**Монастирський Зеновій Ярославович. Поліінваріантні мостові засоби дистанційних вимірювань параметрів імітансних сенсорів: дис... д-ра техн. наук: 05.11.05 / НАН України; Інститут електродинаміки. - К., 2004.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Монастирський З.Я. Поліінваріантні мостові засоби дистанційних вимірювань параметрів імітансних сенсорів. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.05 – прилади та методи вимірювання електричних та магнітних величин. – Інститут електродинаміки НАН України. - Київ, 2004.  Дисертація присвячена розробці основ теорії і принципів побудови мостових вимірювальних засобів з імітансними сенсорами, що експлуатуються в умовах дії різнорідних дестабілізуючих факторів. Головна концепція такої побудови грунтується на досягненні інваріантності результату вимірювань до дії цих факторів. Проаналізовано структури мостових вимірювальних кіл і показано, що основними специфічними елементами, які відрізняють їх від інших „немостових”, є т.зв. схеми формування і схеми порівняння енергетичних величин. Встановлено властивості дуальності і реверсивності цих схем, мостових вимірювальних кіл в цілому та їх окремих гілок. Ці властивості використано при розробці принципів побудови і синтезі схем вимірювальних засобів, інваріантних до неінформативних електричних параметрів та зовнішніх чинників.  Розроблено нові способи корекції систематичних похибок та автоматизації повірки поліінваріантних мостових засобів вимірювань, що дало змогу створити новий клас цих засобів з „самонастроюванням” та „самоповіркою”.  Адаптовано для роботи у складі мостових засобів з імітансними сенсорами одноконтурні екстремальні системи автоматичного зрівноважування, завдяки чому підвищено їхню точність та швидкодію. Розроблено структури багатоканальних мостових засобів з імітансними сенсорами, що забезпечують інваріантність до параметрів суміжних каналів та параметрів комутаторів. Описано зразки розроблених, виготовлених та впроваджених у виробництво приладів. | |
| |  | | --- | | На підставі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розвинуто теорію мостових методів вимірювання електричних інформативних параметрів імітансних сенсорів з використанням принципів теорії інваріантності та формальних топологічних перетворень електричних кіл. У дисертаційній роботі поставлена та вирішена нова наукова проблема – забезпечення надійного функціонування і заданої точності вимірювальних засобів в умовах дії декількох груп різнорідних впливних величин у широкому діапазоні зміни їх значень. Як об’єкт дослідження вибрані мостові вимірювальні засоби, які з одного боку є найпридатнішими для вирішення цієї проблеми, а з другого – її розв’язання саме для цих засобів є надзвичайно актуальним, оскільки вони найпоширеніші в практиці точних вимірювань фізичних величин з допомогою імітансних сенсорів. Вирішення цієї наукової проблеми ґрунтується на положеннях теорії інваріантності та мостових методів вимірювань, застосуванні методів топологічних перетворень та доведених властивостей мостових вимірювальних кіл, що дозволило створити новий клас пристроїв – поліінваріантні мостові засоби вимірювань. Результати роботи можуть бути покладені в основу розроблення нових вимірювальних приладів і систем з імітансними сенсорами для роботи в умовах дії різнорідних впливних величин, а також використані для покращення метрологічних характеристик існуючих вимірювальних засобів. Основними з цих результатів є наступні.   1. На основі аналізу узагальненої структури мостових вимірювальних засобів з імітансними сенсорами визначено основні впливні величини, що діють на ці засоби, та показано, що загальним принципом досягнення їхньої інваріантності є принцип двоканальності академіка Б.М.Петрова, а принцип регулювання за відхиленням доцільно використовувати для усунення впливу неінформативних параметрів сенсорів і з’єднувальних ліній. 2. Встановлено та доведено нові властивості мостових вимірювальних кіл, а саме: властивості дуальності та реверсивності, які полягають у тому, що окремі мостові кола та їх складові частини пов’язані між собою та переходять одна в одну при виконанні над ними формальних топологічних *D*– та *R* – перетворень. Еквівалентні схеми будь-яких мостових вимірювальних кіл можна подати у вигляді з’єднань об’єкта вимірювання, зразкових мір та еквівалентних джерел струму або напруги і еквівалентних вимірювачів струму або напруги. Сформульовано умови інваріантності мостових вимірювальних засобів до неінформативних параметрів у вигляді вимог до внутрішніх імітансів еквівалентних джерел та вимірювачів. Показано, що інваріантність до неінформативних параметрів є необхідною умовою досягнення інваріантності мостових вимірювальних засобів до зовнішніх чинників. Достатньою умовою при цьому є ізоморфність функцій передавання електричного сигналу від джерела живлення до вказівника рівноваги відносно вимірюваної величини та регульованого параметра.    1. На основі загальних принципів інваріантності вперше розроблено та досліджено принципи і схеми компенсації впливу неінформативних параметрів у мостових вимірювальних колах, зокрема принципи одно – та двоканальної компенсації внутрішніх імітансів еквівалентних джерел і вимірювачів та принцип вибіркової компенсації зовнішніх імітансів. Знайдено вирази для залишкових похибок недокомпенсування, з яких випливає, що використання запропонованих принципів зменшує похибки від впливу неінформативних параметрів у 100 і більше разів. Завдяки використанню топологічних *D* –, *R*– та *Р* – перетворень одержано повний клас схем компенсації на заданій елементній базі підсилювачів і повторювачів струму і напруги. Розроблено та досліджено схеми мостових вимірювальних кіл, інваріантних до неінформативних параметрів з’єднувальних ліній та імітансних сенсорів, значення яких суттєво, а саме в тисячі й десятки тисяч разів, перевищують інформативні параметри. Відносні похибки цих мостових вимірювальних кіл не перевищують сотої частки відсотка, що дозволяє використовувати їх як базові для побудови поліінваріантних мостових вимірювальних засобів.    2. Вперше визначено умови інваріантності мостових вимірювальних засобів до зовнішніх чинників, корельованих зі зміною вимірюваної величини, так званих “чинників нелокальної дії”. Однією з таких умов є можливість фізичної реалізації імітансних сенсорів з різним відношенням чутливостей до вимірюваної величини і зовнішнього чинника (принцип непропорційних чутливостей). Реалізація цього принципу передбачає наявність асиметрії в основному і додатковому каналах передачі вимірюваної величини та зовнішніх чинників, яку можна ввести зміною конструкції сенсорів (конструкційна асиметрія), або зміною значень параметрів сенсора (параметрична асиметрія). Застосування обидвох видів асиметрії в ємнісних рівнемірах дозволило на порядок зменшити похибку від вертикального градієнта діелектричної проникності контрольованого середовища.    3. На підставі аналізу похибок поліінваріантних мостових вимірювальних засобів вперше встановлено, що причиною їх виникнення є порушення певних співвідношень між параметрами імітансних сенсорів та параметрами мостових вимірювальних кіл (умови інваріантності), а не відхилення параметрів від заданих значень. Запропоновано автоматично коригувати цю похибку “самонастроюванням” вимірювального кола на умови інваріантності, розроблено алгоритми такого настроювання та показано, що воно дає змогу зменшити адитивну та мультиплікативну складові систематичної похибки на порядок, а нелінійні складові приблизно вдвічі. При цьому суттєво зменшуються вимоги до точності підгонки параметрів сенсорів у процесі їх виготовлення.       1. Вперше показано, що імітаційну повірку поліінваріантних мостових вимірювальних засобів з імітансними сенсорами доцільно проводити масштабуванням не самих інформативних параметрів сенсорів, а активних величин, що живлять ці сенсори. Завдяки такому масштабуванню вдається автоматизувати процес імітаційної повірки, спростити схему повірочної устави, проводити повірку засобу без демонтажу та вилучення з’єднувальних ліній і самих сенсорів з вимірювального кола, створювати вимірювальні засоби з вбудованою схемою самоповірки та значно розширеними функційними можливостями.       2. Запропоновані в дисертаційній роботі нові способи симетричної багатокрокової модуляції, спрощеного екстраполяційного зрівноважування та регулювання фази сигналу нерівноваги дозволили адаптувати одноконтурні екстремальні системи зрівноважування вимірювальних кіл до роботи з імітансними сенсорами при мінімальних апаратурних затратах. При цьому у 5 і більше разів підвищується точність зрівноважування завдяки забезпеченню інваріантності до похибок формування модуляційних приростів та у 3-4 рази зростає швидкодія завдяки можливості визначення залишкової нерівноваги за модуляційними приростами модуля вихідного сигналу мостових вимірювальних кіл.       3. Розроблено базові структури багатоканальних поліінваріантних мостових вимірювальних засобів з неуніфікованими каналами. Кожен із каналів цих засобів реалізує певну функцію інформативних параметрів кількох імітансних сенсорів для забезпечення інваріантності до зовнішніх чинників згідно з принципом двоканальності. Показано, що функції уніфікації вихідних сигналів сенсорів, їх аналого-цифрового перетворення та попередньої математичної обробки можуть виконуватися безпосередньо у мостовому вимірювальному колі. Вперше запропоновано структури мостових вимірювальних кіл, що забезпечують інваріантність результатів вимірювань у кожному з каналів до впливу параметрів суміжних каналів та залишкових параметрів комутаторів, встановлено умови інваріантності до впливу перехідних процесів, що виникають у з’єднувальних лініях при комутації каналів.       4. Результати дисертаційної роботи використано при розробці, виготовленні та експериментальному дослідженні спроектованих за участю автора засобів вимірювання. Зокрема, розроблено системи вимірювання рівня рідких діелектриків з малими значеннями діелектричної проникності, які порівняно із зарубіжними аналогами мають у 3…5 разів вищу точність вимірювання, у 8…10 разів вищу швидкодію, зменшену від кількох годин до одиниць секунд тривалість очікування до виконання вимірювань; розроблено кондуктометричні вимірювальні засоби, що відрізняються схемною простотою та високою надійністю і при однакових метрологічних характеристиках у 4…5 разів дешевші від зарубіжних аналогів. | |