

4. Dubrovin V.S., Zyuzin A.M., Pat. 81860 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive signal shaper triangular shape, No 2008146300 /22; appl. 24.11.08, publ. 27.03.09, Bull. No 9. 6 p.
5. Dubrovin V.S., Zyuzin A.M., Pat. 83669 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive signal shaper triangular shape, No 2009103327 /22; appl. 02.02.09, publ. 10.06.09, Bull. No 16. 8 p.
6. Dubrovin V.S., Zyuzin A.M., Pat. 83670 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive signal shaper triangular shape, No 2009103333 /22; appl. 02.02.09, publ. 10.06.09, Bull. No 16. 3 p.
7. Dubrovin V.S., Nikulin V.V. Spektral'nyj analiz kvazilinejnogo signala treugol'noj formy [Spectral analysis of quasi triangular shaped signal], *Proceed. of conference, XXXVIIth Ogarev Readings, Saransk, 2009. Part 3: Engineering.* pp. 134-136.
8. Dubrovin V.S., Nikulin V.V. Principy postroeniya, analiz i sintez formirovatelej additivnyh signalov treugol'noj formy [Principles of construction and synthesis of additive signal shapers of triangular shape] *Sovremennye problemy i jekspluatacii radiotekhnicheskikh sistem : trudy shestoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (s uchastiem stran SNG) [Modern problems and operation of radio systems. Proceedings of the 6th Russian Conference (with the participation of CIS countries)], Ulyanovsk, 2009.* pp. 84-87.
9. Dubrovin V.S., Zyuzin A.M. Sposob linearizacii additivnogo signala treugol'noj formy [Additive signal linearization method triangular shape]. *Matematicheskie metody i informacionnye tehnologii v jekonomike, sociologii i obrazovanii: sbornik statej XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii [Mathematical methods and information technologies in economics, sociology and education: Proceed. of XXIIIrd International Conference].* Penza, 2009. pp. 182-184.
10. Dubrovin V.S., Ilyin M.V. Opredelenie pogreshnosti linearizacii sintezirovannogo linejno-izmenjajushhegosja signala v srede LabView [Definition error linearization synthesized linear varying signal in the environment LabView]. *Obrazovatel'nye, nauchnye i inzhenernye prilozhenija v srede LabVIEW i tehnologii National Instruments: sbornik trudov vos'moj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Educational, scientific and engineering applications with LabVIEW and Technology National Instruments: Proceedings of the Eighth International Conference, Moscow, 2009.]* pp. 226-228.
11. Dubrovin V.S., Saigina E.A. Model' dlja optimizacii parametrov sintezirovannogo signala [Model to optimize the parameters of the synthesized signal] *Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tehničeskogo universiteta svjazi i informatiki [Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics].* Rostov-on-Don, 2011. pp. 234-236.
12. Dubrovin V.S., Nikulin V.V. Optimizacija koeficientov «vyravnivaniya» formirovatelja linejno-izmenjajushhegosja signala [Optimization of compensation coefficients of a linear varying signal shaper. *Jelektronika i jelektronnye tehnologii - Electronics and electronic technologies.* 2009. Spec. No 6. Available at: [http://fetmag.mrsu.ru/2009-2/pdf/linear\\_signal\\_generation.pdf](http://fetmag.mrsu.ru/2009-2/pdf/linear_signal_generation.pdf). (Accessed 11.12.2013).

Рецензія/Peer review : 25.9.2013 р.

Надрукована/Printed : 7.1.2013 р.

УДК 621.321

Н.І. ТРОЦІШИНА

Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова

## ПРИСТРОЇ З ПРОГРАМОВАНИМИ ЦАП І АЦП ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ

*Приведено результати дослідження побудови вимірювальної шкали перетворення ЦАП та АЦП нового покоління із програмованими параметрами на сонові використання атенюатора-подільника Троцишина. Вказані результати не мають аналогів у світі і можуть слугувати теоретичним та практичним підґрунтям до побудови принципово нового класу ЦАП і АЦП із програмованими параметрами, що дозволить замінити величезну кількість жорстко запрограмованих двійкових ЦАП і АЦП.*

*Ключові слова: перетворення ЦАП та АЦП, програмовані параметри, атенюатор-подільник Троцишина*

N.I. TROTSYSHYNA

Odessa national academy of telecommunications. a. A. S. Popov

## DEVICES WITH PROGRAMMABLE DAC AND ADC FOR PROCESSING RADIOSIGNALS

*The results of the research building measuring scale transformation of the DAC and ADC is the new generation of programmable parameters to use sonovi attenuator-divider Trotsyshyna. Results indicated no analogues in the world and can serve as a theoretical basis for the practical t to build a fundamentally new class of DAC and ADC with programmable parameters that will replace the huge number of hard-coded binary DAC and ADC.*

*Keywords: Convert DAC and ADC, programmable parameters, attenuation-divider Trotsyshyna*

В наш час тотального інформаційного суспільства, коли всі потоки інформації утворюють цифрові сигнали, які базуються на принципах двійкової арифметики, і всі вхідні АЦП та вихідні ЦАП будь якої інформаційної системи є саме пристроями такого двійкового аналогово-цифрового (АЦП), або цифро-аналогового (ЦАП) перетворень, ніхто не замислюється, а чи дійсно ми використовуємо всі можливості таких перетворень? Яскравим підтвердженням, що не всі можливі (квантові) значення вимірювальних шкал використовуються, є використання шкали відношень (методу коінциденції), який показує, що класична шкала є лише частковим випадком шкали коінциденції [1, 2].

В той же час, Квантова теорія вимірювань (КТВ) [3-5] не обмежуються досягнутим, і вказує, що можливими є всі точки які є квантовими значення відповідної вимірювальної шкали перетворення. В даному розділі у популярній та наглядній формі будуть наведені результати, які не мають аналогів у світі, і вказують, що дійсно, КТВ та застосування її принципів та методології дозволяє відкрити принципово нові можливості для утворення вимірювальних шкал перетворення ЦАП і АЦП із багатократним збільшенням роздільної здатності.

Метою доповіді є показати практичні можливості досягнення збільшення кількості поділок вимірювальних шкал, які при тій же кількості зразкових елементів дозволяють від 10 до 100 разів збільшити

роздільну здатність, у порівнянні із використанням сучасних класичних двійкових шкал. Отримані раніше результати та моделювання і практичні випробування довели, що в рамках КТВ досить просто вдалося оптимізувати шкалу коінцидентії (coincidence), хоч там також це було неочевидно, і давало збільшення вимірювальної шкали у рази. Але питання відхилення від лінійного закону на детальний розгляд не виносилось.

### Дослідження принципів побудови перетворювачів на основі атенюатора-подільника Троцишина

Тепер, коли ефективність КТВ доведено, і реальний пристрій який її реалізує, для перетворення двовимірної шкали у одновимірну, є атенюатор-подільник Троцишина (АПТ), продовжимо дослідження саме для використання в якості базового елемента АПТ. Викладення матеріалу розпочнемо із визначення позначень та запису математичних моделей у формалізованому вигляді (таблиця 1).

Таблиця 1

#### Математичні моделі ЦАП і АЦП

Класичний двійковий ЦАП (АЦП) $N_{classik}$	$n_{classik} = \frac{A_i}{2^N}$ , де $A_i \in 1 \div 2^N - 1$ , $N$ – розрядність двійкового коду
Шкала коінцидентії $N_{coincidence}$	$n_{coenc} = \frac{A_i}{B_j}$ , де $A_i, B_j \in 1 \div 2^N$ , $N$ – кількість значень подільника
Шкала подвійної коінцидентії $N_{super}$	$n_{super} = \frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l}$ , де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$ $N$ – кількість значень подільника
Шкала сумарно-різницева $N_{D\_S}$	$n_{D\_S} = \frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l}$ , де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$ $N$ – кількість значень подільника
Шкала комбінованого перетворення $N_{comby}$	$n_{comby} = \frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l} \cup \frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l}$ , де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$ $N$ – кількість значень подільника

Таблиця 2

#### Шкала коінцидентії

Номер порядк.	Шкала- 8 coincidence	i	j	N
1	0.0000000000000000			
2	0.1250000000000000	A= 1	B= 8	N=57
3	0.1428571428571428	A= 1	B= 7	N=49
4	0.1666666666666667	A= 1	B= 6	N=41
5	0.2000000000000000	A= 1	B= 5	N=33
6	0.2500000000000000	A= 1	B= 4	N=25
7	0.2857142857142857	A= 2	B= 7	N=50
8	0.3333333333333333	A= 1	B= 3	N=17
9	0.3750000000000000	A= 3	B= 8	N=59
10	0.4000000000000000	A= 2	B= 5	N=34
11	0.4285714285714285	A= 3	B= 7	N=51
12	0.5000000000000000	A= 1	B= 2	N=9
13	0.5714285714285714	A= 4	B= 7	N=52
14	0.6000000000000000	A= 3	B= 5	N=35
15	0.6250000000000000	A= 5	B= 8	N=61
16	0.6666666666666666	A= 2	B= 3	N=18
17	0.7142857142857143	A= 5	B= 7	N=53
18	0.7500000000000000	A= 3	B= 4	N=27
19	0.8000000000000000	A= 4	B= 5	N=36
20	0.8333333333333334	A= 5	B= 6	N=45
21	0.8571428571428571	A= 6	B= 7	N=54
22	0.8750000000000000	A= 7	B= 8	N=63
23	1.0000000000000000	A= 1	B= 1	N=1

Тепер більш детально розглянемо особливості утворення вже відомої [1, 2] шкали коінцидентії та її

особливості у порівнянні із класичною [3]. Так в таблиці 2 наведено наглядний для порівняння приклад використання 8R подільника (Подільник Кельвіна) [3], (кольорові -8), і шкала коінциденції в діапазоні 0,0-1,00. Для наглядності та виявлення і оцінки динаміки появи нових поділок вимірювальної шкали і виявлення їх співвідношення із класичною двійковою розглянемо роздруківку значень шкали коінциденції для випадку 8\_coincidence, яка є зручною для дослідження. Відзначимо, що тут використовується лише дробова частина (ЦАП) вимірювальної шкали в діапазоні значень 0,0000-1,0000 включно.

Кольором виділено значення класичної шкали двійкового перетворення для випадку використання 8R подільника (Подільник Кельвіна). Номер 1 присвоєно точці перетворення «0», яка може бути як абсолютною прив'язкою, так і відносною величиною, особливо при побудові АЦП. Виділення точок, які належать класичній двійковій шкалі, дозволяє встановити закономірність «врізання» «нових додаткових значень» на ділянках між поділками класично, тобто наглядно демонструє збільшення роздільної здатності шкали 8\_coincidence в 2,75 рази, і буде зростати із збільшенням розрядності. Пристрій який реалізує

характеристику перетворення  $n_{coenc} = \frac{A_i}{B_j}$ , називається атенюатором-подільником Троцишина (АПТ)

(рис.1) [4, 5], і дозволяє найкращим чином практично реалізувати шкалу табл. 1.

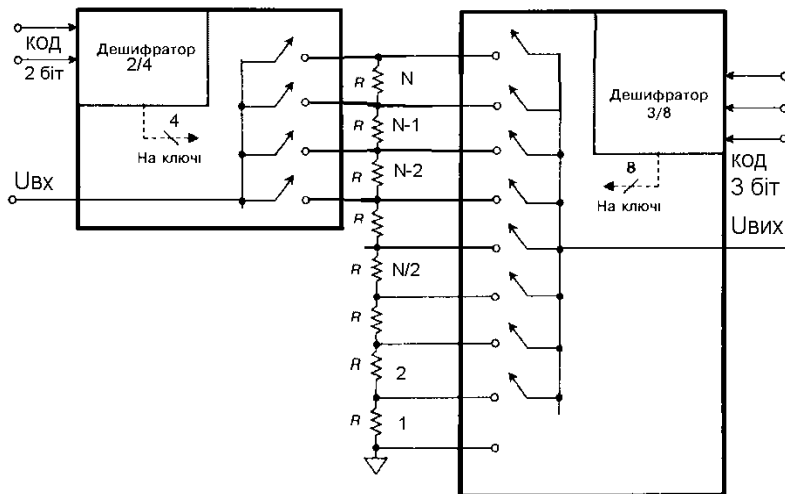


Рис. 1. Схема атенюатора-подільника Троцишина для 8R [5]

Очевидно, що у порівнянні із подільником Кельвіна  $n_{classik} = \frac{A_i}{2^N}$ , будемо мати їх збільшення,

яке більш детально наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняльні характеристики АПТ і АП Кельвіна

Кількість резисторів NR (N АП Кельвіна)	2	4	8	16	32	64	128	256	1024
Кількість квантових точок шкали АПТ	2	6	22	80	324	1260	5022	19948	318964
Приріст квантованих значень	0	2	14	64	292	1196	4894	19692	317940
Виграш	1	1,5	2,75	5	10,125	19,69	39,08	77,92	311,5

#### Дослідження методів розширення меж вимірювального перетворення шкал

Розглядаючи побудову вимірювальних шкал перетворення ми виходили лише із умови що значення шкали лежать лише в діапазоні 0,00 - 1,000, що є притаманним для класичних двійкових шкал. Використання методу коінциденції та його комбінацій дозволяє утворювати шкали із діапазоном значень що суттєво перевищує вказаний, більше того точки шкали можуть бути від'ємними числами, і шкала може бути двополярною, що є в принципі неможливим для класичних підходів.

Характерним прикладом такої шкали може слугувати шкала D\_S\_8\_minus, вигляд якої наведено на рис. 2- 11.

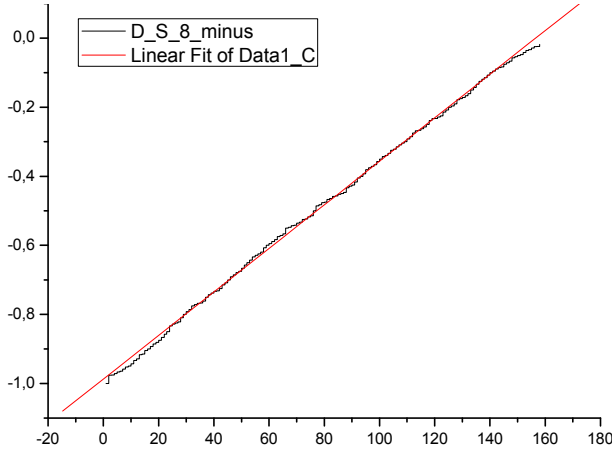


Рис.2. Шкала D\_S\_8\_minus

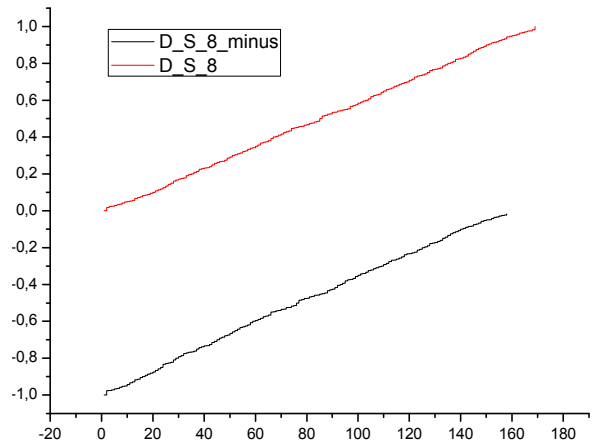


Рис.3. Шкала D\_S\_8\_minus і 0-1

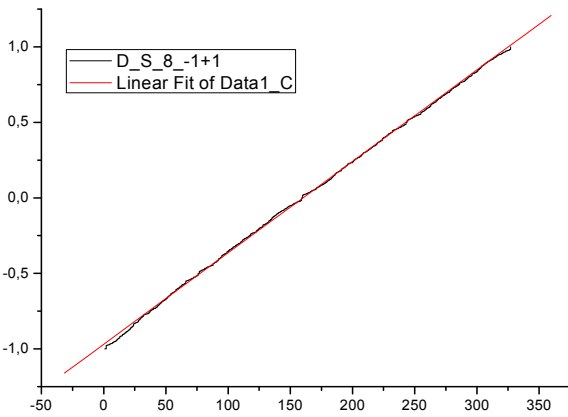


Рис. 4. Шкала D\_S\_8\_minus - +1

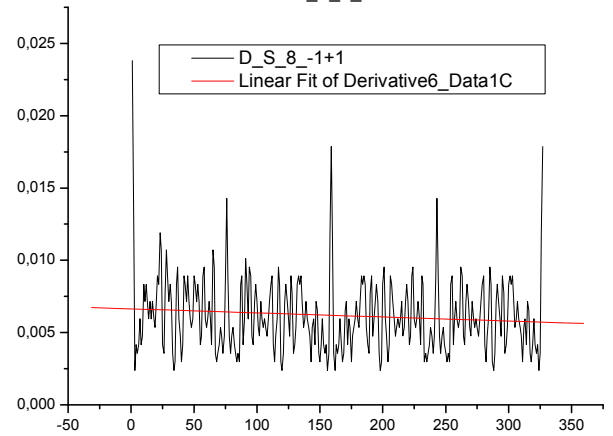


Рис. 5. Відхилення від лінійного закону

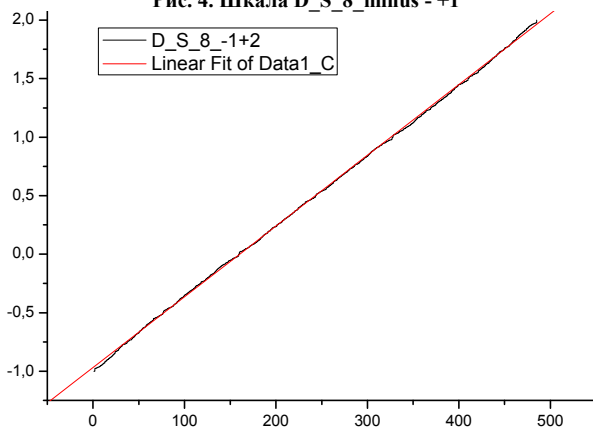


Рис. 6. Розширена шкала перетворення -1+2

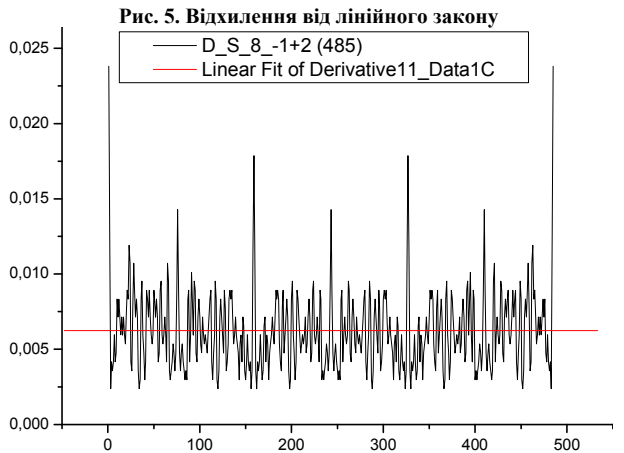


Рис. 7. Відхилення від лінійного закону

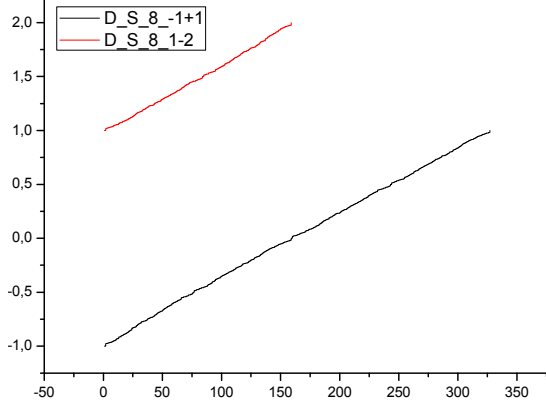


Рис. 8. Порівняння шкал -1 - +1 та 1 - 2

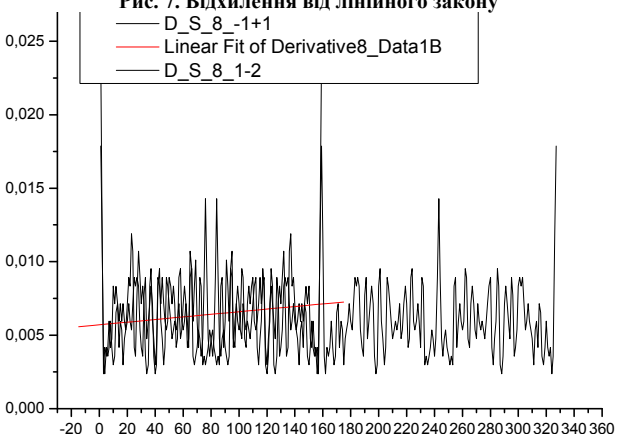


Рис. 9. Відхилення від лінійного закону

Розглянемо інші шкали із розширеним діапазоном представлення результатів включаючи також від'ємні числа.

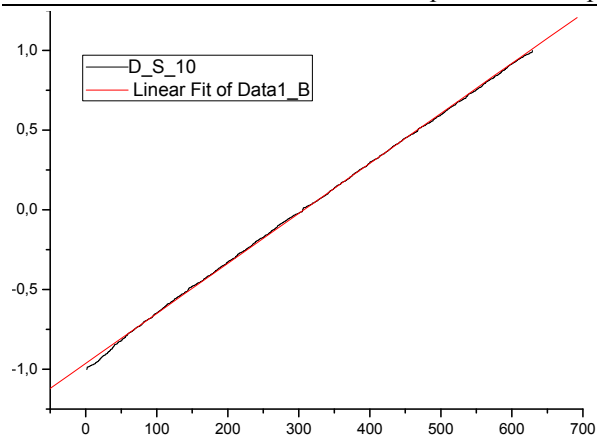


Рис. 10. Вигляд шкали D\_S\_10 для -1-+1

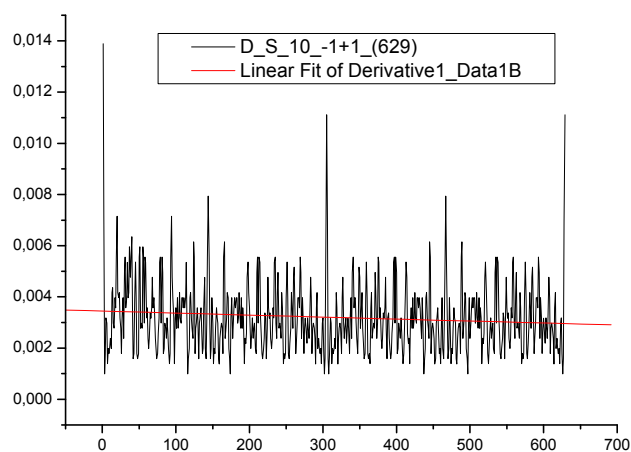


Рис. 11. Відхилення від лінійного закону

### Дослідження методів ліанеризації квантових вимірювальних шкал

Для дослідження виділимо характерні групи точок шкали що можуть утворювати перетворювачі типу D\_S\_N.

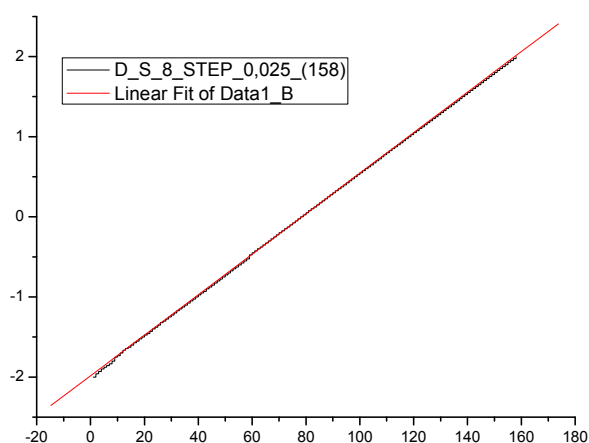


Рис. 12. Шкала з кроком 0,025 (158)

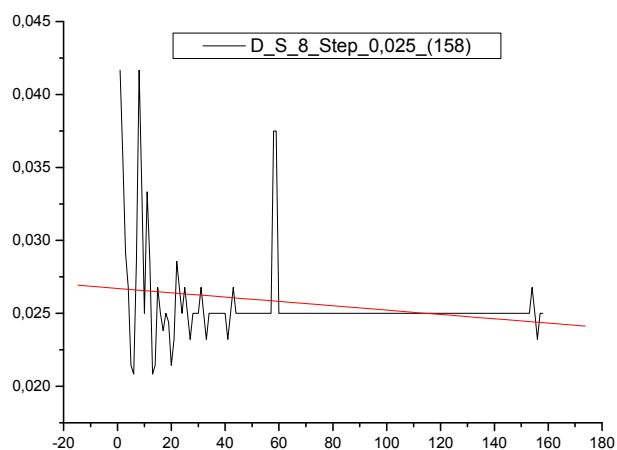


Рис. 13. Відхилення від лінійного закону

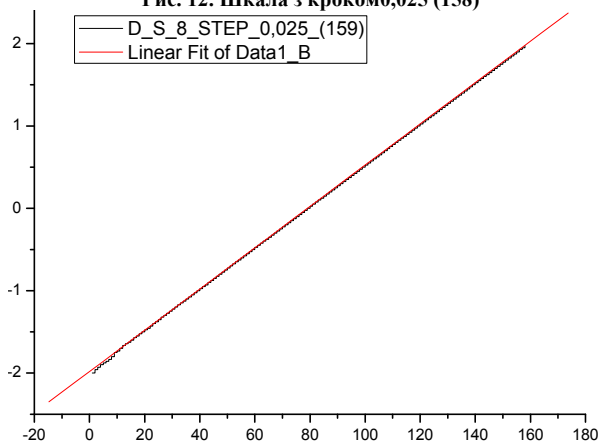


Рис. 14. Шкала з кроком 0,025 (159)

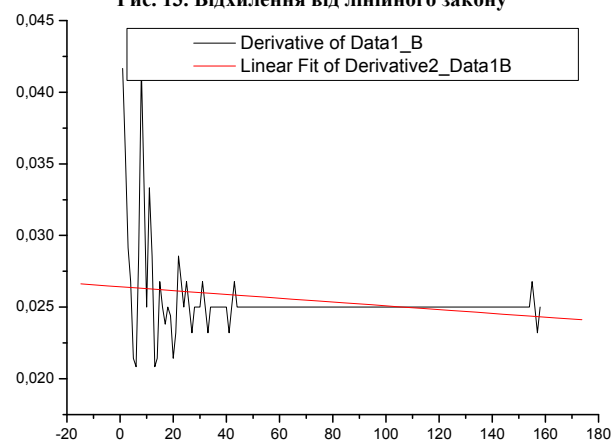


Рис. 15. Відхилення від лінійного закону

Цікавими є дослідження поведінки шкали вимірювального перетворення при змінах кількості використаних точок, як в негативну, так і позитивну сторони. Якщо загальний вигляд характеристик змінюється мало, то відхилення від ідеальної лінійної шкали більш наглядно показують характеристики перетворення.

Змінюючи діапазон значень шкали можливо отримати класичну шкалу у 128 точок, використовуючи всього 8 резисторів, та програмуванням шкали.

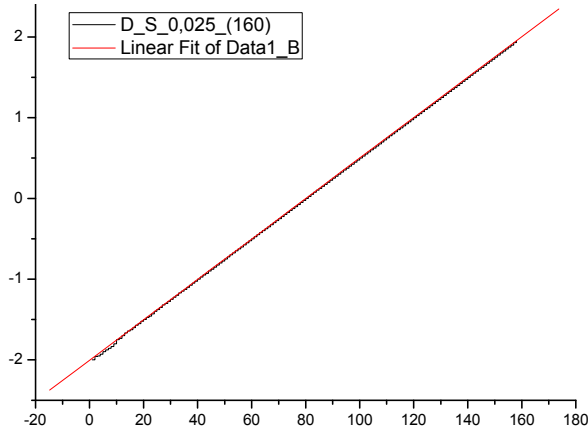


Рис. 16. Шкала з кроком 0,025 (160)

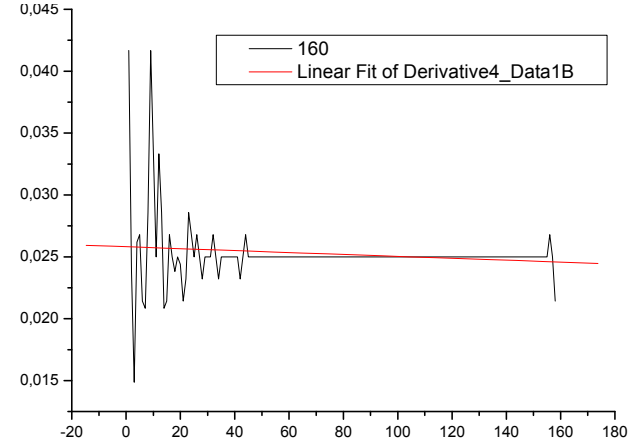


Рис. 17. Відхилення від лінійного закону

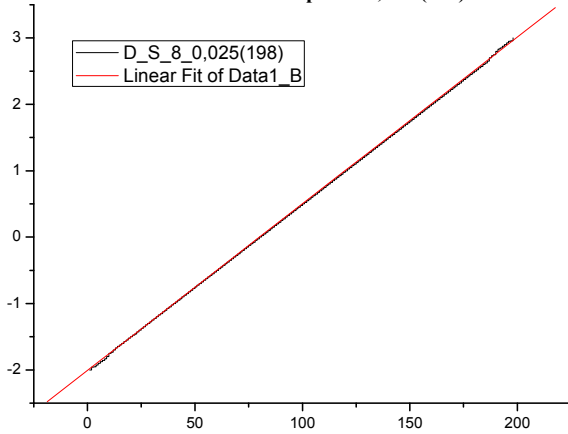


Рис. 18. Шкала з кроком 0,025 (198)

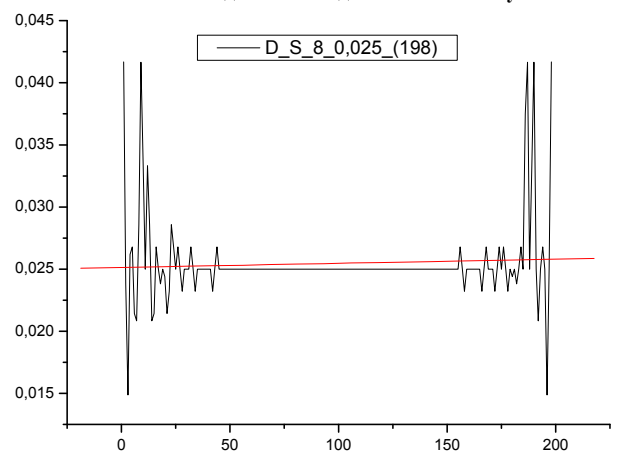


Рис. 19. Відхилення від лінійного закону

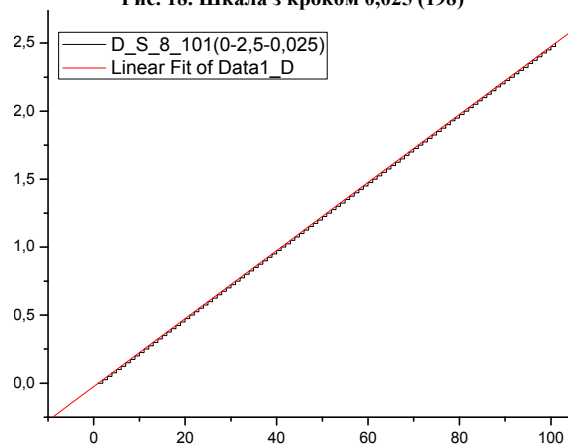


Рис. 20. Шкала з кроком 0,025 (101)

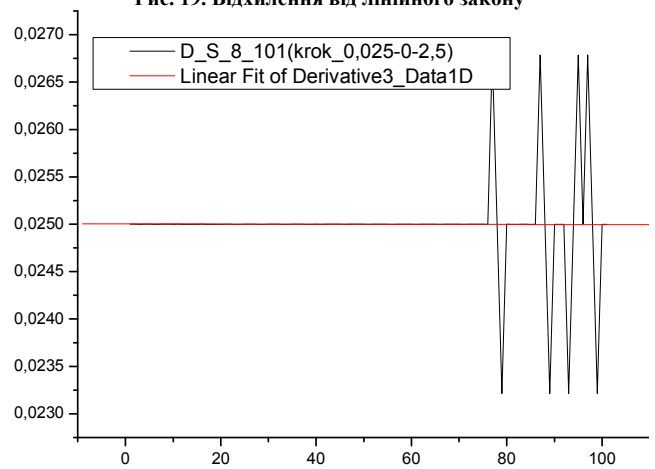


Рис. 21. Відхилення від лінійного закону

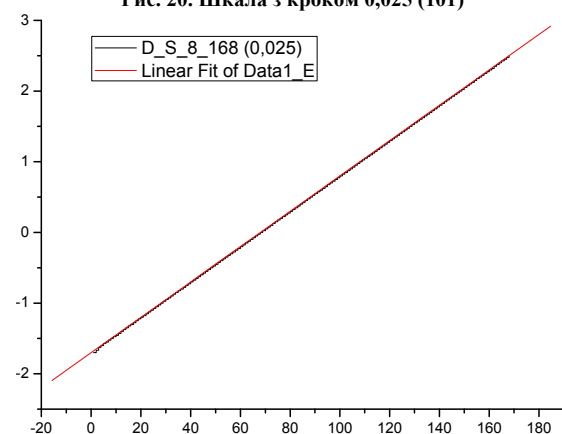


Рис. 22. Шкала з кроком 0,025 (168)

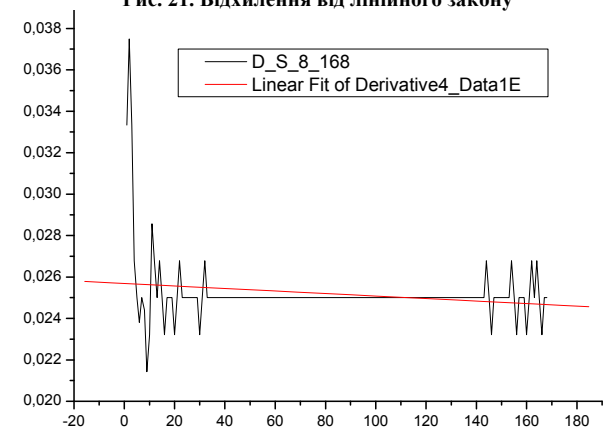


Рис. 23. Відхилення від лінійного закону

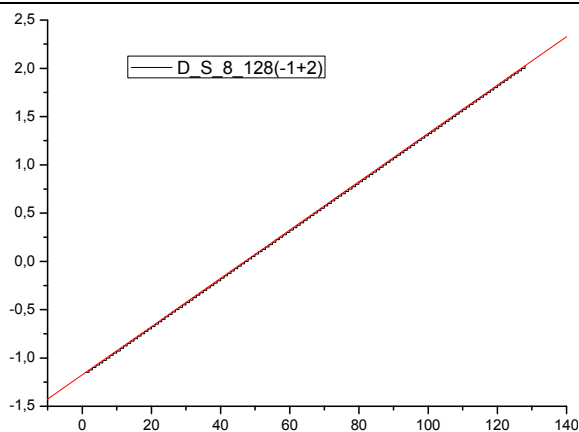


Рис. 24. Шкала з кроком 0,025 (128)

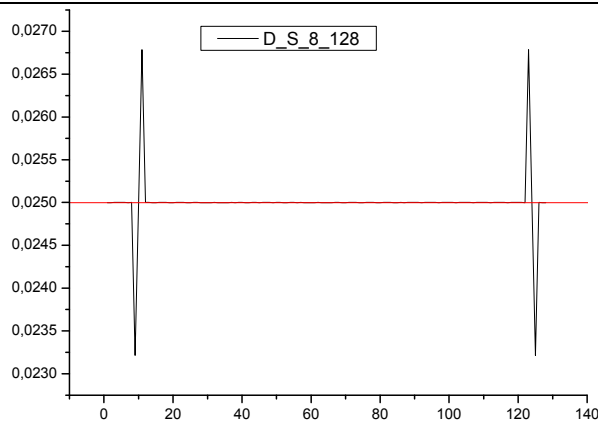


Рис. 25. Відхилення від лінійного закону

### Висновки

Як видно із рис. 2-25 використання квантової теорії вимірювального перетворення вперше дозволяє програмувати не лише діапазон вимірювальних шкалах а також адаптувати їх основні характеристики перетворення такі як лінійність, крок перетворення, відхилення від лінійного закону, тощо.

Завершуючи розгляд хочеться відзначити що вказані результати не мають аналогів у світі і можуть слугувати теоретичним і практичним підґрунтям до побудови принципово нового класу ЦАП і АЦП із програмованими параметрами, що дозволить замінити величезну кількість жорстко запрограмованих двійкових ЦАП і АЦП.

Вперше вдалося одночасно покращити і точність і швидкість такого перетворення, що вважалося неможливим, і це дійсно так, як знаходитись на позиціях двійкового перетворення яке є лише частковим випадком КТВП.

### Література

1. Троцишин І.В. Квантова теорія випромінювань: принципи та методи вимірювального перетворення параметрів радіосигналів / І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, Н.І. Троцишина // Матеріали Одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП\_11\_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.25-28
2. Троцишин І.В. ЦАП і АЦП на основі аттенюатора-подільника Троцишина (АПТ) і його модифікації / І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, М.І. Троцишин // Матеріали Одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП\_11\_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.100-103.
3. Троцишин І.В. Новое поколение ЦАП-АЦП с программируемыми параметрами характеристики преобразования на основе аттенюатора-делителя Троцишина / И.В.Троцишин// Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments-2012; Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва 6-7 декабря 2012г, С. 420-422.
4. Троцишин І.В. ЦАП-АЦП на основе аттенюатора-делителя Троцишина с программируемыми параметрами характеристики преобразования / И.В.Троцишин // Матеріали конференції, 67- ма науково-технічна конференція професорсько викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів, Одес, 5-7 грудня 2012р. С. 70-75.
5. Троцишин І.В. Спосіб побудови аттенюатора-подільника Троцишина. Патент України 100581. МПК (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200), Опубліковано 10.01.2013, Бюл. № 1.

### References

1. IV Trotsyshyn . Quantum theory of radiation: principles and methods of measuring conversion PARAMETERS signal. I.V. Trotsyshyn , O.P. Voytyuk, N.I. Trotsyshyna // Proceedings of the Eleventh International Scientific and Technical Conference " Measuring and computing in industrial processes " ( VOTTP\_11\_2012 ), 5 - 8 June 2012. in Khmelnytsky , p.25 -28
2. IV Trotsyshyn . DAC and ADC based attenuator - divider TROTSYSHYNA ( APP ) and its modifications . I.V. Trotsyshyn , O.P. Voytyuk , M.I. Trotsyshyn // Proceedings of the Eleventh International Scientific and Technical Conference " Measuring and computing in industrial processes " ( VOTTP\_11\_2012 ), 5 - 8 June 2012. in Khmelnytsky , p.100 -103.
3. I.V.Trotsyshyn . Novoe Generation DAC - ADC with proqrammyruemyy characteristics transformation parameters on the basis attenuator - divider Trotsyshyna / Y.V.Trotsyshyn // Ynzhenerye and naunyie Applications for baze tehnolohyy National Instruments- 2012; Collected Labor XI mezhduarodnoy scientific conference , Moscow December 6-7 2012h , S. 420-422 .
4. I.V.Trotsyshyn . DAC - ADC based ATENNYUATORA - divider TROTSYSHYNA S PROHRAMMYRUEMYMY PARAMETERS SPECIFICATIONS transformation / I.V.Trotsyshyn // Proceedings of the conference . 67 - Scientific and technological ma konferntsiya teaching staff , researchers and students , Odessa, 5-7 December 2012. S. 70-75.
5. I.V. Trotsyshyn. A method of constructing attenuator - divider Trotsyshyna . Ukraine Patent 100581 . IPC (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/ 06 ( 200) Posted on 10.01.2013 , Bull. number 1

Рецензія/Peer review : 7.9.2013 р. Надрукована/Printed :7.1.2013 р.