

АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ ТА СИСТЕМ

УДК [004.43+519.6+519.622] (075.8)

МЕТОД ПОРІВНЯННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ ДІАКОПТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ У РАЗІ РІЗНИХ ТОПОЛОГІЙ ДЕКОМПОЗИЦІЇ МОДЕЛІ

І. Хвищун¹, Б. Квятковський²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Ген. Тарнавського, 107, 79017 Львів, Україна

²Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С.Бандери, 28а, Львів, Україна
MyBohdan@ukr.net

Ефективність діакоптичного моделювання електронних схем залежить від обраної топології декомпозиції. Запропоновано метод порівняння трудомісткості інтегрування незв'язаним неявним методом Ейлера за різних топологій декомпозиції математичної моделі. Введено спосіб кількісного опису трудомісткості процесу моделювання. Описано емпіричний метод оцінки рівня впливу зв'язків між невідомими моделями на стійкість незв'язаного неявного методу Ейлера. Досліджено стратегії перемикання між топологіями декомпозиції. Задано лінійний порядок на множині можливих топологій декомпозиції.

Ключові слова: діакоптика, адаптивна декомпозиція, незв'язаний неявний метод Ейлера, числова стійкість.

Ефективним методом підвищення швидкодії програм моделювання електронних схем є застосування діакоптики. Суть діакоптичного підходу полягає в розщепленні задачі на частини з подальшим незалежним розв'язуванням підзадач. Декомпозиційні методи передбачають розщеплення математичної моделі схеми.

Значний вплив на швидкість моделювання має вибір топології декомпозиції задачі [1, 6]. Числова нестійкість декомпозиційних методів часто є причиною зниження швидкодії моделювальної програми. З іншого боку, трудомісткість одного кроку інтегрування розщепленої на підзадачі математичної моделі схеми менша. Тому актуальною є розробка автоматичних адаптивних алгоритмів вибору топології декомпозиції. Для успішного розв'язання цієї задачі потрібні у малозатратні методи оцінки трудомісткості моделювання за різних топологій декомпозиції.

Нехай електронній схемі відповідає математична модель у вигляді системи диференціальних рівнянь у нормальній формі Коші:

$$\dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}, t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \quad (1)$$

де \mathbf{x} – вектор змінних стану; \mathbf{x}_0 – початкові умови. Декомпозиційний алгоритм розв’язування системи (1) реалізуємо на підставі незв’язного неявного методу Ейлера (НІМЕ) [3, 4]:

$$\mathbf{x}_{r,n} = \mathbf{x}_{r,n-1} + h_{r,n} \mathbf{f}_r(\tilde{\mathbf{x}}_{1,n}, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_{r-1,n}, \mathbf{x}_{r,n}, \tilde{\mathbf{x}}_{r+1,n}, \dots, \tilde{\mathbf{x}}_{s,n}, t_{r,n}), \quad (2)$$

де $t_{r,n} = t_0 + \sum_{j=1}^n h_{r,j}$, r – номер підзадачі; s – кількість підзадач; n – номер кроку числового інтегрування; $\mathbf{x}_{r,n}$ – вектор невідомих r -ї підзадачі; $\tilde{\mathbf{x}}_{i,n}$ для $1 \leq i \leq s, i \neq r$ – вектори зовнішніх змінних r -ї підзадачі, тобто тих, які не входять у r -ту підзадачу; $h_{r,n}$ – крок інтегрування r -ї підзадачі.

Область стійкості НІМЕ визначена спектральним радіусом ітеративної матриці \mathbf{M}_a [5]. У разі вибору топології декомпозиції математичної моделі схеми необхідно врахувати можливі обмеження кроку внаслідок нестійкості процесу інтегрування. Введемо параметр, який назвемо коефіцієнтом трудомісткості інтегрування НІМЕ:

$$W = \gamma \omega, \quad (3)$$

де ω – площа діагональних блоків топологічної матриці \mathbf{R} [4], а коефіцієнт

$$\gamma = \begin{cases} 1, & H_w \leq H_s \\ \frac{H_w}{H_s}, & H_w > H_s \end{cases} \quad (4)$$

де H_w – розмір кроку числового інтегрування, з яким на цьому етапі можна розв’язувати нерозщеплену задачу; H_s – розмір максимально допустимого числовою стійкістю кроку для розщепленої задачі. З-поміж топологій декомпозиції перевагу віддаємо тій, у якої менше значення W .

Кроки нерозщепленої задачі H_w оцінюємо так:

$$H_w = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\max} H^2}{\varepsilon}}, \quad (5)$$

де H – поточне значення кроку інтегрування НІМЕ з обраною топологією декомпозиції; ε – локальна похибка інтегрування НІМЕ з кроком H ; ε_{\max} – максимально допустиме значення локальної похибки.

Ми з’ясували, що залежність спектрального радіуса ітеративної матриці НІМЕ $\rho(\mathbf{M}_a)$ від розміру кроку числового інтегрування H має вигляд, як на рис. 1.

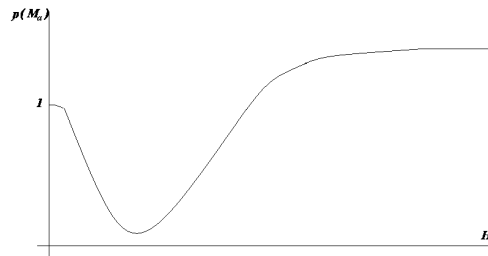


Рис. 1. Залежність спектрального радіуса ітеративної матриці ННМЕ від розміру кроку інтегрування

Характерним є $\rho(\mathbf{M}_a) = 1$ для $H = 0$ та незмінність спектрального радіуса $\rho(\mathbf{M}_a)$ в разі великих H . Граничне значення спектрального радіуса залежить від задачі та топології декомпозиції. Точка перетину цієї залежності з прямою $\rho(\mathbf{M}_a) = 1$ відповідає граничному для заданої топології розміру кроку H_S . Якщо $\rho(\mathbf{M}_a)$ не перевищує 1, то для такої топології немає обмежень на розмір кроку інтегрування.

Для визначення H_S необхідно розв'язати рівняння

$$\rho(\mathbf{M}_a(H)) - 1 = 0 \quad (6)$$

відносно H . Складність автоматизації вибору топології декомпозиції системи (1) зумовлена високою трудомісткістю процедури розв'язування цього рівняння. Основні затрати часу припадають на формування матриці \mathbf{M}_a та оцінку її спектрального радіуса. Множина математичних методів розв'язування рівняння (6) обмежена жорсткими часовими рамками, які визначені метою досягнення загального пришвидшення роботи програми.

У розробці адаптивного алгоритму вибору топології декомпозиції задачі (1) необхідно виділити такі моменти:

- 1) визначити малозатратний спосіб оцінки рівня впливу кожного зі зв'язків між невідомими задачі (1) на числову стійкість ННМЕ;
- 2) відшукати малозатратний спосіб порівняння трудомісткості інтегрування задачі (1) за різних топологій декомпозиції.

Отриманий нами емпіричний спосіб оцінки рівня впливу зв'язків задачі (1) на стійкість ННМЕ є узагальненням проведених експериментів. Суть дослідів розглянемо на прикладі.

Нехай у певній точці інтегрування деяку задачу, модель якої задано у вигляді (1), характеризує така матриця Якобі:

$$\mathbf{J}_n = \begin{pmatrix} -1,7 & -0,2 & -0,2 & -0,6 \\ -0,1 & -1,35 & -0,6 & -0,3 \\ -0,3 & -0,5 & -1,5 & -0,2 \\ -0,5 & -0,2 & -0,1 & -1,7 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Визначимо H_S для всіх можливих топологій декомпозиції. Далі, для опису топології, будемо використовувати позначення типу: abc-de-f, де кожна з букв – це номер невідомої системи (1), символ “-” застосовуємо як розділювач між підзадачами. Оскільки розмірність нашого прикладу дорівнює 4, то між номерами

невідомих підзадачі розділювальні символи не потрібні. Отже, запис 1234 – це нерозщеплена задача четвертого порядку, запис 123-4 – це задача, розщеплена на дві, у які входять відповідно, перша, друга, третя та четверта невідомі задачі (1). Отримані результати наведено в табл. 1. У стовпцях “Зв’язки задачі” використано позначення “+” для нерозірваного у цій топології зв’язку, а “-” – для розірваного. Кожен зі зв’язків описуємо двома цифрами, які задають номери невідомих, об’єднаних цим зв’язком. Топологію цілої схеми у табл. 1 не наведено. Розглянемо отримані результати для топологій 2–7. Спільним для цих топологій є те, що нерозірваний лише один зв’язок. Порівнюючи H_S для кожної пари топологій цієї групи, можемо зробити певні висновки про вплив зв’язків на область стійкості. Зокрема, порівнюючи топології 2 та 3 і враховуючи, що вони тотожні, за винятком зв’язків 12 та 23, робимо висновок, що розрив зв’язку 23 є критичнішим, ніж розрив 12, оскільки для 2 H_S є меншими. Введемо позначення типу $12 < 23$, яке означає, що зв’язок 23 сильніший, ніж 12. Аналогічно, порівнюючи топології 2 та 4 робимо висновок, що $12 > 34$. Якщо для пари зв’язків робимо висновок про однаковий рівень впливу на область стійкості, то це позначаємо символом “=”. Порівнявши так усі топології з групи 2–7, отримаємо таке співвідношення між зв’язками задачі:

$$23 > 14 > 24 > 13 > 12 > 34. \quad (8)$$

Далі розглянемо, як зроблені висновки співвідносяться з рештою топологій. Топологія 10, для якої немає обмежень на крок фактором стійкості, характерна тим, що у ній не розірвано два найсильніші зв’язки 23 та 14. З-поміж решти топологій найбільше H_S є у випадку 14, для якого нерозірвані зв’язки 23 та 24. Якщо припустити, що в разі розриву декількох зв’язків визначальним є вплив кожного з них зокрема, і H_S визначене найсильнішим розірваним зв’язком, а не суперпозицією кількох розривів, то топологія 14 повинна поступатися лише топології 10. У цьому випадку вважаємо: якщо дві топології мають один і той же найсильніший розірваний зв’язок, то порівнюємо наступний за силою з-поміж розірваних і т.д. Водночас топологія 8, у якій не розірвано лише найслабші зв’язки задачі, має найменше H_S з-поміж топологій з $\omega = 8$.

Номер	Топологія	H_s	Зв'язки задачі					
			12	13	14	23	24	34
1	1-2-3-4	1,57	-	-	-	-	-	-
2	12-3-4	2,06	+	-	-	-	-	-
3	1-23-4	4,11	-	-	-	+	-	-
4	1-2-34	1,97	-	-	-	-	-	+
5	13-2-4	2,37	-	+	-	-	-	-
6	14-2-3	2,87	-	-	+	-	-	-
7	24-1-3	2,38	-	-	-	-	+	-
8	12-34	2,95	+	-	-	-	-	+
9	13-24	6,43	-	+	-	-	+	-
10	14-23	∞	-	-	+	+	-	-
11	123-4	28,99	+	+	-	+	-	-
12	124-3	6,78	+	-	+	-	+	-
13	134-2	6,61	-	+	+	-	-	+
14	234-1	49,93	-	-	-	+	+	+

Однак описаний вище спосіб оцінки рівня впливу зв'язків на H_s , застосовний на практиці, оскільки потребує перебирання великої кількості варіантів, для кожного з яких треба розв'язувати задачу (6). Економніший спосіб такої оцінки отримано експериментально. Як зазначено вище, залежність $\rho(M_a(H))$ завжди має область насичення. У цьому разі, якщо розглядати не цілу задачу (1), а лише її частину, то загальний вигляд залежності зберігається. Схарактеризуємо кожен зв'язок задачі (1) чотирма елементами матриці Якобі. Якщо це зв'язок між i -м та j -м невідомими, то його описуємо такою підматрицею:

$$J_{ij} = \begin{pmatrix} j_{ii} & j_{ij} \\ j_{ji} & j_{jj} \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Далі для кожної з підматриць (9) формуємо ітеративну матрицю ННМЕ M_a , визначаємо граничне значення спектрального радіуса M_a . Отже, з кожним зв'язком задачі (1) зіставляємо числовий параметр. Отримані граничні значення спектрального радіуса для задачі (7) наведеної в табл 2. Для отримання граничного значення достатньо обчислити спектральний радіус за великого значення кроку, наприклад $H = 10^{20}$.

Таблиця 2

Зв'язок	Граничне значення $\rho(M_a(H))$
23	1,115
14	0,975
24	0,595
13	0,574
12	0,413
34	0,399

На підставі порівняння даних табл. 2 та отриманих вище співвідношень між зв'язками робимо такий висновок: чим більше граничне значення спектрального радіуса, тим сильніший зв'язок. Аналогічні результати одержано й для інших задач, що дає змогу зробити висновок про виявлену закономірність. Дослідження засвідчили, що затрати на оцінку сили зв'язків описаним методом є меншими, ніж затрати на формування матриці Якобі цілої задачі. Тому вважаємо описаний метод прийнятним для використання у процедурі автоматичного вибору топології декомпозиції. Відсортовані в порядку від найсильнішого зв'язки, як у табл. 2, будемо надалі називати вектором стійкості і позначимо V .

Зі збільшенням розмірності задачі кількість можливих топологій декомпозиції зростає дуже різко. Тому необхідно укласти всю множину можливих топологій у деяку послідовність, бажано лінійну, по якій можна організувати ітеративний процес вибору топології. Для цього досліджено чотири можливі стратегії організації ітерацій, які для визначеності назовемо так:

- 1) об'єднання максимального;
- 2) об'єднання мінімального;
- 3) розрив максимального;
- 4) розрив мінімального.

Розглянемо їх детальніше на прикладі задачі (7). У цьому разі, для запису топологій декомпозиції використовуємо позначення, введені вище.

Стратегія **об'єднання максимального** – це алгоритм, за яким множина можливих топологій декомпозиції вкладається у лінійну послідовність, у цьому випадку, перехід до наступного елемента послідовності відбувається шляхом об'єднання найсильнішого з-поміж розірваних зв'язків. Для задачі (7) етапи роботи цього алгоритму показано на рис. 2.

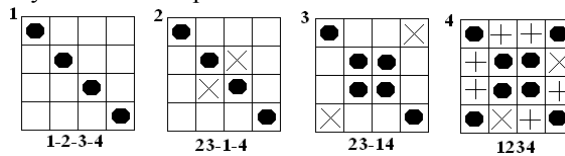


Рис. 2. Зміна топології декомпозиції за стратегією об'єднання максимального

Кожен з квадратів на рис. 2 відображає одну з можливих топологій декомпозиції. Під кожним квадратом записана топологія за схемою уведеною вище. Комірка, розташована на перетині i -го рядка та j -го стовпця, описує поточний стан зв'язку ij . Як наслідок – квадрати симетричні відносно головної діагоналі, а комірки на головній діагоналі завжди заповнені. На рис. 2 використано такі позначення: порожня комірка – зв'язок розірвано; ● – зв'язок об'єднано на попередніх етапах роботи алгоритму; × – зв'язок об'єднано на цьому етапі роботи алгоритму за стратегією об'єднання максимального; + – зв'язок об'єднано на цьому етапі роботи алгоритму додатково.

Пояснимо термін додаткового об'єднання на простому прикладі. Нехай об'єднаними є зв'язки 12 та 23, як наслідок перша, друга та третя змінні задачі повинні входити в одну підзадачу, проте зв'язок 13 до цього міг бути розірваним. Об'єднання 13 у такому випадку будемо називати додатковим.

На початковому етапі задача є повністю розщеплена, цій топології відповідає перший квадрат на рис. 2. Вище з'ясовано, що зв'язок 23 задачі (7) є

найсильнішим. Стратегія об'єднання максимального передбачає об'єднання в порядку від найсильнішого, тому наступна топологія (топологія 2 на рис. 2) об'єднує саме цей зв'язок. Отже, за три етапи топологія декомпозиції змінюється від 1-2-3-4 до 1234.

Стратегія **об'єднання мінімального** – це алгоритм, за яким множина можливих топологій декомпозиції вкладається в лінійну послідовність, у цьому випадку, перехід до наступного елемента послідовності відбувається шляхом об'єднання найслабшого з-поміж розірваних зв'язків. Для задачі (7) етапи роботи цього алгоритму показано на рис. 3 (усі позначення такі, як на рис. 2).

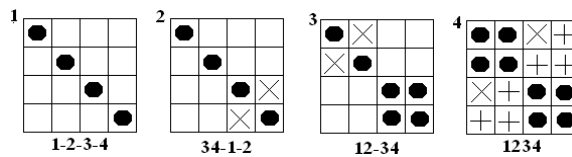


Рис. 3. Зміна топології декомпозиції за стратегією об'єднання мінімального

Стратегія **розриву максимального** – це алгоритм, за яким множина можливих топологій декомпозиції вкладається в лінійну послідовність, у цьому разі, перехід до наступного елемента послідовності відбувається шляхом розриву найсильнішого з-поміж об'єднаних зв'язків. Для задачі (7) етапи роботи цього алгоритму показано на рис. 4.

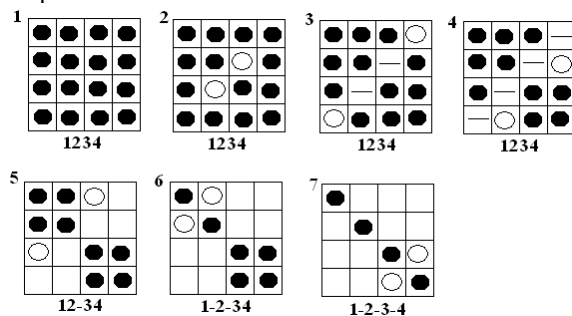


Рис. 4. Зміна топології декомпозиції за стратегією розриву максимального

Порівняно з попередніми рисунками на рис. 4 введено два нові позначення: \circ – зв'язок розірвано на цьому етапі роботи алгоритму за стратегією розриву максимального; $-$ – зв'язок розірвано на попередніх етапах роботи алгоритму, однак ці розриви не спричинили зміни топології.

Стратегія **розриву мінімального** – це алгоритм, за яким множина можливих топологій декомпозиції вкладається в лінійну послідовність, у цьому випадку, перехід до наступного елемента послідовності відбувається шляхом розриву найслабшого з-поміж об'єднаних зв'язків. Для задачі (7) етапи роботи цього алгоритму показано на рис. 5 (позначення такі як вище).

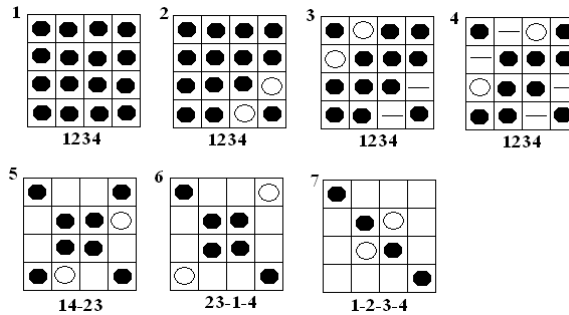


Рис. 5. Зміна топології декомпозиції за стратегією розриву мінімального

Отримані результати роботи чотирьох розглянутих стратегій дали змогу зробити такі висновки:

- 1) перехід між граничними топологіями, тобто 1-2-3-4 та 1234, стратегії об'єднання виконують за меншу кількість етапів, ніж стратегії розриву. Для розглянутого прикладу це, відповідно, три та шість етапів;
- 2) перехід між граничними топологіями за стратегією об'єднання максимального відбувається через такі ж проміжні топології, як і за стратегією розриву мінімального. Для розглянутого прикладу це 1234, 23-14, 23-1-4, 1-2-3-4;
- 3) перехід між граничними топологіями за стратегією об'єднання мінімального відбувається через такі ж проміжні топології, як і за стратегією розриву максимального. Для розглянутого прикладу це 1234, 12-34, 34-1-2, 1-2-3-4.

Оскільки практичне виконання кожного етапу розглянутих стратегій реалізації ітерацій потребує певних часових затрат, то оптимальним для алгоритму вибору топології декомпозиції є застосування стратегії об'єднання. Однак практично реалізувати роботу за стратегією об'єднання можливо лише тоді, коли топологія змінюється в напрямі об'єднання задачі. Якщо ж топологія змінюється в напрямі розриву задачі, то визначити наступну топологію таким способом не вдається, хіба що шляхом перебирання усіх топологій від повністю розщепленої задачі й аж до поточної топології. Проте така організація роботи буде надто затратною, тому вимушеним кроком у разі переходу в напрямі розриву схеми є застосування однієї зі стратегій розриву.

Розглянемо обмеження на крок для топологій, отриманих за стратегіями об'єднання. У табл. 3 та 4 наведено характеристики всіх топологій, які можна отримати за стратегіями об'єднання максимального та об'єднання мінімального відповідно, для задачі (7).

На підставі порівняння табл. 3, 4 робимо висновок, що топології, отримані за стратегією об'єднання максимального, мають більше значення H_S . Аналогічні дослідження проведено для інших задач, і у всіх випадках зроблені тут висновки правильні. Отже, для алгоритму вибору топології декомпозиції оптимальним є застосування стратегії об'єднання максимального в разі переходу в напрямі об'єднання задачі та схеми розриву мінімального в разі переходу в напрямі розриву задачі. Крім того, як видно з табл. 3, застосування описаних стратегій дає змогу задати чіткий лінійний порядок на множині всіх можливих топологій, тобто впорядкувати топології так, щоб збільшення ω приводило до збільшення H_S .

Таблиця 3

Номер	Топологія декомпозиції	Площа діагональних блоків ω	H_S
1	1-2-3-4	4	1,57
2	23-1-4	6	4,11
3	23-14	8	∞
4	1234	16	∞

Таблиця 4

Номер	Топологія декомпозиції	Площа діагональних блоків ω	H_S
1	1-2-3-4	4	1,57
2	34-1-2	6	1,97
3	34-12	8	2,95
4	1234	16	∞

Як зазначено вище, розв'язування задачі (6) для всіх можливих топологій декомпозиції є неприйнятно трудомістким. Уведений лінійний порядок дає змогу визначити простий спосіб порівняння ефективності топологій декомпозиції. На рис. 6 показано родину залежностей $\rho(M_a(H))$ для семи різних топологій декомпозиції. Для спрощення зображено лише ділянку залежностей, що зростає, та область насичення.

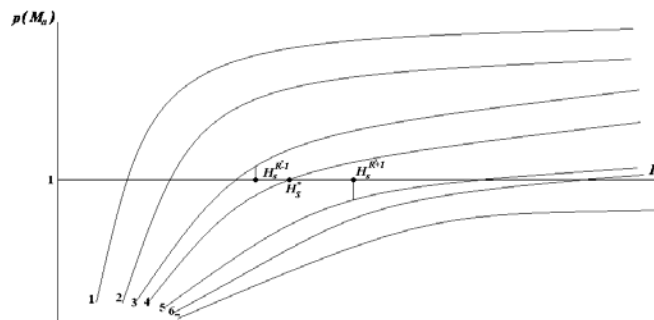


Рис. 6. Родина залежностей спектра ітеративної матриці від кроку.

Для кожної залежності точка перетину з прямою $\rho(M_a(H))=1$ визначає відповідне значення H_S . Якщо на множині топологій задано лінійний порядок, то для наведених залежностей справджується співвідношення

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4 < \omega_5 < \omega_6 < \omega_7 \quad (10)$$

Прийmemo для визначеності, що в деякий момент часу інтегрування для задачі обрано четверту топологію декомпозиції (див. рис. 6). Нехай потрібно визначити співвідношення між коефіцієнтами трудомісткості W для третьої, четвертої та п'ятої топологій. Топологічна матриця \mathbf{R} [4] однозначно описує обрану декомпозицію задачі. Тому надалі поточну топологію позначатимемо \mathbf{R}^* .

Для сусідніх топологій уведемо позначення $\mathbf{R}^* + 1$ та $\mathbf{R}^* - 1$, для зміни в напрямі об'єднання і розриву, відповідно, у нашому випадку це третя та п'ята топології. Вважаємо, що максимально можливий крок для \mathbf{R}^* відомий, позначимо його H_S^* , а тому коефіцієнт трудомісткості W^* обчислюємо за (3). Обчислимо значення кроку, за якого трудомісткість топології $\mathbf{R}^* + 1$ дорівнює W^* :

$$H_S^{R^*+1} = \omega^{R^*+1} \frac{H_W}{W^*}, \quad (11)$$

де ω^{R^*+1} – площа діагональних блоків топології $\mathbf{R}^* + 1$. Отже, визначивши спектральний радіус ітеративної матриці для $\mathbf{R}^* + 1$ при $H_S^{R^*+1}$, можна порівняти W^* та W^{R^*+1} . Якщо значення спектрального радіуса менше від 1, то $W^{R^*+1} < W^*$, інакше $W^{R^*+1} > W^*$. Аналогічно можна порівняти трудомісткість поточної топології та $\mathbf{R}^* - 1$, для цього визначимо граничне значення кроку:

$$H_S^{R^*-1} = \omega^{R^*-1} \frac{H_W}{W^*}. \quad (12)$$

І так само порівнюємо спектральний радіус, визначений при $H = H_S^{R^*-1}$, з 1. Для прикладу, показаного на рис. 6, описаний метод порівняння дає такі результати: $W^3 > W^4$ та $W^4 > W^5$.

Отже, описаний метод дає змогу порівняти трудомісткості трьох топологій декомпозиції, не розв'язуючи задачі (6). Уведений лінійний порядок забезпечує вибір топології з максимальним H_S для заданого ω . Процедури реалізації описаних методів є малозатратними і можуть бути використані в алгоритмі автоматичного адаптивного вибору декомпозиції математичних моделей електронних схем.

1. Стахів П.Г., Рендзіняк С.Й., Крупський Б.І. Розрахунок динамічних режимів електронних кіл на багатопроцесорних обчислювальних системах // Відбір і обробка інформації. 2002. Вип. 17. № 93. С. 41–46.
2. Хвищун І., Квятковський Б. Адаптивний діакоптичний алгоритм моделювання електронних схем // Теор. електротехніка. 2009. Вип. 60. С. 45–53.
3. Petcu D. Parallelism in solving ordinary differential equations. Mathematical Monographs 64, Tipographia Univarsitatii din Timisoara, 1998. 232 p.
4. Skelboe S. Adaptive partitioning techniques for ordinary differential equations // BIT Numerical Mathematics. 2006. Vol. 46. N 3. P. 617–629; Vol. 32. P. 689–701.
5. Skelboe S. Integration of Partitioned Stiff Systems of Ordinary Differential Equations // Proceedings of the Third International Workshop on Applied Parallel Computing in Industrial Computation and optimization. Lyngby, 1996. P. 621–630.
6. Verhoeven A., Tasic B., Beelen T.G.J. et al. Automatic Partitioning for Multirate Methods // Scientific Computing in Electrical Engineering. 2007. Vol. 11. MATHEMATICS IN INDUSTRY. P. 229–236.

**METHOD OF THE ELECTRONIC SCHEMES DIAOPTICAL MODELING
COMPUTATIONAL COST COMPARISON WITH VARIOUS MODEL
PARTITIONING TOPOLOGIES****I. Khwyschun¹, B. Kvyatkovsky²***¹Ivan Franko National University of Lviv
Tarnavsky Str., 107, UA-79017 Lviv, Ukraine**²Lviv Polytechnic National University
Bandera Str., 28a, Lviv, Ukraine
MyBohdan@ukr.net*

Efficiency of the electronic schemes diakoptical modeling depends on the chosen partitioning topology. The present article views the method of decoupled implicit Euler (DIE) numerical integration computational cost comparison with different scheme model partitioning typologies. It outlines the procedure of the computational cost modeling quantitative identification. The empirical method of the unknown variable connection influence evaluation and the DIE numerical stability is presented. The paper suggests some switching strategies of the partitioning topologies. The linear sequence among the possible partitioning topologies is predetermined.

Key words: diakoptic, adaptive partitioning, decoupled implicit Euler method, numerical stability.

**МЕТОД СРАВНЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ДИАКОПТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ ДЛЯ РАЗНЫХ ТОПОЛОГИЙ
ДЕКОМПОЗИЦИИ МОДЕЛИ****И. Хвищун¹, Б. Квятковский²***¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Ген. Тарнавского, 107, 79017 Львов, Украина**²Национальный университет "Львовская политехника"
ул. С.Бандеры, 28а, Львов, Украина
MyBohdan@ukr.net*

Эффективность диакоптического моделирования электронных схем зависит от избранной топологии декомпозиции. Приведен метод сравнения трудоемкости интегрирования несвязным неявным методом Эйлера (ННМЭ) при разных топологиях декомпозиции математической модели. Предложено способ количественного описания трудоемкости процесса моделирования, а также эмпирический метод оценки уровня влияния связей между неизвестными модели на устойчивость ННМЭ. Исследованы стратегии переключения между топологиями декомпозиции. Задан линейный порядок на множестве возможных топологий декомпозиции.

Ключевые слова: диакоптика, адаптивная декомпозиция, несвязанный неявный метод Эйлера, численная устойчивость.

Стаття надійшла до редколегії 24.05.2010

Прийнята до друку 16.05.2010