

УДК 621.395

К. П. СТОРЧАК, І. М. СРІБНА, Л. А. КИРПАЧ, кандидати техн. наук, доценти,  
Державний університет телекомунікацій, Київ**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДНОЛАНКОВОГО  
ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО КОМУТАЦІЙНОГО БЛОКА**

**У працях відомих авторів [1; 2] описано структуру цифрових комутаційних блоків, що входять до складу комутаційних полів сучасних систем комутації, але без розгляду питання їх ефективності. Мета цієї статті — оцінювання ефективності одноланкового просторово-часового комутаційного блока, що входить до складу більшості комутаційних полів сучасних цифрових систем комутації.**

**Ключові слова:** блок просторово-часової комутації; каналний інтервал; цифрова лінія; адресно-запам'ятовувальний пристрій; інформаційно-запам'ятовувальний пристрій.

**Вступ**

Згідно з визначенням, просторово-часова комутація — це дія, що забезпечує перенесення інформації з будь-якого каналного інтервалу (КІ) вхідної цифрової лінії (ЦЛ) у будь-який КІ вихідної ЦЛ [1].

Процес такого перенесення унаочнює рис. 1, а узагальнену структурну схему блока просторово-часової комутації (БПЧК) наведено на рис. 2, де ІЗП — інформаційно-запам'ятовувальний пристрій; АЗП — адресно-запам'ятовувальний пристрій.

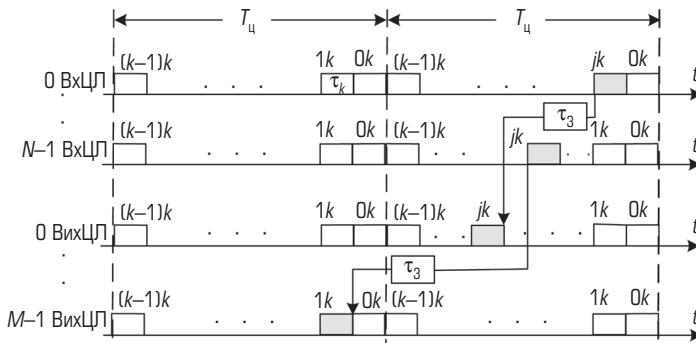


Рис. 1. Процес просторово-часової комутації

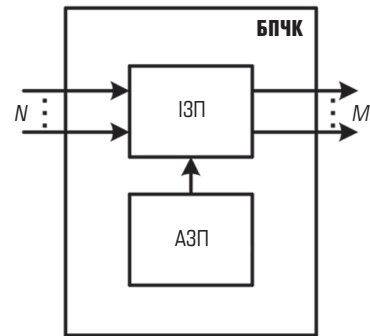


Рис. 2. Блок просторово-часової комутації

**Основна частина**

Далі досліджено БПЧК двох конфігурацій: *із розбиттям на групи* та *одноблоковий*. Докладно розглянемо кожний із них за умови, що вони мають однакові вихідні дані за кількістю ЦЛ і КІ.

Розглянемо поданий на рис. 3 БПЧК із розбиттям на дві ( $g = 2$ ) групи. Розбиття на групи вхідних і вихідних ЦЛ дозволяє послабити вимоги до швидкодії елементів пам'яті [3; 4].

На рис. 3 використано такі позначення:

ПС/ПР — перетворювачі послідовного коду в паралельний на вході, що дає змогу збільшувати кількість ВхЦЛ, не збільшуючи тактової частоти блока;

ПР/ПС — перетворювачі паралельного коду в послідовний на виході, необхідні в цифрових системах передавання, які працюють із послідовними кодами;

ІЗП — інформаційно-запам'ятовувальний пристрій, в якому мовний сигнал записується у вигляді паралельного коду ІКМ-сигналу;

АЗП — адресно-запам'ятовувальний пристрій, в якому адреса вхідного каналу записується за адресою вихідного каналу.

Припустимо, що цифрове комутаційне поле (ЦКП) із просторово-часовою комутацією ІКМ-каналів включає в себе вісім вхідних ЦЛ ( $N = 8$ ) і вісім вихідних ЦЛ ( $M = 8$ ), кожна з яких містить по чотири КІ ( $k = 4$ ). З'ясуємо, як відбувається встановлення з'єднання між заданими КІ ( $i = 2$  і  $j = 3$ ) вхідної ( $x = 5$ ) і вихідної ( $z = 6$ ) ЦЛ.

Згідно з рис. 3 маємо з'єднання 5ВхЦЛ, 2КІ із 6ВихЦЛ, 3КІ при циклічному запису, ациклічному читуванні з ІЗП.

Наведемо алгоритм розрахунку задіяних у комутації пристроїв БПЧК, що допоможе зрозуміти процес комутації всередині блока.

Номер групи ІЗП, в яку записуємо інформацію вхідного КІ, визначається за формулою

$$X_r = \text{int} \left( \frac{2(x-1)}{N} \right) = \text{int} \left( \frac{x-1}{4} \right), \quad (1)$$

де  $\text{int}$  — ціла частина від числа.

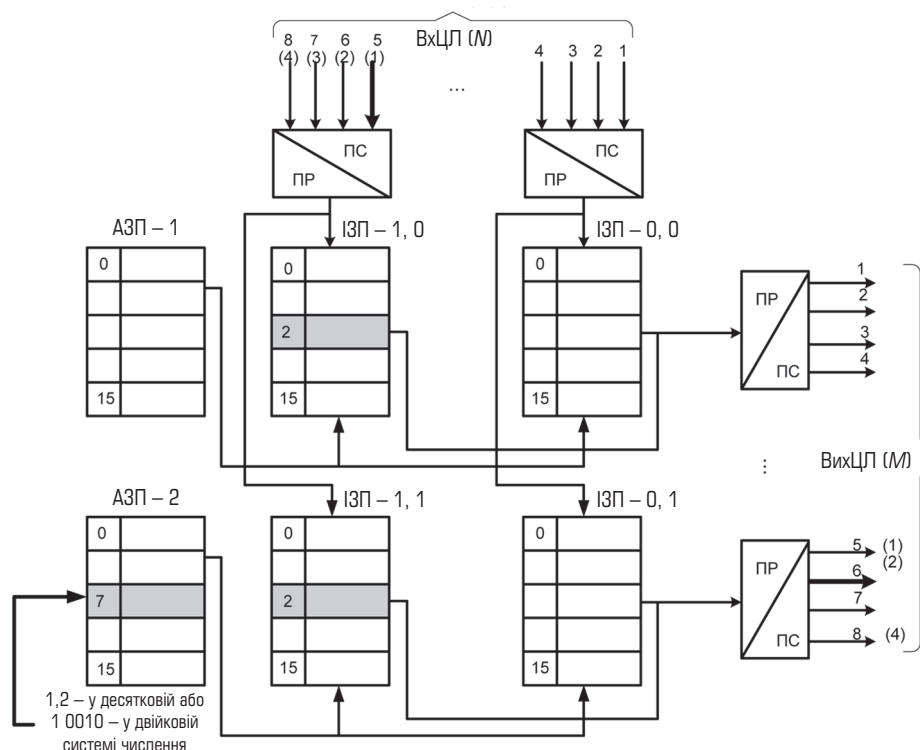


Рис. 3. БПЧК із розбиттям на дві групи

Звідси

$$X_r = \text{int} \left( \frac{2(x-1)}{N} \right) = \text{int} \left( \frac{5-1}{4} \right) = 1.$$

Номер комірки ІЗП, в яку записується інформація 2-го каналного інтервалу 5-ї (1-ї в групі 1) ВхЦЛ:

$$R_{\text{КП ІЗП}} = (x_g - 1) \cdot k + i, \quad (2)$$

де  $x_g$  — номер вхідної ЦЛ у межах визначеної групи.

Виконуючи обчислення, дістаємо:

$$R_{\text{КП ІЗП}} = (x_g - 1) \cdot k + i = (1 - 1) \cdot 4 + 2 = 2.$$

Номер АЗП визначаємо з таким співвідношенням:

$$R_{\text{АЗП}} = \text{int} \left( \frac{2(z-1)}{M} + 1 \right), \quad (3)$$

звідки

$$R_{\text{АЗП}} = \text{int} \left( \frac{2(z-1)}{M} + 1 \right) = \text{int} \left( \frac{2(6-1)}{8} + 1 \right) = 2.$$

Номер комірки АЗП, в яку записується адреса комірки ІЗП, знаходимо за формулою

$$R_{\text{КП АЗП}} = (z_g - 1) \cdot k + j, \quad (4)$$

де  $z_g$  — номер вихідної цифрової лінії в межах визначеної групи.

Підставляючи відповідні числові значення, маємо:

$$R_{\text{КП АЗП}} = (z_g - 1) \cdot k + j = (2 - 1) \cdot 4 + 3 = 7.$$

Отже, у 2-гу комірку пам'яті ІЗП записуємо інформацію (8 біт) вхідного 2КІ і затримуємо її. Далі відбувається зчитування інформації. У 7-й комірки пам'яті АЗП-2 формуємо керуючий сигнал, що надходить саме з 1-ї групи ІЗП, а з 2-ї комірки пам'яті зчитуємо затриману інформацію. При цьому в АЗП буде записано 1, 2 (або 1 0010) (див. рис. 3).

Ефективність комутаційних систем визначається такими головними критеріями, як *ємність, структура, економічність*. За результатами дослідження взаємодії цих критеріїв здійснюємо вибір оптимальної структури цифрового комутаційного поля (ЦКП). Ємність ЦКП визначається кількістю цифрових КІ або кількістю ЦЛ. Ефективність ЦКП прийнято оцінювати з погляду економічності такого поля, яка в комутаційних системах визначається кількістю *еквівалентних точок комутації* (екв. т. к.) [3; 4] згідно з такою залежністю:

$$T_E = T_{I3\Pi} + T_{A3\Pi}, \quad (5)$$

$$T_{I3\Pi} = \frac{g^2 \cdot \frac{N}{g} \cdot k \cdot n}{100}, \quad (6)$$

$$T_{A3\Pi} = \frac{g \cdot \frac{N}{g} \cdot k \left( \left\lceil \log_2 \left( \frac{N}{g} \cdot k \right) \right\rceil + \left\lceil \log_2 g \right\rceil \right)}{100}, \quad (7)$$

де  $n$  — розрядність кодового слова апаратури ІКМ;  $\lceil \cdot \rceil$  — округлення до найближчого більшого цілого числа; 100 — обсяг пам'яті, що дорівнює одній еквівалентній точці комутації.

Підставляючи відповідні числові значення та виконуючи обчислення, знаходимо:

$$T_{I3\Pi} = \frac{2^2 \cdot \frac{8}{2} \cdot 4 \cdot 8}{100} = 5,12 \text{ (екв. т. к.)}, \quad T_{A3\Pi} = \frac{2 \cdot \frac{8}{2} \cdot 4 \left( \left\lceil \log_2 \left( \frac{8}{2} \cdot 4 \right) \right\rceil + \left\lceil \log_2 2 \right\rceil \right)}{100} = 1,6 \text{ (екв. т. к.)}.$$

Остаточо маємо:

$$T_E = T_{I3\Pi} + T_{A3\Pi} = 5,12 + 1,6 = 6,72 \text{ (екв. т. к.)}.$$

Час запису/зчитування інформації в комірку (із комірки) ІЗП визначається так:

$$t_{з.з} = \frac{T_{ц}}{\frac{N}{g} \cdot k \cdot 2} = \frac{125 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 4 \cdot 2} = 3,9 \text{ (мкс)}. \quad (8)$$

Оскільки вхідні та вихідні тракти було розбито на дві групи, то цим самим вимоги до швидкодії елементів пам'яті послаблено також удвічі.

Розглянемо, наприклад, одноблоковий БПЧК. У загальному випадку в БПЧК маємо  $N$  ВхЦЛ і  $M$  ВихЦЛ. Тому в кожному з  $k$  КІ інформація з  $N$  ВхЦЛ має бути передана в усі  $M$  ВихЦЛ, що потребує прискорення комутації в  $M$  разів. Для управління зчитуванням інформації з комірок ІЗП каналний інтервал поділяється на певну кількість (не менш ніж  $M$ ) вторинних інтервалів, тобто інтервалів вторинного ущільнення.

Структуру циклу передавання в разі вторинного ущільнення КІ ілюструє рис. 4.

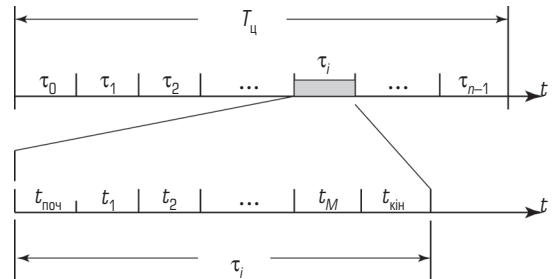


Рис. 4. Цикл вторинного ущільнення каналів

Кількість вторинних каналів зазвичай дорівнює  $M + 2$ . Адже окрім інтервалів, закріплених за ВихЦЛ ( $t_1, \dots, t_M$ ), потрібні додаткові інтервали початку  $t_{поч}$  і кінця  $t_{кін}$  вторинного циклу. При цьому інтервал  $t_{поч}$  слугує для запису кодових слів у ІЗП; основні інтервали  $t_1, \dots, t_M$  призначено для зчитування їх з елементів пам'яті ІЗП; кінцевий інтервал  $t_{кін}$  — для запису кодових слів у регістри ВихЦЛ.

Розглянемо принцип дії одноблокового БПЧК на прикладі структурної схеми, зображеної на рис. 5.

Кількість секцій ІЗП така сама, як і кількість  $N = 8$  вхідних ліній. Кожна ВхЦЛ має свій послідовно-паралельний перетворювач кодових слів (послідовний запис із ВхЦЛ, паралельне зчитування в ІЗП). Кожна ВихЦЛ має власний буферний регістр (БР) і паралельно-послідовний перетворювач кодових слів.

Блок АЗП, який керує комутацією в БПЧК, має  $k \cdot M = 4 \cdot 8 = 32$  комірки пам'яті, кожна з яких закріплено за деяким КІ певної ВихЦЛ. З'єднання вважається встановленим після запису в потрібну комірку АЗП адреси номерів ІЗП та її комірки, а також біта дозволу на комутацію.

Кодові слова КІ ВхЦЛ послідовно записуються у відповідні послідовно-паралельні перетворювачі, звідки в інтервалі  $t_{поч}$  наступного КІ паралельно передаються в комірку ІЗП у режимі послідовного доступу до пам'яті. У кожній комірці ІЗП записане кодове слово зберігається протягом циклу передавання  $T_{ц}$ , а потім замінюється наступним словом цього самого КІ. Момент зчитування з комірки ІЗП визначається двома часовими інтервалами:  $t_{КІ}$  — потрібним каналним, а також тим із вторинних  $t_1, \dots, t_M$ , який відповідає потрібній ВихЦЛ. Зчитуються кодові слова з комірки ІЗП у БР паралельно і ациклічно, у режимі довільного доступу до них. Із буферних регістрів ці слова паралельно передаються в паралельно-послідовні перетворювачі у вторинному інтервалі  $t_{кін}$ , а потім послідовно, біт за бітом зчитуються з нього в КІ ВихЦЛ.

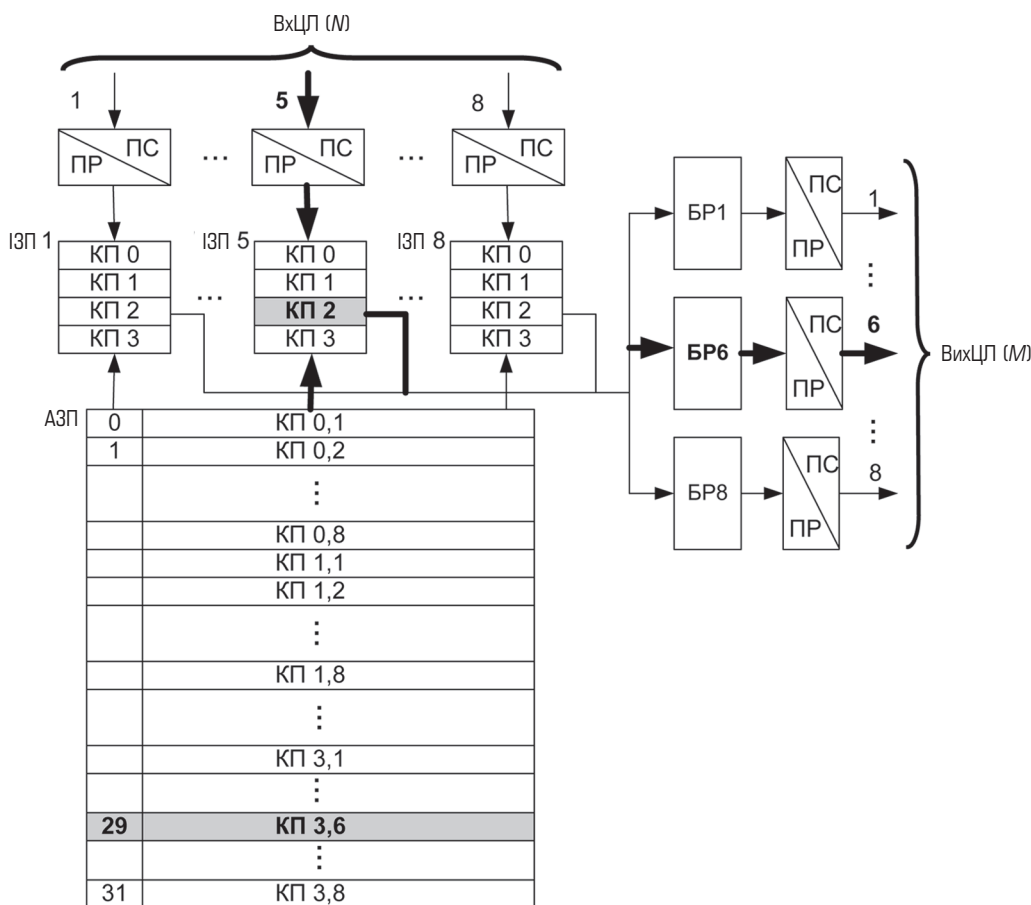


Рис. 5. Одноблоковий БПЧК

Через те, що передавання кодових слів із комірки ІЗП у паралельно-послідовний перетворювач триває протягом КІ, відбувається зсув каналної інформації у ВихЦЛ щодо ВхЦЛ на один КІ. Щоб його компенсувати, слід зчитувати кодові слова з ІЗП на один КІ раніше, закріпивши відповідно комірці АЗП за каналними інтервалами.

Наведемо алгоритм розрахунку задіяних у комутації пристроїв БПЧК, зображеного на рис. 5.

Номер ІЗП відповідає номеру ВхЦЛ:

$$R_{ІЗП} = x, \tag{9}$$

а отже,  $R_{ІЗП} = 5$ .

Номер комірці ІЗП, в яку записується інформація 2-го КІ 5-ї ВхЦЛ, визначається згідно з рівністю

$$R_{КП ІЗП} = i, \tag{10}$$

тобто  $R_{КП ІЗП} = 2$ .

Номер АЗП

$$R_{АЗП} = 1. \tag{11}$$

Номер комірці АЗП, в яку записується адреса комірці ІЗП, визначається так:

$$R_{КП АЗП} = M \cdot j + (z - 1), \tag{12}$$

звідки

$$R_{КП АЗП} = 8 \cdot 3 + (6 - 1) = 29.$$

Таким чином, у 2-гу комірці пам'яті ІЗП 5 здійснюємо запис інформації (8 біт) вхідного 2КІ та затримуємо її. Наступним кроком є зчитування інформації. У 29-й комірці пам'яті АЗП формуємо керуючий сигнал, що саме з ІЗП 5, із 2-ї комірці пам'яті необхідно зчитати затриману інформацію. У цьому разі в АЗП буде записано 3, 6 (або 011 0110) (див. рис. 5).

Кількість еквівалентних точок комутації знаходимо з такого співвідношення:

$$T_E = T_{ІЗП} + T_{АЗП} = \frac{M \cdot k (n + (\lceil \log_2 M \rceil + \lceil \log_2 k \rceil))}{100}, \tag{13}$$

звідки

$$T_E = \frac{8 \cdot 4 \cdot (8 + (3 + 2))}{100} 4,16 \text{ (екв. т. к.)}.$$

Тривалість циклу вторинного ущільнення (ЦВУ) згідно з рис. 5 дорівнює тривалості каналного інтервалу циклу апаратури ІКМ і становить близько 3,9 мкс.

Оскільки даний цикл розбиваємо на  $M + 2$  додаткові каналні інтервали, то тривалість одного інтервалу

$$\tau_{\text{ЦВУ}} = \frac{T_{\text{ц}}}{M + 2}, \quad (14)$$

звідки

$$\tau_{\text{ЦВУ}} = 3,9 / (8 + 2) = 0,39 \text{ (мкс)}.$$

Час запису/зчитування інформації в комірку (із комірки) ІЗП

$$t_{\text{з.з}} = \frac{T_{\text{ц}}}{N \cdot k \cdot 2}, \quad (15)$$

звідки остаточно маємо:

$$t_{\text{з.з}} = \frac{125 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 4 \cdot 2} \approx 2 \text{ (мкс)}.$$

### Висновки

Досліджено одноланковий блок просторово-часової комутації, здатний комутувати різнойменні канали різних ліній. І саме в цьому полягає велика його перевага порівняно з блоком просторової чи блоком часової комутації.

Розглянутий комутатор дозволяє комутувати будь-який каналний інтервал (КІ) будь-якого групового тракту (ГТ) із вихідним КІ вихідного ГТ. Цей комутатор побудовано на статичних запам'ятовувальних пристроях, як і комутатор типу «час», але схема керування дозволяє одночасно записувати в пам'ять кодові слова з кількох вхідних ГТ і так само зчитувати їх у вихідні КІ вихідних ГТ. Проте зі збільшенням кількості КІ та ГТ одноланковий блок втрачає ефективність, оцінювану кількістю еквівалентних точок комутації, через обмежену швидкодію елементів пам'яті.

У разі потреби створення великої кількості ГТ і КІ, пропонується побудова просторово-часових ланок цифрових комутаційних полів із розбиттям на групи. За наявності, наприклад, двох груп ємність інформаційної пам'яті збільшується вдвічі, але пропорційно послаблюється вимога до швидкодії.

### Література

1. **Цифрові системи комутації електрозв'язку: монографія** / [В. Г. Кривуца, В. Л. Булгач, А. Я. Мірталібов, Ф. А. Мірталібов].— К.: ДУІКТ, 2006.— 394 с.
2. **Баркун, М. А.** Цифровые системы синхронной коммутации / М. А. Баркун.— М., 2001.— 190 с.
3. **Сторчак, К. П.** Дослідження одноланкових комутаційних полів різної структури / К. П. Сторчак // Зв'язок.— 2013.— № 4.— С. 54–56.
4. **Сторчак, К. П.** Дослідження триланкових комутаційних полів різної конфігурації / К. П. Сторчак // Системи управління навігації та зв'язку.— 2014.— Вип. 3.— С. 83–86.

**Рецензент:** доктор техн. наук, професор В. В. Вишнівський, Державний університет телекомунікацій, Київ.

К. П. Сторчак, И. Н. Срибная, Л. А. Кирпач

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОЗВЕННОГО ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО КОММУТАЦИОННОГО БЛОКА

В работах известных авторов [1; 2] описаны структуры построения цифровых коммутационных блоков, входящих в состав коммутационных полей современных систем коммутации, но без рассмотрения вопроса их эффективности. Цель данной статьи — оценка эффективности однозвенного пространственно-временного коммутационного блока, входящего в состав большинства коммутационных полей современных цифровых систем коммутации.

**Ключевые слова:** блок пространственно-временной коммутации; каналный интервал; цифровая линия; адресно-запоминающее устройство; информационно-запоминающее устройство.

K. P. Storchak, I. M. Sribna, L. A. Kyrpach

### THE RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE SINGLE-LINK SPATIO-TEMPORAL OF SWITCHING UNIT

In the works of known authors [1; 2] structures of creation of the digital switching units that are a part of switching fields of the modern switching systems are specified but the question of their efficiency is not considered. The purpose of the given work is determination of the efficiency of the single-link spatio-temporal switching unit that is a part of the most of switching fields of the modern digital switching systems.

**Keywords:** the unit of spatio-temporal switching; a channel interval; a digital line; address-memory unit; information-memory unit.