

ЕФЕКТ ПРИСКОРЕННЯ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ

Земляк А.М., Маркіна Т.М.

Проектування аналогових електронних кіл з вибраною топологією зводиться до процесу параметричної оптимізації при одночасному аналізі кола на кожному кроці оптимізаційної процедури. Час проектування в цьому випадку швидко зростає при збільшенні розмірів і складності кола. Відомі традиційні підходи скорочення часу аналізу кола, пов'язані з використанням властивостей розріджених матриць і техніки декомпозиції. Нові ідеї, пов'язані з використанням методів теорії управління, були запропоновані авторами в ряді робіт [1-2]. Ідея відмови від точного дотримання законів Кірхгофа, яка запропонована в роботі [3], була узагальнена на основі застосування теорії оптимального управління. Це призводить, як показано в [1-2], до появи множини різних стратегій проектування і можливості побудування на основі цієї множини стратегії, що наближується до оптимальної за швидкістю. Цей підхід узагальнює процес проектування і дозволяє визначити задачу пошуку оптимального за часом алгоритму як задачу теорії управління. Основна концепція нового підходу полягає у введенні спеціальних керуючих функцій, які узагальнюють процес проектування і дозволяють керувати цим процесом для досягнення оптимуму цільової функції проектування за мінімально можливий машинний час. Ця можливість з'являється внаслідок практично необмеженого числа різних стратегій проектування, які існують в межах запропонованого підходу. В межах цієї концепції традиційна стратегія проектування є лише одним з можливих представників множини різних стратегій проектування.

Постановка задачі

У даній роботі аналізується новий ефект, що виникає в процесі проектування кіл методами теорії управління. Дослідження проводиться для одно-, дво- і трьохкаскадного транзисторних підсилювачів. Всі розглянуті приклади демонструють наявність ефекту прискорення процесу оптимізації кола, який виникає внаслідок різниці у поведінці траєкторій проектування, що мають різні керуючі функції. Ми вважаємо тут і далі, що вектор параметрів математичної моделі кола X може бути розділений на дві частини: $X=(X',X'')$, де $X' \in R^K$ є вектором незалежних змінних і K – число незалежних змінних, $X'' \in R^M$ є вектором залежних змінних і M – число залежних змінних, при цьому $N = K + M$.

Процедура оптимізації і модель кола відповідно до запропонованої методології [1] задаються рівняннями:

$$x_i^{s+1} = x_i^s + t_s \cdot f_i(X, U), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$(1 - u_j)g_j(X) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

де s – номер ітерації, t_s – ітераційний параметр, тобто крок оптимізаційної процедури і $t_s \in R^1$, $U \in$ керуючий вектор, що складається з M компонент, $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$, де $u_j \in \Omega$; $\Omega = \{0; 1\}$. Функції $f_i(X, U)$, що представляють собою компоненти вектора спрямованого руху, визначаються вибраним методом оптимізації. Ці функції, наприклад для градієнтного метода, визначаються формулами [1]:

$$f_i(X, U) = -\frac{\delta}{\delta x_i} F(X, U), \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$f_i(X, U) = -u_{i-K} \frac{\delta}{\delta x_i} F(X, U) + \frac{(1 - u_{i-K})}{dt} [-x'_i + \eta_i(X)], \quad i = K + 1, K + 2, \dots, N$$

де $F(X, U)$ нова узагальнена цільова функція, що задається формулою $F(X) = C(X) + \varphi(X)$, де $C(X)$ – цільова функція процесу оптимізації кола, а структура додаткової штрафної функції $\varphi(X)$ може бути задана як

$$\varphi(X^s) = \frac{1}{\varepsilon} \sum_{j=1}^M u_j \cdot g_j^2(X^s) \quad (4)$$

Оператор $\frac{\delta}{\delta x_i}$ визначається формулою $\frac{\delta}{\delta x_i} \varphi(X) = \frac{\partial \varphi(X)}{\partial x_i} + \sum_{p=K+1}^{K+M} \frac{\partial \varphi(X)}{\partial x_p} \frac{\partial x_p}{\partial x_i}$.

Сенс керуючих змінних u_j наступний: рівняння номер j присутнє в системі (2), а член $g_j^2(X)$ вилучений з правої частини формули (4) у випадку, коли $u_j = 0$, і навпаки, рівняння j вилучено з системи (2), а відповідний член з'являється в правій частині формули (4), коли $u_j = 1$. Всі керуючі змінні $u_j \in$ функціями поточної точки процесу оптимізації.

Чисельні результати

Розглянемо процес проектування підсилювача на транзисторах (Рис. 1), що був проаналізований раніше в роботі [1], але без врахування цього можливого ефекту прискорення.

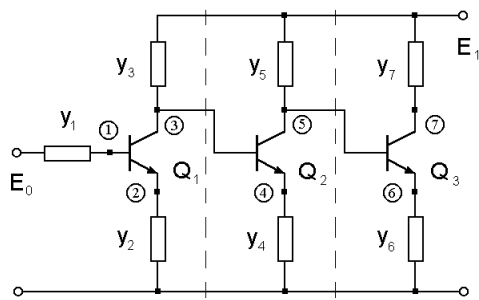


Рис. 1.

В якості моделі транзистора використовувалася статична модель Еберса-Молла, реалізована в системі SPICE [4]. Цільова функція визначена як сума квадратів різниць між заздалегідь заданими і поточними значеннями напруг на переходах транзисторів.

У роботі аналізується процес оптимізації кола для трьох різних випадків: одно-, дво- і трьохкаскадного підсилювачів. У першому випадку можна визначити три незалежних змінних, провідності y_1, y_2, y_3 , ($K=3$), и три залеж-

них змінних, вузлові напруги V_1, V_2, V_3 , ($M=3$), в другому – є п'ять незалежних змінних y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 , ($K=5$), и п'ять залежних змінних V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 ($M=5$), та в третьому – сім незалежних змінних $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7$, ($K=7$) и сім залежних змінних $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$, ($M=7$). Алгоритм оптимізації включає систему шести рівнянь виду (1) в першому випадку, десяти рівнянь – в другому випадку и чотирнадцяти – в третьому. Шаг процедури оптимізації t_s вибирався постійним. Модель схеми (2) визначається трьома нелінійними рівняннями в першому випадку, п'ятьма рівняннями в другому, і сімома – в третьому. Базис стратегій проектування містить 2^M різних стратегій, і в першому випадку – це 8 стратегій, в другому – 32 і в третьому – 128. Час оптимізації кожного з розглянутих підсилювачів на основі традиційної стратегії проектування (ТСП), для якої $u_j = 0, \forall_{j=1,2,\dots,M}$, становив відповідно в першому випадку 13,79 с для градієнтного метода і 5,55 с для метода Давідона-Флетчера-Пауелла (ДФП), в другому – 257,37 с для градієнтного метода і 62,64 с для метода ДФП і в третьому – 14052,58 с для градієнтного метода і 1421,05 с для метода ДФП.

Для отримання ефекту прискорення початкова точка вектора змінних X в процедурі оптимізації вибиралася з умови негативної напруги на виході підсилювача.

Є безліч різних квазіоптимальних рішень при різному виборі стратегій з базису і різних початкових значеннях вектора X . Вибір найбільш перспективних стратегій проектування здійснювався на основі аналізу проєкцій траєкторій на площині $y_3 - V_3$ для першого випадку, $y_5 - V_5$ для другого і $y_7 - V_7$ для третього. Згідно із загальною ідеєю побудови квазіоптимальної за часом траєкторії [5], для першої частини траєкторії обиралася одна із стратегій, яка відноситься до групи стратегій, що мають траєкторії, подібні модифікованій традиційній стратегії проектування (МТСП), для якої $u_j = 1, \forall_{j=1,2,\dots,M}$. Для здійснення перемикання вибиралися стратегії, що мають траєкторії, подібні ТСП. В усіх трьох випадках квазіоптимальна стратегія включала два перемикання в керуючому векторі. Дані, відповідні квазіоптимальним стратегіям, при оптимізації всіх трьох підсилювачів наведені в таблиці для двох різних методів оптимізації – градієнтного метода и метода ДФП. При оптимізації однокаскадного підсилювача і використанні квазіоптимальної стратегії отримано вигреш у часі в порівнянні з ТСП більше ста разів для обох методів оптимізації. Для двокаскадного підсилювача вигреш становить майже тисяча для градієнтного метода і більше 600 для метода ДФП. Для трьохкаскадного підсилювача вигреш становить більше 7000 для градієнтного метода і більше 4000 для метода ДФП.

Таблиця

Число каскадов	Метод	Оптимальный вектор управляющих функций U	Число итераций	Точки переключ.	Время (сек)	Выигрыш во времени
1	Градиентный	(111); (000); (111)	1341	5; 6	0,083	166
	ДФП	(111); (000); (111)	230	2; 3	0,036	154
2	Градиентный	(11111); (01000); (11111)	499	1; 2	0,261	986
	ДФП	(11111); (00000); (11111)	222	1; 2	0,098	639
3	Градиентный	(1111111); (0000000); (1111111)	5090	10; 11	1,82	7721
	ДФП	(1111111); (0000000); (1111111)	462	2; 3	0,33	4306

Результати оптимізації цих активних кіл представлені на рис. 2 у вигляді залежності виграшу в часі G від числа каскадів підсилювача.

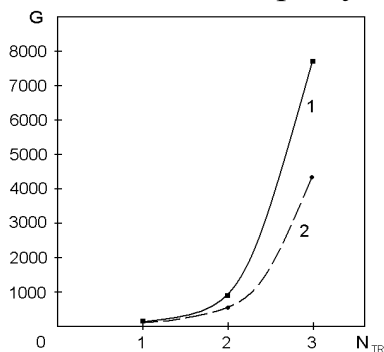


Рис. 2

Видно, що отриманий виграш значно зростає при збільшенні розміру та складності кола.

Висновки

Проведені дослідження показують, що структура квазіоптимальної траєкторії проектування повинна базуватися на додатковому ефекті прискорення процесу. Однією з умов появи цього ефекту є правильний вибір початкового наближення, тобто наявність у початковому значенні вектора змінних X принаймні однієї негативної компоненти.

Другою умовою є правильний вибір послідовності стратегій проектування в процесі побудови оптимальної траєкторії. Тут мається на увазі вибір на початковому етапі однієї зі стратегій, що має траєкторію подібну МТСП, і потім зміну її на стратегію, що має траєкторію подібну ТСП. Додаткові зміни керуючого вектора дозволяють ще більш наблизитися до оптимальної за часом траєкторії. Третя і найістотніша умова – це визначення точного моменту перемикання вектора керуючих функцій.

Сформульовані умови можна визначити як достатні для отримання додаткового ефекту прискорення процесу проектування. Результати, отримані в роботі, є важливим кроком до виявлення структури найкращої стратегії оптимізації кола і служать основою для пошуку оптимального за часом алгоритму проектування.

Література

1. Zemliak A.M. Analog System Design Problem Formulation by Optimum Control Theory, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communication and Computer Sciences, 2001, Vol. E84-A, № 8, pp. 2029–2041.
2. Земляк А.М., Маркина Т.М., Оптимизация электронных цепей как управляемый динамический процесс, Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Вып. 146, 2009, стр. 62-69.
3. Каширский И.С., Трохименко Я.К. Обобщенная оптимизация электронных схем. – Киев: Техника. – 1979. – 192 с.
4. Massobrio G., Antognetti P. Semiconductor Device Modeling with SPICE.– N.Y.: Mc. Graw-Hill, Inc.– 1993.
5. Zemliak A. Comparative Analysis of the Different Design Strategies for the Analog Electronic System Design//WSEAS Trans. on CS, V. 3, No. 2, 2004, pp. 294-299.

Земляк О.М., Маркіна Т.М. **Ефект прискорення при оптимізації електронних кіл.** Проаналізовано ефект додаткового прискорення процесу оптимізації електронного кола. Цей ефект виникає внаслідок різної поведінки траєкторій проектування при зміні вектора керуючих функцій. Ефект проявляється для всіх кіл, що аналізуються, і дозволяє додатково скоротити витрати машинного часу на кілька порядків.

Ключові слова: оптимізація електронних кіл, електронні кола.

Земляк А.М., Маркіна Т.М. **Эффект ускорения при оптимизации электронных цепей.** Проанализирован эффект дополнительного ускорения процесса оптимизации электронной цепи. Этот эффект возникает вследствие различного поведения траекторий проектирования при изменении вектора управляющих функций. Эффект проявляется для всех анализируемых цепей и позволяет дополнительно сократить затраты машинного времени на несколько порядков.

Ключевые слова: оптимизация электронных цепей, электронные цепи

Zemliak A.M., Markina T.M. **Effect of acceleration in optimization of the electronics circuits.** An additional acceleration effect has been analyzed for the electronic circuit optimization process. This effect has been appeared due to the different behavior of the design trajectories whenever the vector of the control functions was changed. Effect was obtained for all analyzed circuits and it can reduce the computer time to some powers.

Key words: optimization electronics circuits, electronics circuits, design, electronics circuits

УДК 621.372.061:391.266

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ДИНАМІЧНО ВВЕДЕНИМ ПІДПИСОМ ПРИ НАЯВНОСТІ АДИТИВНОГО ШУМУ

Рибін О.І., Кузьменко О.М.

Задача аутентифікації особи за динамічно введеним підписом є частковим випадком задачі класифікації сигналів. Таку задачу розв'язують за допомогою різноманітних методів, до яких належить класична лінійна (погоджена) фільтрація [1], нелінійні косинусна [2] та нормальна [3-7] фільтрація, а також погоджена фільтрація на базі перетворення Карунена – Лосєва [8-10]. В роботах [9,10] було запропоновано модифікований алгоритм з використанням перетворення Карунена – Лосєва, який показав надзвичайну надійність [10] саме при розв'язанні задачі аутентифікації за динамічно введеним підписом. Достатня для оптимістичних висновків, але недостатня для статистичних досліджень вибірка підписів тієї самої особи (для багатьох осіб) не дозволяє встановити границі надійної аутентифікації при зростанні випадкових відхилень реалізацій підписів від математичного очікування (що, наприклад, має місце при варіації підпису через тривалий період часу для тієї самої особи).

Теоретичні положення

У відповідності до алгоритму [10] аутентифікації особи для кожного класу підписів формується кореляційна матриця

$$\overline{\overline{Cor}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \overline{\Delta x} \cdot \overline{\Delta x}^T, \quad (1)$$

де $\overline{\Delta x} = \overline{x} - \overline{m}$ – стовпець відхилень значення кожного відліку дискретизованого підпису з певного класу (тобто певної особи) від математичного очі-