**Cебко Вадим Вадимович. Електромагнітні методи і пристрої для сумісного визначення магнітних, електричних, геометричних параметрів та температури провідних виробів (Теорія і розробки) : Дис... д-ра наук: 05.11.13 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Себко В.В. Електромагнітні методи і пристрої для сумісного визначення магнітних, електричних, геометричних параметрів та температури провідних виробів (Теорія і розробки).** – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2008.  Дисертацію присвячено актуальним питанням, які полягають у тому, що існуючі методи та засоби контролю параметрів провідних виробів і речовин мають низьку достовірність за рахунок того, що не враховують температуру, при якій визначаються електромагнітні параметри обєктів, що контролюються, а також за рахунок того, що не відомі динамічні та статичні характеристики різного типу теплових вихорострумових датчиків з різною орієнтацією магнітного поля. У рамках цих питань було удосконалено існуючі електромагнітні методи за рахунок сумісного контролю електромагнітних і геометричних параметрів провідних виробів разом з температурою і створено нові багатопараметрові безконтактні та контактні вихорострумові методи сумісного контролю параметрів трубчастих, суцільних циліндричних і плоских виробів.  Запропоновано екранний чотирипараметровий вихорострумовий метод контролю відносної магнітної проникності m*rt*, питомої електричної провідності s*t*, температури феромагнітної труби *t* і коефіцієнта згасання синусоїдального магнітного поля в середині труби *ht*. Розглянуто вплив домінуючої домішки вуглецю на кількісні значення електромагнітних параметрів m*r* і s, а також еквівалентно на температуру сталевих виробів. Створено контактний резистивно-індуктивний трипараметровий вихорострумовий метод сумісного контролю електромагнітних параметрів і температури, а також запропоновано чотирипараметрові вихорострумові методи контролю плоских феромагнітних виробів, що зондуються полем кратних частот трансформаторного і параметричного вихорострумових датчиків. Досліджено можливість використання теорії контактного робочого перетворювача КРП стосовно контролю параметрів плазмового стовпа люмінесцентної лампи та машинного мастила з дисперсним феромагнітним порошком.  Наведено оцінювання достовірності контролю параметрів провідних виробів при реалізації запропонованих у дисертації вихорострумових методів. Запропоновано варіант автоматизації процесу непрямих вимірювань на прикладі сумісного визначення параметрів *a*, , r*t* і *t*провідних виробів. | |
| |  | | --- | | У дисертації створено теоретичні узагальнення і нові рішення науково-практичної проблеми, суть якої полягає у тому, що існуючі методи та засоби контролю параметрів провідних виробів і речовин мають низьку достовірність за рахунок того, що не враховують температуру, при якій визначаються електромагнітні параметри обєктів, що контролюються, а також за рахунок того, що не відомі динамічні та статичні характеристики різного типу теплових вихорострумових датчиків з різною орієнтацією магнітного поля.  Таким чином, отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні та практичні результати є значним досягненням для розвитку теорії і практики вихорострумових методів та пристроїв неруйнівного контролю, що їх використовують.  Основні результати роботи:   1. Надано теоретичне обґрунтування визначенню динамічних характеристик безконтактних і контактних теплових вихорострумових датчиків. Досліджена динаміка нагріву повітряного шару між нагрівачем та виробом при зміненні температури нагрівача стрибком і періодично, наведено формулу, яка характеризує поведінку нагріву повітряного шару у порівнянні з нагрівом стрибком нагрівача; при зміненні прирощення температури нагрівача періодично визначено стаціонарне, нестаціонарне і повне рішення диференційного рівняння, яке описує процес нагрівання повітряного шару; визначено сталу часу і час установлення процесу нагріву повітряного шару, які склали відповідно *Т*пов = 0,6275 с, tуст = 2,8865 с. Досліджено перехідні процеси нагріву циліндричного суцільного виробу при зміненні температури повітряного шару стрибком і періодично, знайдено сталу часу циліндричного виробу при зміненні температури повітряного шару стрибком, яка складає *Т*в = 5,45 с, а час установлення процесу нагріву tуст*=* 25 с. Показано також, що при зміненні прирощення температури повітряного шару періодично амплітуда прирощення температури виробу зменшується, а фазовий кут цього прирощення відстає від фазового кута прирощення температури повітряного шару. Досліджено відпрацювання тепловим вихорострумовим перетворювачем загального випадку змінення температури зовнішнього середовища. Знайдено сталі часу намагнічувальних обмоток трансформаторного вихорострумового датчика (ТВД) або параметричного вихорострумового датчика (ПВД), при зондуванні феромагнітного виробу постійним і змінним синусоїдальним магнітним полем, встановлено, що при використанні постійного поля, стала часу складає *Т*п = 3,8810-3 с, а при зондуванні виробу змінним магнітним полем *Т*п.екв*=* 1,9110-3 с. При цьому сталі часу розглянутих перетворювачів є значно меншими у порівнянні зі тепловими сталими часу циліндричних виробів, що, у свою чергу, дозволяє здійснювати контроль температури виробів у кожний момент часу. 2. Удосконалено існуючі вихорострумові методи визначення геометричних і електромагнітних параметрів трубчастих, суцільних циліндричних та плоских виробів за рахунок сумісного контролю магнітних, електричних, геометричних параметрів разом з температурою, що, у свою чергу, дозволило підвищити достовірність контролю виробів різних конфігурацій. При цьому дослідження здійснювалися за допомогою теплового трансформаторного вихорострумового датчика (ТВД). Наведено формулу для визначення температурного коефіцієнта опору (ТКО), який може бути невідомим, при цьому ТКО визначається по результатах вимірювання двох значень температури *t* і *t*1, до яких здійснюється нагрівання виробу. Отримано формули для визначення температури (при якій здійснювався контроль електромагнітних параметрів) виробів різної форми. Знайдено результати експериментальних досліджень параметрів *dt*, r*t* і *t*мідного і алюмінієвого зразків для окремого випадку трипараметрового сумісного контролю геометричних, електричних і температурних параметрів немагнітних зразків при реалізації удосконаленого в дисертації вихорострумового методу. 3. Створено чотирипараметровий екстремальний вихорострумовий метод сумісного контролю радіуса *а*, відносної магнітної проникності m*rt*, питомого електричного опору r*t* і температури *t* феромагнітних циліндричних виробів, який засновано на здійсненні повної компенсації ЕРС теплового ТВД без виробу. Наведено основні співвідношення для визначення чотирьох параметрів виробів. 4. Вперше запропоновано чотирипараметровий вихорострумовий безконтактний метод сумісного контролю параметрів феромагнітного плоского виробу: відносної магнітної проникності m*rt*, питомої електричної провідності s*t*, площі поперечного перерізу пластини *dht* і температури*t*, заснований на зондуванні феромагнітної пластини магнітним полем кратних частот теплового ТВД. 5. Отримано нові універсальні функції перетворювання для параметричного вихорострумового датчика (ПВД), що працює на кратних частотах магнітного поля зондуючого феромагнітні циліндричні вироби та пластини. Для широкого діапазону змінення відносної магнітної проникності m*rt*, створено алгоритм чотирипараметрового вихорострумового контролю циліндричних виробів, що зондуються магнітним полем кратних частот ПВД. 6. Створено чотирипараметровий вихорострумовий метод контролю феромагнітних плоских виробів, який засновано на нових універсальних функціях перетворювання, отриманих для ПВД з феромагнітними плоскими виробами, що зондуються магнітним полем кратних частот. 7. Удосконалено існуючий вихорострумовий контактний метод визначення m*rt* і s за рахунок сумісного контролю електромагнітних параметрів феромагнітного циліндричного виробу з температурою *t*, причому реалізація цього трипараметрового контактного вихорострумового метода, здійснюється на основі теплового вихорострумового контактного робочого перетворювача (КРП). Досліджено відомі універсальні функції перетворювання КРП з урахуванням змінення температури виробу. Отримано формулу для визначення температури при якій контролюються електромагнітні параметри виробу. 8. Створено контактний резистивно-індуктивний трипараметровий вихорострумовий метод контролю феромагнітних циліндричних виробів на основі отриманих у дисертації, універсальних функцій перетворювання для теплового КРП. Отримано формулу для визначення температури *t* циліндричного виробу через величини m*rt* і s*t*, при розгляді контактного екстремального вихорострумового методу контролю параметрів циліндричних виробів. Визначено сталі часу КРП при проходженні по циліндричному виробу постійного і змінного за часом електричного струму, а також при дослідженні широкого частотного діапазону змінного струму, також було знайдено сталі часу КРП на змінному струмі для різних температур циліндричного феромагнітного виробу. 9. Досліджено вплив домінуючої домішки вуглецю на кількісні значення магнітних, електричних параметрів і еквівалентно на температуру сталевих виробів, показано, що з ростом відсоткового складу вуглецю від 0,1% до 5,5% магнітна проникність і питома електрична провідність зменшуються: m*r* з 196,52 при домішці С = 0,1% до 116,85 при С = 5,5%, а s з 0,732107 См/м (С = 0,1%) до 0,531107 См/м (С = 5,5%), таким чином, зменшення величин m*r* і s складає приблизно 40% і 31% відповідно. Встановлено, що збільшення відсоткового складу вуглецю у сталі А-20 еквівалентно зростанню температури, наприклад, якщо нагріти чистий метал до температури 150С, це, у свою чергу, еквівалентно підвищенню відсоткового складу вуглецю від 0,1% до 5,5%. 10. Створено екранний вихорострумовий чотирипараметровий метод контролю відносної магнітної проникності m*rt*, питомої електричної провідності s*t*, температури *t* трубчастого виробу і коефіцієнта згасання синусоїдального магнітного поля в середині феромагнітної труби *ht*. При цьому для визначення температури труби, запропоновано використання умови постійного значення глибини проникнення магнітного поля d, слід відзначити, що змінення електромагнітних параметрів, що обумовлено впливом температури, можна компенсувати шляхом варіації частоти магнітного поля. 11. Досліджено технічні можливості використання теорії контактного робочого перетворювача (КРП) стосовно контролю параметрів плазмового газового стовпа люмінесцентної лампи та феромагнітного рідинного середовища (машинного мастила з дисперсним феромагнітним порошком). Вирішена задача, яка повязана з сумісним визначенням параметрів феромагнітної рідини при використанні теплового КРП, а саме: m*rt*р, *а*р, r*t*рпри різних температурах, а також температури *t*р феромагнітної рідини. Показано, що збільшення температури рідини з феромагнітним порошком на сигналах КРП відображується як збільшення числа часток порошку, тому контроль електромагнітних і температурних параметрів феромагнітної рідини є дуже важливим для визначення її технічного стану. Розглянуто трипараметровий контроль немагнітної речовини за допомогою теплового КРП. 12. Наведено оцінювання достовірності контролю параметрів провідних виробів при реалізації запропонованих у дисертації вихорострумових методів. Запропоновано варіант автоматизації процесу непрямих вимірювань на прикладі визначення параметрів *a*, , r*t* і *t*провідних виробів. 13. За матеріалами дисертації одержано три патенти, надруковано двадцять шість фахових статей, результати роботи було впроваджено на заводі Електромашина (м. Харків), на заводі Південкабель (м. Харків), на підприємстві ООО СУПП фірма Дігаз (м. Харків), науково-виробничому підприємстві НПП Комета ООО (м. Харків), а також у навчальному процесі на кафедрі Хімічної техніки і промислової екології (НТУ "ХПІ") | |