

Вченому секретарю
спеціалізованої вченої ради Д.64.052.04
Харківського національного
університету радіоелектроніки,
доц. Є. А. Разумову-Фризьоку
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Курського Юрія Сергійовича на тему:
«Теоретична модель вимірювання в нелінійних динамічних системах»,
яка подана здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук за спеціальністю
01.04.01 – Фізика приладів, елементів і систем

Актуальність теми

На практиці широко використовуються складні технічні та інші динамічні системи, в яких вхідні та вихідні дії часто зв'язані нелінійними залежностями. Як наслідок цього, поведінка таких систем не завжди є прогнозованою і до того ж істотно залежить від початкових умов. При підключенні до нелінійних динамічних систем (НДС) вимірювальних приладів можливе, наприклад, виникнення залежності поведінки системи від типу приладу, його стану та від методики вимірювання. При різних методиках можна отримати зовсім не схожі реалізації випадкових процесів, які створюються системою. Отже, класична метрологія має бути адаптованою до умов вимірювання об'єктів, що являють собою НДС.

Таким чином, виникає складна науково-практична проблема розроблення методологічних основ вимірювання характеристик нелінійних динамічних систем, в яких можливе виникнення хаотичних режимів, біфуркацій, самоорганізації при існуванні суттєвої залежності від початкових та граничних умов.

Тому тему дисертаційної роботи Курського Ю. С. «Теоретична модель вимірювань в нелінійних динамічних системах», метою якої є розробка принципових положень теорії вимірювань стосовно нелінійних динамічних систем на основі створених моделей, можна вважати, без сумніву, актуальною та своєчасною.



Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, додатку та списку використаних джерел із 277 найменувань. Загальний обсяг дисертації 299 сторінок.

У першому розділі проведено аналіз різних типів НДС, розглянуті їх властивості і поставлені завдання на вдосконалення методів класичної метрології при вимірюванні в нелінійних динамічних системах, хоча надійної доказової бази щодо необхідності змінювання відомих методів вимірювання в зазначених умовах автор не надав. Мало наведено цифрових даних, що підтверджують таку необхідність. Автор детально проаналізував різні види НДС та їх особливості, що впливають на процес вимірювання. Основна увага приділена відкритим системам, в яких виникає динамічний хаос та проявляються синергетичні ефекти. Проведено дослідження математичних методів, які використовуються при моделюванні НДС. Вибрані головні показники НДС, що оцінюються в дисертаційній роботі. Не потрібно було, однак, в авторефераті приводити відомі рівняння Е. Лоренца (система рівнянь (1)) та розкривати сутність параметрів, які в подальшому не зустрічаються в тексті.

У другому розділі розглядаються фізико-математичні основи вимірювань величин в НДС, причому немає прив'язок до конкретних фізичних величин, що посилює загальнотеоретичну цінність роботи. Автор модернізував рівняння вимірювання за рахунок введення в нього початкових умов, від яких залежать результати вимірювання. При цьому не враховується інерційність системи, а випадковий процес вважається ергодичним, що звужує універсальність запропонованого методу. Зроблено внесок автора в розвиток методів оцінки невизначеності вимірювань вихідної величини НДС, яка складним чином залежить від багатьох вхідних випадкових величин. Для оцінки і класифікації динамічних режимів системи в роботі запропоновано фрактальний підхід, який в класичній метрології майже не використовується. Цей підхід апробовано для аналізу результатів вимірювання напруги в електричній мережі.

В третьому розділі запропоновано теоретичну модель вимірювання параметрів НДС, яка придатна для детермінованої, стохастичної та хаотичної динаміки системи. Модель названа автором адаптивною, але типових атрибутів

адаптації, як, наприклад, системи автоматичного регулювання, в роботі не приведено. В цілому автору вдалося розробити загальні підходи до складання рівнянь вимірювання параметрів будь-яких НДС з урахуванням шумів, початкових умов тощо. Оцінена мінімальна кількість вимірювань змінних для формування фазового портрету, на основі розширеного аналога якого можна отримати важливі характеристики, що описують НДС: точки біфуркації, показники Ляпунова, розмірність аттрактора, ентропію Шеннона, час прогнозу. Цьому сприяє виведена автором формула, яка встановлює зв'язок між фрактальною розмірністю та ентропією Шеннона. Частина третього розділу присвячена розробці пропозицій щодо вдосконалення теорії невизначеності вимірювань з урахуванням особливостей НДС.

У четвертому розділі на основі матеріалів попередніх розділів представлена експериментальна модель вимірювання параметрів випромінювання імпульсного лазера, який являє собою приклад НДС, що здатна самоорганізовуватись під дією енергії інжекції. При проведенні експериментів враховувалась теоретична модель вимірювання, що дозволяє враховувати зміну режимів роботи лазера (стаціонарний, хаотичний). Значна увага приділяється оцінці можливостей застосування отриманих результатів для нанорозмірних лазерів в звичайному режимі та в режимі надвипромінювання, коли істотно зростають вимоги до точності вимірювання параметрів лазера. Для лазерного охолодження потрібно знати стан частинок на проміжних етапах і для вирішення цього завдання автор запропонував анемометричний метод, що ґрунтується на вимірюванні доплерівського зсуву частоти лазерного випромінювання на рухомих частинках. Дана оцінка зміні ентропії та температури системи охолодження частинок, що забезпечує контроль за якістю охолодження і за точністю вимірювань. Отримані результати використані в топологічній моделі ідентифікації оптичних приладів спостереження, а критерієм ідентифікації служить фрактальна розмірність корисного сигналу та завади.

У п'ятому розділі розроблена ще одна експериментальна модель вимірювання стану біофізичних НДС, до яких належить, зокрема, людина з організмом, що здатний до самоорганізації. Проведено аналіз системних характеристик людини, які належить вимірювати. На основі вимірювань визначено

числовий портрет стану здоров'я людини. Отримані результати підтвердили процес самоорганізації системи. Використання моделей вимірювання даного розділу підтверджують загальнотеоретичну цінність роботи та її універсальність, що створює можливості застосування отриманих результатів не тільки до технічних, але і інших систем (біофізичних, можливо, до соціальних).

В цілому текст дисертації та автореферату викладено грамотно. Матеріал подається логічно, послідовно. Зустрічаються, однак, граматичні та стилістичні помилки. Через всю роботу проходить неправильне вживання словосполук. Наприклад, замість “результати ґрунтуються на ...” використовується “результати засновані на ...”. З тексту дисертації не завжди випливає мета того чи іншого підрозділу, тобто автор не в повній мірі використовує свої функції по доведенню до читача необхідності того чи іншого матеріалу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Основні наукові результати дисертаційної роботи загалом є обґрунтованими. Їх достовірність забезпечується в цілому коректним застосуванням теорії процесів самоорганізації та динаміки ієрархічних систем, теорії вимірювань, математичної статистики, фрактального аналізу, теорії лазерів, топології. Коректно виконано також аналіз фізичних процесів в приладах та системах медико-біологічного призначення. Отримані результати підтверджуються експериментами, в яких досліджувались напруга електричної мережі, випромінювання лазерів, параметри біофізичної системи.

Результати, що викладені у дисертаційній роботі, дозволили вирішити важливу проблему побудови теорії дослідження нелінійних динамічних систем на основі моделей вимірювання, що враховують фізичні процеси самоорганізації та динаміку ієрархічних систем. Автор брав участь у виконанні двох науково-дослідних робіт за державним замовленням, в яких розв'язувались питання за темою дисертації.

Наукова новизна роботи

До наукової новизни дисертаційної роботи слід віднести такі положення:

- розроблено фізико-математичні основи вимірювань величин зі складною хаотичною динамікою, яка властива еволюціонуючим нелінійним динамічним системам з функцією самоорганізації;

- вперше розроблено теоретичну модель, яка забезпечує вимірювання та дослідження нелінійних динамічних систем у випадку детермінованої, стохастичної та хаотичної динаміки;

- отримала подальший розвиток теорія невизначеності вимірювань в нелінійних динамічних системах, вперше розроблені принципи оцінювання та подання результатів вимірювань величин з хаотичною динамікою;

- вперше розроблено експериментальні моделі дослідження параметрів випромінювання лазера, процесу лазерного охолодження, стану біофізичної системи, які дозволяють досліджувати нелінійні динамічні системи та керувати процесами в умовах хаотичної динаміки.

На жаль, в науковій новизні не відзначено, чим нові результати відрізняються від відомих.

Практична цінність дисертаційної роботи у тому, що запропонована теорія, методи та моделі створюють методологічну основу для дослідження фізичних процесів самоорганізації та динаміки ієрархічних систем, апаратних комплексів, інформаційно-керуючих систем, аналізу фізичних процесів в приладах та системах медико-біологічного призначення. Отримані результати можуть використовуватись в організаціях, що виготовляють лазерну і медичну техніку та вимірювальні інформаційні системи.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи достатньо повно висвітлені в 56 наукових працях: видана 1 монографія, опубліковано 37 статей у наукових фахових виданнях України, 11 публікацій входять до наукометричних баз Scopus, Web of Science, рецензованих зарубіжними виданнями, 18 публікацій у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних наукових конференцій. В цілому опубліковані роботи в достатній мірі відображають основні положення дисертації.

Використання результатів дисертаційної роботи

Запропоновані теорії, методи та моделі можуть бути використані при створенні нової та вдосконаленні існуючої техніки, що має функцію

самоорганізації, проектуванні технологічних процесів виробництва та випробовування лазерних і мікролазерних систем, систем конфіденційного зв'язку, дослідженні біофізичних систем в інтересах охорони здоров'я людини.

Зауваження до дисертації.

Дисертація має не тільки істотні здобутки, але і вразливі місця, щодо яких необхідно зробити певні зауваження.

- 1) завеликий обсяг першого та другого розділів, який перевищує обсяг трьох основних розділів роботи (третього, четвертого та п'ятого);
- 2) недостатньо повно розкриті причини неможливості необмеженого застосування класичних методів вимірювань для дослідження нелінійних динамічних систем, відсутні ілюструючі приклади, що доводять необхідність особливих умов вимірювання;
- 3) не в повній мірі обґрунтован вимоги до вимірювальних систем, які використовуються при дослідженні нелінійних динамічних систем з функцією самоорганізації, зокрема, наприклад, не порівнюються смуга пропускання вимірювальної системи та ширина спектру сигналів, що формуються нелінійною динамічною системою; не деталізовано, в яких випадках вимірювальна система може відрізнити реальні завади від детермінованого хаосу, який виникає в зазначених системах;
- 4) в дисертації використовується поняття нефізичної величини; реально, все в світі, що існує, зводиться до трьох складових: матерії, енергії та інформації, а ці три компоненти є фізичними;
- 5) не доведена можливість використання поняття ентропії до нелінійних динамічних систем, що самоорганізуються; як правило, ентропія може використовуватись в закритих системах, в яких процес самоорганізації є неможливим;
- 6) не досліджені можливості розрізнення впливу на вихідний сигнал нелінійної динамічної системи початкових умов та зовнішніх дій як атрибутів відкритої системи, а це є важливим для практики; не проведене моделювання впливу закону розподілу початкових умов на вихідний сигнал;
- 7) не пояснюється детально, чому розроблена теоретична модель є адаптивною; не показано, що така модель може самостійно згідно з вимогами адаптивності

перестроюватись на інший режим роботи нелінійної динамічної системи; в роботі адаптивність більш схожа на універсальність;

- 8) у висновках зазначається, що в дисертації розв'язана актуальна наукова задача, хоча реально треба фіксувати рішення проблеми; серед всіх завдань, що впливають з мети дисертації, третє завдання співпадає з темою дисертації;
- 9) автор широко використовує поняття “динамічна змінна”, хоча поняття “змінної” вже містить динаміку; згідно з вікіпедією, динамічна змінна – це змінна в програмі, місце в оперативній пам'яті, під яке вона виділяється;
- 10) рівняння вимірювання записані автором для нелінійної неінерційної системи, тобто для системи без пам'яті; в дисертації не розкрито вплив інерційності системи на отримані результати; умови вимірювання для нелінійних динамічних систем з функцією самоорганізації містять 7 пунктів, хоча вони підходять для будь-якої динамічної системи; крім того, на практиці часто порушується ергодичність та марковість випадкових процесів, а для цих випадків в роботі проведено мало досліджень;
- 11) є низка зауважень щодо оформлення дисертації та автореферату:
зустрічаються стилістичні та граматичні помилки;
багато формул, наприклад, (2.22)...(2.24), є очевидними і не варто їх було поміщати в роботу;
вираз (2.33) називається кореляційним інтегралом, хоча ніякого інтегралу в формулі немає;
в другому розділі відсутні висновки щодо фізико-математичних основ вимірювань величин із складною хаотичною динамікою;
серед всіх завдань, що впливають з мети дисертації третє завдання співпадає з темою дисертації;
в авторефераті приводяться відомі формули (формули Лоренца, Шеннона), на які не потрібно було витратити місце.

Зазначені зауваження істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

Висновки

В цілому дисертаційна робота Курського Юрія Сергійовича є завершеною науковою працею спрямованою на розробку принципів положень теорії дослідження нелінійних динамічних систем на основі моделей вимірювань.

Наукові положення, які сформульовані в роботі, обґрунтовані.

Новизна висновків і рекомендацій сприймаються без заперечень. Викладення результатів теоретичних та експериментальних досліджень відповідає вимогам до наукових публікацій. Зміст автореферату повністю відповідає тексту дисертації, а їх основні положення ідентичні.

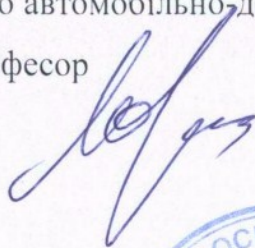
Основні теоретичні положення роботи, висновки та рекомендації відображені в монографії автора, публікаціях в науково-технічних журналах, доповідях на вітчизняних та міжнародних науково-технічних конференціях.

Вважаю, що за актуальністю теми, ступеню обґрунтованості і достовірності результатів, наукової новизни і практичному значенню дисертаційна робота Курського Ю. С. «Теоретична модель вимірювання в нелінійних динамічних системах» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015), а її автор Курський Юрій Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – Фізика приладів, елементів і систем.

Завідувач кафедри метрології та безпеки життєдіяльності

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету,

доктор технічних наук, професор

 О. В. Полярус

