67-72-138/1
16.12.16

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Антонюк Олени Олександрівни
«Вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин організму людини»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 - стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Актуальність теми дисертації

Сьогодення наукових досліджень в різних галузях науки і техніки зумовлює необхідність вдосконалення методів і засобів контролю різних технологічних параметрів, в тому числі і при дослідженні біологічних об'єктів. Одним із таких напрямків є сфера наукових досліджень, яка стосується життя і здоров'я людини, зокрема експрес-діагностики спектру морфологічних та фізіологічних параметрів організму. Прикладом застосування науково-технічного підходу до вирішення прикладних задач, які стосуються об'єктивного оцінювання стану людського організму, є застосування новітніх прикладних методів дослідження, що передбачають впровадження вимірювальних методів на базі концептуальних підходів імпедансометрії. Проте реалізація цього методу залежить від різних факторів, зокрема особливостей досліджуваного об'єкта. Якщо оцінювати рівень інформативності таких вимірювань, то він залежить від технічних засобів визначення стану об'єкта (людини зокрема), а також від умов їх функціонування. Одним із прикладів проблем при вирішення цієї задачі є неоднозначність при використанні різних підходів до реалізації імпедансного методу, що приводить до отримання неоднозначних результатів вимірювання параметрів імітансу. Поряд з цим є необхідність врахування особливостей тканин організму людини під час їхнього дослідження. Таким чином актуальним є врахування не лише особливостей тканин організму людини під час їхнього дослідження, а також особливостей технічної складової реалізації методів вимірювання, що є актуальністю дисертаційної роботи, яка стосується технічних наук з аспектом на стандартизацію, сертифікацію та метрологічне забезпечення.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Основні теоретичні положення роботи, які захищаються здобувачем *обґрунтовані* та підтверджені коректністю постановки і вирішення завдань дисертаційної роботи з використанням основних положень теорії електричних кіл та сигналів, зокрема імпедансного методу у сфері біофізики, вимірювальної техніки та електротехніки при застосуванні багатоелектродних та електроємнісних перетворювачів для контролю параметрів діелектричних об'єктів, застосування методів математичного та імітаційного моделювання при дослідженні математичних моделей еквівалентних схем заміщення біологічних об'єктів, в тому числі тканин організму людини. При цьому застосовувалися

аналітичні та числові методи досліджень з використанням положень математичного аналізу, теорії комплексної змінної з використанням математичних середовищ MathCad та Excel. Отримані автором наукові результати у відповідності до поставлених задач дослідження є логічними, не суперечать фундаментальним фізичним закономірностям, повністю відображають отримані автором результати, а також підтверджуються достатньою апробацією основних положень і висновків на міжнародних науково-технічних конференціях.

Достовірність отриманих в роботі положень і наукових результатів підтверджується коректністю застосування системи припущень і формулювання умов досліджень при моделюванні зміни параметрів імпедансометрії за умов дослідження тканин організму людини. Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами експериментальних досліджень із застосуванням сучасних вимірювальних приладів при вимірюванні параметрів адмінтансу для осіб жіночої та чоловічої статі.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна роботи стосується вдосконалення методів та засобів імпедансометрії при локалізації вимірювальної ділянки тканини організму людини.

Найвагомішими науковими результатами є наступні:

- вперше запропонований метод локалізації вимірювальної ділянки тканини організму людини при застосуванні імпедансометрії, який полягає у використанні чотириелектродного під’єднання сенсора з охоронним електродом, а два потенціальні електроди зі сталою відстанню між ними переміщують або змінюють цю відстань у межах міжелектродної відстані струмових електродів;

- вперше отримано і чисельно досліджено аналітичні вирази методичних похибок при вимірюванні параметрів елементів схем заміщення тканин біологічних об’єктів, з використанням для цього складових імпедансу та адмітансу на різних частотах, що дає змогу оцінити похибку при вимірюванні на будь-якій частоті або вибрати необхідну частоту дослідження за умов заданої похибки вимірювання;

- вперше встановлені при математичному моделюванні закономірності зміни реактивної складової імпедансу екстремальні значення на частоті, яка пропорційна параметрам приелектродного імпедансу, що може бути використано для ідентифікації біологічних об’єктів за реактивними складовими з урахуванням площі електродів та ємності об’єкта.

Практична цінність отриманих автором результатів полягає у реалізації запропонованого способу вимірювання імпедансу за п’ятиелектродною схемою під’єднання двостороннього сенсора, чим забезпечується вимірювання

складових імпедансу ділянки тканини заданого об’єму. Розроблена методологія визначення похибок, яка дозволяє розрахувати методичну похибку для вибраної робочої частоти, а також здійснювати вибір частоти для забезпечення заданої похибки вимірювання параметрів елементів схем заміщення. Розроблено структурну схему пристрою вимірювання активної та реактивної складових імпедансу біологічних тканин з прямим перетворенням, що забезпечує інваріантність результату вимірювання до приелектродного імпедансу та напруги тестового сигналу. Основні результати роботи використовуються у навчальному процесі для студентів за спеціалізацією «Метрологічне забезпечення випробувань та якості продукції» при вивченні дисциплін: «Вимірювальний контроль якості», «Методи та засоби вимірювання, випробування та контролю».

Рекомендації щодо використання результатів роботи

Розроблений автором вдосконалений метод і засіб імпедансометрії для дослідження тканин організму людини, який реалізується з використанням багатоелектродного електроємнісного вимірювання неінвазивних вимірювальних перетворювачів, можуть бути використані у практичній діяльності закладів охорони здоров’я України, зокрема при діагностуванні шкірних та внутрішніх захворювань організму людини. Результати роботи можуть бути використані при розробленні нового нормативного документа України щодо методів діагностики стану людського організму.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 111 найменувань та 5 додатків, викладена на 156 сторінках друкованого тексту, у тому числі основний зміст дисертації представлений на 125 сторінках тексту, робота містить 51 рисунок.

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження. Наведено зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Дана характеристика наукової новизни та практичної цінності отриманих результатів. Наведені дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів досліджень та публікації щодо роботи.

У першому розділі дисертації здійснений огляд методів та засобів вимірювання параметрів імітансу тканин організму людини. Охарактеризовано суть імпедансного методу дослідження тканин організму людини, а також визначено інформативні параметри, що використовуються під час реалізації цього методу. Розглянуто еквівалентні схеми заміщення тканин організму людини, які описуються електричними схемами заміщення біологічних тканин. Охарактеризовано та проаналізовано різні види інвазивних та неінвазивних первинних перетворювачів технічних засобів для реалізації вимірювань параметрів імітансу біологічних об’єктів. Сформульовано напрями та завдання дослідження, які необхідно вирішити у роботі.

Другий розділ містить теоретичні дослідження електричних моделей первинних перетворювачів різного конструктивного виконання для вимірювання параметрів імітансу тканин організму людини. Наводяться схеми заміщення розглянутих сенсорів з урахуванням інформативних та неінформативних параметрів. Розглянуто напрямки вдосконалення методів локалізації вимірювань параметрів імпедансу. Досліджено методи побудови вимірювальних перетворювачів електричного імітансу біологічних об'єктів на основі різних методів вимірювання, а саме потенціометричного, резонансного, мостових схем, а також на основі імпульсної імпедансометрії.

Третій розділ присвячений викладенню напрямків вдосконалення методів дослідження тканин організму людини. Розглянуті методи дослідження біологічних об'єктів з невідомими і відомими схемами заміщення. Детально досліджені методи з відомими еквівалентними схемами заміщення, зазначено їхні переваги та недоліки. Запропоновано метод знаходження значень параметрів еквівалентної схеми заміщення біологічної тканини в частотному діапазоні функціонування перетворювачів. Оцінено методичні похибки вимірювання параметрів еквівалентних схем заміщення біологічних тканин та складових імітансу, для чого досліджено їх математичні моделі та реалізовано графічне моделювання для заданого частотного діапазону. Здійснено числове моделювання складових імпедансу у частотному діапазоні з врахуванням та без врахування впливу приелектродних ефектів на результат дослідження.

Четвертий розділ присвячений вдосконаленню засобів вимірювання параметрів імітансу біологічних об'єктів. Досліджено та проаналізовано з врахуванням умов використання способи вимірювання параметрів імітансу, що реалізуються вимірювальними засобами широкого застосування та способи, за якими можуть бути побудовані вимірювальні засоби спеціального призначення. Проаналізовано структури відомих та розроблених вимірювальних перетворювачів «імітанс-напруга» з конкретизацією їх переваг та недоліків. Подана структурна схема розробленого засобу вимірювання складових імпендансу біологічних тканин. Подано результати експериментальних досліджень різної кількості електродних систем, які підтвердили ефективність використання п'ятиелектродної конструкції сенсора для забезпечення локалізації вимірювання та інваріантності до неінформативного імпедансу. Проаналізовано за результатами експериментальних досліджень закономірності зміни активної та реактивної складових адмітансу у частотному діапазоні до 100 кГц для осіб однієї вікової групи та різної статевої приналежності.

У **висновках** наведені найбільш важливі наукові та практичні результати, які були отримані при проведених дослідженнях.

Додатки містять результати вимірювань і моделювання складових імпедансу різних вимірювальних схем, значення результатів моделювання відносних похибок при визначенні параметрів схем заміщення біологічних об'єктів, результати вимірювання параметрів адмітансу для різних об'єктів дослідження, а також документи, що підтверджують впровадження отриманих результатів дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної правильної української наукової термінології. Робота виконана на належному науковому рівні, є завершеною науковою працею, має практичне значення та відображає рішення актуальної науково-прикладної задачі вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин організму людини. Оформлення дисертації в цілому відповідає темі досліджень і вимогам пунктів 13 та 14 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», вимогам МОН України, а також паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Ідентичність автореферату змісту дисертації

Автореферат в загальному написаний відповідно до вимог МОН України до авторефератів. Він містить всі необхідні складові структурної побудови і в ньому викладена основна суть виконаних наукових досліджень, а також наведені висновки та список основних публікацій. В цілому зміст автореферату дисертації адекватно відображає основну суть виконаної роботи.

Повнота викладу основних матеріалів в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 20 наукових робіт, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових періодичних виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз та отримано 2 рішення про видачу патентів на корисні моделі. Дисертаційна робота пройшла апробацію, її основні положення доповідалися на 14 міжнародних та національних науково-технічних конференціях. Тому апробацію результатів дисертаційних досліджень можна вважати достатньою.

Зауваження до дисертаційної роботи і автореферату

1. В роботі не конкретизовані геометричні розміри електродів і не досліджено вплив їх розмірів на результати вимірювань імпедансу біологічних тканин, в тому числі їх вплив на приелектродний імпеданс.

2. В роботі необхідно було навести схему реалізації методу локалізації вимірювальної ділянки тканин організму людини з використанням чотириелектродного сенсора, що є п. 1 наукової новизни дисертаційної роботи.

3. Не розкрито суть технічної новизни, на які отримано здобувачем 2 рішення про видачу патентів на корисні моделі. Доцільно було здійснити посилання на подані заявки по цих рішеннях в дисертаційній роботі.

4. Виконані дослідження стосовно залежності складових адмінтансу від частоти (рис. 3.4, 3.6) необхідно було подати з кількісними характеристиками.

5. Не конкретизованим є ділянка чи частина живої тканини людського організму, які підлягали експериментальним дослідженням, що викладені в підрозділі 4.4 дисертаційної роботи.

6. В роботі не описані відомі результати досліджень щодо вимірювання імпедансу іншими науковцями України, в тому числі фахівцями НУ «Львівська політехніка».

7. Який критерій вибору для досліджень понять «невідомі» або «відомі» схеми заміщення.

8. Результати кількісного чисельного моделювання доцільно було подати в 3D графічному форматі, який міг би одночасно ілюструвати зміну активної та реактивної складових імпедансу.

9. Коментарі в роботі на ст. 78 щодо складності виразів для обчислення адмінтансу і неможливості їх реалізації є необгрунтованими оскільки для сучасного програмного забезпечення персонального помп'ютера це не є проблематичним завданням.

10. Чи розглядалися відомі дослідження у сфері електоємнісного методу структуроскопії для визначення параметрів діелектричних матеріалів, в яких використовуються багатоелектродні ємнісні перетворювачі?

11. Дисертаційна робота містить ряд неточностей у її оформленні:

11.1 Формулювання об'єкту дослідження є неправильним, оскільки ним повинні бути процес або явище.

11.2 Виклад практичного значення отриманих результатів містить забагато пунктів, кількість яких за своєю суттю можна було би зменшити до трьох.

11.3 Посилання в тексі дисертації на рисунки необхідно було здійснювати зі словом рис., а не рисунок.

11.4 В розділі 3 відсутні формули (3.1)...(3.8).

11.5 Відсутні коментарі до графіка на рис. 3.10а, який є незрозумілим щодо неоднозначності похибки на частоті 0 Гц.

11.6 На стор. 9-10 дисертації особистий внесок здобувача поданий без конкретизації джерела, де опубліковані роботи.

11.7 У висновках практично відсутні кількісні характеристики отриманих результатів, наприклад, на скільки вдалося зменшити похибку вимірювання (п.9 висновків).

11.8 Відсутнє розшифровування позначення елемента Zx до рис. 2.15.

11.9 Зустрічаються неточності у назві одинакових рисунків, зокрема рис. 4.9 дисертації і такий самий рис. 7 автореферату.

Висновки про відповідність дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України

Дисертаційна робота Антонюк Олени Олександрівни є завершеним науковим дослідженням, в якому отриманні суттєві нові наукові і практичні

результати, що дозволяють розв'язати науково-прикладне завдання вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин організму людини із використанням дво- та багатоелектродних електроємнісних перетворювачів.

Мета роботи, поставлені та розв'язані в ній завдання досліджень, викладені основні наукові результати дають можливість зробити висновок про те, що дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Вказані зауваження не стосуються основних наукових положень дисертації і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та на її наукову цінність.

Вважаю, що дисертаційна робота Антонюк Олени Олександрівни «Вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин організму людини» за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю отриманих в ній результатів досліджень і рівнем виконання відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., щодо робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її авторка заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент:
Завідувач кафедри «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції»
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу
докт.техн.наук, професор О.Є. Середюк

Підпис(и) О.Є. Середюк
посвідчую
Вчений секретар ІФНТУНГ
14. 12 2016 р.

14.12.2016р.