



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104373** (13) **C2**  
(51) МПК (2013.01)

**G01R 33/07** (2006.01)

**G01R 33/00**

**H01F 27/38** (2006.01)

**H01F 27/40** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2012 11544</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Хамбергер Петер (АТ), Ляйкермозер Альберт (АТ)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>14.04.2010</b>	(73) Власник(и):	<b>СІМЕНС АГ ОСТЕРРАЙХ, Siemensstrasse 90, A-1210 Wien, Austria (АТ)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>27.01.2014</b>	(74) Представник:	<b>Пахаренко Антоніна Павлівна, реєстр. №4</b>
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>25.01.2013, Бюл.№ 2</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>JP 57043406 A; 11.03.1982; US 2007/159284 A1; 12.07.2007; WO 2008/151661 A1; 18.12.2008; DE 102006037003 A1; 14.02.2008; US 3863109 A; 28.01.1975; WO 01/43267 A1; 14.06.2001;</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>27.01.2014, Бюл.№ 2</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/ЕР2010/054857, 14.04.2010</b>		

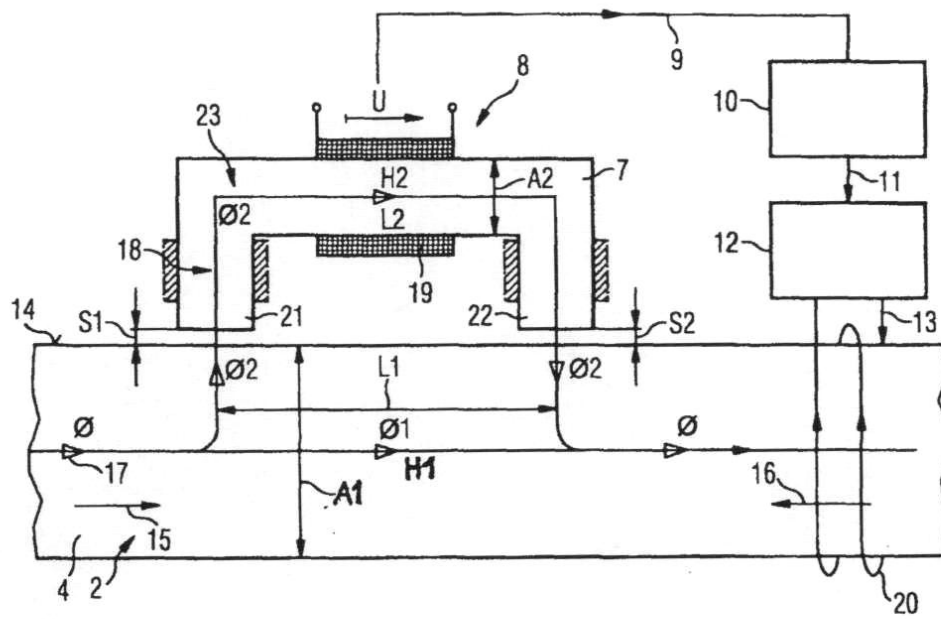
## (54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНОГО ПАРАМЕТРА В СЕРДЕЧНИКУ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення магнітного параметра, зокрема напруженості (H1) магнітного поля в ділянці (L1) сердечника (2), через який протікає магнітний потік, при цьому частина (18) магнітного потоку відгалужується від сердечника (2) і щонайменше на окремих ділянках направляється в магнітній шунтувальній частині (7), при цьому магнітний матеріал магнітної шунтувальної частини (7) не насичується, і при цьому за допомогою сенсорно-аналітичного пристрою (8, 10) по цій відгалуженій частині (18) магнітного потоку або її похідній величині визначається магнітний параметр (H1).

UA 104373 C2

Fig. 2



Галузь техніки

Винахід стосується способу визначення магнітного параметра, зокрема, напруженості магнітного поля в ділянці сердечника, через який протікає магнітний потік.

Рівень техніки

5 В електричних трансформаторах, які застосовуються в енергорозподільних мережах, із-за активного застосовування силових електронних компонентів конструкції, таких, які застосовуються, наприклад, для електричних приводів або установок для компенсації реактивної потужності, може виникати компонента струму, яка відносно мережі може розглядатися як постійний струм. Цей постійний струм або "складова постійного струму", хоча і складає найчастіше лише декілька тисячних від номінального струму трансформатора, але створює в сердечнику трансформатора постійний магнітний потік, який накладається на змінний потік.

10 Також внаслідок так званих "Geomagnetically induced currents" (GIC) (струмів, що індукуються геомагнітним полем), в сердечнику трансформатора може відбуватися утворення постійної складової потоку.

15 Сучасні матеріали для сердечника мають дуже високу магнітну проникність, і сердечники виготовляються за технологією шихтовки Step-Lap. Завдяки цьому сердечники трансформаторів мають дуже високу магнітну провідність, і зазвичай магнітний матеріал сердечника трансформатора експлуатується з високою мірою використання, що робить трансформатор особливо чутливим по відношенню до постійних полів.

20 Вже помірні ампер-витки постійного струму можуть викликати таку асиметрію при розсіянні характеристики В-Н (напруженість магнітного поля - магнітна індукція), так що густина потоку відповідно в одному напівперіоді наближається до густини потоку насичення матеріалу сердечника. Струм, що намагнічує, через це більше не синусоїдальний, а спотворений. Підвищується температура в сердечнику і в електричній обмотці. При експлуатації виникає підвищений шум, що, зокрема, несприятливо тоді, коли трансформатор повинен інсталюватися поблизу житлої зони.

Для скорочення виробничих шумів трансформатора в DE 40 21 860 C2 пропонується вимір шуму на трансформаторі. Залежно від шумів трансформатора генератор постійного струму подає у компенсаційну обмотку трансформатора компенсаційний струм, так що виробничі шуми зменшуються. Але вимір шуму є трудомістким і ненадійним в експлуатації.

В принципі у силового трансформатора можна було б визначати постійну складову потоку також за допомогою перетворювачів струму, при цьому вимірюються поточні в первинних обмотках і вторинних обмотках струми і з сигналу виміру фільтруються складові парних гармонік, які корелюються з постійним магнітним потоком в сердечнику. Але недоліком при цьому є те, що перетворювачі струму повинні інсталюватися в області високих потенціалів напруги, що у зв'язку з високою трудомісткістю інсталяції є дорогим.

Інша можливість могла б полягати в тому, щоб фільтрувати складову постійного поля шляхом визначення спектральних складових парних гармонік в сигналах напруги. Але ця амплітуда парних гармонік складає у порівнянні з основною гармонікою мережевої частоти лише тисячні долі, що робить обробку даних виміру трудомісткою.

Крім того, пред'являються особливі вимоги відносно надійності такої системи виміру, оскільки силовий трансформатор завжди розрахований на дуже довгий період експлуатації, і прагнуть до дуже низьких витрат на технічне обслуговування. Само собою зрозуміло, що система виміру для визначення постійної складової по можливості не повинна впливати на розрахунок ні магнітного сердечника, ні електричної обмотки і інших механічних компонентів конструкції.

У РСТ/EP2007/055728 описаний трансформатор з компенсацією постійного потоку, при цьому згідно з виміром магнітного поля компенсаційний струм задається так, що постійна складова зменшується. Магнітне поле вимірюється за допомогою розташованої на трансформаторі сенсорної котушки. Вимірювальна котушка є надійною, але обробка сигналу виміру із-за слабкості сигналу сенсора вимагає дуже витратних апаратних компонентів для кондиціонування сигналу і, крім того, дуже складних алгоритмів обробки сигналу.

Проте, визначення постійної складової, яке задовольняє в усіх відношеннях, в сердечнику до цих пір не відоме.

Виклад винаходу

Задачею даного винаходу є створити метод, який найбільш простим можливим чином забезпечить можливість надійного визначення асиметричного розсіяння сердечника.

Ця задача вирішується за допомогою способу з ознаками п.1 формули винаходу і пристрою з ознаками п.10 формули винаходу. Переважні варіанти здійснення винаходу визначені у відповідно залежних пунктах формули винаходу.

Винахід має новий шлях в реєстрації фізичної величини, яка викликає асиметричне розсіяння магнітного матеріалу. Згідно з винаходом застосовується сенсорний пристрій, який працює подібно до "магнітного байпаса": за допомогою феромагнітної шунтувальної частини частина основного магнітного потоку на сердечнику трансформатора відгалужується і знову підводиться нижче по потоку. По цій складовій потоку, що відгалужується і направляється в шунт до сердечника, або безпосередньо, або опосередковано по її похідній фізичній величині визначається напруженість магнітного поля в ділянці сердечника, перемкнutoї шунтувальною гілкою. При цій реєстрації напруженості магнітного поля, яка далі також називається магнітним збудженням, забезпечується ряд переваг. З одного боку, скорочується трудомісткість техніки сигналізації для визначення складової постійного поля в магнітом'якому сердечнику, оскільки, як відомо, при насиченні, що починається, в сердечнику трансформатора доля магнітного потоку розсіяння збільшується. Це означає, при кожному напівперіоді, при якому магнітний матеріал сердечника (об'єкти виміру) в перемкнутій шунтувальною частиною (сенсор) області внаслідок асиметрії приходить у насичення, внаслідок принципово суттєво більш високої магнітної межі насичення шунтувальної частини складового потоку, що направляється в шунтувальній гілці, збільшується відносно основного потоку в об'єкті виміру. Іншими словами, винаходом було з'ясовано перевагу того технічного ефекту, що для визначення магнітного параметра в ділянці сердечника переважно, якщо шунтувальна гілка, навіть в разі сильного магнітного насичення в області перекривається шунтувальною частиною (сенсор) ділянки сердечника (об'єкт виміру), сама ще не проявляє жодних магнітних ефектів насичення, і її "магнітний опір", тобто по суті ефективна проникність магнітного шунта, в значній мірі залишається неохильною до впливу ситуації насичення об'єкту виміру і постійною. Цей ефект може досягатися різним чином.

В одному з переважних варіантів здійснення запропонованого винаходом способу відгалужений магнітний потік спрямовується щонайменше через один не феромагнітний зазор, який далі також називається для наочності "повітряний зазор". Завдяки цьому можна підвищувати межу магнітного насичення і, крім того, досягати лінеаризуючої дії на ефективну проникність всієї шунтувальної гілки і в той же час на точність виміру. В результаті досягають того, що навіть в разі сильного магнітного насичення сердечника магнітний матеріал шунтувальної частини все ще не схильний до ефектів магнітного насичення, і ця відгалужена складового магнітного потоку прямо пропорційна магнітному збудженню контрольованої області об'єкту виміру.

В іншому переважному варіанті здійснення може бути передбачено, що шунтувальна гілка, через яку направляється відгалужена частина магнітного потоку, має ефективну проникність, яка менша, ніж проникність магнітом'якого матеріалу сердечника. Завдяки цьому також досягається, що навіть в разі сильного магнітного насичення сердечника шунтувальна частина все ще не схильна до ефектів магнітного насичення і її магнітний потік прямо пропорційний магнітному збудженню контрольованої області об'єкту виміру. В іншому вдосконаленні цього варіанту здійснення може бути передбачено, що відгалужений магнітний потік направляється через не феромагнітний зазор. Шунтувальна гілка завдяки цьому стає ще більш нечутливою до ефектів насичення.

Переважно магнітна шунтувальна частина оснащена пристроєм виміру, за допомогою якого вимірюється відгалужений магнітний потік в шунтувальній гілці. Технічно просто це може бути реалізовано за допомогою сенсорної котушки, яка встановлена на шунтувальній частині. У цій сенсорній котушці при зміні в часі пронизливої сенсорну котушку відгалуженої складової магнітного потоку індукується сигнал сенсора. Але може застосовуватися і інший детектор магнітного поля, наприклад, датчик Хола.

З метою аналітичної оцінки сигнал сенсора подається в аналітичний пристрій. У аналітичному пристрої по сигналу сенсора, наприклад, може потім визначатися постійна складового магнітного потоку в сердечнику трансформатора.

Для аналітичної оцінки переважно, якщо за допомогою пікового обмежувача спочатку усувається низькочастотна складового основної гармоніки, потім оцифровується сигнал сенсора, при цьому в еквідистантні моменти часу здійснюється зчитування з частотою зчитування, яка відповідає цілому кратному мережевої частоти трансформатора.

Для пристрою обробки сигналів може бути переважно, якщо цифрові значення сигналів підсумовуються з цифровими значеннями сигналів, що відповідно відстають на половину тривалості періоду мережевої частоти.

При цьому переважно, якщо з цифрових значень сигналів за допомогою проникного смугового фільтру фільтруються складові сигналів з подвійною мережевою частотою, і відфільтровані значення сигналів піддаються перетворенню Фур'є,

Задача вирішується також за допомогою запропонованого пристрою, який має магнітну шунтувальну частину, що проводить відгалужену від сердечника частину магнітного потоку, при цьому магнітний матеріал шунтувальної частини не насичується, і який має сенсорно-аналітичний пристрій, який призначений для того, щоб по цій відгалуженій частині магнітного потоку або її похідній величині визначати напруженість магнітного поля в ділянці.

Один з переважних з точки зору надійності варіантів здійснення винаходу може полягати в тому, що одна або декілька ділянок магнітної шунтувальної частини обмотана щонайменше однією сенсорною котушкою, в якій шляхом індукції створюється сигнал сенсора, і по ньому за допомогою аналітичного пристрою визначається постійна складова. Не потрібні жодні активні компоненти конструкції, сенсорна котушка не має жодного дрейфу.

Один з переважних варіантів здійснення може бути сконструйований так, щоб шунтувальна частина була виконана U-подібно, і на кожному стрижні було розташовано по одній сенсорній котушці. Шляхом відповідного з'єднання два цих сенсорних котушок можуть скорочуватися впливи перешкод.

Щоб по сигналу сенсора найбільш простим можливим чином виділити парні гармоніки, які відображають постійну складову потоку в сердечнику, краще, якщо в аналітичному пристрої виконується оцифровування сигналу сенсора, при цьому в еквідистантні моменти часу здійснюється зчитування з частотою зчитування, яка відповідає цілому кратному мережевої частоти трансформатора.

Для пригнічування наявних в сигналі виміру сенсорної котушки складових сигналу мережевої частоти може переважно застосовуватися власне відомий піковий обмежувач. Завдяки цьому складові сигналу мережевої частоти можуть пригнічуватися в значній мірі. Піковий обмежувач може бути виготовлений як в цифровій формі, так в аналоговій формі.

Одним з особливо переважних застосувань запропонованого винаходом способу або, відповідно, запропонованого винаходом пристрою є пригнічення виробничих шумів у силових трансформаторів. Винахід створює можливість технічно простої і одночасно надійної реєстрації постійного магнітного поля в сердечнику трансформатора впродовж довгого періоду експлуатації. У поєднанні з додатково встановленою на трансформаторі компенсаційною обмоткою і пристроєм для генерації компенсаційного струму, власне відомим чином може усуватися дія постійного потоку, що створює асиметрію. Даний винахід забезпечує можливість простий і надійний в експлуатації реєстрації релевантного магнітного параметра в сердечнику, яка є передумовою для ефективної компенсації.

Крім того, винахід дає можливість, простим чином реєструвати магнітний потік в сердечнику трансформатора, так що можуть контролюватися і фіксуватися (моніторинг) стани навантаження, які виникають під час експлуатації.

Принцип виміру, що лежить в основі винаходу, може також розглядатися як переважний при виготовленні магнітом'яких сердечників для електричних машин. При виготовленні трансформаторів, які застосовуються в мережах енергопостачання, під час виробництва можуть реєструватися і контролюватися якісні властивості шихтованого магнітного сердечника.

Іншою можливістю застосування даного винаходу може бути мобільний або стаціонарний вимірювальний прилад для виміру магнітних параметрів.

Короткий опис креслень

Для подальшого пояснення винаходу в подальшій частині опису робиться посилання на креслення, в яких містяться інші переважні варіанти здійснення, подробиці і удосконалення винаходу.

Фіг.1 є схемним зображенням трансформатора, на якому у вигляді блокової схеми заескізовано можливе розташування запропонованого винаходом пристрою для визначення постійної складової потоку в сердечнику і пристрій для обробки сигналів;

Фіг.2 є схемним кресленням, на якому в збільшеному зображенні показана шунтувальна частина, яка виконує функцію механічного шунта, при цьому вона утворює байпас до напрямку основного магнітного потоку.

Здійснення винаходу

На фіг. 1 на схемному зображенні в перспективі показаний трансформатор 1, який має запропонований винаходом пристрій для визначення магнітної постійної складової. Визначення постійної складової є передумовою для ефективної протидії обумовленому постійною складовою потоку (складовій постійного струму) і супутньому їй асиметричному розсіянню

магнітного матеріалу. При цьому можуть зменшуватися шуми, які виникають при експлуатації, і локальний нагрів.

Трансформатор 1 має сердечник 2, у якого є три стрижні 6. Кожен з цих стрижнів 6 несе на собі встановлену обмотку 3. Ці три стрижні 6 в звичайній конструкції вгорі сполучені з верхнім яром 4, а внизу з нижнім яром 5. Згідно з винаходом на вільній ділянці поверхні 14 верхньої частини 4 яра розташована так звана шунтувальна частина 7, безпосередньо прилягаючи або на відстані. Ця шунтувальна частина 7 служить цілі реєстрації постійної складової потоку в сердечнику 2.

Шунтувальна частина 7, функція якої детальніше пояснюватиметься нижче, подає сигнал 9 сенсора аналітичному пристрою 10. Аналітичний пристрій 10 створює керувальний сигнал 11, який підведений до підключеного пристрою 12 для генерації компенсаційного струму. Пристрій 12 для генерації компенсаційного струму генерує згідно з підведеним керувальним сигналом 11 компенсаційний струм 13, який подається у компенсаційну обмотку 20 (фіг.2) трансформатора 1. При цьому компенсаційний струм 13 по величині і напрямку задається так, що він протидіє постійній складовій 15 магнітного потоку в сердечнику 2 трансформатора 1 або, відповідно, компенсує її.

На фіг.2 видно шунтувальна частина 7 у збільшеному зображенні. Шунтувальна частина 7 встановлена, розташовуючись приблизно паралельно деякій ділянці на верхньому ярі 4 трансформатора 1. Вона проводить деяку долю магнітного потоку 17, який тече у верхній частині 4 яра трансформатора 1. В разі насичення відбувається збільшення потоку розсіяння і в той же час збільшення складової потоку, що направляється в шунті.

Як показано на фіг.2, за допомогою шунтувальної частини 7 від основного потоку електричної машини відгалужується частина 18 ( $\Phi_2$ ) магнітного потоку і направляється в "магнітному байпасі". Причому шлях цього відгалуженого магнітного потоку 18 ( $\Phi_2$ ) у місці відгалуження веде спочатку через повітряний зазор S1 у перший стрижень 21 шунтувальної частини 7. Через середню ділянку відгалужений потік потрапляє до другого стрижня 22. Звідти відгалужена частина  $\Phi_2$  потоку через повітряний зазор S2 знову поступає у верхню частину 4 яра. Після об'єднання з магнітним потоком  $\Phi_1$  перемикальної ділянки L1 знову виходить основний потік  $\Phi$ .

На фіг.2 для кожної з цих складових  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  магнітні потоки відповідне магнітне збудження, що відноситься до них, позначене H1 і H2, шлях в пакеті сердечника L1 і L2, а відповідна площа поперечного перерізу A1 і A2. Стрілкою 15 позначена постійна складова магнітного потоку, яка перекривається з основним змінним потоком 17.

Застосовуючи закон повного струму, можна довести, що магнітний потік  $\Phi$  у сенсорі, тобто в шунтувальній гілці 23, поводить себе прямо пропорційно магнітному збудженню H в області об'єкту виміру, що перекривається сенсором.

$$\Phi_2 = [(\mu_0 \cdot L1 \cdot A_2) / S'] \cdot H1$$

$$\text{При цьому } S' = [S + (L2 / \mu_{R2})],$$

де S=S1+S2 загальна довжина повітряного зазору, а  $\mu_{R2}$  відносна проникність шунтувальної частини.

Оскільки електричні трансформатори і інші електричні машини зазвичай експлуатуються від джерел синусоїдальної напруги з низьким повним опором джерела, на підставі закону індукції характер зміни першої похідної магнітного потоку  $\Phi$  (прямо пропорційно напрузі джерела), а також як прямий наслідок цього його інтеграл, тобто сам магнітний потік  $\Phi$ , і тому також магнітна густина потоку або, відповідно, індукція B можуть вважатися практично синусоїдальними. Тепер при виникненні ефектів магнітного насичення внаслідок проникності магнітного матеріалу, що сильно зменшується, магнітне збудження H повинне істотно підвищуватися, щоб добитися необхідної магнітної густини B потоку. Цим пояснюється також, чому ефекти магнітного насичення у порівнянні з густиною B потоку істотно сильніше відображаються в магнітному збудженні H (і в той же час також в його першій похідній за часом). Тому переважні детектори, які подають сигнал виміру, пропорційний магнітному збудженню H або його першій похідній  $dH/dt$ . Крім того, цей спосіб виміру, разом з описаною вище ціллю застосування, може також використовуватися для побудовання вимірювальних приладів для виміру магнітного збудження H, що діє у випробовуваному об'єкті, або, окрім цього, в комбінації з виміром щільності магнітного потоку для визначення магнітної характеристики магнітного матеріалу, вживаного у випробовуваному об'єкті.

Магнітна шунтувальна гілка 23 може встановлюватися в будь-якій області ділянки сердечника, наприклад, на ярі або на стрижні, з невеликими зусиллями. Розрахунок сердечника трансформатора, електричної обмотки і інших механічних компонентів не підпадає під вплив цієї шунтувальної гілки. Новий принцип забезпечує можливість реєстрації постійної

складової потоку без інтеграції і в той же час без дрейфу. Тому запропонований винаходом принцип виміру може також переважно застосовуватися для довготривалої реєстрації (моніторингу). Витрати на виготовлення невисокі.

Внаслідок описаної вище пропорційності між магнітним збудженням  $H$  у випробовуваному об'єкті і магнітним потоком  $\Phi$  у сенсорі індукована в сенсорі напруга відповідає в цьому випадку у випробовуваному об'єкті першій похідній ( $dH/dt$ ) магнітного збудження за часом, і за допомогою належного способу аналітичної оцінки на тривалості всієї експлуатації може забезпечуватися стабільне довготривале відображення постійних складових постійного магнітного поля в трансформаторі або в магнітному контурі електричної машини.

Особливою перевагою є застосування двох сенсорних котушок (на фіг.2 змальовані пунктиром), які встановлені кожна на одному стрижні 21, 22 і включені електрично послідовно і встановлені вздовж магнітної шунтувальної гілки 23 таким чином, що, з одного боку, компенсується дія сторонніх полів і/або полів розсіяння, тоді як дія обумовленого випробовуваним об'єктом магнітного потоку  $\Phi$  у сенсорі підсумовується в сигналі виміру напруги. Це може досягатися, наприклад, шляхом симетричного встановлення двох сенсорних котушок на відповідних бічних стрижнях U-подібного сенсора.

Завдяки встановленню так званого датчика Хола в магнітному шунтувальному ланцюзі 23 сенсори, наприклад, в повітряному зазорі або в одному з його повітряних зазорів, внаслідок згаданої вище пропорційності між магнітним збудженням  $H$  у випробовуваному об'єкті (об'єкті виміру) і магнітним потоком  $\Phi$  або, відповідно, магнітною індукцією  $B$  в сенсорі може бути реалізована вимірювальна система для безпосереднього виміру магнітного збудження  $H$  в області випробовуваного об'єкту, що перекривається сенсором. Звичайно, для цієї мети замість датчика Хола може також застосовуватися будь-який інший еквівалентний спосіб виміру, який дозволяє отримати вихідний сигнал, пропорційний індукції  $B$ . Суттєво, щоб принцип сенсора перетворював у сенсорі магнітне збудження  $H$  у випробовуваному об'єкті (об'єкті виміру) у пропорційний йому магнітний потік  $\Phi$  (і в той же час у пропорційну йому густину потоку (індукцію)  $B$ ).

Якщо тепер, крім того, вимірюють густину магнітного потоку (індукцію)  $B$  у випробовуваному об'єкті, то разом з описаним вище виміром магнітного збудження  $H$ , що виникає у випробовуваному об'єкті, може бути реалізована вимірювальна система для визначення магнітних властивостей феромагнітних матеріалів, вживаних у випробовуваному об'єкті.

Відгалужена складова 18 ( $\Phi_2$ ) потоку пронизує сенсорну котушку 19, яка намотана навколо середньої частини, що сполучає два стрижні 21, 22, С-подібної шунтувальної частини 7 або виконана у вигляді двох включених послідовно окремих котушок, які встановлені кожна на двох цих стрижнях сенсора. У цій сенсорній котушці 19 при експлуатації трансформатора 1 індукується напруга 8 сенсора (на фіг.2 також позначена  $U$ ). Ця напруга 8 сенсора по електричному проводу у вигляді сигналу 9 сенсора подається в аналітичний пристрій 10.

В аналітичному пристрої 10 цей сигнал сенсора спочатку піддається попередній обробці, при цьому він посилюється і фільтрується у фільтрі нижніх частот і широкосмуговому фільтрі. При аналітичній оцінці сигналу 9 сенсора з точки зору постійної складової (складової постійного струму) при цьому відома перша вища гармоніка, тобто друга гармонійна складова. Внаслідок "асиметрії півхвиль" намагнічувальний струм повинен містити парні гармонійні складові. Ці парні складові є також в напрузі сенсора вимірювальної котушки 19. Даний винахід використовує цей ефект шляхом відповідної обробки сигналів напруги, що індукується у вимірювальній котушці 19.

Нижче пояснюється детальніше обробка сигналів аналітичного пристрою 10.

Для пригнічення домінантно наявних в сигналі сенсора складових сигналу мережевої частоти застосовується так званий піковий обмежувач, який в значній мірі пригнічує ці складові сигналу мережевої частоти. Піковий обмежувач може бути виконаний як за аналоговою, так і за цифровою технологією.

Потім відбувається оцифровування сигналу сенсора за допомогою традиційного аналого-цифрового перетворювача. Зчитування сигналу відбувається з частотою зчитування, яка точно відповідає парному кратному мережевої частоти. Частота зчитування одержується за допомогою аналогової або цифрової PLL (Phase Locked Loop, ФАПЧ, фазове підстроювання частоти) в комбінації з керованим осцилятором.

Потім, додатково або альтернативно вищезазваному піковому обмежувачу, в аналітичному пристрої відбувається підсумовування поточного цифрового значення сигналу з цифровим значенням сигналу, що точно відстає на половину тривалості періоду мережевої частоти.

В результаті аналітичний пристрій 10 подає керувальний сигнал 11, який знаходиться у функціональній залежності з постійним магнітним полем 15 трансформатора 1, що підлягає визначенню.

Між торцевими поверхнями двох стрижнів 21, 22 і поверхнею 14 сердечника 2 виконаний відповідно зазор S1 і S2. Кожен зазор S1, S2 виконаний так, що кожен з них здійснює магнітному потоку 18 порівняно високий опір. Завдяки цьому не феромагнітного виконання зазору S1, S2 досягається те, що в тих півхвилях розсіяння, в яких магнітний матеріал сердечника 2 вже приходить у насичення, феромагнітний сплав шунтувальної частини 7 ще не насичений. Іншими словами, винахід використовує ту властивість, що в об'єкті виміру при виникненні ефектів магнітного насичення відносна проникність зменшується, і завдяки цьому підвищується магнітний опір. Внаслідок цього відбувається підвищення магнітного поля розсіяння, оскільки магнітний опір поля розсіяння залишається незмінним. Це означає, що в разі магнітного насичення, яке починається, подальше збільшення магнітного потоку пропорційно менше сприймається феромагнітним сердечником трансформатора, таким чином, повинен виникнути збільшений потік розсіяння. Якщо в сердечнику трансформатора є постійна складова поля, то цей "ефект зсуву" пропорційного збільшення поля розсіяння настає лише в тому напівперіоді, при якому магнітний постійний потік і змінний потік адитивно накладаються один на одного.

Шунтувальна частина 7 може бути виготовлена з укладених у стопу листів феромагнітного сплаву або на базі фериту і конструктивно розрахована так, щоб сама шунтувальна частина 7 в разі сильного магнітного насичення випробовуваного об'єкту 2 (об'єкт виміру) все ще не випробовувала ефектів магнітного насичення. Обидва стрижня 21, 22 можуть бути також з метою кріплення двох сенсорних котушок виконані із ступінчастим поперечним перерізом. Щоб захистити від механічних пошкоджень окремі проводи вимірювальної котушки, між вимірювальною котушкою або вимірювальними котушками і пакетом сердечника може бути передбачений каркас з ізолятора. Сама вимірювальна котушка (котушки) може (можуть) складатися з традиційною ізолюваною емаллю круглого або плоского проводу.

В описаному вище прикладі здійснення шунтувальна частина 7 виконана U-подібно. Зрозуміло, що шунтувальна частина 7 може також мати інші геометричні форми, наприклад, закруглену, С-подібну або круглу.

Розташування шунтувальної частини 7 на верхньому ярмі 4 вибрано як приклад. В принципі, для цього можлива будь-яка вільна область на поверхні 14 сердечника 2, яка проводить основний потік. Тобто шунтувальна частина 7 може також розташовуватися на стрижні 6 або на нижній частині 5 ярма.

Пояснений вище на прикладі сердечника трансформатора принцип виміру може також знаходити застосування у вимірювальному приладі, який, наприклад, може використовуватися в контролі якості при виготовленні шихтованих сердечників для електричних машин.

#### Список посилальних позначень

- 1 Трансформатор
- 2 Сердечник
- 3 Електрична обмотка
- 4 Верхнє ярмо
- 5 Нижнє ярмо
- 6 Стрижень
- 7 Шунтувальна частина
- 8 Сенсорний пристрій (детектор)
- 9 Сигнал сенсора
- 10 Аналітичний пристрій
- 11 Керувальний сигнал
- 12 Пристрій генерації компенсаційного струму
- 13 Компенсаційний струм
- 14 Поверхня сердечника
- 15 Постійна складова
- 16 Компенсаційний потік
- 17 Основний потік
- 18 Відгалужена частина магнітного потоку
- 19 Сенсорна котушка
- 20 Компенсаційна обмотка
- 21 Стрижень
- 22 Стрижень



- 23 Шунтувальна гілка
- 51 Перший повітряний зазор
- 52 Другий повітряний зазор
- A1 Площа поперечного перерізу в шунтувальній частині 7
- 5 A2 Площа поперечного перерізу в ярмі 4
- L1 Довжина магнітної хвилі в ярмі 4
- L2 Довжина магнітної хвилі в шунтувальній частині 7

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 10 1. Спосіб визначення магнітного параметра, зокрема напруженості (H1) магнітного поля в ділянці (L1) сердечника (2), через який протікає магнітний потік:
  - а) при цьому частина (18) магнітного потоку відгалужується від сердечника (2) і направляється через магнітну шунтувальну гілку (23), в якій виконаний щонайменше один неферромагнітний зазор (S1, S2),
  - 15 б) при цьому в магнітній шунтувальній гілці (23) розташована шунтувальна частина (7), причому магнітний матеріал шунтувальної частини (7) не насичується,
  - с) при цьому щонайменше одна ділянка магнітної шунтувальної частини (7) обмотана щонайменше однією сенсорною котушкою (19), в якій або в яких відгалужена частина (18)
  - 20 магнітного потоку за рахунок індукції створює сигнал (9) сенсора, і
  - д) при цьому за допомогою сенсорно-аналітичного пристрою (8, 10), до якого подається сигнал (9) сенсора, по цій відгалуженій частині (18) магнітного потоку або її похідній величині визначається магнітний параметр (H1).
- 25 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що шунтувальна гілка (23), через яку направляється відгалужена частина (18) магнітного потоку, має ефективну проникність, яка менше, ніж проникність сердечника (2).
3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що за допомогою аналітичного пристрою (10) за сигналом (9) сенсора визначається постійна складова магнітного потоку.
4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що в аналітичному пристрої (10) за допомогою пікового обмежувача усувається складова основної гармоніки мережевої частоти, і виконується оцифровування сигналу (9) сенсора, при цьому в еквідистантні моменти часу здійснюється зчитування з частотою зчитування, яка відповідає цілому кратному мережевої частоти трансформатора.
- 30 5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що цифрові значення сигналів підсумовуються з цифровим значенням сигналів, яке відповідно відстає на половину тривалості періоду мережевої частоти.
6. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що з цифрових значень сигналів за допомогою проникного смугового фільтра фільтруються складові сигналів з подвійною мережевою частотою, і відфільтровані значення сигналів піддаються перетворенню Фур'є.
- 40 7. Пристрій для визначення магнітного параметра, зокрема напруженості (H1) магнітного поля в ділянці (L1) сердечника (2), через який протікає магнітний потік, при цьому частина (18) магнітного потоку відгалужується від сердечника (2) і направляється через магнітну шунтувальну гілку (23), який включає:
  - магнітну шунтувальну частину (7), яка розташована в магнітній шунтувальній гілці (23) і
  - 45 проводить відгалужену від сердечника (2) частину (18) магнітного потоку, при цьому в магнітній шунтувальній гілці (23) виконаний щонайменше один неферромагнітний зазор (S1, S2), так що магнітний матеріал шунтувальної частини (7) не насичується; і при цьому щонайменше частина шунтувальної частини (7) обмотана щонайменше однією сенсорною котушкою (19), в якій або в яких відгалужена частина (18) магнітного потоку за рахунок індукції створює сигнал (9) сенсора,
  - 50 і
  - сенсорно-аналітичний пристрій (8, 10), до якого подається сигнал (9) сенсора, і який призначений для того, щоб по відгалуженій частині (18) магнітного потоку або її похідній величині визначати магнітний параметр (H1).
8. Пристрій за п. 7, який **відрізняється** тим, що в шунтувальній гілці (23), в якій направляється відгалужена частина (18) магнітного потоку, ефективна проникність менша, ніж проникність в сердечнику (2).
- 55 9. Пристрій за п. 7 або 8, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) призначений для того, щоб за сигналом (9) сенсора визначати постійну складову магнітного потоку, що подається.

10. Пристрій за п. 7 або 8, який **відрізняється** тим, що магнітна шунтувальна частина (7) виконана U-подібно і має два стрижні 21, 22, на кожному з яких розташовано по одній сенсорній котушці (19), які включені електрично послідовно і просторово встановлені в шунтувальній гілці (23) таким чином, що компенсується дія сторонніх полів, тоді як викликана відгалуженою частиною (18) магнітного потоку індукована електрична напруга підсумовується.
11. Пристрій за одним з пп. 7-9, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) має піковий обмежувач, який усуває з сигналу (9) сенсора складову основної гармоніки мережевої частоти.
12. Пристрій за п. 11, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) призначений для того, щоб виконувати оцифровування сигналу (9) сенсора, при цьому в еквідистантні моменти часу здійснюється зчитування з частотою зчитування, яка відповідає цілому кратному мережевої частоти трансформатора.
13. Пристрій за п. 11, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) виконаний так, щоб цифрові значення сигналів підсумовувалися з цифровим значенням сигналів, яке відповідно відстає на половину тривалості періоду мережевої частоти.
14. Пристрій за п. 11, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) оснащений проникним смуговим фільтром, щоб фільтрувати з цифрових значень сигналів складові сигналів з подвійною мережевою частотою.
15. Пристрій за п. 11, який **відрізняється** тим, що аналітичний пристрій (10) оснащений також обчислювальним пристроєм, за допомогою якого по відфільтрованих значеннях сигналів може розраховуватися перетворення Фур'є.
16. Пристрій за одним з пп. 7-15, який **відрізняється** тим, що шунтувальна частина (7) утворена з пакета шихтованих С-подібних феромагнітних листів.
17. Пристрій за п. 16, який **відрізняється** тим, що С-подібні листи мають перший стрижень (21) і другий стрижень (22), і розташування відносно сердечника (2) вибрано так, що кожен з цих стрижнів (21, 22) між зверненою до сердечника торцевою поверхнею і поверхнею (14) сердечника (2) відповідно має зазор ( $S_1$ ,  $S_2$ ).
18. Застосування способу за одним з пп. 1-6, або пристрою за одним з пп. 7-17 у включеному в мережу енергопостачання трансформаторі для протидії постійній складовій потоку в сердечнику (2) трансформатора і/або реєстрації робочого стану трансформатора.

Фіг. 1

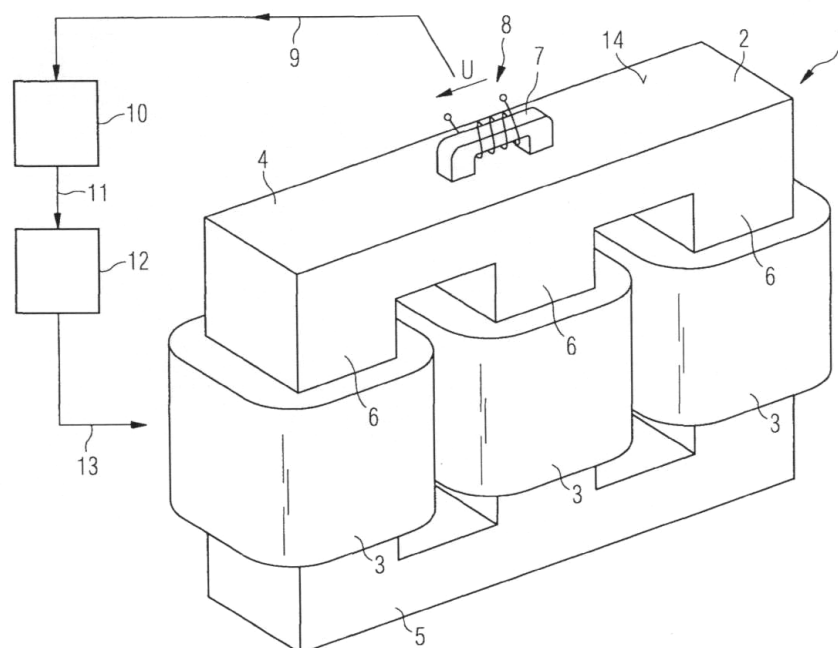
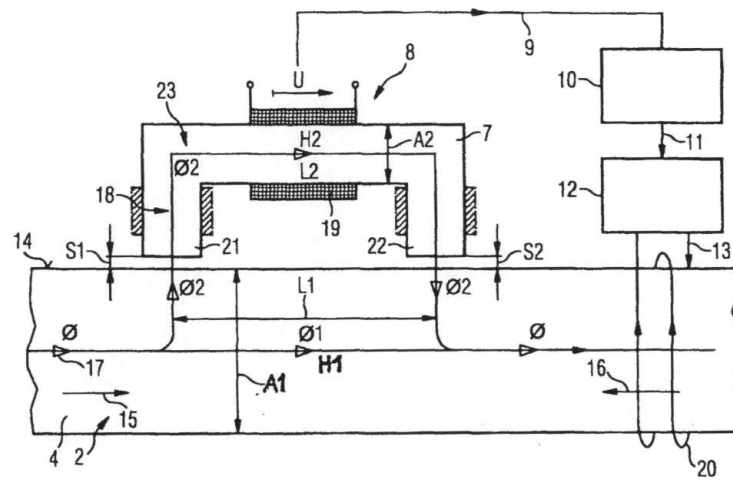


Fig. 2



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601