

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ КОМУТАЦІЙНИХ МОДУЛІВ СУЧАСНИХ ТЕЛЕФОННИХ СТАНЦІЙ МАЛОЇ ЄМНОСТІ

© Чабан К.О., 2010

Досліджено ефективність просторово-часового блока (цифрового модуля), який є найпоширенішим під час побудови усіх без винятку комутаційних систем сучасних цифрових телефонних станцій.

Efficiency of space-time block (digital module) which is most widespread at the construction of all without the exception of the switching systems of modern digital telephone exchanges is examined.

Вступ. Біологічні організми, як і інші відкладення в теплообмінному устаткуванні, знаходяться у трубопроводах систем оборотного водопостачання електростанцій.

Комутаційне поле цифрових телефонних станцій (АТСЕ) будується на блоках просторової комутації (БПК) і блоках часової комутації (БЧК). Кількість блоків кожного типу і їх комбінації визначають структуру комутаційного поля АТСЕ [1]. Комутаційні поля (КП) АТСЕ тільки на блоках просторової комутації не знайшли широкого використання із-за внутрішнього блокування, яке відбувається у цих блоках, оскільки комутуються тільки однойменні канали вхідних і вихідних цифрових з'єднувальних ліній (ЦЗЛ). Ці блоки використовуються в КП АТСЕ у комбінації з блоками часової комутації. Блоки часової комутації, які мають N вхідних і M вихідних ЦЗЛ, називають просторово-часовими блоками ($Ч_n$) або цифровими модулями (ЦМ) [1, 2]. Далі використовуватиметься друга назва, тобто ЦМ. Враховуючи принцип роботи БЧК [1, 2], будемо узагальнену функціональну схему ЦМ ємністю $[N \times M]$, яку показано на рис. 1.

Функціонування та режими роботи ЦМ. Вхідні тракти із швидкістю потоку f_{ex} надходять на вхідні регістри зсуву PZ_{ex} . Далі відбувається перетворення вхідних каналних повідомлень з послідовного коду у паралельний у вхідному перетворювачі послідовно-паралельного коду. Вхідний перетворювач виконаний на регістрах зсуву PZ_{ex} та паралельних регістрах PP_{ex} . В PZ_{ex} послідовно, розряд за розрядом, заносяться кодові слова (r біт) під дією тактових імпульсів з частотою f_{ex} . У кінці каналного інтервалу під дією сигналу I , який створюється формувачем імпульсів ΦI , кодові комбінації з PZ_{ex} одночасно по r проводах переписуються в PP_{ex} . В наступний каналний інтервал в PZ_{ex} записуються кодові слова наступних каналів. За той самий каналний інтервал під дією сигналів 2 , що виробляються дешифратором $ДШД$, кодові слова перших каналів усіх вхідних $ЗЛЦ$ з PP_{ex} послідовно переписуються в комірки пам'яті III .

Адреси комірок III формуються лічильником $ЛІ$ і через перемикач адрес $ПА1$ подаються на адресні входи III . За цикл роботи $T_{Ц}$ кодові комбінації усіх вхідних каналів запишуться в III . В комірці III кодові слова зберігаються протягом циклу і потім замінюються наступним словом того самого каналу. Такий режим роботи цифрового модуля називається керуванням по виходу або циклічний запис/ациклічне зчитування [3]. Цей режим необхідно використовувати за оптимального програмного забезпечення, коли $N > M$. В цьому випадку ЦМ працює на стиснення ЦЗЛ і стоїть у першій ланці багатоланкового цифрового комутаційного поля (КП), що зменшує кількість комутаційного обладнання ланок $П$, які стоять після ланки $Ч$. Комутація вхідних і вихідних каналів здійснюється за допомогою керуючої пам'яті $КП$. Номери комірок $КП$ відповідають вихідним каналам, а інформація в комірках $КП$ – номерам вхідних каналів (у разі, коли $N > M$), які записуються з центрального керуючого пристрою (ЦКП). Інформація в комірки керуючої пам'яті записується через паралельний регістр $РПІ$ з $ЦКП$ за адресою, яка також подається з $ЦКП$, і через паралельний регістр $РП2$ і перемикач адрес $ПА2$ поступає на адресні входи $КП$.

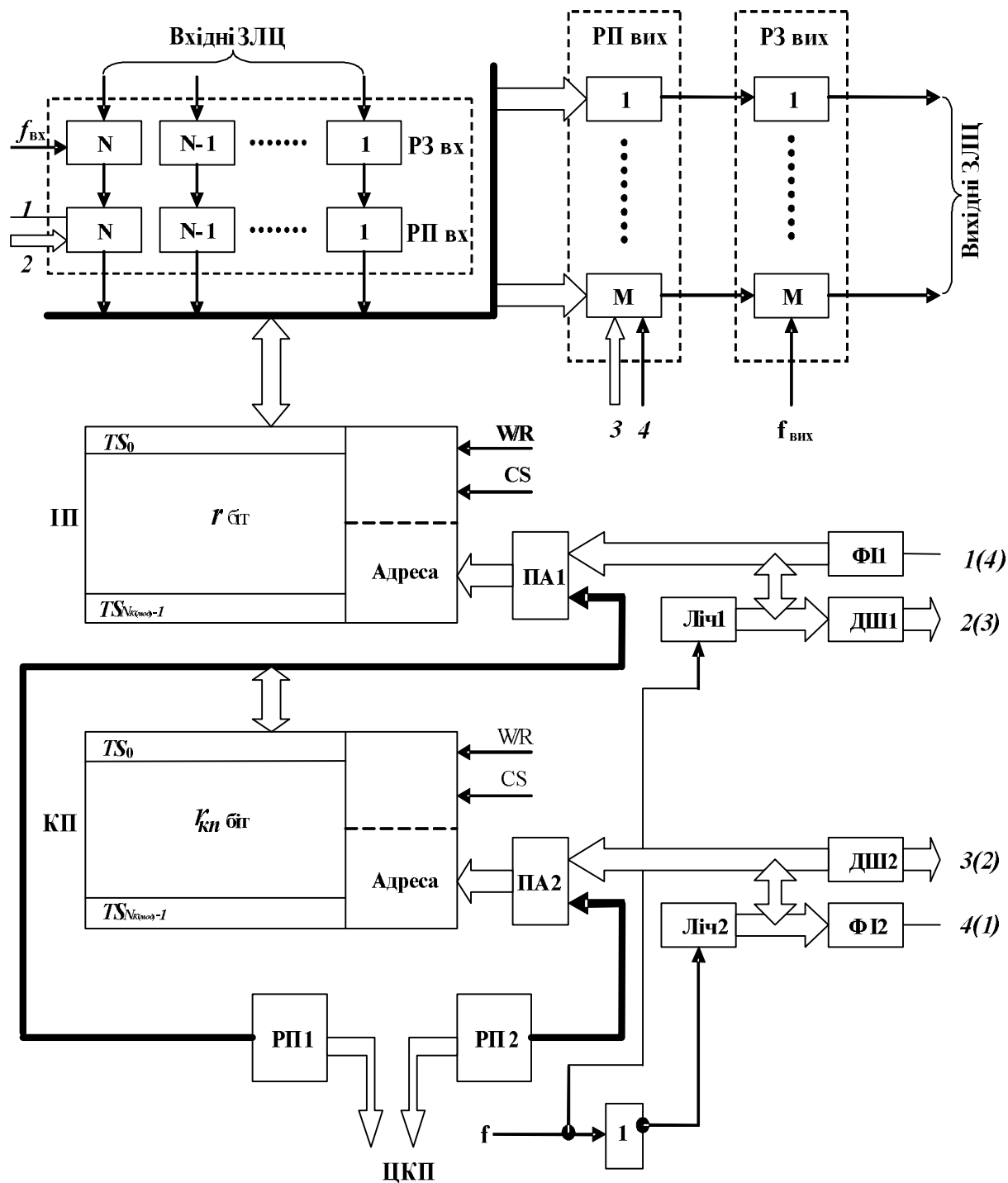


Рис. 1. Функціональна схема цифрового модуля

Зчитуванням інформації з комірок *КР* керують адреси, які формуються лічильником *Л2*, і через перемикач *ПА2* подаються на адресні входи *КР*. Лічильники *Л1* і *Л2* працюють у протифазі. За адресами лічильника *Л2* послідовно відкриваються комірки *КР*, з яких зчитуються адреси комірок *ІІІ*. З комірок *ІІІ* зчитуються кодові комбінації (мовний сигнал), які по r - розрядній паралельній шині переписуються у вихідні паралельні регістри *РП_{вих}*. Коли кодові комбінації запишуться в усі регістри *РП_{вих}*, вони швидко перезаписуються у вихідні регістри зсуву *РЗ_{вих}* під дією імпульсу 4, який виробляється *ФІ2*, і далі зчитуються послідовно у вихідні ЗЛЦ під дією імпульсів тактової частоти $f_{вих}$. В такий спосіб *РП_{вих}* і *РЗ_{вих}* виконують функції перетворювача

паралельного коду в послідовний. Функціональна схема і її описання зроблені для випадку, коли $N > M$. За $N < M$ ЦМ працює на збільшення ЦЗЛ і ставиться в останній ланці Ч багатоланкового цифрового комутаційного поля. Якщо $N < M$, керуючі сигнали 1, 2, 3, 4 на рис. 1 показані у дужках, номери комірок КП відповідають вхідним каналам і в комірки з ЦКП записуються номери вихідних каналів, а номери комірок ПП відповідають вихідним каналам. У цьому випадку використовується режим керування – по входу (ациклічний запис інформації в комірки ПП за адресою вихідних каналів з КП і циклічне зчитування інформації з комірок ПП за адресою вихідних каналів, яка формується лічильником Л1 [3]. Принцип роботи ЦМ за $N < M$ відрізняється тим, що інформація з вхідних каналів одразу записується в комірки вихідних каналів ПП під дією адрес з КП. Комутація вхідних і вихідних каналів відбувається під час зчитування кодових слів з комірок ПП за адресами вихідних каналів, які формуються лічильником Л1 і через перемикач адрес ПА1 надходять на адресні входи ПП. По часовій діаграмі (рис. 2) робота ЦМ пояснюється розташуванням імпульсів у часі, які керують окремими вузлами.

Для керування модулем необхідно тритактові частоти: f_{ex} , f_{vix} , f (рис. 1): f_{ex} – частота керування вхідними регістрами; f_{vix} – частота керування вихідними регістрами; f – частота керування лічильниками.

Ці частоти визначаються за такими формулами:

1) частота керування вхідними зсуваючими регістрами ($PЗ_{вх}$):

$$f_{ex} = r \times f_d \times V_{ex}; \quad (1)$$

2) частота керування вихідними зсуваючими регістрами ($PЗ_{вих}$):

$$f_{vix} = r \times f_d \times V_{vix}; \quad (2)$$

3) частота керування лічильниками:

$$f = N_{K(ЦМ)} \times f_d. \quad (3)$$

Часові діаграми приведені для ЦМ ємністю $[16 \times 32]$. Цей ЦМ працює на збільшення ЦЗЛ, стоїть на виході комутаційного поля і в ньому кількість каналів у вхідних ЦЗЛ у два рази більша, ніж у вихідних, тобто є 64 канали. Тоді:

$$f_{ex} = r \times f_d \times V_{ex} = f_{vix} = 8 \times 8 \times 10^3 \times 64 = 4,096 \text{ МГц};$$

$$f_{vix} = r \times f_d \times V_{vix} = 8 \times 8 \times 10^3 \times 32 = 2,048 \text{ МГц};$$

$$f = N_{K(ЦМ)} \times f_d = 1024 \times 8 \times 10^3 = 8,192 \text{ МГц};$$

Імпульси тактових частот f_{ex} , f_{vix} показано на епюрах 1 і 54 відповідно. Частота f_{ex} тактує запис кодових слів з 16-ти ЦЗЛ_{вх} (епюра 2) у вхідні $PЗ_{вх}$, а частота f_{vix} керує зчитуванням кодових слів з 32-х вихідних зсуваючих регістрів у вихідні ЦЗЛ_{вих} (епюра 55). Тактова частота f , імпульси якої показані на епюрі 3, керує роботою лічильників, а, значить, і роботою інформаційної і керуючої пам'яті, а також дешифраторами і формувачами імпульсів. Після запису кодових слів однойменних каналів усіх вхідних ЦЗЛ_{вх} у вхідні зсуваючі регістри кодові слова під дією імпульсу 1 (епюра 4) одночасно переписуються у вхідні РП_{вх}. На епюрах 5...20 зображені імпульси $2^1 \dots 2^{16}$, які формуються на виходах ДШ2 і подаються на входи дозволу зчитування 16-ти вхідних РП_{вх}. Імпульси $3^1 \dots 3^{32}$, які показані на епюрах 21...52, формуються дешифратором ДШ1 і подаються на входи запису вихідних паралельних регістрів. Під дією цих імпульсів інформація з комірок інформаційної пам'яті, адреса яких подається з Л1, переписується у вихідні паралельні регістри РП_{вих}. Після заповнення усіх РП_{вих} кодові комбінації з РП_{вих} під дією імпульсу 4 (епюра 53), який формується ФП, переписуються одночасно у вихідні $PЗ_{вих}$, після чого під дією тактової частоти $f_{вих}$ (епюра 54) кодові слова каналів поступають у вихідні ЦЗЛ_{вих} (епюра 55).

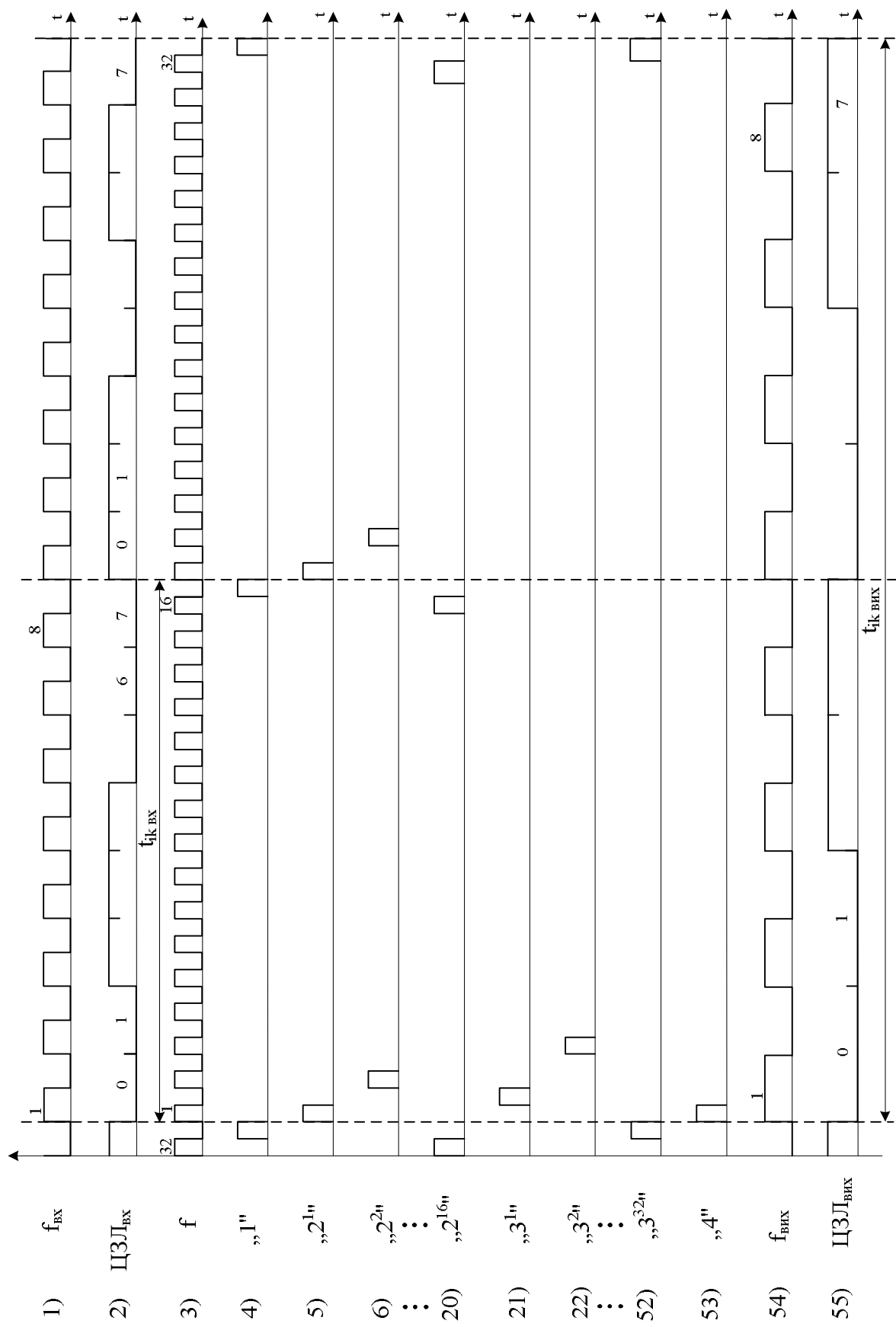


Рис. 2. Часові діаграми, які пояснюють роботу ЦМ

Дослідження ефективності цифрових модулів. Ефективність структур прийнято оцінювати з точки зору їх економічності, яка в комутаційних системах (КС) визначається кількістю точок комутації. Економічність просторових КС оцінюється кількістю просторових точок комутації (т.к.), а економічність цифрових КС – кількістю еквівалентних точок комутації (екв.т.к.) [2]. Розрахуємо кількість еквівалентних точок комутації в ЦМ ємністю [2048×2048] каналів і покажемо його ефективність порівняно з аналогічним по ємності просторовим комутаційним блоком. Зауважимо, що кількість цифрових каналів відповідає кількості просторових з'єднувальних ліній, а цифровий модуль – одноланковому повнодоступному просторовому комутаційному блоку. Для розрахунку кількості еквівалентних точок комутації в ЦМ використовуємо формулу

$$T_{ЦМ} = T_{ІІІ} + T_{КІІ} = \frac{N_{К(ЦМ)} \cdot r \cdot}{100} + \frac{N_{К(ЦМ)} \cdot (\log_2 N_{К(ЦМ)})}{100} =$$

$$= \frac{2048 \cdot 8 \cdot}{100} + \frac{2048 \cdot (\log_2 2048)}{100} = 390 \text{ экв.т.к.}$$

Вартість в екв.т.к. одного цифрового каналу $T_{1К(ЦМ)}$ дорівнює

$$T_{1К(ЦМ)} = \frac{T_{ЦМ}}{N_{К(ЦМ)}} = \frac{390}{2048} = 0,19 \text{ экв.т.к.}$$

В одноланковому повнодоступному просторовому комутаційному блоці, який має 2048 просторових з'єднувальних ліній на вході і виході, кількість просторових точок комутації T_1 визначається [2]:

$$T_1 = N \times M = 2048 \times 2048 = 4194304 \text{ т.к.}$$

Вартість в т.к. однієї просторової з'єднувальної лінії $T_{13Л}$ визначається так:

$$T_{13Л} = \frac{T_1}{N_{3Л}} = \frac{4194304}{2048} = 2048 \text{ т.к.}$$

Розрахуємо у скільки разів K_P вартість одного цифрового каналу менша від вартості однієї просторової з'єднувальної лінії:

$$K_P = \frac{T_{13Л}}{T_{1К(ЦМ)}} = \frac{2048}{0,19} = 10779 \text{ разів.}$$

Якщо побудувати ЦМ на 256 каналів, то кількість екв.т. к. в ньому дорівнює

$$T_{ЦМ} = T_{ІІІ} + T_{КІІ} = \frac{N_{К(ЦМ)} \cdot r \cdot}{100} + \frac{N_{К(ЦМ)} \cdot (\log_2 N_{К(ЦМ)})}{100} =$$

$$= \frac{256 \cdot 8 \cdot}{100} + \frac{256 \cdot (\log_2 256)}{100} = 41 \text{ экв.т.к.,}$$

а його просторовий еквівалент має кількість просторових точок комутації T_1 , яка дорівнює

$$T_1 = N \times M = 256 \times 256 = 65536 \text{ т.к.}$$

У цьому випадку

$$T_{1К(ЦМ)} = \frac{T_{ЦМ}}{N_{К(ЦМ)}} = \frac{41}{256} = 0,16 \text{ экв.т.к.;}$$

$$T_{13Л} = \frac{T_1}{N_{3Л}} = \frac{65536}{256} = 256 \text{ т.к.;}$$

$$K_P = \frac{T_{13Л}}{T_{1К(ЦМ)}} = \frac{256}{0,16} = 1600 \text{ разів.}$$

Аналогічні розрахунки зроблено для цифрових модулів ємністю (1024×1024), (512×512), (256×256) цифрових каналів і просторових блоків такої самої ємності і структури, і усі результати розрахунків зведено у табл. 1 [4]. В таблиці наведено також коефіцієнти $K_{Ц(1,i)}$, $K_{Ц(2,i)}$, $K_{Ц(3,i)}$, які показують різницю вартості одного цифрового каналу у вибраних ЦМ (літера i в дужках відповідає ЦМ, номери яких вказані в круглих дужках у таблицю під ємністю ЦМ). Коефіцієнти визначаються за такими формулами:

$$K_{Ц(1,i)} = \frac{T_{1К(ЦМ1)}}{T_{1К(ЦМi)}};$$

$$K_{Ц(2,i)} = \frac{T_{1К(ЦМ2)}}{T_{1К(ЦМi)}};$$

$$K_{Ц(3,i)} = \frac{T_{1К(ЦМ3)}}{T_{1К(ЦМi)}};$$

де значення i пробігає по номерах усіх чотирьох модулів. Наприклад, $K_{Ц(1,i)}$ дорівнює за $i=1,2,3,4$:

$$K_{Ц(1,1)} = \frac{T_{1К(ЦМ1)}}{T_{1К(ЦМ1)}} = \frac{019}{0,19} = 1;$$

$$K_{Ц(1,2)} = \frac{T_{1К(ЦМ1)}}{T_{1К(ЦМ2)}} = \frac{019}{0,18} = 1,055;$$

$$K_{Ц(1,3)} = \frac{T_{1К(ЦМ1)}}{T_{1К(ЦМ3)}} = \frac{019}{0,171} = 1,11;$$

$$K_{Ц(1,4)} = \frac{T_{1К(ЦМ1)}}{T_{1К(ЦМ4)}} = \frac{019}{0,16} = 1,18.$$

Аналогічно розраховуємо $K_{Ц(2,i)}$, $K_{Ц(3,i)}$, і отримані результати записуємо в таблицю.

Отримані результати

Ємність ЦМ, канали	(2048×2048) (1)	(1024×1024) (2)	(512×512) (3)	(256×256) (4)
$T_{ЦМ}$, екв.т.к.	390	185	88	41
$T_{1К(ЦМ)}$, екв.т.к.	0,19	0,18	0,171	0,16
T_1 , т.к	4194304	1048576	262144	65536
$T_{1К(П)}$, т.к	2048	1024	512	256
K_P , разів	10779	5688	3012	1600
$K_{Ц(1,i)}$, разів	1	1,055	1,11	1,18
$K_{Ц(2,i)}$, разів	0,95	1	1,052	1,125
$K_{Ц(3,i)}$, разів	0,9	0,95	1	1,068

Основні результати роботи та висновки:

1. Цифрові модулі мають значно меншу (у тисячу разів) кількість екв.т.к., ніж аналогічні по ємності і структурі просторові комутаційні блоки, що приводить до низької вартості одного цифрового каналу. Якщо один канал ЦМ ємністю (2048×2048) каналів оцінюється в 0,19 екв.т.к., то одна просторова з'єднувальна лінія потребує для реалізації 2048 т.к., тобто у 10779 разів більше. Із зменшенням ємності ЦМ і просторового комутаційного блока різниця у вартості одного каналу і з'єднувальної лінії зменшується. Так, для ЦМ і просторового комутаційного блока ємністю (256×256) каналів (з'єднувальних ліній) ціна одного цифрового каналу у 1600 разів менша, ніж однієї з'єднувальної лінії, тобто різниця зменшується у 6,73 раза.

2. Цікавим результатом дослідження є те, що вартість одного цифрового каналу ЦМ незначно залежить від його ємності. За зміни ємності ЦМ у 2 рази (з 2048 до 1024 каналів) вона зменшилася на 5 %, у 4 рази – на 11 %, у 8 разів – на 18 %. З наведених результатів зрозуміло, що можна будувати ЦМ великої ємності, але, на жаль, як було доведено раніше, максимальна ємність ЦМ обмежується швидкістю електронної елементної бази, зокрема ОЗП [4].

3. У просторових комутаційних блоках вартість однієї просторової з'єднувальної лінії зростає пропорційно до ємності блока. Отримані дані ще раз підтверджують недоцільність використання одноланкових повнодоступних просторових комутаційних блоків великої ємності, тому за великих ємностей просторових комутаційних систем будують неповнодоступні, або багатоланкові просторові комутаційні поля.

Отже, ЦМ будь-якої ємності завжди набагато дешевші від просторових комутаційних блоків такої самої ємності і структури, а також забезпечують ємність, якої вистачає для синтезу комутаційних систем цифрових АТС малої ємності. За великих і середніх ємностей цифрових АТС ЦМ використовуються як складові частини цифрових комутаційних полів, структури і ефективність яких будуть розглянуті у подальших дослідженнях.

1. Баркун М.А., Ходасевич О.Р. *Цифровые системы синхронной коммутации*. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 187 с. 2. Беллами Дж. *Цифровая телефония: Пер. с англ. / Под ред. А.Н. Берлина, Ю.Н. Чернышова*. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 640 с. 3. Еришова Э.Б., Еришов В.А. *Цифровые системы распределения информации*. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с. 4. Chaban K. *Efficiency research of digital switching systems of middle and big capacity*. – *Proceed. of the Internat. Conference TCSET'2010. National University "Lvivska Politechnika". February 23–27, 2010. Lviv –Slavske, Ukraine*. – P. 187.

УДК 621.372

А.П. Бондарев¹, С.В. Давіденко²

Національний університет "Львівська політехніка",
¹кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань,
²кафедра радіоелектронних пристроїв і систем

КУМУЛЯНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ДЕМОДУЛЯТОРА ГРУПОВОГО МОВНОГО СИГНАЛУ

© Бондарев А.П., Давіденко С.В., 2010

Розроблено математичну модель демодулятора складного модулюючого сигналу та її програмну реалізацію, які дають можливість оптимізувати параметри пристрою за критерієм мінімуму фазової похибки

The mathematical model of demodulator/modulator of difficult modulating signal is developed and its programmatic realization, which enable to optimize the parameters of device after the criterion of a minimum of phase error

Вступ. Частотну модуляцію груповим мовним повідомленням (8 рознесених по частоті телефонних каналів) широко застосовують у сучасних релейних лініях зв'язку. Теоретично відомо, що застосування демодулятора на основі ФАПЧ замість частотного детектора підвищує завадостійкість передавача за потужністю у чотири рази. Проблема інженерної реалізації такої можливості полягає у наближеності та складності існуючих методів параметричного синтезу ФАПЧ за наявності складного модулюючого сигналу.