

УДК 621.317.22

## ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ФАЗОЧАСТОТНИХ ТА АМПЛІТУДНИХ ПАРАМЕТРІВ РАДІОСИГНАЛІВ ЗА МЕТОДОМ ШКАЛИ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Троцишин Іван, Шокотько Генадій, Троцишина Наталія

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

### Анотація

Приведено унікальні можливості застосування методу шкали коінцидентності (подвійного співпадіння) для вирішення принципового питання одночасного підвищення і точності і швидкодії вимірювального перетворення як фазочастотних так і амплітудних параметрів радіосигналів. Представлено обґрунтування принципів та методологій застосування на прикладі вимірювання і формування радіосигналів із унікальним набором параметрів, які не можуть бути досягнуті в рамках сучасних (класичних) методів вимірювань.

### Abstract

Powered unique features of the method coincident scale (dual match) to address fundamental issues simultaneously increasing speed and accuracy of measuring and converting a phase-frequency and amplitude parameters of radio signals. Presented study of principles and methodologies for use in case of measuring radio and the formation of a unique set of parameters that can not be achieved under current (classical) measurement methods.

### Вступ

Сучасні методи вимірювання як частотних так і амплітудних параметрів радіосигналів стикаються із непереборною проблемою, неможливості одночасного підвищення як точності вимірювання (зменшення похибки вимірювання) при незмінному часі вимірювання (часу доступу до сигналу), або ж зменшення часу вимірювання при збереженні потрібного рівня точності. В рамках відомих класичних методів діє принцип : або точність, або час вимірювання, одночасне їх покращення неможливе. В той же час використання методу шкали коінцидентності, та використання адекватних математичних моделей, які відповідають реальним, а не ідеалізованим сигналам, дозволяють отримати унікальні можливості здійснення таких вимірювань. Всі вони спираються на принципи та методологію квантової теорії вимірювального перетворення.

### Принципи і методологія квантової теорії вимірювального перетворення

Першим питанням є вибір моделей які адекватні реальним сигналам, таким є питання відмови від прийнятої (класичної) моделі визначення частоти як величини  $1/T$ , (оберненої періоду). Адже очевидними є два моменти, Радіосигнали (які переносять інформацію) принципово не є періодичними, хіба що на обмежених ділянках, визначення миттєвої частоти як похідної від повної фази, (диференціювання). У всіх сучасних частотомірах операція вимірювання частоти полягає у функції підрахунку імпульсів (періодів) вимірюваного сигналу (інтегрування), що і призводить до обмеження: неможливості одночасного покращення і точності і швидкодії вимірювань.

Іншим прикладом який вказує на принципові обмеження класичного визначення частоти може слугувати періодичний сигнал *Sinc* (Інтегральний синус), який має унікальні можливості у спектральному представленні, а питання визначення частоти для нього взагалі втрачає сенс, особливо якщо розглянути спектральні складові таких сигналів. Типовий вигляд отримання таких сигналів сучасним синтезаторами та їх вигляд на екрані цифрового осцилографа приведено на рис. 1

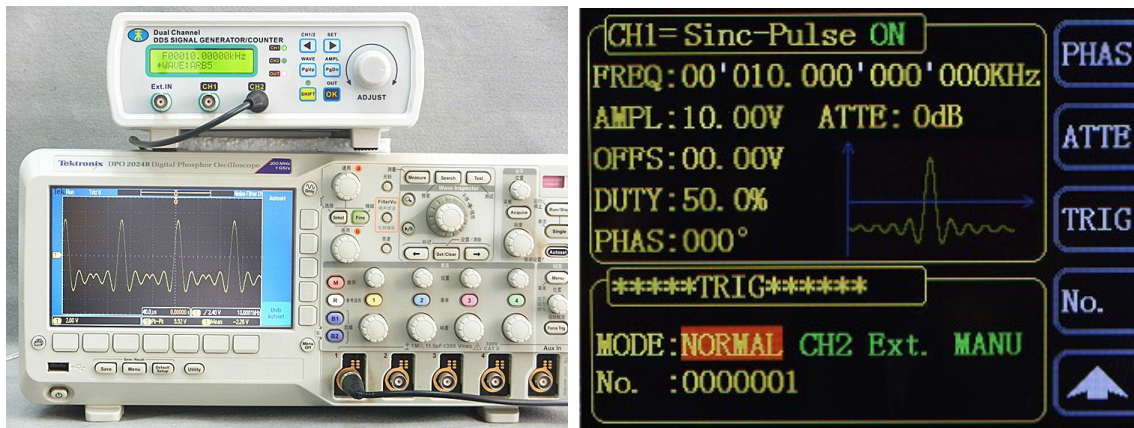


Рисунок 1 – Формування сигналу (періодичного) типу Sinc

Якщо для синтезатора FY3200 (рис.1) питання формування сигналів у діапазоні до 10 МГц, дає гарну візуальну картинку на екрані осцилографа, то питання вимірювання частоти вмонтованого частотоміра 100 мілігерц.

Для FY2300 (60 МГц) (рис.2, рис.3), робота на частотах вище 25 МГц буде істотно спотворювати картинку, так як 14біт ЦАП і 250 Мв/с, буде вносити значну похибку квантування на бокових пелюстках сигналу. Іншим принциповим моментом, той факт що крок зміни частоти – 1 мікрогерц, а частотомір МА роздільну здатність всього 10мілігерц.

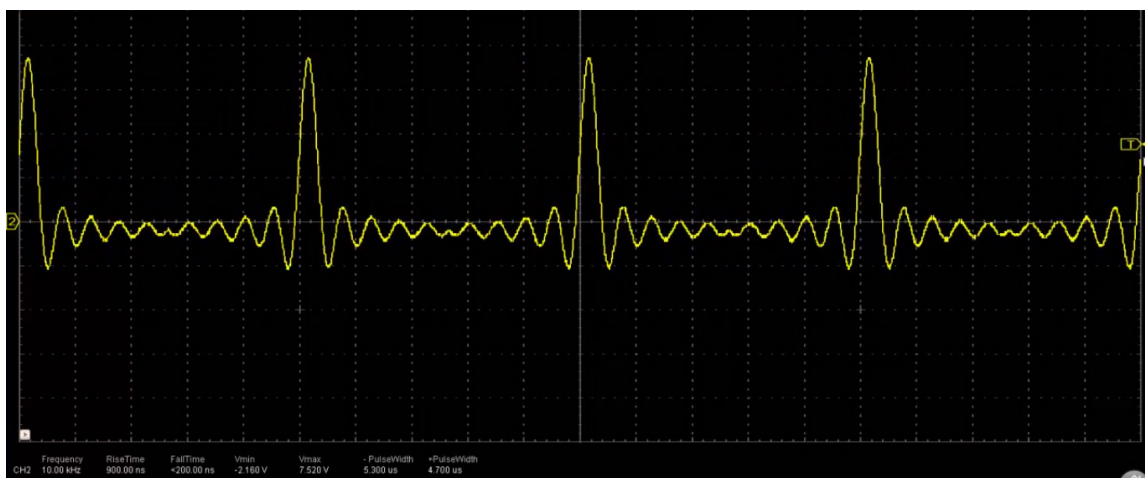
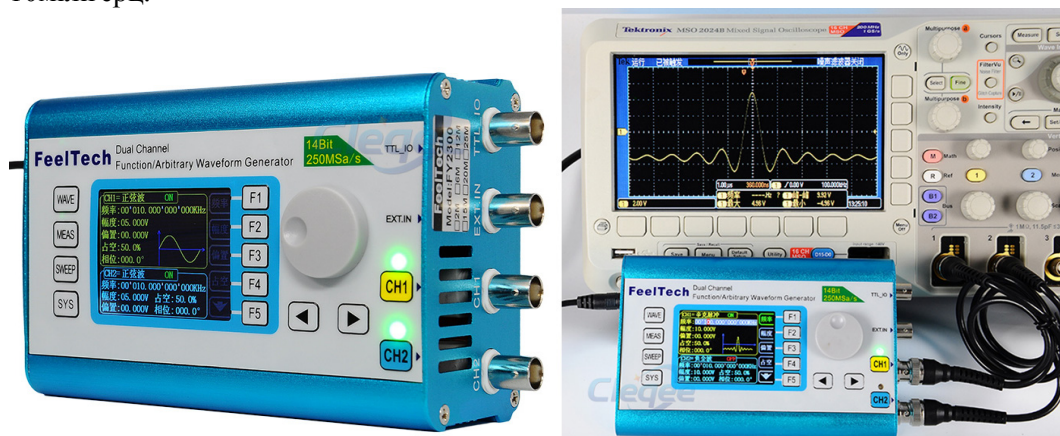


Рисунок 2 – Формування сигналу (періодичного) типу Sinc для FY2300 (60 МГц)  
 На рис.3 приведено фото практичних вимірювань частотоміром коінциденції.

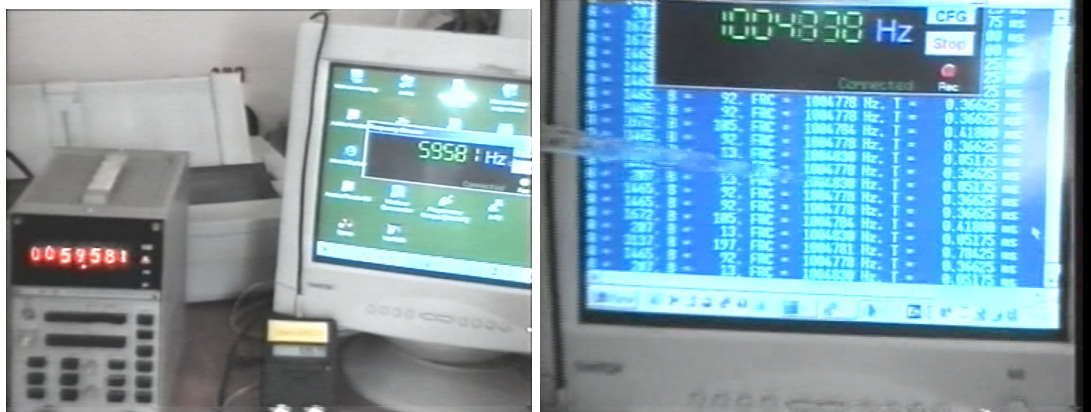


Рисунок 3 – Вимірювання частоти за методом коінциденції (1 Гц за час 1 мілісекунда)

Характерним є порівняння розроблених та існуючих принципів вимірювання за комплексним параметром точність x швидкість вимірювання. (рис.4)

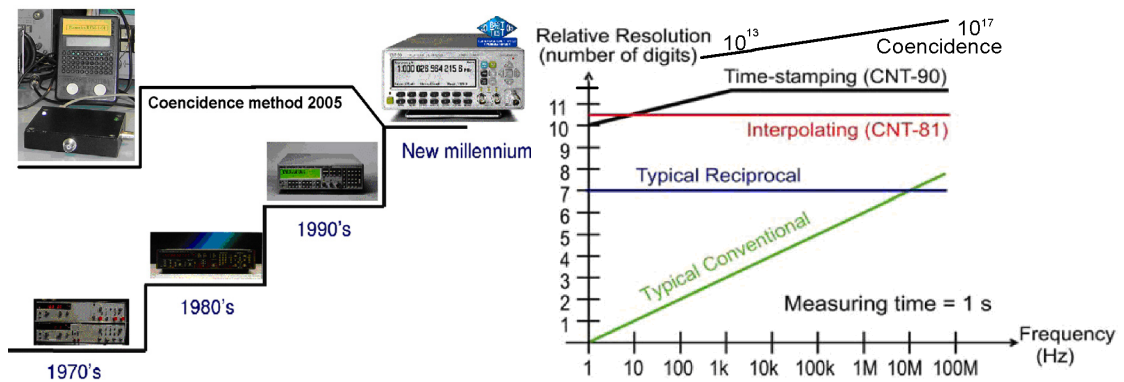


Рисунок 4 – Порівняння методів вимірювання частоти

Новітні методи допомагають також вирішити проблему збільшення роздільної здатності ЦАП (при покращенні швидкодії), що вирішує проблеми формування сигналів довільної форми із малими спотвореннями спектральних складових, так при 8-ми резисторному порівнянні можливо отримати 22, 166, 169 і навіть 247 точок шкали перетворення, зріст динаміки виграшу від рорядності показано на рис.5.



Рисунок 5 – Зростання динаміки виграшу від розрядності, сучасна класифікація та ієрархія методів вимірювального перетворення, зростання точок перетворення

### Висновки

Враховуючи, що вимоги сучасного рівня точності та швидкодії вимірювання фазочастотних та амплітудних параметрів радіосигналів не відповідають вимогам, особливо роздільної здатності менше 1 мікрогерц (на частотах 100 і більше МГц, а також формування ЦАП сигналів із малими (менше  $10^{-4}$ ) похибками на частотах у 100МГц, тому перспективним є використання лише теорії квантового вимірювального перетворення, її принципів і методології які базуються на використанні методу коінциденції, для зняття протиріччя між точністю та швидкодією вимірювання.