

**ПРОГНОЗ, КОНТРОЛЬ, УПРАВЛІННЯ ТА САМООСВІТА
В ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

УДК 534.4

І.О.Анісімов, О.І.Кельник, С.М.Левитський, І.І.Слюсаренко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**ВИКЛАД ПИТАННЯ ПРО СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИГНАЛІВ ДЛЯ БАКАЛАВРІВ
НАПРЯМКУ ПІДГОТОВКИ "ПРИКЛАДНА ФІЗИКА"**

Автори пропонують власну версію викладення питання про віконне перетворення Фур'є та його застосування для виявлення характерних особливостей досліджуваного сигналу (на прикладі сигналу з фазовою модуляцією).

The authors offer the own version of statement of a question about window transformation Fourier and its application for revealing characteristics of a researched signal (on an example of a signal with phase modulation)

1. Вступ

Спектральний аналіз сигналів традиційно займає важливе місце при викладенні курсів радіоелектронного циклу, таких як "Радіотехнічні кола та сигнали", "Радіоелектроніка" тощо, які читаються для бакалаврів за напрямком підготовки "прикладна фізика". Досить повний і послідовний виклад спектрального аналізу з точки зору теорії сигналів дано у класичних підручниках із цих дисциплін (див. наприклад, [1-2]). В той же час недостатня увага приділяється деяким важливим питанням, окремі з яких мають суттєве практичне значення. Серед таких питань слід особливо виділити розгляд Фур'є-аналізу сигналів у скінченному вікні, що є важливим для експериментального визначення спектрів. Виклад цього питання може передувати систематичному вивченню вейвлет-аналізу (див. наприклад, [3]), коли сигнал, як функція часу, перетворюється на функцію двох змінних – частоти (часового масштабу) та часового зміщення. Таким чином, можна отримати певну спектральну функцію, залежну від часу.

2. Віконне перетворення Фур'є. Поточний спектр.

При розгляді експериментального вимірювання спектрів важливим є питання про застосовність поняття "миттєвого" спектру [4]. Адже, строго кажучи, спектр функції визначається шляхом інтегрування в нескінченних межах по осі часу. Тому спектр, який можна одержати при виконанні перетворення Фур'є на скінченному інтервалі часу τ ,

$$S_{\tau}(\omega) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} u(t) \exp(i\omega t) dt, \quad (1)$$

в загальному випадку не буде збігатися зі справжнім спектром. Але для потреб практики подібний спектр, що має назву *поточного спектру*, виявляється цілком придатним, якщо інтервал часу τ є достатньо великим. Чим більший цей інтервал часу, тим точніше поточний спектр відповідає істинному спектру.

Як приклад, розглянемо поточний спектр косинусоїди, що визначається на відрізку часу τ (рис. 1 а). Він розраховується за формулою (1):

$$s_{\tau}(\omega) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} \cos \omega_0 t e^{-j\omega t} dt = \frac{\tau}{2} \left[\frac{\sin(\omega_0 - \omega) \frac{\tau}{2}}{(\omega_0 - \omega) \frac{\tau}{2}} + \frac{\sin(\omega_0 + \omega) \frac{\tau}{2}}{(\omega_0 + \omega) \frac{\tau}{2}} \right] \quad (2)$$

Цю спектральну залежність (для $\omega > 0$) зображено на рис. 1 б. Для досить великих проміжків часу

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} s_{\tau}(\omega) = \delta(\omega_0 - \omega) + \delta(\omega_0 + \omega) \quad (3)$$

поточний спектр являє собою дві дискретні частоти $\pm \omega_0$. Зрозуміло, що фізичний зміст має лише компонента з позитивною частотою.

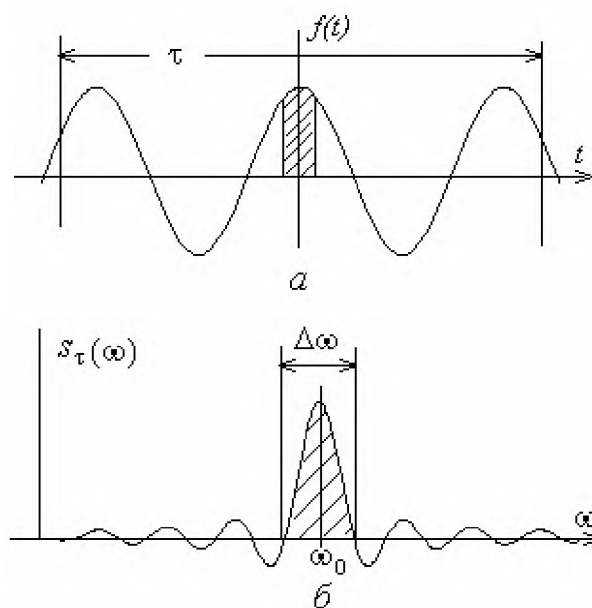


Рис. 1. Гармонічний сигнал (а) та його Фур'є-перетворення у скінченному вікні тривалістю τ (б)

При $\tau \rightarrow 0$ з косинусоїди вирізається δ -функція, і поточний спектр дорівнює постійній величині, $s_c(\omega) = 1$. Для всіх проміжних значень τ поточний спектр має структуру, що описується виразом (2) і має вигляд, зображений на *рис. 1 б*. Але оцінюючи його практичну ширину між першими нулями функції $\text{sinc}[(\omega_0 - \omega)/2]$, одержимо, що практична ширина спектру дорівнює $8\pi/\tau$.

Таким чином, невизначеність $\Delta\omega$ виміру частоти косинусоїди, проведеного за відрізок часу τ , складає величину більше або порядку $8\pi/\tau$, тобто $\Delta\omega \cdot \tau \geq 8\pi$. Ця нерівність нагадує співвідношення невизначеності з квантової механіки, де добуток невизначеності координати Δx і імпульсу Δp є величиною, що не перевищує $h/4\pi$ (h – стала Планка). Аналогічні співвідношення можна зустріти в курсі радіоелектроніки, статистичної радіофізики (теорія фільтрації) та інших.

Отже, для вимірювання спектру завжди потрібний деякий скінченний проміжок часу. І чим точніше ми бажаємо виміряти спектр, тим тривалішим має бути цей час. Тому спеціальні прилади, що слугують для вимірювання і спостереження спектрів – спектр-аналізатори – завжди мають обмежену швидкодію: чим вища їхня роздільна здатність, тим ця швидкодія менша.

З точки зору теорії коливних контурів все це досить очевидно: чим більш вибіркоким і високодобротним є контур, тим тривалішим є в ньому час установлення коливань. Смуга пропускання контуру дорівнює $\Omega = \omega_0/Q = 2\delta$ ($Q = \omega_0 L/r$ – добротність контуру, $\delta = r/2L$ – його згасання). З іншого боку, характерний час установлення коливань у контурі дорівнює $\tau = 1/\delta$. Так що добуток $\Omega\tau$ є константою за порядком величини близькою до одиниці.

Наведені вище міркування можуть бути наочно проілюстровані за допомогою тривимірної графіки для Фур'є-перетворення прямокутного імпульсу тривалістю T у скінченному вікні тривалістю τ (*рис. 2*).

На *рис. 2* видно, що ширина спектру зменшується при збільшенні розміру вікна. Коли розмір вікна τ стає рівним T , отримуємо точний спектр, і при подальшому збільшенні розміру вікна вигляд спектру не змінюється. Таким чином, затримка спектр-аналізатора, про яку йшлося вище, має перевищувати характерну тривалість сигналу, для якого вимірюється спектр.

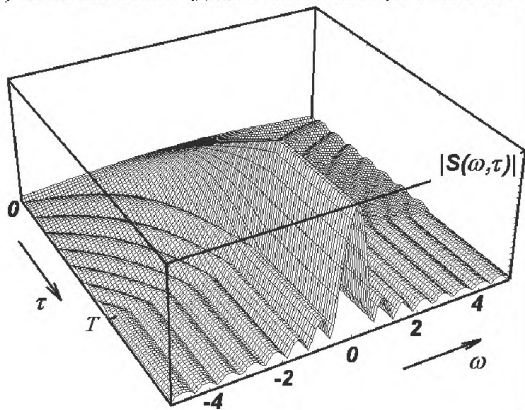


Рис. 2. Перетворення Фур'є у скінченному вікні тривалістю τ для прямокутного імпульсу тривалістю T .

3. Аналіз форми сигналу за допомогою віконного перетворення Фур'є

Розглянемо тепер перетворення Фур'є у скінченному вікні для квазіперіодичного сигналу на прикладі сигналу з фазовою модуляцією:

$$U(t) = U_m \cos \varphi(t), \quad \varphi(t) = \omega_0 t + m \sin \Omega t, \quad (4)$$

де $\varphi(t)$ – миттєва фаза сигналу, ω_0 – середня частота, Ω – частота модуляції, m – індекс фазової модуляції.

Миттєва частота сигналу, що визначається співвідношенням

$$\omega(t) \equiv \frac{d\varphi(t)}{dt} = \omega_0 + m\Omega \cos \Omega t, \quad (5)$$

гармонічно змінюється з часом.

Спектр сигналу (4) записується через деякі спеціальні функції – так звані функції Бесселя (точна формула наведена, наприклад, у [3]). Він є дискретним і складається з центральної частоти ω_0 та набору так званих сателітів $\omega_0 \pm n\Omega$, $n = 1, 2, 3, \dots$. Типовий вигляд такого спектру подано на *рис. 3 а*. Як бачимо, за зовнішнім виглядом спектру неможливо здогадатися, що миттєва частота сигналу гармонічно з частотою Ω коливається навколо середнього значення ω_0 з амплітудою $m\Omega$ (див. (5)).

Тепер здійснимо віконне перетворення Фур'є від сигналу (4) у формі (1). Нагадаємо, що t_0 і τ – відповідно початок вікна перетворення (по суті, момент часу, для якого ми знаходимо поточний спектр) і довжина цього вікна. Вимагатимемо виконання умов

$$\omega_0 \gg 2\pi/\tau \gg \Omega \quad (6)$$

та

$$m\Omega \geq 2\pi/\tau. \quad (7)$$

Перша з цих умов означає, що у вікні перетворення сигнал можна вважати майже гармонічним (його миттєва частота зміниться мало), друга – що невизначеність при знаходженні миттєвої частоти за рахунок скінченної довжини вікна буде меншою від амплітуди зміни згаданої частоти.

Результати розрахунку миттєвого спектру $|S_\tau(\omega)|$ в залежності від часу t_0 подано на *рис. 3 б* (темні області відповідають більшим значенням величини $|S(\omega)|$). Параметри сигналу та довжина вікна перетворення підбрані так, щоб забезпечити виконання умов (6) та (7). Добре видно, що миттєва частота справді гармонічно змінюється з часом.

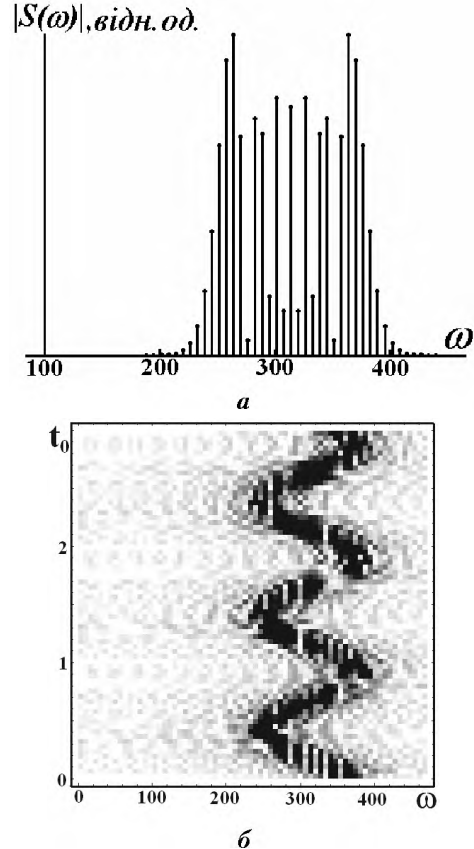


Рис. 3: а – спектр фазово-модульованого сигналу, б – залежність поточного спектру від часу. Параметри розрахунку: $\omega_0/2\pi = 50$, $\Omega/2\pi = 1$, $m = 10$, $\tau = 0,2$.

Відзначимо, що сигнали сучасних радіоспектрометрів, які вимірюють поточний спектр як функцію часу, зовні дуже нагадують *рис. 3 б*.

4. Висновки

Викладений вище матеріал може розглядатися як безпосередній вступ до вейвлет-аналізу. Виконне перетворення Фур'є, приклад якого наведено на *рис. 3 б*, залежить від трьох параметрів — частоти ω , розміру вікна τ та часу початку вікна t_0 . У випадку вейвлет-аналізу замість частоти фігурує період $T = 2\pi/\omega$, з яким і суміщена тривалість вікна τ . Таким чином, це перетворення залежить лише від двох параметрів — T і t_0 . Втім, підходи до викладення вейвлет-аналізу для бакалаврів напрямку "прикладна фізика" мають бути предметом окремого розгляду.

Матеріал, викладений у даній статті, може бути корисним при викладенні як дисциплін радіоелектронного циклу, так і курсів загальної та теоретичної фізики, а також теорії коливань та хвиль.

Список використаних джерел:

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. — М., Радио и связь, 1986.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. — М., Высшая школа, 1983.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. — М., РХД, 2001.
4. Левитский С.М. Сигналы и спектры. — К., УМК ВО, 1990.

Отримано: 1.06.2004.

УДК 372.853

П.С.Атаманчук¹, В.В.Мендерський²

¹Кам'янець-Подільський державний університет

²Національний педагогічний університет ім. В.П.Драгоманова

БІНАРНА ЦІЛЬОВА ПРОГРАМА ЯК ЗАСІБ ПЛАНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

Стаття присвячена проблемі розробки та впровадження бінарних цільових програм в процесі професійного становлення учителя фізики

Clause is devoted to a problem of development and introduction of the binary target programs during professional formation of the teacher of physics

Перед сучасною вищою педагогічною школою постає завдання підготовки вчителів нової генерації, які зможуть на практиці реалізувати ідеї переходу на пошуково-креативні схеми навчання. У таких умовах навчання повинно не наздоганяти, а випереджати педагогічну ситуацію, прогнозуючи її відповідно до соціального становища суспільства. Тому логічно є необхідність оновлення змісту фахової підготовки майбутнього вчителя.

Вивчення фізики є основою формування наукової картини світу, інтелекту людини, її духовно-культурного розвитку. Фізика також є фундаментом для перетворювальної діяльності людини: створення нової техніки, технологій, розширення пізнавальних можливостей. Проблема результативної пізнавальної діяльності тих, хто навчається, була і залишається актуальною, особливо, якщо результат навчання співвідносити не лише з кількісними, але і якісними показниками освіченості. Якість фізичної освіти органічно пов'язана зі світоглядним та методологічним аспектами фізичного знання, а, отже, завжди одержує особистісно-орієнтоване "забарвлення" [4; 5].

Однак, на шляху до результативного вивчення фізики і якісної фізичної освіти необхідно здійснити масштабний і глибокий моніторинг переходу від інформаційно-репродуктивних до особистісно-орієнтованих (пошуково-креативних) схем навчання, з метою дієвого прогнозування в навчанні. Оскільки фізика — наука експериментальна, то однозначно можна стверджувати, що якість знань і практична підготовка знаходяться в прямій залежності від якості фізичного експерименту [2; 7].

Проведенню лабораторних робіт фізичного практикуму приділяється особливе значення, оскільки їх мета не тільки формування практичних здобутків, установлення зв'язку теорії з практикою, але й виховання в них, що навчаються, ціннісних особистісних якостей: відповідальності, працьовитості, колективізму та інших. Разом з тим лабораторний практикум сприяє ознайомленню з різними методами в підготовці,

виготовленні і монтажі обладнання, розвиває дослідницькі нахили, формує уміння застосовувати здобуті знання для вирішення практичних завдань. Як показує досвід [3; 6], дуже важливо в підготовці майбутніх учителів забезпечення чіткої цілеспрямованості щодо суті, місця і компетентного коментування того чи іншого досліду, спостереження, трактування експериментальної задачі. Доцільно організовані лабораторні роботи активізують думку студента, привчають його самостійно моделювати конкретні педагогічні ситуації, пов'язані з навчальним експериментом.

Нинішня система експериментальної підготовки майбутнього вчителя все більшою мірою має будуватися на реалізації принципів особистісно-орієнтованого навчання [1; 9]. У цьому ракурсі методична складова, теоретичний та методологічний аспекти професійної підготовки майбутнього учителя фізики можуть розгортатись завдяки об'єднанню цільових орієнтацій змісту шкільного курсу фізики і змісту методики його викладання. Така постановка проблеми вимагає якісно нового підходу до формування професійних якостей майбутніх учителів фізики. Як показує досвід [1; 2; 3], у навчальних програмах прогнозований рівень навченості не детермінується об'єктивними визначниками, що повинні були б зорієнтувати навчальний процес на формування в студента професійно значущих знань.

Усуненню такого протиріччя — змістове наповнення з однієї сторони і відсутність конкретизованої мети діяльності з іншого боку — як цілеспрямовуючий засіб підготовки фахівця вдовільняє *бінарна цільова програма* — організаційний документ, що визначає змістовий компонент навчального матеріалу в особистісно-діяльнісному аспекті його реалізації. У бінарній цільовій програмі одночасно задаються орієнтири як щодо змісту шкільного курсу фізики, так і щодо методичного його препарування.

Особливість цільової програми [1; 2; 3] у цьому випадку полягає в чіткому окресленні еталонних вимог: заучування знань (ЗЗ), наслідування (НС), розуміння