

№ 608. – С.34 – 41. 2. Бучма І.М., Репетило Т.М. Визначення параметрів заступної схеми феромагнітної пластини при вихрострумівій товщинометрії // Матеріали 14-ї міжнародної науково-технічної конференції “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів”, 16 – 21 лютого 2009 р., Славське Львівської області. 3. Бучма І.М., Бучма О.І., Столярчук П.Г. Вибір та аналіз електричної моделі пари вихрострумівий перетворювач – об’єкт контролю // Автоматика, вимірювання та керування. – 1997. – № 314. – С.58 – 62. 4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник / Под ред. Клюева В.В. – Кн.2. – М.: Машиностроение, 1986. – 351 с. 5. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с. 6. Ферчук К.В. Методи та засоби покращення параметрів низькочастотного каналу вихрострумівий товщиноміра

сталевих листових конструкцій. Дис.. канд. техн. наук: 05.11.05. – Львів, 2009. – 169 с. 7. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы: Учебник для студ. вузов по спец. “Полупроводники и диэлектрики”. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с. 8. Магнитные методы и средства неразрушающего контроля деталей железнодорожного подвижного состава: пособие / Л. А. Ергучёв. – Гомел: УО “БелГУТ”.2005. – 90 с. 9. Справочник по электрическим конденсаторам / М.Н. Дьяконов, В.И. Карabanов, В.И.Присняков и др.; Под общей редакцией И.И. Четверткова, В.Ф. Смирнова. – М.: Радио и связь, 1983. – 576 с. 10. Головын Г.Ф., Зимин Н.В. Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева / Под. ред. А.Н. Шамова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1990. – 87 с.

УДК 681.335 (088.8)

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАЗИТНИХ МІЖЕЛЕКТРОДНИХ ЄМНОСТЕЙ У ЛОГАРИФМІЧНИХ АЦП З НАКОПИЧЕННЯМ ЗАРЯДУ З ІМПУЛЬСНИМ ЗВОРОТНИМ ЗВ’ЯЗКОМ

© Зиновій Мичуда^{1,3}, Леся Мичуда¹, Уляна Антонів², Андрій Шиманський¹, 2010

Національний університет “Львівська політехніка”, ¹кафедра комп’ютеризованих систем автоматики,

²кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів, вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

³Політехніка Сьвентокжизска в Кельцах, Польща

Запропоновано математичні моделі похибок логарифмічних АЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв’язком, наведено результати моделювання та дано оцінку точності.

Предложены математические модели погрешностей логарифмических АЦП с накоплением заряда с импульсной обратной связью, приведены результаты моделирования и дана оценка точности.

The mathematical models of errors of logarithmic ADC, based on accumulation of a charge and pulse feedback are offered, the results of modelling are presented and the valuation of accuracy are given.

1. Вступ. Логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі (ЛАЦП) на комутованих конденсаторах, які вперше [1] були реалізовані на кафедрі автоматики та телемеханіки Національного університету “Львівська політехніка”, значно переважають за технічними характеристиками логарифмічні перетворювачі інших типів. Ці ЛАЦП поділяються на ЛАЦП з перерозподілом і ЛАЦП з накопиченням заряду в конденсаторних комірках. Нині ЛАЦП з перерозподілом

заряду вивчені достатньо повно, проте ЛАЦП з накопиченням заряду, зокрема ЛАЦП з імпульсним зворотним зв’язком, досліджені недостатньо і це ускладнює їх практичну реалізацію та оптимізацію.

Метою цієї статті є розроблення математичних моделей похибок ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв’язком і кількісна оцінка цих похибок з урахуванням параметрів сучасних елементів.

2. Фізична модель ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком. Спрощена функціональна схема ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком, під час побудови якої враховано викладені вище міркування, наведена на рис.1, де позначено: БК – буферний каскад, U_y – напруга управління, ПНС – перетворювач напруга-струм, К0-К2 – аналогові ключі, КП – вихід «Кінець перетворення».

Оскільки реальні ключі мають різні часи увімкнення–вимкнення, то при роботі такого ЛАЦП можливі випадки, коли один з ключів, наприклад, К0 ще не вимкнувся, а другий – К1 увімкнувся. Це призведе до втрати заряду і зниження точності.

З метою підвищення точності ЛАЦП ми ввели роздільні паузи між фазами розряду. Тривалість цих пауз повинна вибиратися достатньою для надійного спрацювання ключів. Отже, у кожному такті перетворення ЛАЦП з перерозподілом заряду будуть дві фази роботи (Ф1-Ф2), кожна з яких визначатиме вигляд моделі ЛАЦП:

Ф1) розряд накопичувального конденсатора, який відбувається при розімкнутих ключах К0, К2 і замкнутому ключі К1;

Ф2) пауза: розімкнуті ключі К0,К1, а ключ К2 – замкнутий.

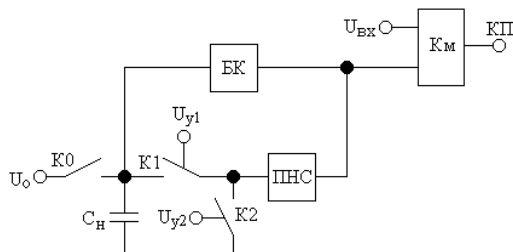


Рис.1. Спрощена функціональна схема ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком

Ідеальна характеристика ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком подана аналітично формулою

$$N = \frac{1}{\ln \xi_{id}} \ln \frac{U_{BX}}{U_O}, \quad (1)$$

де U_{BX} і U_O – відповідно вхідний сигнал і опорна напруга; ξ_{id} – ідеальне значення основи логарифма, причому

$$\xi_{id} = \frac{1 - Yt/2C_n}{1 + Yt/2C_n}, \quad (2)$$

де Y – коефіцієнт перетворення перетворювача напруга-струм ПНС; t – тривалість часу розряду, протягом якого замкнутий ключ К1; C_n – ємність накопичувального конденсатора;

Розглядаючи спрощену функціональну схему ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв'язком (рис.1), можемо відзначити, що неідеальність елементів проявлятиметься через впливи паразитних міжелектродних ємностей, струмів витікання, напруги управління.

Вплив паразитних міжелектродних ємностей зводиться до впливу паразитних міжелектродних ємностей аналогових ключів конденсаторної комірки, вхідної ємності буферного каскаду та вихідної ємності перетворювача напруга-струм.

Із розгляду побудови й особливостей роботи схеми ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком (рис.1) випливає:

1) паразитні міжелектродні ємності аналогових ключів призводять до безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора;

2) у фазі розряду (при замкнутому ключі К1) напруга управління проникає через міжелектродні ємності ключа К1 затвор-витік ($C_{зв1}$) і затвор-стік ($C_{зс1}$) на накопичувальний (C_n) конденсатор, а паразитна ємність затвор-стік ($C_{зс1}$) накопичує паразитний заряд, пропорційний до суми напруги управління та напруги на накопичувальному конденсаторі;

3) у фазі паузи (при розімкнутому ключі К1) паразитний заряд, накопичений ємністю $C_{зс1}$ під час дії напруги управління U_y , передається на накопичувальний конденсатор C_n , змінюючи рівень напруги на ньому.

Отже, паразитні міжелектродні ємності викликають у ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв'язком такі ефекти:

- безпосередню зміну ємності накопичувального конденсатора;
- проникнення напруги управління;
- передавання паразитного заряду.

Крім паразитних ємностей, похибку перетворення ЛАЦП викликать струми витікання компонентів схеми, зокрема накопичувального конденсатора, аналогових ключів (К0-К2), а також – вхідний струм буферного каскаду.

Проаналізуємо впливи на роботу ЛАЦП зі зворотним зв'язком усіх цих факторів.

3. Математичні моделі похибок ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком. На рис. 2 наведена модель ЛАЦП зі зворотним зв'язком з урахуванням паразитних міжелектродних ємностей елементів. Цифри у індексах позначень паразитних ємностей затвор-стік ($C_{зс}$), затвор-витік ($C_{зв}$) і стік-витік ($C_{св}$) вказують номер ключа, якому належить відповідна ємність. Вхідна ємність буферного каскаду БК позначена як $C_{вх}$, а вихідна ємність перетворювача напруга-струм ПНС як $C_{вих}$.

Прохідна ємність буферного каскаду не впливатиме, оскільки немає різниці потенціалів між входом і виходом буферного каскаду – він є повторювачем напруги (виконаним на операційному підсилювачі) з коефіцієнтом передавання напруги, що дорівнює одиниці.

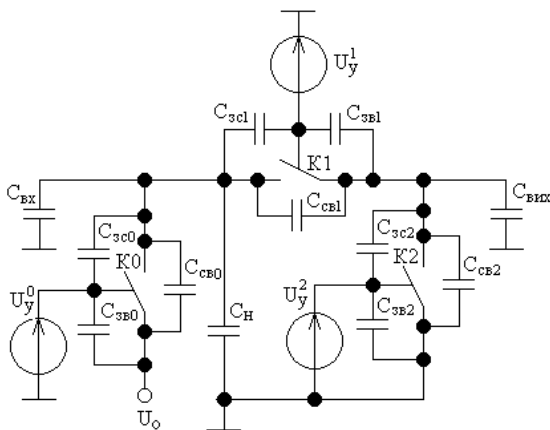


Рис. 2. Модель ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком, що враховує паразитні міжелектродні ємності

Безпосередня зміна ємності накопичувального конденсатора.

Як було показано в п. 2, значення основи логарифма $\xi_{ід}$ у ЛАЦП зі зворотним зв'язком залежить від значення коефіцієнта перетворення перетворювача напруга-струм ПНС, тривалості часу розряду, протягом якого замкнутий ключ К1, а також ємності накопичувального конденсатора. Проте, як видно з рис. 2, паразитні міжелектродні ємності змінюють значення ємності накопичувального конденсатора. З урахуванням з'єднань цих ємностей на основі теореми про еквівалентність електростатичних систем і за допущення рівності відповідних ємностей ключів, тобто

$$C_{зс1} = C_{зс2} = C_{зс0} = C_{зс},$$

$$C_{зс1} = C_{зс2} = C_{зс0} = C_{зс}, C_{зв1} = C_{зв2} = C_{зв0} = C_{зв}$$

формула для обчислення основи логарифма набуває вигляду

$$\xi = \frac{1 - Y \cdot t / 2(C_n + 3C_{зс} + C_{зв} + 2C_{св} + C_{вх} + C_{вих})}{1 + Y \cdot t / 2(C_n + 3C_{зс} + C_{зв} + 2C_{св} + C_{вх} + C_{вих})}. \quad (3)$$

Підставляючи одержане значення основи логарифма у формулу для характеристики перетворення ЛАЦП, визначаємо похибку ($\Delta N_{іб}$) вихідного коду від безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора паразитними міжелектродними ємностями у і-му такті перетворення:

$$\Delta N_{іб} = \left(\frac{1}{\ln \xi} - \frac{1}{\ln \xi_{ід}} \right) \cdot \ln \frac{U_{вх}}{U_o}. \quad (4)$$

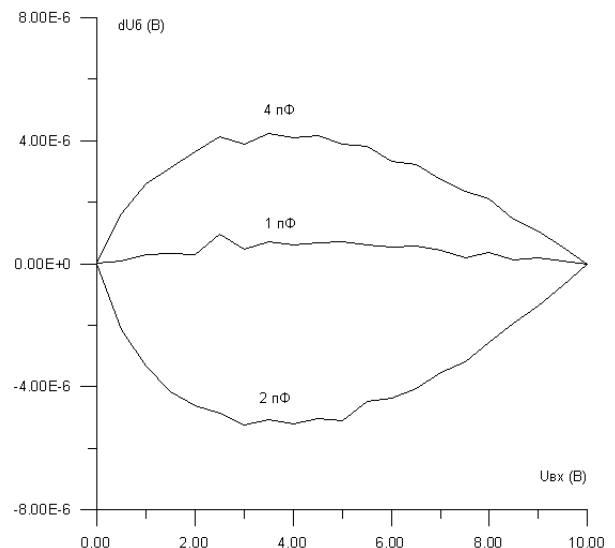


Рис. 3. Абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від безпосередньої зміни ємності C_n

Абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора матиме значення на N-му такті перетворення:

$$\Delta U_{N6} = (\xi^N - \xi_{ід}^N) \cdot U_o. \quad (5)$$

Результати обчислень наведені на рис.3, з якого видно, що абсолютна похибка ΔU_{N6} від безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора паразитними міжелектродними ємностями зменшується зі зменшенням паразитних ємностей і при значеннях останніх, не більших за 4 пФ, не перевищує 4,1 мкВ.

Проникнення напруги управління.

Розглянемо зміну напруги на накопичувальному конденсаторі від проникнення напруги управління через паразитні ємності ключа перерозподілу К1.

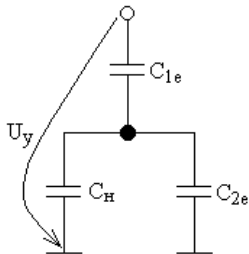


Рис. 4. Модель ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком, що враховує ефект напруги управління

Використавши принцип суперпозиції і знехтувавши опором ключа К1 у замкнутому стані, отримуємо модель ЛАЦП зі зворотним зв'язком, яка враховує ефект проникнення напруги управління (рис. 4). На рис. 4 позначено:

$$C_{1e} = C_{зв} + C_{зс};$$

$$C_{2e} = C_n + 2C_{зс} + 2C_{св} + C_{вх} + C_{вих}.$$

Як видно, схема (рис. 4) є ємнісним дільником напруги. Напруга управління U_y ділиться цим дільником і дає приріст напруги на накопичувальному конденсаторі (ΔU)

$$\Delta U = \frac{C_{зв} + C_{зс}}{C_n + 3C_{зс} + C_{зв} + 2C_{св} + C_{вх} + C_{вих}} \cdot U_y. \quad (6)$$

Розглянемо, як відбувається процес накопичення заряду з урахуванням приросту напруги на накопичувальному конденсаторі від проникнення напруги управління через паразитні міжелектродні ємності ключа К1.

Після дії першого тактувального імпульсу напруга, яка установиться на накопичувальному конденсаторі, матиме значення:

$$U_{1y} = \xi U_0 - \Delta U,$$

де ΔU – приріст напруги на накопичувальному конденсаторі від проникнення напруги управління; U_0 – значення опорної напруги.

Після дії другого тактувального імпульсу напруга на накопичувальному конденсаторі дорівнює:

$$U_{2y} = \xi U_{1y} - \Delta U \quad \text{або}$$

$$U_{2y} = \xi^2 U_0 - \xi \Delta U - \Delta U =$$

$$= \xi^2 U_0 - (\xi + 1) \cdot \Delta U$$

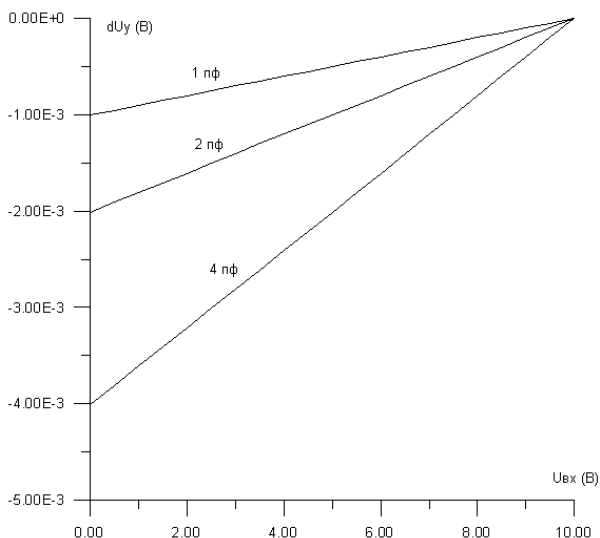


Рис. 5. Абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від проникнення напруги управління

Після третього тактувального імпульсу напруга на накопичувальному конденсаторі буде:

$$U_{3y} = \xi U_{2y} - \Delta U \quad \text{або}$$

$$U_{3y} = \xi^3 U_0 - \xi(\xi + 1) \cdot \Delta U - \Delta U =$$

$$= \xi^3 U_0 - (\xi^2 + \xi + 1) \cdot \Delta U$$

Аналогічно, знаходимо напругу на накопичувальному конденсаторі з урахуванням проникнення напруги управління і після наступних N імпульсів:

$$U_{Ny} = \xi^N U_0 - (\xi^{N-1} + \xi^{N-2} + \dots + \xi^2 + \xi + 1) \cdot \Delta U$$

або використовуючи відому формулу суми членів геометричної прогресії:

$$U_{Ny} = \xi^N U_0 - \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot \Delta U. \quad (7)$$

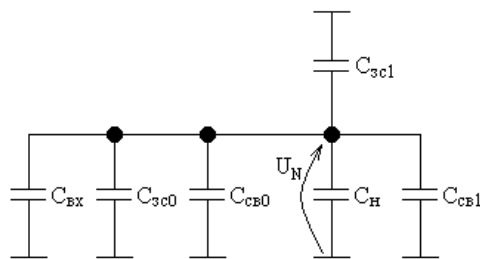


Рис. 6. Модель ЛАЦП з імпульсним зворотним зв'язком, що враховує ефект передавання паразитного заряду

Перший член у правій частині формули є значенням напруги на накопичувальному конденсаторі після N тактувальних імпульсів з урахуванням похибки від безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора, а другий член – абсолютною похибкою цієї напруги (ΔU_{Ny}), викликаною ефектом проникнення напруги управління:

$$\Delta U_{Ny} = \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot \Delta U. \quad (8)$$

На рис.5 наведено графік похибки ΔU_{Ny} від проникнення напруги управління, з якого видно, що ця похибка є від'ємною, збільшується за абсолютним значенням зі збільшенням паразитних міжелектродних ємностей (C_n) і дорівнює – 1 мВ при $C_n=1$ пФ, – 2 мВ при $C_n=2$ нФ і – 4 мВ при $C_n=4$ пФ.

Передавання паразитного заряду.

Як згадувалося вище, при розмиканні ключа $K1$ паразитний заряд, накопичений міжелектродною ємністю затвор-стік ключа $K1$ протягом часу дії на його затвор напруги управління U_y , буде передаватися накопичувальному конденсатору.

Розроблена нами модель ЛАЦП зі зворотним зв'язком, яка враховує ефект передавання паразитного заряду, наведена на рис.6. Використавши цю модель, визначимо значення напруги на накопичувальному конденсаторі після передавання паразитного заряду, накопиченого ємністю затвор-стік $C_{зс1}$ ключа $K1$. Зауважимо, що передавання паразитного заряду проходить після розмикання ключа $K1$.

Паразитний заряд, накопичений ємністю $C_{зс1}$ на момент закінчення першого тактувального імпульсу, дорівнюватиме

$$Q_{n1} = (U_y + U_{1y}) \cdot C_{зс1}$$

Сумарний заряд системи конденсаторів при цьому

$$Q_1 = Q_{c1} + Q_{n1},$$

де $Q_{c1} = C_1 \cdot U_{1y}$;

$$C_1 = (C_{с61} + C_{зс0} + C_{с60} + C_n + C_{ex}).$$

Отже,

$$Q_1 = (C_n + C_{зс} + 2C_{с6} + C_{ex}) \cdot U_{1y} + (U_y + U_{1y}) \cdot C_{зс}.$$

З іншого боку, сумарний заряд

$$Q_1 = (C_n + 2C_{зс} + 2C_{с6} + C_{ex}) \cdot U_1.$$

Прирівнявши праві частини останніх двох виразів для сумарного заряду, визначимо напругу на накопичувальному конденсаторі після першого тактувального імпульсу з урахуванням ефектів передавання паразитного заряду і проникнення напруги управління:

$$U_1 = U_{1y} + kU_y \quad \text{або} \quad U_1 = \xi U_0 - \Delta U + kU_y,$$

де
$$k = \frac{C_{зс}}{C_n + 2C_{зс} + 2C_{с6} + C_{ex}}; \quad (9)$$

U_{1y} – визначене вище значення напруги на накопичувальному конденсаторі після першого тактувального імпульсу з урахуванням ефекту проникнення напруги управління ($U_{1y} = \xi U_0 - \Delta U$).

Аналогічно знаходимо напругу на накопичувальному конденсаторі і на наступних тактах перетворення.

На другому такті перетворення під час розряду (замкнутий ключ $K1$) на накопичувальному конденсаторі установиться напруга, з урахуванням передавання заряду в попередньому такті і проникнення напруги управління

$$U_{2y} = \xi U_1 - \Delta U \quad \text{або} \quad U_{2y} = \xi^2 U_0 - (\xi + 1) \cdot \Delta U + \xi k U_y.$$

Після закінчення другого тактувального імпульсу (розімкнутий ключ $K1$) напруга на накопичувальному конденсаторі

$$U_2 = U_{2y} + kU_y \quad \text{або}$$

$$U_2 = \xi^2 U_0 - (\xi + 1) \cdot \Delta U + (\xi + 1) \cdot k U_y.$$

Аналогічно на третьому такті перетворення під час розряду (замкнутий ключ $K1$)

$$U_{3y} = \xi U_{2y} - \Delta U \quad \text{або}$$

$$U_{3y} = \xi^3 U_0 - (\xi^2 + \xi + 1) \cdot \Delta U + (\xi + 1) \xi k U_y.$$

і після розмикання ключа напруга на накопичувальному конденсаторі

$$U_3 = U_{3y} + kU_y \quad \text{або}$$

$$U_3 = \xi^3 U_0 - (\xi^2 + \xi + 1) \cdot \Delta U + (\xi^2 + \xi + 1) \cdot k U_y.$$

Остаточно після закінчення N -го такту перетворення при розімкненому ключі $K1$ напруга на накопичувальному конденсаторі (з урахуванням ефектів проникнення напруги управління і передавання паразитного заряду) дорівнюватиме

$$U_N = \xi^N U_0 - (\xi^{N-1} + \xi^{N-2} + \dots + \xi^2 + \xi + 1) \cdot \Delta U + (\xi^{N-1} + \xi^{N-2} + \dots + \xi^2 + \xi + 1) \cdot k U_y \quad \text{або}$$

$$U_N = \xi^N U_0 - \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot \Delta U + \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot k U_y. \quad (10)$$

У правій частині отриманої формули перший член є значенням напруги на накопичувальному конденсаторі після N тактувальних імпульсів з урахуванням похибки від безпосередньої зміни ємності накопичувального конденсатора, другий – абсолютною похибкою ΔU_{Ny} , від ефекту проникнення напруги управління, третій – абсолютною похибкою ΔU_{Nq} від ефекту передавання паразитного заряду ключа розряду:

$$\Delta U_{Nq} = \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot kU_y \quad (11)$$

Результати обчислень абсолютної похибки ΔU_{Nq} від ефекту передавання паразитного заряду наведені на рис. 7, з якого видно, що похибка ΔU_{Nq} від ефекту передавання паразитного заряду ключа розряду є додатною і досягає 0,5 мВ при $C_{п}=1$ пФ, 1 мВ при $C_{п}=2$ пФ і 2 мВ при $C_{п}=4$ пФ.

Результуюча абсолютна похибка перетворення (ΔU_{Nc}), викликана впливом паразитних міжелектродних ємностей, матиме значення

$$\Delta U_{Nc} = (\xi^N - \xi_{id}^N) \cdot U_0 + \frac{1 - \xi^N}{1 - \xi} \cdot (kU - \Delta U) \quad (12)$$

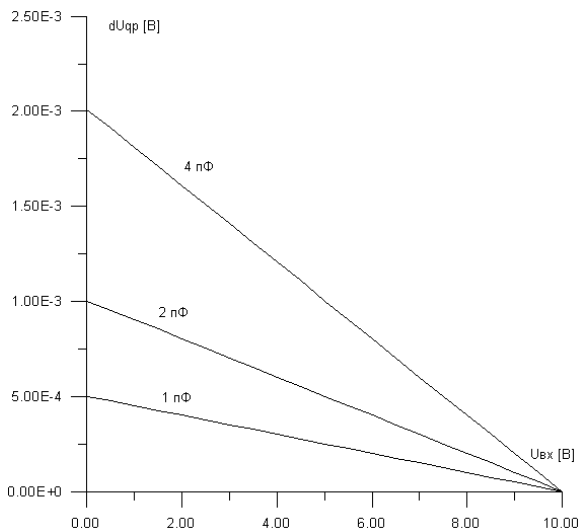


Рис. 7. Абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від передавання паразитного заряду ключа розряду

Результати обчислень результуючої абсолютної похибки перетворення ΔU_{Nc} наведені на рис. 8, з якого видно, що ця похибка ΔU_{Nc} є від'ємною і досягає – 0,5 мВ при $C_{п}=1$ пФ, – 1 мВ при $C_{п}=2$ пФ і – 2 мВ при $C_{п}=4$ пФ.

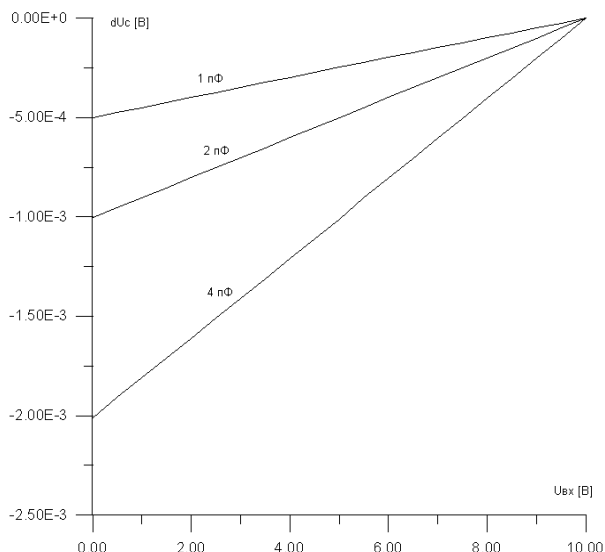


Рис. 8. Результуюча абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від впливу паразитних міжелектродних ємностей

Методична похибка ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв'язком залежить від значення основи логарифма ξ і визначається за формулою

$$\delta_M = \frac{1 - \xi}{\xi} \cdot 100\% \quad (13)$$

З цієї формули випливає, що, задаючи значення основи логарифма ξ , забезпечуємо потрібне значення методичної похибки δ_M наприклад, задаючи $\xi = 0,999$, отримаємо $\delta_M = 0,1\%$.

4. Висновки. Виконане математичне моделювання ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв'язком дає змогу зробити такі висновки:

1. Вплив на процес перетворення паразитних міжелектродних ємностей аналогових ключів, буферного каскаду та перетворювача напруга-струм відбувається через: безпосередню зміну ємності накопичувального конденсатора, проникнення напруги управління і передавання паразитного заряду затвору ключа розряду K1.

2. Інструментальна похибка від впливу паразитних міжелектродних ємностей елементів ЛАЦП з накопиченням заряду з імпульсним зворотним зв'язком не перевищує 0,02 % при $C_{п}=4$ пФ і є значно меншою, ніж в ЛАЦП з перерозподілом заряду та

ЛАЦП з накопиченням заряду на активних і пасивних конденсаторних комірках.

1. Мичуда З.Р. Логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі – АЦП майбутнього. – Львів: Простір, 2002. – 242 с. 2. Мичуда З.Р. Логарифмічний АЦП з проміжним перетворенням напруга-струм // Автоматика, вимірювання та керування. – Львів, 1998. – Вип. 324. – С. 101–106. 3. Мичуда З.Р. Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на пасивних (паралельних) конденсаторних комірках // Вимірювальна техніка і метрологія. – Львів, 2001. – Вип. 58. – С. 26–32. 4. Мичуда З.Р. Логарифмічні АЦП з накопи-

ченням заряду в активних конденсаторних комірках. Моделювання впливу паразитних ємностей // Вимірювальна техніка і метрологія. – Львів, 2001. – Вип. 59. – С. 81–87. 5. Мичуда З.Р., Мичуда Л.З., Католик Б.О. Логарифмічні АЦП з перерозподілом заряду заряду. Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей // Комп'ютерні технології друкарства. – 2004. – № 11. – С.167–183. 6. Мичуда З.Р., Мичуда Л.З., Антонів У.С. Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей в логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на послідовних пасивних конденсаторних комірках // Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. – Львів, 2008. – Вип. 617. – С.163–170.

УДК 621.317.73

КОРИГУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОХИБОК ЧАСТОТНОГО АНАЛІЗАТОРА ІМПЕДАНСУ

© Богдан Стадник, Юрій Хома, Ігор Ліхновський, 2010

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
вул. С. Бандери, 28а, 79013, Львів, Україна

Розглянуто структуру та описано принцип функціонування частотного аналізатора імпедансу. На основі аналізу математичної моделі синтезовано алгоритм корекції динамічних похибок, які виникають через інерційність елементів вимірювальної схеми. Результати дослідження показали високу ефективність алгоритму корекції та можливість істотного розширення робочого діапазону частот.

Рассмотрена структура и описан принцип функционирования частотного анализатора импеданса. На основании анализа математической модели синтезирован алгоритм коррекции динамических погрешностей, возникающих вследствие инерционности элементов измерительной схемы. Результаты исследований показали высокую эффективность алгоритма коррекции и возможность существенного расширения рабочего диапазона частот.

The structure and principle of operation frequency impedance analyzer is described. The analysis of mathematical model allowed to synthesize the algorithm of dynamic errors correction, arising up because of inertance of measuring network elements. The results of researches showed high efficiency of correction algorithm and possibility of significant expansion of frequency operating range.

1. Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і мета статті. Потреба у вимірюванні імпедансу (комплексного електричного опору) Z_X чи оберненої величини адмітансу (комплексної провідності) Y_X виникає у найрізноманітніших сферах: хімії, медицині, екології, фізиці напівпровідників, матеріалознавстві [1, 2]. Через вимірювання складових імпедансу уможливується дослідження різних фізичних величин і

процесів. Оскільки реальні досліджувані об'єкти описуються переважно багатоелементними схемами заміщення, то їх параметри можна визначити за допомогою опрацювання результатів вимірювання складових імпедансу на ряді частот. Для реалізації цього завдання використовують частотні аналізатори імпедансу (ЧАІ).

Під час побудови ЧАІ виникають такі проблеми: необхідність забезпечення стабільності метрологічних