

УДК 621.3

З.Р. Мичуда

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматики та телемеханіки**ТЕОРЕМА ПРО ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ ЛІНІЙНИХ
ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ СИСТЕМ**

© Мичуда З.Р., 2001

Запропоновано нову теорему електростатики.**The new theorem of the electrostatic is proposed in this paper.**

1. Вступ. Останнім часом значну увагу дослідників завдяки низці переваг [1,2] привертають схеми на комутованих конденсаторах. Досягнуто помітного прогресу в цій області: реалізовані у вигляді інтегральних схем середнього та великого ступеня інтеграції засоби найрізноманітнішого призначення, зокрема активні фільтри, підсилювачі, автоматичні регулятори підсилення, цифроаналогові перетворювачі, аналого-цифрові перетворювачі та інше [2-11].

Теорія та практика таких засобів розвивається переважно у напрямку імітації резисторів електричними колами, що складаються з конденсаторів і ключів, причому останні комутуються з частотою, набагато вищою за частоту вхідних сигналів [1,2].

Проте значна кількість засобів на комутованих конденсаторах, наприклад логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі [3-11], може бути віднесена до електростатичних систем, оскільки перехідні процеси в них закінчуються до початку наступної комутації, і їх теорія розвинута недостатньо.

Метою цієї роботи є розвиток теорії лінійних електростатичних систем для розробки методів розрахунку засобів на комутованих конденсаторах.

2. Означення еквівалентності систем. Еквівалентними системами називатимемо системи, які відповідають на однакові збурення однаковою реакцією.

3. Формулювання теореми. У лінійних електростатичних системах, кожна з яких містить конденсатори з об'єднаними обкладками і відрізняється від інших систем лише значеннями потенціалів на других обкладках цих конденсаторів, однаковим змінам заряду відповідають однакові зміни потенціалу об'єднаних обкладок.

4. Доведення теореми. Нехай лінійна електростатична система має вигляд, показаний на рис.1, і початково потенціал об'єднаних обкладок є U_0 .

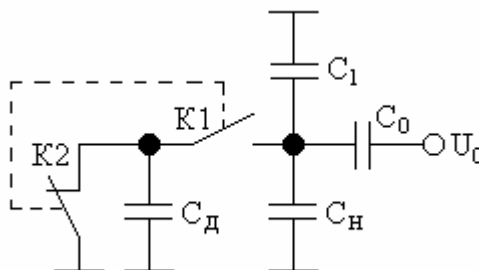


Рис. 1. Лінійна електростатична система

Зміну потенціалу здійснюватимемо зміною заряду внаслідок підключення (ключем К1) конденсатора C_d до об'єднаних обкладок. Зауважимо, що коли ключ К1 замикається, то ключ К2 розмикається, і навпаки.

Сумарний заряд системи дорівнює сумі зарядів усіх конденсаторів:

$$Q = Q_{C_n} + Q_{C_1} + Q_{C_d} + Q_{C_0}.$$

Початково заряд конденсатора C_0 є $Q_{C_0}(0) = 0$, бо потенціал об'єднаних обкладок становить U_0 , заряд конденсатора C_d є $Q_{C_d}(0) = 0$ і початковий сумарний заряд системи

$$Q_0 = Q_{C_n}(0) + Q_{C_1}(0) \quad \text{або} \quad Q_0 = (C_n + C_1)U_0.$$

Після першого замикання ключа К1 рівень напруги на об'єднаних обкладках стане U_1 , а початковий сумарний заряд Q_0 розподілиться між усіма конденсаторами:

$$\begin{aligned} Q_{C_n}(1) + Q_{C_1}(1) + Q_{C_d}(1) + Q_{C_0}(1) &= Q_0 \quad \text{або} \\ (C_n + C_1)U_1 + C_d U_1 + (U_1 - U_0)C_0 &= (C_n + C_1)U_0 \quad \text{і} \\ U_1 &= \xi U_0, \end{aligned}$$

$$\text{де } \xi = \frac{C_n + C_1 + C_0}{C_n + C_1 + C_0 + C_d}.$$

Перед кожною наступною зміною рівня напруги об'єднаних обкладок розряджається конденсатор C_d (розмиканням ключа К1 і замиканням ключа К2).

Отже, після першого розряду конденсатора C_d заряд на ньому стає нульовим і сумарний заряд системи

$$Q_1 = (C_n + C_1)U_1 + (U_1 - U_0)C_0.$$

Після другого замикання ключа К1 рівень напруги на об'єднаних обкладках стане U_2 , а сумарний заряд Q_1 розподілиться між усіма конденсаторами:

$$\begin{aligned} (C_n + C_1)U_2 + C_d U_2 + (U_2 - U_0)C_0 &= (C_n + C_1)U_1 + (U_1 - U_0)C_0 \quad \text{і} \\ U_2 &= \xi U_1 \quad \text{або} \quad U_2 = \xi^2 U_0. \end{aligned}$$

Потім знову розмикаємо К1 і розряджаємо конденсатор C_d до нуля. Сумарний заряд системи дорівнюватиме:

$$Q_2 = (C_n + C_1)U_2 + (U_2 - U_0)C_0.$$

Після третього замикання ключа К1 рівень напруги на об'єднаних обкладках стане U_3 , а сумарний заряд Q_2 розподілиться між усіма конденсаторами:

$$\begin{aligned} (C_n + C_1)U_3 + C_d U_3 + (U_3 - U_0)C_0 &= (C_n + C_1)U_2 + (U_2 - U_0)C_0 \quad \text{і} \\ U_3 &= \xi U_2 \quad \text{або} \quad U_3 = \xi^3 U_0. \end{aligned}$$

Аналогічно можна показати, що після N-го замикання ключа К1 рівень напруги об'єднаних обкладок становитиме:

$$U_N = \xi^N U_0.$$

Якщо на другу обкладку конденсатора C_0 системи (рис.1) подати нульовий потенціал, то одержимо перетворену лінійну електростатичну систему (рис.2).

Установимо початковий рівень напруги об'єднаних обкладок конденсаторів перетвореної системи (рис.2) таким, що дорівнює такому самому початковому значенню, як і у випадку попередньої системи (рис.1), тобто U_0 .

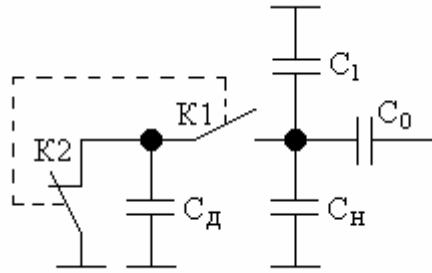


Рис. 2. Перетворена лінійна електростатична система

Початковий заряд системи Q_0 матиме значення (при цьому початковий заряд дозуючого конденсатора C_δ дорівнює нулю):

$$Q_0 = (C_n + C_1 + C_0)U_0.$$

Після першого замикання ключа K1 заряд Q_0 розподілиться між усіма конденсаторами $(C_n + C_1 + C_0)U_1 + C_\delta U_1 = (C_n + C_1 + C_0)U_0$ і $U_1 = \xi U_0$.

Як і у попередній системі, перед кожною наступною зміною рівня напруги об'єднаних обкладок розряджається конденсатор C_δ (розмиканням ключа K1 і замиканням ключа K2).

Отже, після першого розряду конденсатора C_δ заряд на ньому стає нульовим, а сумарний заряд системи

$$Q_1 = (C_n + C_1 + C_0)U_1.$$

Після другого замикання ключа K1 сумарний заряд знову розподілиться між конденсаторами:

$$(C_n + C_1 + C_0)U_2 + C_\delta U_2 = (C_n + C_1 + C_0)U_1 \quad \text{і} \\ U_2 = \xi U_1 \quad \text{або} \quad U_2 = \xi^2 U_0.$$

Після третього замикання ключа K1:

$$(C_n + C_1 + C_0)U_3 + C_\delta U_3 = (C_n + C_1 + C_0)U_2 \quad \text{і} \\ U_3 = U_2 \xi \quad \text{або} \quad U_3 = \xi^3 U_0.$$

Аналогічно можна показати, що рівень напруги об'єднаних обкладок конденсаторів системи (рис.2) після N-го замикання ключа:

$$U_N = \xi^N U_0.$$

Порівнюючи зміни заряду та відповідних їм рівнів напруги $U_0 - U_N$ об'єднаних обкладок конденсаторів систем (рис.1,2), бачимо, що вони є відповідно однаковими. Отже, ці системи є еквівалентними.

4. Наслідок теореми. При зміні заряду лінійної електростатичної системи, що містить конденсатори з об'єднаними обкладками, зміни потенціалу об'єднаних обкладок не залежать від значень потенціалів на других обкладках згаданих конденсаторів.

5. Висновки. Виведена у даній роботі теорема про еквівалентність лінійних електростатичних систем може бути використана при розробці методів розрахунку засобів на комутованих конденсаторах і оцінки їх похибок. Використання теореми значно спрощує процедури розрахунків й істотно зменшує витрати робочого часу, оскільки з урахуванням паразитних міжелектродних ємностей схеми на комутованих конденсаторах є доволі складними електростатичними системами.

1. Гауси М., Лакер К. Активные фильтры с переключаемыми конденсаторами: Пер. с англ. - М., 1986. 2. Мулявка Я. Схемы на операционных усилителях с переключаемыми конденсаторами: Пер. с польск. - М., 1992. - 416 с. 3. А.с. 949663 СССР. Способ определения логарифма/ З.Р. Мычуда, В.Б. Дудыкевич // Открытия. Изобрет. 1982. №29. 4. А.с. 1157551 СССР. Логарифмический аналого-цифровой преобразователь / В.Б. Дудыкевич, З.Р. Мычуда, В.И. Нечепоренко // Открытия. Изобрет. 1985. №19. 5. А.с. 1425726 СССР. Логарифмический аналого-цифровой преобразователь/ З.Р.Мычуда, В.П.Лукашевич // Открытия. Изобрет. 1988. №35. 6. С.С.Lefas. A serial charge redistribution logarithmic A/D converter. "Int. Journal of Circuit Theory and Applications", Vol.17, 1989, pp.47-54. 7. Mychuda Z.R., Piskożub A.Z. A charge redistribution analog-to-digital converters modelling // International Workshop on ADC MODELLING. PROCEEDINGS. House of Scientists, Smolenice Castle, Slovak Republic, May 7-9, 1996, P.100-105. 8. Мичуда З.Р. Логарифмічний АЦП із ступінчато наростаючою розгорткою // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 1998. №324. С.106-110. 9. Мичуда З.Р. Логарифмічний АЦП із проміжним перетворенням напруга-струм // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 1998. №324. С.101-106. 10. Мичуда З.Р. Порозрядний логарифмічний аналого-цифровий перетворювач // Вимірювальна техніка та метрологія. 1998. №53. С.114-118. 11. Заявка 96114193 Україна. Спосіб логарифмічного аналого-цифрового перетворення / З.Р.Мичуда // Бюл. ПВ. 1997. №3.

УДК 621 .317 .3/4

П. М. Сопрунюк, В. М. Юзевич, Я. Є. Підгірняк
Фізико-механічний інститут НАН України

ЗМЕНШЕННЯ ЧАСОВОГО ДРЕЙФУ КОНТАКТНИХ ЕЛЕКТРОДІВ

© Сопрунюк П. М., Юзевич В. М., Підгірняк Я.Є., 2001

Описується метод і засоби покращання параметрів морських електродів, зокрема їх часового дрейфу. Ефект досягають завдяки організації вимірювання квазіпостійного поля на змінному струмі.

The article deal with the method of improvement sea electrode. The result is gane with aid of the alternative current meassuring of the quasiconstant field.

Геофізичні дослідження морського дна та пошукові геологічні роботи є важливим науковим і практичним завданням. Розроблено різноманітні методи вивчення структури морського дна [1]. У ряді таких методів інформативним параметром є квазіпостійне електричне поле. Існують різноманітні методи і засоби його вимірювання [2]. Зокрема, застосовують сенсори електричного поля з контактними електродами. Основною вадою електродів є наявність у них подвійного електричного шару, нестабільність якого викликає зміни контактної різниці потенціалів електродів. Під час вимірювань постійних або дуже повільно змінних сигналів виникає серйозна проблема розділення змін власного потенціалу електродів і корисного сигналу. Для покращання чутливості сенсорів поля застосовуються різноманітні способи. Подальше вдосконалення морських сенсорів електричного поля може бути досягнуто зменшенням зміни у часі власного потенціалу електродів, яка зумовлена