ) дисковим або тастатурним номеронабирачем;
- телефонний апарат з тональним набором номера (DTFM)
- таксофон односторонній або двосторонній для місцевого або міжміського зв'язку
- термінали з модемним способом встановлення з'єднання (телефакс, телетекст, передачі даних і ін.).

Абонентний комплект розташовується на типових елементах заміни (ТЕЗ). На одному ТЕЗі розташовано 16 АК і загальна для них схема управління і сигналізації. До АК підключається пристрій діагностики (ДГН) і генератор визивного сигналу (ГВС). В груповому пристрої АК є програмна логічна матриця (ПЛМ), за допомогою якої мікропроцесор абонентного модуля (МП БАЛД) управляє роботою АК.

Для виконання функцій BORSCHT в АК є наступні елементи і пристрої. Міст живлення, що складається з джерела струму в дроті а і електронного дроселя в дроті б. Джерело струму зібрано на транзисторах $VT1$ і $VT2$ і резисторах $R1$, $R2$, $R4$, і $R5$. Електронний дросель виконаний на транзисторах

$VT3$ і $VT4$, резисторах $R6$, $R7$, $R8$, і $R9$ і конденсаторі $C1$. Захист від високих напруг і струму виконаний на позисторах $RV1$ і $RV2$, опори яких збільшуються при збільшенні струму в ланцюзі шлейфу і стабілітронах $VD1$ і $VD2$, опір яких зменшується при збільшенні напруги на розмовних дротах.

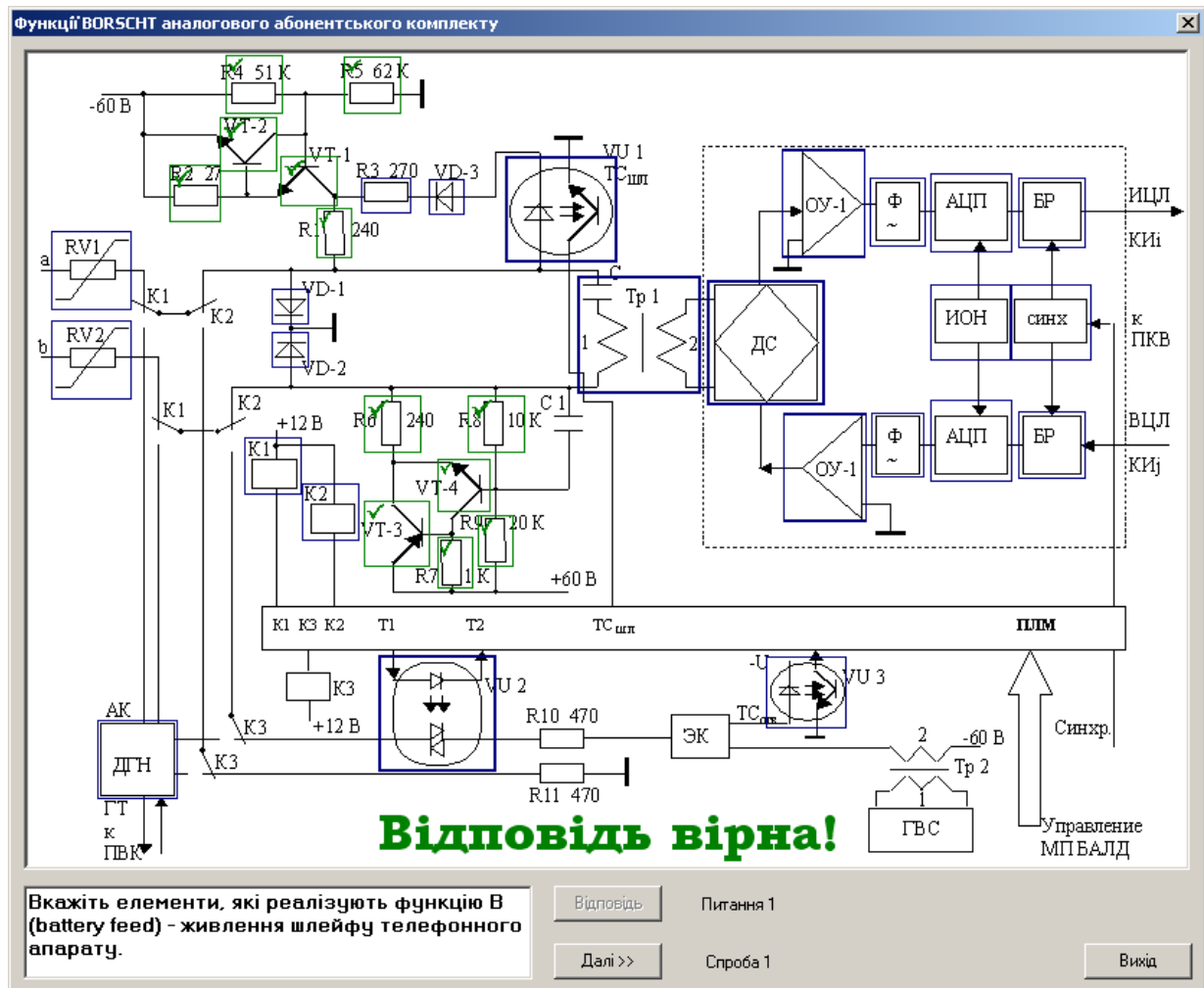


Рисунок 3 – Принципова схема ААК та форма віртуального макету

Посилка виклику здійснюється з групового пристрою. Пристрій посилки виклику загальне для 16 АК і підключається до абонентної лінії контактами реле $K2$, яке відключає абонентну лінію від АК і підключає через обмежувальні резистори $R10$, і $R11$, трансформатор $Tr2$ до ГВС. В ланцюзі посилки виклику включені електронний ключ (АЧ) з оптроном $VU3$, який фіксує момент відповіді абонента б і опотиристор $VU2$, забезпечуючий періодичність 1:4 виклики. Контроль стану шлейфу здійснюється точкою сканування (ТСшл) виконаної на оптроні $VU1$. Оптододіод запалюється при замиканні шлейфу в ТА (тим самим вимикається ТСшл і сигнал через ПЛИМ видається в МП), гасне при розмиканні шлейфу в ТА і мигає при наборі номера ДКШ.

Кодування і декодування аналогових сигналів виконує кофидек. В тракті передачі кофидека включені операційний підсилювач (ОУ-1), смуговий фільтр 0,3-3,4 кГц, аналоговий-цифровий перетворювач (АПЦ) і буферний регістр (БР). Тракт прийому починається буферним регістром (БР), цифроаналоговим перетворювачем (ЦАП), фільтром нижніх частот і операційним підсилювачем (ОУ-2). Синхронізація кофидека здійснюється від СКС ОПС по КІ-0 ГТ-0. В схеми АЦП і ЦАП подається опорна напруга від джерела опорної напруги (ОН).

Узгодження двохдротного входу з чотиридротним виходом здійснюється диференціальною системою (ДС), розташованою в кофидеке.

Для гальванічної розв'язки розмовних ланцюгів АК від абонентної лінії включений трансформатор (Тр1) а конденсатор Із запобігає протіканню постійного струму через первинну обмотку Тр1 і його насичення.

Робота АК у разі вихідного зв'язку описується в три етапи, при цьому передбачається що номер ТА-Б поступає ДКШІ.

Етап 1, фаза 1. При знятті мікротелефону на ТА-А замикається шлейф в ТА і створюється ланцюг живлення мікрофону:

1. мінус 60В, R2, транзистор VT1 (Е-К), контакти реле K2 і K1, позистор RV1, дріт a, схема ТА-А, дріт b, позистор RV2, контакти реле K1 і K2, R6, транзистор VT3 (Е-К), плюс 60В. При проходженні струму живлення в ланцюзі на R1 створюється падіння напруги UR1. Від цієї напруги створюється струм по ланцюгу:

2. мінус UR1, R3, діод VD3, оптрон VU1, плюс UR1. Оптрон запалюється і сигнал точки сканування шлейфу (ТСшл) поступає в ПЛМ, а по шині управління в МП БАЛД.

Етап 1, фаза 2. Мікропроцесор БАЛД, отримавши сигнал виклику від ТА-А, визначає по ОЗУ номер ТА-А і тип його номеронабирача. Оскільки номеронабирач видає шлейфові імпульси то створюється схема посилення сигналу станції з ЦГТС в АК Сигнал станції в цифровому вигляді поступає в тракт прийому по каналу Киа, ВЦЛ. Сигнал станції (425 Гц) поступає з тракту прийому (КИА, ВЦЛ) на буферний підсилювач (БУ) і в ЦАПе перетвориться в аналогову форму. Фільтр нижніх частот виділяє спектр 0,3-3,4кГц. Сигнал посилюється ОУ-2 і через ДС поступає на розмовні дроти. Абонент чує сигнал станції – запрошення до набору номера.

Етап 2. Абонент набирає номер ТА-Б шлейфовими імпульсами. Відбувається замикання і розмикання шлейфу в ТА, тому ТСшл повторює роботу номеронабирача – при розмиканні шлейфу оптрон гасне, а при замиканні – запалюється. Частота мигання оптрона відповідає частоті імпульсів, що поступають, тобто 10+/-1 імп/с. Число розмикань шлейфу рівно значності набираючої цифри. Час між цифрами рівно міжсерійному часу номеронабирача (мінімально 600 мс). Після прийому першого знака номера порушується схема, етап1, фаза 2. Робота оптрона VU1 передається по дроту ТСшл в ПЛМ, а звідти в МП БАЛД, де відбувається підрахунок серії номера і запам'ятовування. Після закінчення прийому номера ТА-Б МП БАЛД

формується пакет інформації і через ВСС передає його ЗУУС і комп'ютер УКС ОПС.

Етап 3. Внутрішньосистемний сигнальний канал збирається з шістнадцяти каналних інтервалів одного групового тракту. Після передачі пакету з МП БАЛД в ЗУУС і комп'ютер УКС ОПС робота АК-А закінчується і абонент А чекає закінчення встановлення з'єднання.

При вхідному зв'язку до абонента б мікропроцесор АМ-Б одержує сигнал заняття і номер ТА-Б. МП БАЛД з'ясовує стан абонентного комплексу - вільний або зайнятий АК. Якщо АК вільний те починається поетапна робота.

Етап 6. МП БАЛД подає сигнал в ПЛМ про вільність АК і ПЛМ вимикає реле К2 і К3, тим самим ДГН підключається до абонентної лінії і через спокійні контакти реле К1 (на час перевірки АК відключається) ДГН перевіряє абонентну лінію, і якщо сторонні полярності відсутні, то МП вимикає реле К2 і К3 і червоний знов підключається до АК.

Етап 7. Створюються 2 схеми. АМ-Б здійснює посилку виклику в ТА-Б, а АМ-А – контроль посилки виклику в ТА-А. Для посилки виклику МП АМ-Б включає реле К2 і оптотиристор VU2. Ланцюг ПВ: мінус 60В, Тр2-2, електронний ключ, R10, оптотиристор VU2, контакти реле К3, К2 і К1, позистор RV1, дріт «а», дзвінок і конденсатор в ТА-Б, дріт «б», позистор RV2, контакти реле К1, К2 і К3, R11, плюс 60В. В цьому ланцюзі постійний струм не проходить, оскільки в схемі ТА-Б послідовно з дзвінком включений конденсатор. Мікропроцесор АБ-Б за допомогою ПЛМ управляє роботою оптотиристора VU2, якщо він включений, то в червоний посилається струм виклику, при виключенні його – струму немає. Одночасно АМ-А видає в лінію ТА-А КПВ.

Етап 8. При відповіді абонента б спрацьовує електронний ключ (АЧ) і по дроту Тсотв подається в МП про відповідь абонента. Мікропроцесор за допомогою ПЛМ вимикає реле К2 і тим самим червоним знов підключається до АК. МП формує у бік ОПС і АМ-А пакет інформації про відповідь абонента Б. Мікропроцесори АМ-А і АМ-Б і комп'ютер ОПС створюють розмовний тракт.

Етап 9. У розмовному тракті живлення мікрофонів здійснюють АК, вони ж контролюють стан шлейфів ТА абонентів.

3. Контрольні питання

1. Як змінюється опір резистору у АК у разі збільшення току АЛ.
2. Як змінюється опір стабілітронів АК у разі появи великих напруг у АК.
3. У яких випадках змінюється стан оптрона VU1:
У який схемі застосовуються транзистори VT1, VT2, VT3, VT4.
4. Для яких цілей застосовується трансформатор TP1 АК.
5. Скільки рівнів квантування мають АЦП АК.

6. У якій схемі застосовується *VU2*.

4. Домашнє завдання

4.1. Користуючись літературою та ключовими положеннями дати письмові відповіді на контрольні питання.

4.2. Намалюйте відповідно варіанту ДО схему елементів абонентського комплексу, які відповідають за виконання одної із функцій BORSCHT: якщо Д і О парні, то функція В, якщо Д парне, а О непарне, то функція О, якщо Д непарне, а О парне, то функція R, якщо Д і О непарні, то функція S.

5. Опис лабораторної роботи та методика виконання лабораторного завдання

5.1. Віртуальний макет складається з комп'ютерної програми і панелі користувача з відповідним дидактичним пристроями.

Після запуску програми на екрані з'являються назва роботи, клацання лівою кнопкою миши пропонує студенту за реєструватися для виконання лабораторної роботи за допомогою клавіатури.

5.2. Виконання лабораторної роботи починається після проходження серії тестових питань. Відповідаючи на питання студент контролює вірність відповідей на контрольні питання домашньої підготовки та отримує допуск до лабораторної роботи. Відповіді фіксуються програмою та використовуються у подальшому для автоматичної оцінки знань студента.

5.3. Отримав допуск студент відкриває головне вікно програми, яке поділяється на три області (рис. 3):

- робочу область з зображенням спрощеної схеми аналогового абонентського комплексу.

- текстове поле з методичними вказівками по виконанню етапів лабораторної роботи.

- панелі інструментів керування робочого макету, які містять кнопки відповіді, кнопки переходу до наступного питання, кнопки переходу до наступного питання, кнопки виходу, лічильника спроб. Крім того, на схемі робочої області з'являються надписи «Відповідь вірна» чи «Невірно».

Елементи схеми абонентського комплексу розташовані у межах комірки або блоку, натиснення лівої кнопки миши дозволяє вибрати відповідні для кожної з функції BORSCHT елементи схеми. Обраний елемент виділяється зеленим кольором. Якщо елемент обран помилково, то повторне натиснення лівої кнопки дозволяє його виключити з набору елементів відповідей. Це можливе тільки до натиснення курсором миши «Відповідь».

5.4. При виконанні етапів лабораторної роботи, студент повинен вказати потрібні елементи для виконання однієї з функції BORSCHT: (battery feed

(питання мікрофону), overvoltage protection (захист від зовнішніх великих напруг чи токів), ringing (виклик змінним струмом), supervision (прийом напруг шлейфним методом), coding (перетворювання мовного сигналу у цифрову форму), hybrid (перехід від двопроводного тракту до чотири-проводного), testing (оперативний контроль параметрів абонентського шлейфу)).

Обравши курсором та мишкою потрібні на його роздум елементи для конкретного етапу (конкретної функції), студент натискає курсором кнопку «Відповідь».

На екрані комп'ютера може з'явитися надписи «Відповідь вірна» або «Невірно». Надпис «Відповідь вірна» з'явиться тільки у випадку, якщо студент вкаже всі потрібні елементи, не більше і не менше.

У першому разі студент натискаючи кнопку «Далі» може переходити до слідуючого питання. Перед цим треба намалювати у звіті схему відповідної функції та коротко пояснити роботу її елементів.

У разі невірної відповіді студент повинен змінити набір елементів та дати нову відповідь на питання.

Програма макету фіксує кількість спроб та автоматично зніжує оцінку за цей етап роботи та ітогову оцінку за усю лабораторно роботу.

5.5. По закінченню відповідей на усі питання студент автоматично отримує оцінку за 100 бальною системою. Ця оцінка виводиться як середне-арифметична оцінка за кожне питання, які в свою чергу розраховуються відповідно числу невірних відповідей (спроб).

5.6. Після виконання етапів аналізу роботи абонентського комплекту, студент проходить процедуру попереднього захисту шляхом відповідей на тестові питання.

5.7. Після виконання етапів роботи студенти з'являються на захист роботи до викладача, який виводить стогову оцінку роботи з урахуванням програмних оцінок за кожен етап виконання лабораторної роботи.

6. Зміст протоколу

1. Відповіді на контрольні питання
2. Схеми реалізації функцій АК та пояснити роботу.

7. Література

1. Стовбун Г.В. Цифровая система коммутации «Квант-Е». Блок абонентських ліній. Учебный посібник по курсу СКЄС. – ОНАС ім. О.С. Попова. – 2002.
2. Блок БАЛД-1. Техническое описание АК-5 ЦСК «Квант-Е», Квант-Интерком, – Рига, 1999.

